

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO SCADA INALÁMBRICO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

BRITO MOGRO CARLOS FERNANDO

ferchotkc@yahoo.com

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL

BUSTOS PANTOJA BYRON XAVIER

byronsite@yhoo.com.mx

DIRECTOR: LUIS CORRALES PAUCAR, PhD

luis.corrales@epn.edu.ec

Quito, junio 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Fernando Brito Mogro y Byron Xavier Bustos Pantoja, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Carlos Fernando Brito Mogro

Byron Xavier Bustos Pantoja

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Fernando Brito Mogro y Byron Xavier Bustos Pantoja, bajo mi supervisión.

Luis Corrales Paucar, PhD
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por que todo lo que soy se lo debo a su gracia y misericordia.

A mi Esposa Miryam por su amor incondicional, por su apoyo brindado y por haberme llenado mi vida de gran felicidad.

A mi Padre por estar siempre a mi lado en cada momento con su ejemplo, paciencia y trabajo constante para poder darnos siempre lo mejor.

A mi Madre por su infinito amor, por sus sabios consejos y por su gran sacrificio para guiarme en cada paso de mi vida.

A mis hijos y futuras generaciones, por que son ellos quienes me incentivan para seguir adelante y poder dejarles mi vida como un legado.

A mi Camilita y Melita por su amor y por llenar mi vida de mucha alegría y felicidad.

A mis Hermanos, Daysi y Alex por compartir junto a mí cada una de las experiencias de mi vida y por estar siempre dispuestos a apoyarme en cualquier circunstancia.

A mi Abuelita Olgita por su gran cariño y preocupación por mi bienestar.

A mis Suegros, Camilo y Miryam por ser un apoyo importante para mi hogar.

A Jhoselyn, Sebastián, Abigail, Johan, Adrián por ser parte importante en mi familia.

Al Dr. Luis Corrales por su valiosa ayuda, por su tiempo y dedicación a este proyecto.

A Byron Bustos, por compartir la etapa final de mi carrera universitaria.

Mis agradecimientos a las familias Nieves, Brito, Miranda, Mogro, Baldeón, Samaniego, Chugñay, Mosquera, Villarreal, Sigcha, y todos quienes estuvieron en algún momento de mi vida para darme su apoyo.

A mi gran amigo Rubén, a mis cuñados Cristian, Rodrigo, Evelyn y a todos quienes hicieron posible el desarrollo y culminación de este proyecto.

Fernando

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer la culminación de este proyecto a todas las personas que en el desarrollo del mismo me han ayudado con su apoyo.

A mis padres Alirio Bustos y Mariana Pantoja por darme la vida y los ánimos para seguir adelante a pesar de todas las dificultades que se me han presentado en la vida.

A mi esposa Mónica por estar siempre a mi lado sin importar las circunstancias y por motivarme a levantarme cuando me he caído.

A mis hermanos Karina, Andrea, Jonathan; mis tíos Milton, Federico, Raúl, Isabel, Consuelo, Oswaldo, Patricio, Gustavo, Cecilia, Wilson, Anita, a mis cuñadas Magy, Nelly, Mercedes, Zoilita; a mis suegros y a mis abuelitos, que nunca perdieron la fe en mi y siempre me han dado la mano en los momentos difíciles.

A mis amigos Carlos Terán, Andrés Morales, Roberto Toctaguano, Cristian Chancusig, Henry Chango, Edison Chandi, María Abadiano, Marco Ulcuango, Richar Chuqui, Wilson Almeida, Carlos Erazo, Roberto Rodríguez, Xavier Yambay, José Luis Lara, Evelin Gavilanes, Rodolfo Campués, Angélica Chicaiza, Santiago Chiliquina, les agradezco el haber compartido conmigo el transcurso de la carrera con sus altos y bajos, les agradezco el haber sido mas que compañeros de estudio y siempre haberme apoyado en todo.

A mis amigos Alex, Adriana y Daniela Mier, que han sido parte de mi familia desde mi infancia con los cuales he compartido muchos momentos buenos de mi vida y siempre me han apoyado como si fuéramos hermanos.

A mi compañero de tesis y amigo Carlos Brito le agradezco su apoyo y su conocimiento con los cuales hemos logrado culminar este proyecto.

Al Dr. Luis Corrales, el cual nos ayudo con sus ideas y conocimiento para lograr la culminación de este proyecto.

Y sobretodo quiero agradecer al ser más importante en mi vida, el cual ha estado en mi vida día a día dándome fuerzas y sabiduría, ayudándome a fortalecer los cimientos para la vida exitosa que me merezco. Te doy las gracias por ser parte de mí, gracias Dios.

Byron

DEDICATORIA

Dedicado a mis Padres y a mí Esposa.

Este logro es por y para ustedes.

Fernando.

DEDICATORIA

*Para mí el haber logrado obtener este título
Significa que he logrado armar el rompecabezas de la llave
Que abre la puerta a nuevas oportunidades y un mejor porvenir
Dándole a mi vida un brillo que ilumina a todos aquellos que me rodean*

*Dedico este esfuerzo y logro a toda mi familia,
Pero sobretodo les dedico este logro a mi esposa Monica y a mis hijas
Gabriela y Karen Anahí.*

Byron

ÍNDICE DEL CONTENIDO

CONTENIDO

RESUMEN

PRESENTACIÓN

CAPÍTULO 1 FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROYECTO

1.1.	ANTECEDENTES.	1
1.2.	ALCANCES DEL PROYECTO.	3
1.3.	ESTUDIO DE LOS SISTEMAS SCADA.	4
1.3.1	CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROTOTIPO SCADA.	4
1.4.	SOFTWARE PARA MONITOREAR LOS PROCESOS INDUSTRIALES.	6
1.4.1	DESCRIPCIÓN DE LAS DIVERSAS HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA MONITOREAR LOS PROCESOS INDUSTRIALES.	6
1.4.2	LIBRERÍAS GRÁFICAS.	7
1.4.3	ARQUITECTURA DE RED.	7
1.4.4	EVENTOS Y ALARMAS.	8
1.4.5	PROCEDIMIENTOS.	8
1.4.6	REPORTES.	8
1.4.7	SEGURIDAD.	9
1.5.	INTOUCH.	9
1.6.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.	11
1.6.1	GENERALIDADES.	11
1.6.1.1	Aplicaciones.	12
1.6.1.2	Ventajas y Desventajas de una Red Inalámbrica.	13
1.6.2	REDES INALÁMBRICAS DE DATOS.	14
1.6.2.1	Tipos de Redes Inalámbricas por su Extensión.	14

1.6.2.2 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN).	15
1.6.2.2.1 Bluetooth.	16
1.6.2.2.2 Zigbee (IEEE 802.15.4).	17
1.6.2.3 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN).	17
1.6.2.3.1 Wi-Fi (Wireless Fidelity).	18
1.6.2.4 Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN).	19
1.6.2.4.1 Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access).	19
1.6.2.5 Redes Inalámbricas Globales.	20
1.6.2.5.1 Tecnología 2G – GSM.	21
1.6.2.5.2 Tecnología 2.5G – GPRS.	21
1.6.2.5.3 Tecnologías 3G.	22

CAPÍTULO 2 ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL DISEÑO HMI DE LAS DOS PLANTAS

2.1 ANÁLISIS DEL “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL”	23
2.1.1 ANÁLISIS DE VARIABLES A SER TRANSMITIDAS	23
2.1.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI) DEL “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL”	26
2.2 ANÁLISIS DEL “MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS”.	31
2.2.1 ANÁLISIS DE VARIABLES A SER TRANSMITIDAS	31
2.2.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI) “MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS”.	34

CAPÍTULO 3 IMPLEMENTACIÓN PROTOTIPO SCADA

3.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.	40
3.1.1	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS.	41
3.1.1.1	Requerimientos de tráfico.	42
3.1.1.2	Requerimientos de seguridad.	42
3.1.1.3	Requerimientos de Equipos.	43
3.2	TOPOLOGÍA FÍSICA DEL SISTEMA	43
3.2.1	ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SCADA.	44
3.2.2	EQUIPOS DE CAPA FÍSICA.	46
3.3	TOPOLOGÍA LÓGICA DEL SISTEMA.	48
3.4	CONFIGURACIÓN PLC – INTOUCH.	49
3.4.1	CONFIGURACIÓN DEL I/O SERVER MBENET.	49
3.4.2	CONFIGURACIÓN DEL ACCESS NAME EN INTOUCH.	50
3.4.3	CONFIGURACIÓN DEL TWIDO PORT.	52
3.5	CONFIGURACIÓN DE LA RED WIRELESS.	53
3.5.1	CONFIGURACIÓN DEL ACCES POINT.	53
3.5.2	CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE RED WIRELESS.	54
3.5.3	CONFIGURACIÓN DEL MODEM HUAWEI.	55
3.5.4	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR WEB.	56
3.5.5	ESCRITORIO REMOTO.	61
3.5.1.1.	CONFIGURACIÓN DEL ESCRITORIO REMOTO.	62

CAPÍTULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS.

4.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL HMI	68
4.1.1	PRUEBAS DEL HMI DEL “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL”	70
4.1.2	PRUEBAS DEL HMI DEL “MÓDULO DIDÁCTICO PARA	

CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS”.	71
4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ENLACE INALÁMBRICO.	73
4.2.1 PRUEBAS DE CONEXIÓN.	74
4.2.2 DIAGNÓSTICO DE LA RED WI-FI.	76
4.2.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Wi-Fi.	77
4.2.4 HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO MANUAL	78
4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SERVIDOR WEB.	79
4.4 PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO SCADA INALÁMBRICO.	80
4.5 TROOBLESHOOTING	82
4.5.1 PRUEBA DE HARDWARE.	82
4.5.2 PRUEBA DE CONTROLADORES.	83
4.5.3 PRUEBA DE RADIO.	83
4.5.4 PRUEBA DE EXPLORACIÓN.	84
4.5.5 PRUEBA DE ASOCIACIÓN Y AUTENTICACIÓN.	84
4.5.6 PRUEBA DE SEÑAL.	85
4.5.7 PRUEBA "PING"	85
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
5.1 CONCLUSIONES.	86
5.2 RECOMENDACIONES.	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
DIRECCIONES ELECTRÓNICAS	91
ANEXOS	92

RESUMEN

En la actualidad, uno de los objetivos en las empresas es optimizar los sistemas de control, que les permita aligerar las tareas de mando y supervisión con un control más sofisticado, complementándose con sistemas de comunicación y herramientas de visualización que permitan efectivizar este proceso.

El fin de este de este proyecto es implementar un prototipo Scada basado en tecnología inalámbrica para controlar dos plantas en el laboratorio de instrumentación que servirá para que los estudiantes de la carrera de Electrónica y Control se familiaricen con un sistema Scada Inalámbrico que capture datos desde cada uno de los módulos y envíe hacia un servidor web, de manera que un usuario pueda acceder a esta aplicación vía web para en base a los datos obtenidos monitorear y controlar los procesos desde cualquier sitio. De esta manera se podrán realizar prácticas demostrativas para esta carrera.

Para alcanzar el objetivo de este proyecto primero se realiza una investigación de los principales conceptos que intervienen en el diseño de nuestro prototipo, se abarca temas referentes al Programa Intouch, Herramientas de Monitoreo, Sistemas Scada, Tecnologías Inalámbricas y comunicaciones hacia servidores web.

Se realiza un análisis introductorio de los dos módulos a ser controlados por nuestro prototipo, se analiza las variables a ser transmitidas a través de un enlace inalámbrico hacia un servidor web de manera que cumpla con los parámetros adecuados para que los módulos puedan ser monitoreadas y controladas efectivamente.

Para complementar el punto anterior se explicará el desarrollo y el diseño de la interfaz hombre máquina, que por efectos de nomenclatura se lo abrevia con las letras HMI. Esta aplicación se lo hará en el programa Intouch para cada uno de los módulos.

Se hará una descripción de los sistemas de comunicación y de supervisión del prototipo Scada con sus funciones de control, supervisión y adquisición de datos además de realizar el análisis de la topología física y lógica del prototipo Scada, todo esto para que el usuario tenga un enfoque claro del sistema de control sin necesidad de estar en el lugar del proceso.

Se hace un estudio de la red a implementarse, para la transmisión de los datos, utilizando la familia de protocolos TCP/IP que permitirá la comunicación entre los equipos y el servidor web.

Se analiza los aspectos generales de para levantar el servidor web, que servirá como punto de acceso para los usuarios que se encuentren físicamente distantes.

Antes de finalizar se hace pruebas individuales de funcionamiento de cada una de las aplicaciones desarrolladas en el programa Intouch, se hace pruebas del enlace inalámbrico y de la comunicación vía web hacia el servidor.

Por último se realiza diferentes pruebas de funcionamiento del prototipo en conjunto, se examinan los resultados que nos permiten sacar conclusiones y proporcionar recomendaciones que sirvan en trabajos afines futuros.

PRESENTACIÓN

Debido a que hoy en día en la industria se desea hacer telecontrol usando el protocolo TCP/IP como medio de transmisión, se propone este proyecto que está enfocado en plantear una alternativa para mejorar el control y monitoreo de sistemas que se encuentren geográficamente distantes de un usuario, desarrollando un prototipo Scada inalámbrico que se emplea para controlar dos plantas del Laboratorio de Instrumentación de la Escuela Politécnica Nacional.

El presente proyecto de Titulación está conformado por cinco capítulos, desarrollados de la siguiente manera:

En el Capítulo 1 se presenta una revisión referente a la concepción del proyecto, se hace un estudio formal de cada uno de los temas más importantes sin entrar en detalles profundos de los mismos.

En el Capítulo 2 se analiza y desarrolla las aplicaciones HMI en el programa Intouch para los siguientes módulos:

- “Módulo didáctico de control de caudal”.
- “Módulo didáctico para control de nivel de líquidos”.

En el Capítulo 3 se describe el Prototipo Scada con sus funciones de control, supervisión y adquisición de datos; al igual que los componentes que conforman estos sistemas.

Se hace una revisión de los aspectos generales de la conexión del sistema al servidor web. Y se analiza los criterios de diseño de la red inalámbrica y su implementación.

Se implementa el prototipo Scada para las dos plantas del Laboratorio de Instrumentación.

En el Capítulo 4 se describe los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas para validar el correcto funcionamiento del prototipo Scada.

Por ultimo en el Capitulo 5 se señalan nuestras conclusiones y recomendaciones sustentadas en los resultados de las pruebas del capitulo anterior, de manera que sirva de base para proyectos futuros referentes al tema.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROYECTO

1.7. ANTECEDENTES

El presente proyecto de titulación toma como punto de partida el Diseño y construcción de un Sistema SCADA sobre wi-fi para controlar el caudal de agua que sale desde un tanque¹; Aquí se realiza un estudio de los Sistemas de comunicación inalámbrica y supervisión SCADA con un enlace de comunicación tipo WI-FI, utilizando la familia de protocolos TCP/IP, se complementa esta tarea con visualización HMI, para realizar las tareas de mando y supervisión, garantizando el control del nivel y caudal como se lo haría en forma real en un embalse.

Al sistema descrito se busca convertirlo en uno de telecontrol, añadiéndole el “Módulo didáctico para control de nivel de líquidos” usando un enlace inalámbrico como medio de transmisión y basado en el protocolo de comunicación TCP/IP hacer que se comunique con un servidor web.

Los dos módulos a ser controlados, así como el servidor web y los demás sistemas implementados serán ubicados físicamente en el Laboratorio de Instrumentación de la carrera de Electrónica y Control.

¹BARRERA Laura, LUZURIAGA Daniel, “Diseño y construcción de un sistema scada sobre wi-fi para controlar el caudal de agua que sale desde un tanque”. Politécnica Nacional. Ecuador. Quito. Octubre 2007.

Existen otros proyectos en donde se estudian diversas herramientas de software para monitorear los procesos industriales, así como trabajos referentes a

sistemas SCADAS con sus funciones de control, supervisión y adquisición de datos.

Otro objetivo del proyecto es que sirva para realizar practicas demostrativas que servirá para que los estudiantes de la carrera de Electrónica y Control se familiaricen con un sistema SCADA Inalámbrico que capture y envíe datos hacia un servidor web y que lo estudiantes mismos puedan controlar los módulos vía Internet.

Se espera que este prototipo de control también pueda servir de alternativa para el desarrollo de futuros sistemas de control en beneficio del sector industrial del país. Además este proyecto se plantea como una alternativa económica y fácil de operar para el usuario.

¹MORETA, Marco. “Construcción y monitoreo a distancia de un módulo didáctico para medir caudal, presión y nivel”. Politécnica Nacional. Ecuador. Quito. 2005

1.8. ALCANCES DEL PROYECTO

Para alcanzar el objetivo descrito, es decir, implementar el prototipo SCADA inalámbrico que permita controlar dos plantas en el Laboratorio de Instrumentación se ha considerado lo siguiente:

Se analizarán las plantas: “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL” y “MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS” para identificar las variables que van a ser transmitidas hacia el servidor web y que puedan ser las más apropiadas para su monitoreo y control a través del Scada Inalámbrico.

Se diseñará la Interfaz Hombre Máquina (HMI) en el programa Intouch que permita al usuario la visualización remota de las variables de las dos plantas monitoreadas. Se implementará una aplicación en la cual se pueda escoger a cual de los módulos se desea monitorear.

Se estudiarán las diferentes alternativas de comunicación inalámbrica para escoger la que mejor se acople en el ambiente de laboratorio, procurando que los equipos de red tengan un alcance que cubra el área de laboratorio y que no represente un gasto económico considerable.

Se utilizará una computadora como servidor web, en donde se almacenarán los datos que serán transmitidos de cada módulo en base al programa Intouch previamente instalado en la PC.

Se realizará pruebas de funcionamiento del prototipo desde una computadora ubicada en un lugar remoto que tenga acceso a la Internet, para poder monitorear los módulos.

1.3 ESTUDIO DE LOS SISTEMAS SCADA

SCADA, acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition (Control Supervisor y Adquisición de Datos) es una aplicación de software diseñada para funcionar sobre computadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores, autómatas programables, etc.) y para posibilitar el control y supervisión desde el computador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

1.3.1 CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROTOTIPO SCADA

El prototipo SCADA, básicamente hace referencia a un sistema que permite controlar y/o supervisar dos plantas o procesos por medio de una estación central, es decir una computadora central que efectúa las tareas de supervisión y gestión de alarmas de tal forma que tiene un control básico de los procesos. Todo esto se ejecuta en tiempo real y está diseñado para que el operador pueda tomar acciones sobre sus procesos.

Objetivos del SCADA

- Es un sistema de arquitectura abierta, capaz de crecer o adaptarse según las necesidades del usuario.
- Poder comunicarse con total facilidad, y de forma transparente al usuario, con el módulo y con el resto del mundo.
- Tener programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Funciones Principales

- **Adquisición de datos.** Se lo hace mediante el protocolo de comunicación I/O Server Mbenet, y se almacena en los logs del Intouch.
- **Supervisión.** Se lo realiza a nivel local o remoto a través de la internet.
- **Control.** Se puede modificar la evolución del proceso, actuando directamente sobre las salidas conectadas.

Funciones Específicas

- **Transmisión.** La información se hace desde el dispositivo central a otros PC remotos.
- **Presentación.** Representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface) diseñado en Intouch.

Prestaciones del Scada

- **Crear paneles de alarma,** que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- **Generar históricos del proceso,** a través de logs de alarmas y generación de gráficos.
- **Ejecución de programas,** que modifiquen la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas a un autómata, bajo ciertas condiciones.

Con ellas se pueden desarrollar aplicaciones para computadores (tipo PC, por ejemplo), con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.

1.4 SOFTWARE PARA MONITOREAR LOS PROCESOS INDUSTRIALES

Todos los programas de monitoreo coinciden en los siguientes aspectos:

Características Principales:

- Aplicaciones multilinguaje de HMI.
- Servidor de soporte de clientes TCP/IP.
- Arquitectura Intranet / Internet.
- Lenguaje para sistemas integrados SCADA.
- Extensivas librerías con drivers.
- Símbolos y gráficos complejos de objetos.
- Comunicación vía redes WAN.
- Reporte de accesos desde el EXCEL, ACCESS.

1.4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS DIVERSAS HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA MONITOREAR LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

Entre los principales programas que se tiene para monitorear los sistemas industriales son Simatic, Labview, Winlog Lite, etc.

Winlog Lite, es un software de SCADA/HMI poderoso y fácil de usar, para la supervisión de plantas industriales y residenciales. Un entorno de desarrollo integrado provee diferentes herramientas (Gate Builder, Template Builder, Code Builder) para la creación fácil e intuitiva de aplicaciones multilinguaje. La comunicación con los dispositivos más populares (PLCs, controladores PID, módulos I/O, servidores OPC, etc.) está asegurada por una extensa librería de controladores.

Simatic, Son paquetes que proveen una HMI en tiempo real para la supervisión de plantas civiles e industriales. Un ambiente desarrollado e integrado provee diversas herramientas como generadores de alarmas, plantillas y códigos, los cuales sirven para una fácil e intuitiva creación de aplicaciones multilinguaje. Una extensiva librería de drivers y una Interface para cliente OPC, permite la comunicación con la mayoría de dispositivos electrónicos como PLCs,

controladores, controles de motores, módulos de entrada y salida; las funciones especiales pueden ser integradas directamente por el diseñador; formatos estándar de archivos históricos (DBF, CSV) y ODBC (SQL) soporte que asegura la interfase con la mayoría de aplicaciones de Windows (EXCEL, ACCESS, etc). Los diferentes programas hacen posible configurar una arquitectura cliente/servidor con protocolo TCP/IP o red intranet/Internet o crear aplicaciones web accesibles desde buscadores estándar.

1.4.2 LIBRERÍAS GRÁFICAS.

Una de las herramientas mas usadas es el Symbol Factory 2.0 que es la más popular librería de objetos gráficos para automatización con mas de 4000 objetos de manufactura e industriales como bombas, válvulas, motores, tanques, tuberías, símbolos ISA, etc.

Un editor integrado permite cambiar el tamaño, color, esquema y orientación de los objetos. También tienen una librería de objetos gráficos, con potenciómetros, punteros, indicadores lineales, termómetros, switches y selectores.

1.4.3 ARQUITECTURA DE RED.

Arquitecturas distribuidas cliente/servidor pueden ser configuradas usando protocolos TCP/IP. Estructuras multimaestro en las cuales cada terminal puede comunicarse con los otros equipos de tal manera que le es posible la lectura y la escritura.

Tanto las tecnologías inalámbricas como las redes celulares pueden ser usadas para comunicación con dispositivos remotos o enviar SMS (Short Message Service) a los operadores de mantenimiento; de esta manera el centro de supervisión puede proveer un servicio de asistencia remota a los sitios perimetrales alrededor del País.

1.4.4 EVENTOS Y ALARMAS.

Eventos y alarmas pueden ser activadas como función de valores límites tomados por el SCADA. Las alarmas son señaladas directamente en un área especialmente reservada de la pantalla, y la confirmación por el operador es también controlada. El estado de información (eventos activos) e historial (dato, tiempo, evento) pueden ser ingresadas según varias categorías libremente definidas (Ej. Prioridad y lugar).

1.4.5 PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos son sets de características, valores de un proceso de trabajo o configuración de la planta. Los nuevos procedimientos pueden ser creados y existen unos con actualizaciones (copiados, borrados, renombrados, impresos y modificados) así como los que son importados y exportados del proceso en si.

La aplicación de un procedimiento puede ser comandado por un operador, ejecutado automáticamente en el arranque o ejecutados por el programa.

1.4.6 REPORTE

Reportes con resumen de información acerca de datos del proceso, calidad o alarmas de planta, pueden ser generados en un formato pre-programado y puede ser visualizado o impreso o enviado hacia dispositivos perimetrales.

Los reportes pueden ser requeridos por el operador o automáticamente generados sobre una base cíclica (después de intervalos específicos de tiempo, en días particulares de la semana, etc), o ejecutados por el programa (Ej. En caso del fin de la producción). Las copias de los reportes generados son también grabados en el historial y pueden ser accedidos por otro software como EXEL, ACCESS, etc.

1.4.7 SEGURIDAD

Cada ítem del menú, plantilla, identificación, etc, pueden ser protegidos por la especificación de los grupos autorizados al acceso, y estos son quienes lo modifican. Un nombre, password, y membresía de uno o más grupos pueden ser definidos para un ilimitado número de operadores. Cada acción del operador que ha producido una modificación en los datos, es grabada en un archivo histórico por fecha, hora, descripción del evento y nombre del operador.

1.5 INTOUCH

InTouch es un paquete de software utilizado para crear aplicaciones de interfase hombre-máquina (HMI) en una PC. InTouch utiliza como sistema operativo el entorno WINDOWS. El paquete consta básicamente de dos elementos: WindowMaker y Windowviewer.

WindowMaker (WM); es el sistema de desarrollo. Permite todas las funciones necesarias para crear ventanas animadas interactivas conectadas a sistemas externos o a otras aplicaciones WINDOWS.

WM de InTouch es una herramienta de dibujo basada en gráficos por objetos, en lugar de en gráficos por píxeles. Básicamente podemos decir que creamos objetos (círculos, rectángulos, etc.) independientes unos de otros. Ello facilita la labor de edición del dibujo y lo que es más importante, permite una enorme sencillez y potencia en la animación de cada uno de los objetos, independientemente o por grupos.

WindowViewer (WV); es el sistema runtime utilizado para rodar las aplicaciones creadas con WindowMaker.

InTouch permite a los usuarios el desarrollo fácil y rápido de HMIs para aplicaciones industriales, para crear las vistas gráficas de los procesos en base al programa editor WindowMaker, que incluye herramientas como gráficos, imágenes prediseñadas, librerías industriales, así como también múltiples enlaces de conexión I/O de sencilla configuración. Además, cuenta con un motor de

generación de programas potentes y amigables.

A continuación, realizamos una breve descripción de los principales elementos del menú de WindowMaker.

File.- Manejo de ficheros y de ventanas.

Edit.- Contiene una serie de comandos para editar los objetos de la ventana. Con estas funciones, podemos editar los objetos que se encuentren seleccionados

View.- Con el menú VIEW, definimos qué utilidades o elementos de WindowMaker queremos tener visibles mientras programamos.

InTouch, soporta la visualización, archivo (en disco duro o en base de datos relacional) e impresión de alarmas tanto digitales como analógicas, permite la notificación al operador de condiciones del sistema de dos modos distintos: Alarmas y Eventos.

El paquete **InTouch** viene protegido por una llave (licencia) conectado al puerto paralelo del computador lo que hace que se pueda disponer de mayor número de tagnames. Adicional a esto, se cuenta con un nivel de acceso que permita la visualización del sistema y otro para la modificación de parámetros, etc.

Otra característica importante en Intouch es que nos permite la comunicación hacia otras aplicaciones a nivel interno de un computador o a nivel externo, es decir con entornos de redes distintas.

Por todo esto se desarrollo este proyecto en base al programa Intouch de la Wonderwold.

1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

1.6.1 GENERALIDADES.

Las redes inalámbricas se refieren a comunicaciones entre computadores u otros equipos que no requieren cables para su interconexión, en donde el principal medio de transmisión es el aire y cuyo objetivo fundamental es proporcionar las facilidades no disponibles en los sistemas cableados y formar una red total donde coexistan los dos tipos de sistemas.

En general las redes inalámbricas se utilizan como complemento de las redes fijas y más que una sustitución son una extensión de las mismas.

En la actualidad las redes inalámbricas es un campo de muy alto crecimiento debido a su movilidad, libertad, funcionalidad y son una alternativa ideal para hacer llegar una red tradicional a lugares donde el cableado no lo permite.

Las dos tecnologías inalámbricas más usadas para networking son IR y RF. Uno de los puntos débiles de la tecnología de IR es que las estaciones de trabajo y los dispositivos digitales deben estar en la línea de vista del transmisor para poder operar.

Las redes basadas en infrarrojo se acomodan a entornos donde todos los dispositivos digitales que requieren conectividad de red se encuentren dentro de una habitación. Esta tecnología se puede instalar rápidamente, pero las personas que cruzan la habitación, o el aire húmedo pueden debilitar u obstruir las señales de datos. Sin embargo, se están desarrollando nuevas tecnologías similares que pueden funcionar sin que se requiera línea de vista.

La tecnología de Radiofrecuencia permite que los dispositivos se comuniquen en habitaciones o edificios separados físicamente. El rango limitado de señales de radio restringe el uso de esta clase de red. La tecnología de RF puede utilizar una

o varias frecuencias. Una radiofrecuencia única está sujeta a interferencias externas y a obstrucciones geográficas. Además, una sola frecuencia es fácil de monitorear, lo que hace que la transmisión de datos no sea segura. La técnica del espectro disperso evita el problema de la transmisión insegura de datos porque usa múltiples frecuencias para aumentar la inmunidad al ruido y hace que sea más difícil que intrusos intercepten la transmisión de los datos.

En la actualidad se utilizan dos enfoques para implementar el espectro disperso para transmisiones de WLAN. Uno es el Espectro Disperso por Salto de Frecuencia (FHSS) y el otro es el Espectro Disperso de Secuencia Directa (DSSS). Los detalles técnicos del funcionamiento de estas tecnologías exceden el alcance de este proyecto.

1.6.1.1 Aplicaciones.

Las aplicaciones más típicas de las redes de área local inalámbricas que se puede encontrar actualmente son las siguientes:

- Interconexión de redes de área local que se encuentran en **lugares físicos distintos**. Por ejemplo, se puede utilizar una red de área local inalámbrica para interconectar dos o más redes situadas en dos edificios distintos.
- Estas redes permiten el acceso a la información mientras el usuario se encuentra en **movimiento**, es decir usuarios que se mueven con sus computadoras y necesitan tener acceso temporal a la red LAN alámbrica (**Acceso Nómada**) desde varias ubicaciones. Habitualmente esta solución es requerida en hospitales, fábricas, almacenes, campus universitarios...
- Generación de **grupos de trabajo eventuales y reuniones ad-hoc**. En estos casos no valdría la pena instalar una red cableada. Con la solución inalámbrica es viable implementar una red de área local que sea para un plazo corto de tiempo.

Con el antecedente anterior se las podría clasificar en cuatro grupos de aplicación.

1. Extensión de LANs
2. Interconexión entre edificios.
3. Acceso Nómada
4. Redes Ad-hoc

1.6.1.2 Ventajas y Desventajas de una Red Inalámbrica.

La tecnología de las redes Inalámbricas es un campo de muy alto crecimiento debido a su movilidad y funcionalidad, lo que ofrece ventajas en productividad, conveniencia y costos, sin las limitaciones de los alambres o cables de la tecnología LAN tradicional.

Ventajas:

- ***Movilidad y libertad para desplazarse***, Los sistemas inalámbricos ofrecen a sus usuarios acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar de su organización, permitiendo movilidad y a su vez mantiene la conectividad.
- ***Velocidad y sencillez de instalación***, evitando la necesidad de tender cables a través de paredes y techos.
- ***Reducción de gastos***, de instalación y durante el ciclo de vida de la red, aunque la inversión inicial puede ser mayor. Esto es primordial ya que WLANs no requiere cambios de cableado (significativos), durante reconfiguraciones de las oficinas.
- ***Escalabilidad***, los sistemas de WLAN se pueden configurar con diversos tipos de topología para satisfacer las necesidades de aplicaciones e instalaciones específicas.

Desventajas:

- **Velocidad de transmisión**, En términos generales la velocidad de transmisión siempre será inferior a la de una red cableada e incluso sus prestaciones se degradarán más rápidamente cuando se introduzcan nuevos nodos que en una red cableada.
- **Interferencias**, La red estará sometida a interferencias debidas al entorno radioeléctrico e incluso podría producir interferencias en otros dispositivos de su entorno.
- **Privacidad**, Las transmisiones se propagan por el espacio sin límites definidos por lo que podrían ser captadas por terceros y espiadas si no se habilitan los sistemas adecuados para mantener la privacidad de las Transmisiones.

1.6.2 REDES INALÁMBRICAS DE DATOS.

Al hablar de redes inalámbricas de datos, en realidad se hace referencia a las redes de área local inalámbricas (WLAN), sin embargo, viene a la mente Wi-Fi, WiMax, Bluetooth, etc.

1.6.2.1 Tipos de Redes Inalámbricas por su Extensión.

Extensión se refiere a la distancia máxima de comunicación como se muestra en la Figura: 1.6.2.1

• Wireless Personal Area Network (WPAN)

- Bluetooth, Zigbee (802.15.4), Infrarrojo (IR)
- Cubren distancias menores a 10 m.
- Interconectan distintos dispositivos de un usuario.

- **Wireless Local Area Network (WLAN)**

- Wireless Ethernet Wi-Fi, HiperLAN
- Cubren distancias de unos cientos metros y son hechas para un entorno local.

- **Wireless Metropolitan Area Network (WMAN)**

- Wi-Max, Mobile-Fi
- Pueden cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano.

- **Wireless Wide Area Network (WWAN)**

- GSM, CDMA, GPRS, EDGE, UMTS, CDMA-2000
- También llamadas redes globales y se basan en tecnología celular.

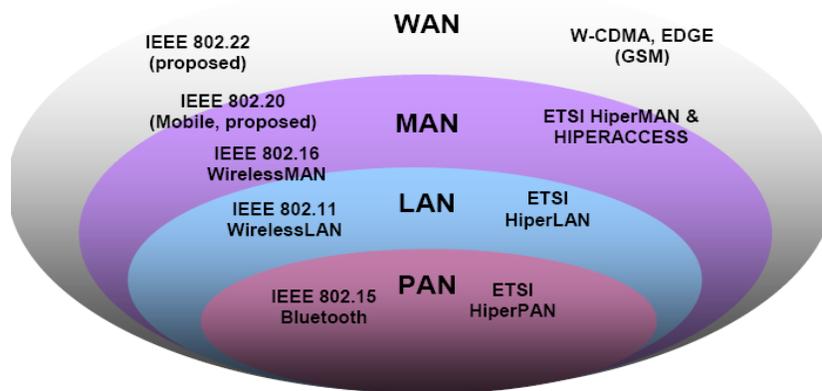


Figura: 1.6.2.1 Tipos de Redes Inalámbricas. (www.wikipedia.com)

1.6.2.2 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN).

En general, una WPAN es una red que tiene un área de cobertura de varios metros, estando en el orden de los 10 metros, su objetivo es permitir una comunicación directa a corta distancia entre cualquier dispositivo personal. Figura 1.6.2.2.



Figura 1.6.2.2 Red Wireless PAN. (www.wikipedia.com)

1.6.2.2.1 Bluetooth.

Las comunicaciones de Bluetooth se realizan mediante el modelo maestro esclavo, utiliza una frecuencia de radio de disponibilidad universal en la banda de 2.4 Ghz y conecta dispositivos habilitados para Bluetooth situados a una distancia de hasta 10 metros.

Bluetooth puede transmitir tanto voz como datos y se utiliza principalmente para conectar un ordenador portátil o un dispositivo de bolsillo con otros ordenadores portátiles, teléfonos móviles, cámaras, impresoras, teclados, altavoces e incluso un ratón de ordenador. Figura: 1.3.

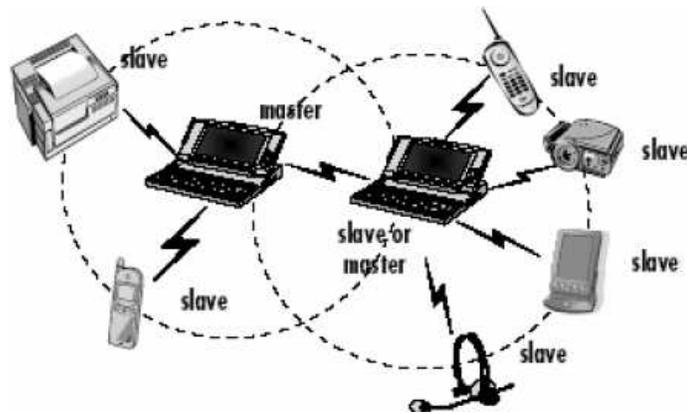


Figura: 1.6.2.2.1 Red Bluetooth. (www.wikipedia.com)

1.6.2.2 Zigbee (IEEE 802.15.4)

Es una red de distancias relativamente cortas comparada con Wi-Fi y diseñado para ser mas simple y barato que bluetooth.

Cumple el estándar IEEE 802.15.4 y se destina a usos que requieren bajas tasas de transferencia y de bajo consumo (250 kbps, 40 kbps y 20 kbps).

En base a esta tecnología se realiza redes inalámbricas con sensores. Zigbee permite la comunicación entre miles de pequeños sensores que pueden estar estratégicamente distribuidos para medir temperatura, movimiento, agua, etc. También puede utilizarse con juguetes interactivos, controles remotos, automatización del hogar, control industrial entre otros.

1.6.2.3 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN).

Generalmente, las WLAN son redes privadas cuya extensión está limitada en el espacio: un edificio, un campus o en general una extensión inferior a unos cuantos kilómetros. Su mayor aplicación es la interconexión de ordenadores y estaciones de trabajo en oficinas y fábricas para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones. Figura 1.6.2.3.

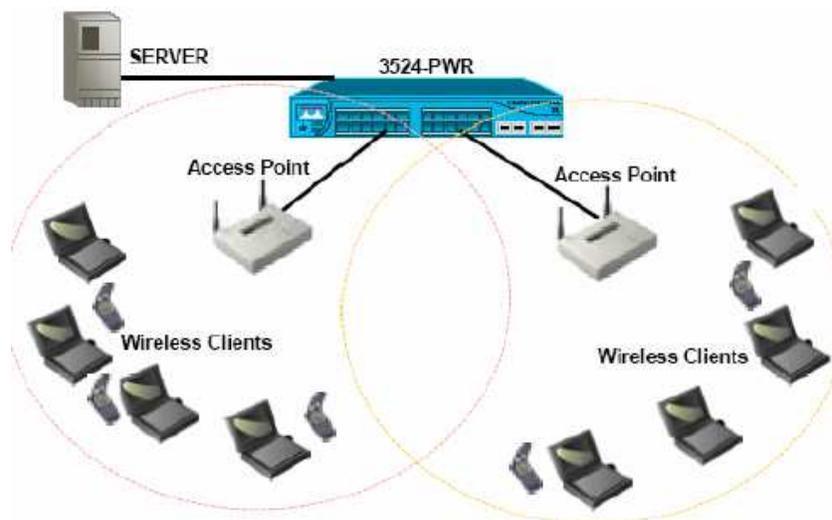


Figura: 1.6.2.3 Redes Wireless LAN. (www.wikipedia.com)

En el mercado hay distintas tecnologías que responden a estas necesidades, por ejemplo HomeRF, HiperLAN, etc; pero sin duda Wi-Fi es la de mayor importancia por su gran utilización.

1.6.2.3.1 Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Por ser una de las tecnologías de mayor importancia, el presente prototipo se basará en el protocolo 802.11, conocida también bajo el nombre de Wi-Fi.

En realidad Wi-Fi es el nombre de una asociación de industrias de más de 200 compañías dedicada a promover el crecimiento de las WLANs.

Siendo uno de sus objetivos mejorar, velar y certificar la compatibilidad de los productos para las redes inalámbricas, la alianza Wi-Fi mantiene un programa de pruebas y certificaciones que garantizan la interoperabilidad de los productos WLAN basados en la especificación IEEE 802.11.

Wi-Fi puede establecer comunicaciones hasta 11 Mbps y utiliza las frecuencias de radio, como se indica en la Tabla 1.6.2.3.1.

Estándar WLAN	802.11a	802.11b	802.11g
Frecuencia (Ghz)	5	2.4	2.4
Velocidad (Mbps)	54	11	54
Alcance Interiores (mts.)	40 -100	40 -100	12 -30
Alcance Exteriores (mts.)	500 – 700	500 – 700	50 – 400
Rendimiento Máximo (Mbps)	7.5	27	36
Denominación	Wi-Fi5	Wi-Fi	

Tabla: 1.6.2.3.1: Estándar WLAN. (www.wikipedia.com)

Si se sabe dónde se encuentra una red Wi-Fi o WLAN, se puede navegar fácilmente, utilizar el correo electrónico y acceder a la red privada de una empresa, es por eso que el tema de las seguridades se vuelve crítico en este tipo de tecnologías.

1.6.2.4 Redes Inalámbricas de Área Metropolitana (WMAN)

Tiene una cobertura que va desde unos cientos de metros hasta varios kilómetros, el objetivo es cubrir el área de una ciudad o un área metropolitana. La tecnología más utilizada es Wi-MAX, que cumple con el estándar IEEE 802.16.

1.6.2.4.1 Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

Wi-Max se formo con el fin de promover el estándar 802.16 de manera de garantizar interoperabilidad entre redes. Figura: 1.6.2.4.1.

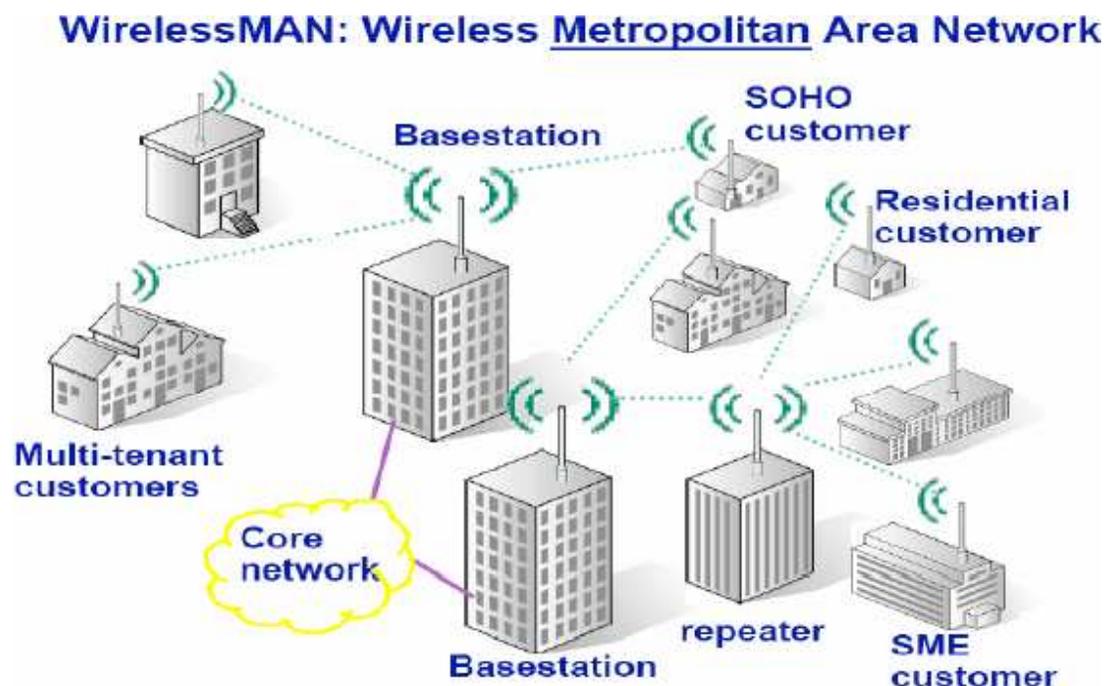


Figura: 1.6.2.4.1. Red Wi-Max. (www.wikipedia.com)

La tecnología 80.2.16 (WMAN), ofrece una alternativa inalámbrica para la conectividad de banda ancha de última generación a empresas y hogares, con un alcance de 40 a 50Km para estaciones fijas y de 5Km para estaciones móviles.

1.6.2.5 Redes Inalámbricas Globales.

Las redes inalámbricas de área extendida (WWAN) o sistemas inalámbricos de cobertura global que existen son los sistemas de telefonía móvil, se caracterizan por ocupar una gran área geográfica (hasta un continente entero).

Un sistema celular provee una conexión inalámbrica a la PSTN, a los usuarios, en cualquier ubicación dentro del rango de cobertura del sistema, el área de cobertura de cada estación se limita a una pequeña área geográfica llamada "celda".

Un sistema celular básico consiste de dos tipos de estaciones y un centro de conmutación, Figura: 1.6.2.5.

Estaciones Móviles. Contiene un transceiver, una antena y circuitería de control y se comunica mediante radio con una estación base.

Estaciones base. Son antenas de transmisión y recepción que están en torres y sirven de puente entre los usuarios móviles de la celda y el MSC.

MSC (Centro de conmutación móvil), que es el responsable de conectar a todos los móviles al PSTN.

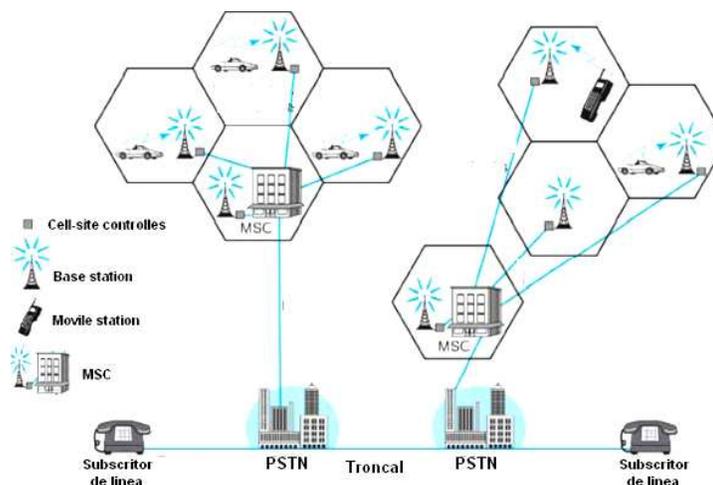


Figura: 1.6.2.5.Sistema Celular Básico. (www.wikipedia.com)

1.6.2.5.1 Tecnología 2G – GSM.

GSM es el primer paso en la transformación de “TDMA” a la “Nueva Generación” o 3G-Network y abre el camino para el desarrollo de funcionalidades avanzadas tales como GPRS. Apareció a finales de los ochenta con los primeros sistemas digitales y con posibilidad de transmitir datos.

La principal tecnología de segunda generación es GSM “Sistema Global de Comunicaciones Móviles” que permite realizar llamadas de voz, datos o enviar mensajes de texto por lo que hoy en día es el sistema 2G más difundido de telefonía celular.

Puede transmitir datos a 13 kbps (full rate) sin la necesidad de usar un módem de datos y entre sus principales servicios es la transmisión de datos a través de SMS (Servicio de Mensajes Cortos).

Lo más innovador que ofreció este sistema es el “SmartChip”, una pequeña tarjeta que se inserta en el teléfono GSM de Cingular Wireless y al ser totalmente portátil le permite al usuario mover la información de un teléfono a otro con tal sólo colocar el “SmartChip” en otro teléfono GSM.

1.6.2.5.2 Tecnología 2.5G – GPRS.

Para ofrecer servicios de datos con más capacidades, se han desarrollado nuevas generaciones de redes celulares, mientras se desarrolla las tecnologías para ofrecer servicios 3G, se han creado las tecnologías 2.5G

GPRS es la sigla de General Packet Radio Services. Se transmite a través de redes de telefonía móvil y envía datos a una velocidad de hasta 114 Kbps. El usuario puede utilizar el teléfono móvil y la PDA para navegar por Internet, enviar y recibir correo, y descargar datos y soportes.

GPRS añade a las redes GSM la posibilidad de transmitir paquetes de datos, además permite realizar videoconferencias y utilizar mensajes instantáneos para charlar con sus familiares y amigos, esté donde esté. Además, puede emplearse como conexión para el computador portátil u otros dispositivos móviles.

1.6.2.5.3 Tecnologías 3G.

La Tecnología 3G (tecnología inalámbrica de tercera generación) es un servicio de comunicaciones inalámbricas que le permite estar conectado permanentemente a Internet a través del teléfono móvil, la PDA, el PC o el computador portátil. La tecnología 3G promete una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior (que incluye la posibilidad de ejecutar aplicaciones multimedia). Con velocidades de datos de hasta 384 Kbps, es casi siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar.

La tecnología digital ha contribuido al éxito de la telefonía móvil, ha mejorado la recepción, ha permitido un mejor uso del espectro e incluso los costos han ido disminuyendo. La Figura 1.7.2.5.3, muestra de forma general la evolución de las generaciones.



La Figura 1.6.2.5.3. Generaciones de la Tecnología Inalámbrica. (www.wikipedia.com)

Hasta aquí se ha presentado una revisión de el fundamento teórico del proyecto, abordando temas básicos de un Sistema SCADA, del programa Intouch, del concepto del HMI, así como una descripción breve de las tecnologías inalámbricas, todo esto resumido de tal manera que el contenido de cada tema es fundamental para entender los principios básicos del presente proyecto.

1.6.1.1 CAPÍTULO 2

1.6.1.2

1.6.1.3 ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL HMI DE SUPERVISIÓN

2.1 ANÁLISIS DEL “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL”

El Módulo Didáctico de Control de Caudal se muestra en la Figura 2.1.



La Figura 2.1 Módulo Didáctico de Control de Caudal.

2.1.1 ANÁLISIS DE VARIABLES A SER TRANSMITIDAS

El Módulo Didáctico de Control de Caudal del laboratorio de Instrumentación posee una instalación que simula el control del flujo de un líquido de un lugar a otro.

La planta cumple con su fin ya que da una idea clara de las variables a manejar y monitorear.

El módulo didáctico de control de caudal consta de dos tanques: un principal y otro secundario.

El tanque principal muestra el nivel de agua mediante indicadores numéricos. De este tanque sale agua hacia el tanque secundario, a través de una tubería.

El líquido al tanque principal se realimenta desde el tanque secundario con la ayuda de una bomba de agua, formando un lazo cerrado de circulación de agua.

El control del caudal que va por la tubería desde el tanque principal al secundario se lo hace de manera automática para simular perturbaciones en el caudal de manera manual, se cuenta en la tubería con una llave o válvula que se abre o cierra para que el caudal varíe de cero a cien por ciento.

Para controlar el caudal de manera automática, se ha colocado a continuación de la válvula manual, una servoválvula, cuyo porcentaje de apertura depende de la necesidad del tanque secundario.

La servoválvula es controlada por medio de un PLC Telemecanique. Esta servoválvula busca mantener el flujo constante, abriendo o cerrando el flujo, dependiendo de la perturbación.

Como ya se mencionó, por medio de una tubería se llena el agua desde el tanque secundario hacia el tanque principal. El flujo es controlado por una bomba que actúa de forma on / off siempre y cuando se detecte que en el tanque principal esta faltando agua, lo que también significaría que en el tanque secundario existe un exceso de agua.

Como este módulo es una versión a escala de lo que sería un control de flujo de líquido en grandes tuberías, no se tomó en cuenta la presión ejercida por el líquido a las tuberías. Cabe aclarar que de ser un sistema a gran escala, aumentaría el número de variables a considerar como: la presión en la tubería, la composición del líquido, la cantidad de líquido movilizado por unidad de tiempo, los ambientes por los que va a pasar la tubería, e incluso longitud de la tubería.

En conclusión el sistema SCADA del módulo de control de caudal monitorea las siguientes variables:

- Nivel del tanque principal.
- Estado de la servoválvula.
- Presión de agua en el tanque principal.
- Estado de la Bomba.
- Estado de la perturbación.

El nivel del tanque principal, físicamente se lo puede constatar en el tanque, pero para que el SCADA pueda medir ese valor se creó una relación entre la presión ejercida por el agua del tanque y los indicadores de nivel.

La presión de agua del tanque principal, una de las principales variables del sistema se transmite a la HMI del SCADA donde se muestra un valor equivalente a nivel del fluido en el tanque desde la PC.

El estado de la electroválvula es controlado desde la PC. Cuando el nivel de agua del tanque esta fuera de los límites que tiene el tanque, ya sea sobrenivel o bajo nivel, el software de la PC abre o cierra la válvula para mantener un flujo constante a pesar de las perturbaciones, que se introducen en el sistema para propósitos didácticos.

La bomba se activa para enviar agua al tanque principal dependiendo de la necesidad del sistema.

Las perturbaciones se detectan mediante un fin de carrera, que indica si se ha llegado o no a los límites. Por otro lado, se detecta el nivel del líquido en el tanque y con este valor se calibra el porcentaje de apertura de la servoválvula, para así asegurar un flujo constante de líquido.

2.1.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI) DEL “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL”

Para el diseño de la HMI, se necesita un programa amigable gráficamente para que permita tener una buena interacción entre el usuario y el computador.

Se tuvieron como candidatos para la HMI a los programas: Labview, Lookout e Intouch. Existen más, pero estos son los de más fácil acceso para los estudiantes de la Carrera de Electrónica y Control.

Se escogió de los tres el Intouch debido a que sus librerías gráficas son más extensas que la de los dos anteriores, además es un programa que ha tenido mayor acogida por las empresas en estos tiempos y todavía esta en uso en varias empresas.

Una vez escogido el programa para el HMI, se necesito de un controlador para que junto al HMI se realice el control del módulo de caudal. Se escogió por facilidad un PLC marca Telemecanique, ya que contaban con ese PLC en el laboratorio.

La Figura 2.1.2 detalla el diagrama de flujo de la HMI desarrollada para el Módulo de Control de Nivel de Caudal.

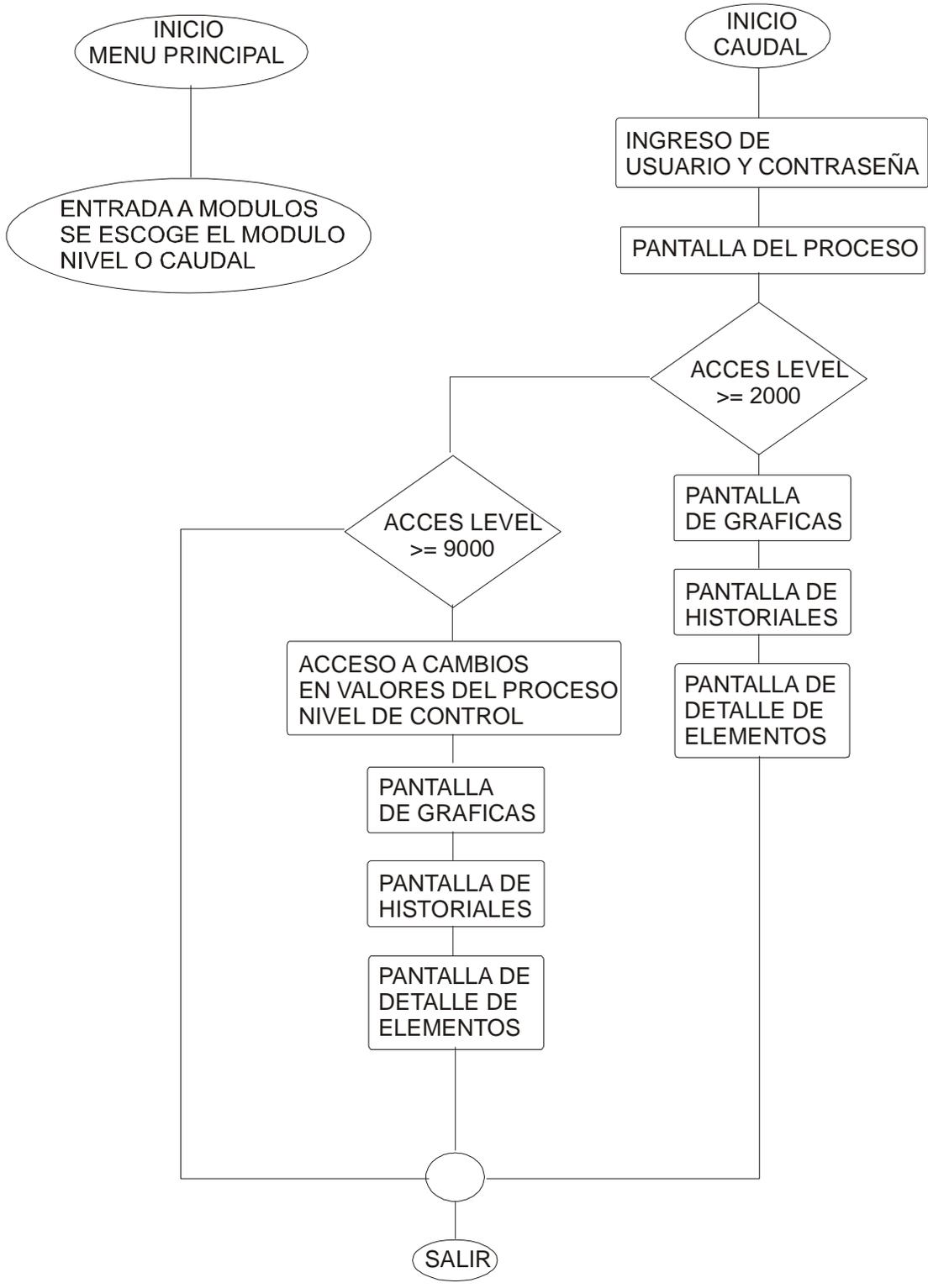


Figura 2.1.2 Diagrama de Flujo de la HMI para el Módulo de Control de Caudal

La estructura del diagrama de flujo se describe brevemente a continuación.

INICIO MENÚ PRINCIPAL. Es la pantalla principal de la HMI, en la cual se tiene el botón de inicio, el cual me permite pasar a la siguiente pantalla para elegir el módulo a monitorear.

ENTRADA A MÓDULOS. Es la pantalla que me permite escoger entre el módulo de control de nivel y el Módulo de control de caudal.

INICIO CAUDAL. Es la pantalla donde se ingresa el nombre de usuario y contraseña para acceder al proceso del módulo de control de caudal.

PANTALLA DE PROCESO. En esta pantalla se muestra el proceso, para acceder a esta pantalla no hay restricción de usuario.

ACCESS LEVEL. La HMI identifica el nivel de acceso del usuario y basándose en este se aplican las restricciones de acceso a los iconos del proceso, como son historiales, alarmas, pantallas de detalles de elementos del proceso y cambios en el set point.

Para que la HMI se comunice con el PLC del módulo didáctico de control de caudal, se le definió un nombre de acceso “PROYECTO” en la HMI, el cual junto con la dirección IP¹ configurada en el PLC, logra que se comunice con la PC, a través de la red inalámbrica.

Se hizo el sistema de comunicación del SCADA de manera inalámbrica, para poder simular lo que sería manejar dos plantas que no necesariamente están físicamente cerca.

¹ La configuración IP del PLC se lo estudia en el Capítulo 3

Al abrir el programa de Intouch, la primera pantalla da la opción a escoger el módulo con el cual se desea trabajar; en este caso se puede escoger entre el MÓDULO DE NIVEL o el MÓDULO DE CAUDAL como se muestra en la Figura 2.1.2.



Figura 2.1.2 Pantalla Para Selección de Módulo.

Si se selecciona el módulo de caudal, se debe ingresar un nombre de usuario y una contraseña, para este caso se tiene los siguientes usuarios con las siguientes contraseñas:

- Usuario: MONITOREO CAUDAL, Contraseña: MONITOREOCAUDAL.
- Usuario: CONTROL CAUDAL, Contraseña: CONTROLCAUDAL.
- Usuario: ADMINISTRATOR, Contraseña: WONDERWARE.

Si no se ha ingresado ningún nombre de usuario, sí se puede ingresar a la pantalla de proceso, el usuario para este caso se autodenomina NONE y no tiene acceso a las demás pantallas ni a cambios en variables del proceso, pero tiene acceso al

botón que regresa a la pantalla anterior. Se hizo de esta manera para que con el nivel NONE se pueda observar el proceso de manera gráfica y nada mas, esto serviría, en caso de una simple demostración de la apariencia de la HMI.

Con el usuario MONITOREO CAUDAL, se puede ingresar a la siguiente pantalla del proceso para observar el desempeño del mismo, además se tiene acceso a pantallas de gráficos de estado de las variaciones del control de flujo con respecto al tiempo, estos gráficos son importantes ya que nos indican como se ha comportado el sistema y se puede observar con claridad momentos de calma, momentos donde existe una perturbación y la debida acción de control tomada para el caso dado. Se tiene acceso a la pantalla de historial, el cual registra los eventos ocurridos con hora y fecha con lo cual se tiene un registro de monitoreo que además se puede imprimir. También con este usuario se puede dar un clic sobre los elementos del proceso y se abrirán pantallas que nos detallan el funcionamiento de dicho elemento de control, para que así el usuario tenga una idea clara de lo que hace cada elemento.

Con el usuario CONTROL CAUDAL, se tiene acceso a las mismas pantallas de monitoreo, pero además se tiene acceso a lo que es el cambio de estado los elementos de control, como por ejemplo activar o desactivar la electroválvula, activar o desactivar la bomba, variar el set point del nivel del tanque principal, con este usuario se puede decir que se tiene un control total del proceso.

Con el usuario ADMINISTRADOR, a más de poder hacer todo lo que se hace con el usuario CONTROL CAUDAL, es capaz de cambiar nombres de usuario, contraseña, y en general es el que tiene acceso a hacer cambios en todo el programa, ya que este es el usuario master y sobre este usuario no hay ninguno.

2.2 ANÁLISIS DEL “MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS”.

El gráfico del Módulo Didáctico de Control de Nivel de Líquidos se muestra en La Figura 2.2.



Figura 2.1 Módulo Didáctico de Control de Nivel de Líquidos.

2.2.1 ANÁLISIS DE VARIABLES A SER TRANSMITIDAS

El módulo didáctico para control de nivel de líquidos, así como el módulo para control de caudal, cuenta con sensores e indicadores que permiten al usuario monitorear y controlar a las variables físicas que intervienen en lo que es un sistema para control de nivel de líquidos.

Él módulo cuenta con dos tanques de vidrio, los cuales facilitan la apreciación del nivel del tanque.

En el tanque principal se tiene un sensor de nivel capacitivo, el cual consta de tres alambres de cobre de diferentes alturas, las cuales hacen que el sensor detecte

las diferentes etapas del llenado del tanque, como son nivel bajo, nivel alto y la referencia.

El módulo posee un tablero de luces indicadoras de sobrenivel, subnivel, perturbación, sobrepresión, luz principal, bomba, servoválvula, las cuales se activan dependiendo de los eventos que van ocurriendo.

Para simular una perturbación el tanque tiene una válvula on/off, la cual simula un cambio en el nivel del tanque primario.

El módulo se tiene un sensor de presión, el cual detecta la presión del líquido a través de la tubería de alimentación al tanque principal.

El módulo emplea una bomba, para pasar el líquido del tanque secundario al primario.

Para saber el nivel del líquido se tiene un flotador conectado a un potenciómetro, el cual envía una señal de voltaje de 0 a 5 voltios, cuyo valor es proporcional al del nivel de agua del tanque principal.

Se tiene una servoválvula la cual entrega al PLC un valor de voltaje de 0 a 5 voltios, los cuales son equivalentes al nivel de apertura de la misma. Esta servovalvula está ubicada en la parte inferior del tanque principal, es decir, a la salida para que el agua sea retornada al tanque reservorio, formando así un circuito cerrado de agua.

Para el control de nivel de líquidos se necesitan monitorear las siguientes variables:

- Nivel de presión en la bomba.
- Perturbación.
- Nivel del líquido.
- Bomba.

- Servoválvula.

Midiendo la presión de la bomba, el sistema puede detectar si el funcionamiento de la bomba está dentro de su rango normal, y en caso de que este fuera del rango, se efectuara un paro de emergencia se activará una alarma para que el operador entre en acción, tomando las medidas correctivas del caso.

Estado de la perturbación, es en base a un potenciómetro que esta conectado a la válvula de bola, lo cual genera una señal de 0 a 5V que nos indica un nivel perturbación, lo cual crea un estado de alerta en el sistema haciendo que el mismo busque mantener el nivel del tanque principal con un valor constante.

El nivel del líquido, es convertido a una señal análoga mediante un flotador conectado a un potenciómetro que indica el nivel con una variación de voltaje de 0 a 5 voltios, que entra al PLC. Este en base a comunicación ethernet, permite que en el SCADA se visualice gráficamente este dato.

El estado de la bomba se monitorea mediante una señal discreta que indica si la bomba esta encendida o no. Para que la bomba se encienda, se tiene que generar una señal en el sistema que le diga al PLC un nivel bajo de agua en el tanque principal y una vez que la bomba se enciende, esta saca agua del tanque secundario y la envía al tanque primario. La bomba permanece encendida hasta que el PLC le envíe una señal de apagado una vez que el agua del tanque primario llega al nivel de referencia.

El estado de la servoválvula se monitorea mediante una señal análoga de 0 a 5V enviada por un potenciómetro, el cual indica el nivel de apertura de la misma. La apertura depende de la señal que envíe el PLC al motor de la servovalvula, ya sea para abrirla o para cerrarla. Con esto se logra que automáticamente se corrija una perturbación y se consiga mantener un nivel constante de agua en el tanque principal.

2.2.2 DISEÑO DE LA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI) “MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS”.

Como ya se dijo anteriormente en el diseño del HMI para el módulo didáctico de control de caudal, se necesita un programa amigable gráficamente para que permita tener una buena interacción entre el usuario y el computador.

Se tuvieron como candidatos para la HMI a los programas: Labview, Lookout e Intouch. Existen más, pero estos son los de más fácil acceso para los estudiantes de la carrera de electrónica y control.

Se escogió de los tres el Intouch debido a que sus librerías graficas son más extensas que la de los dos anteriores, además que es un programa que ha tenido mayor acogida por las empresas en estos tiempos y todavía esta en uso en varias empresas.

Una vez escogido el programa para el HMI, se necesito de un controlador para que junto al HMI se realice el control del módulo de nivel. Se escogió por facilidad un PLC marca Telemecanique, ya que contaban con ese PLC en el laboratorio.

La Figura 2.2.2.1 detalla el diagrama de flujo de la HMI desarrollada para el Módulo de Control de Nivel de Líquidos.

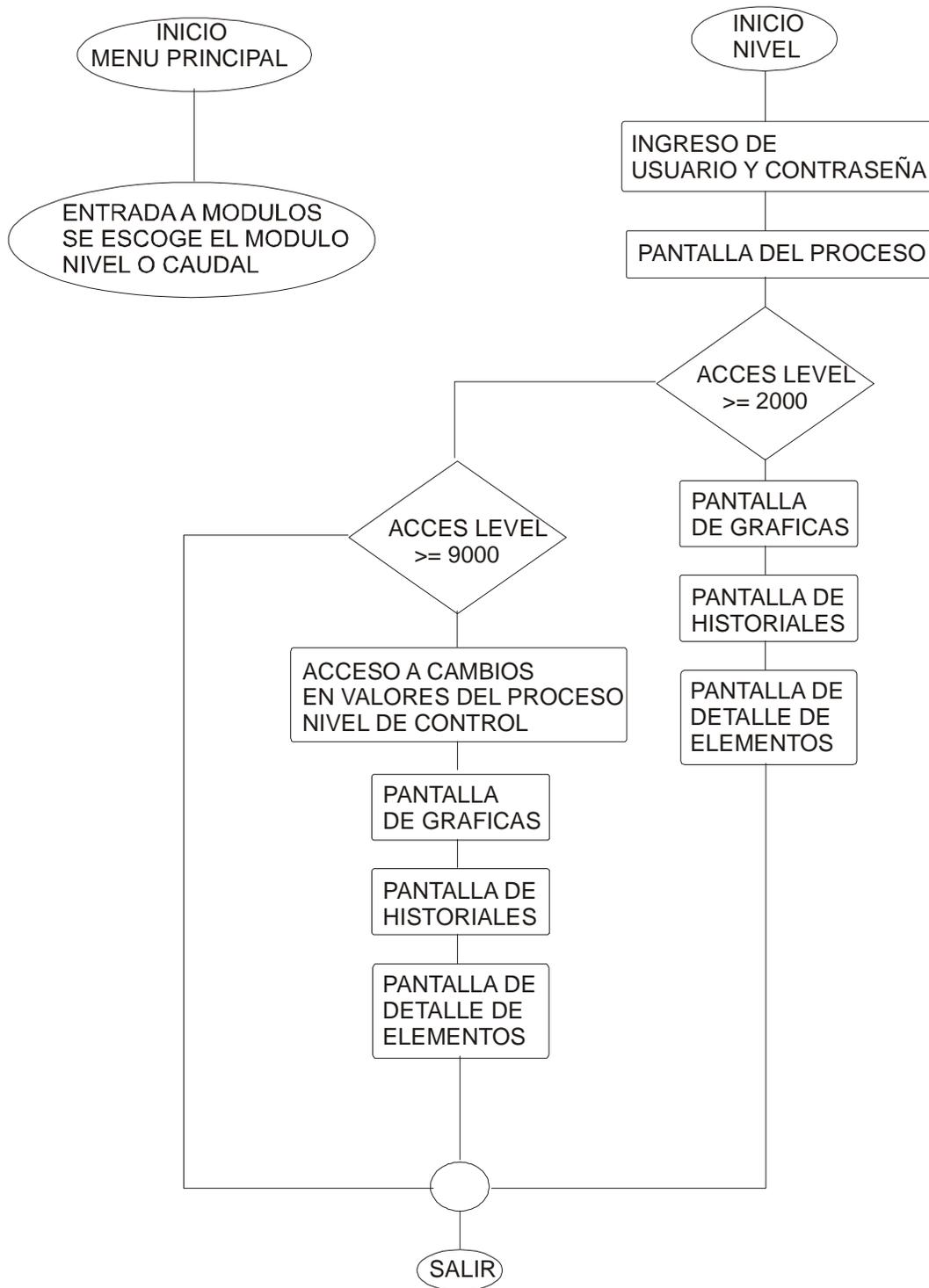


Figura. 2.2.2.1 Diagrama de Flujo de la HMI para el Módulo de Control de Nivel de Líquidos.

La estructura del diagrama de flujo se describe brevemente a continuación.

INICIO MENÚ PRINCIPAL. Es la pantalla principal de la HMI, en la cual se tiene el botón de inicio, el cual me permite pasar a la siguiente pantalla para elegir el módulo a monitorear.

ENTRADA A MÓDULOS. Es la pantalla que me permite escoger entre el módulo de control de nivel y el módulo de control de caudal.

INICIO NIVEL. Es la pantalla donde se ingresa el nombre de usuario y contraseña para acceder al proceso del módulo de control de nivel.

PANTALLA DE PROCESO. En esta pantalla se muestra el proceso, para acceder a esta pantalla no hay restricción de usuario.

ACCESS LEVEL. La HMI identifica el nivel de acceso del usuario y basándose en este se aplican las restricciones de acceso a los iconos del proceso, como son historiales, alarmas, pantallas de detalles de elementos del proceso y cambios en el set point.

Para que la HMI se comuniquen con el PLC del módulo didáctico de control de nivel, se le designo un nombre de acceso "NIVEL", el cual junto con la dirección de red configurada en el PLC, logra la interacción del mismo con la PC, a través de una red inalámbrica.

Se hizo la comunicación del SCADA de manera inalámbrica, para poder simular lo que sería manejar dos plantas que no necesariamente deban encontrarse físicamente cerca.

Al abrir el programa, la primera pantalla da la opción a escoger el módulo en el cual queremos trabajar, en este caso podemos escoger el MÓDULO DE NIVEL o el MÓDULO DE CAUDAL.

Una vez que entramos, al módulo de nivel, debemos ingresar un nombre de usuario y una contraseña como lo muestra la Figura 2.2.2.2.

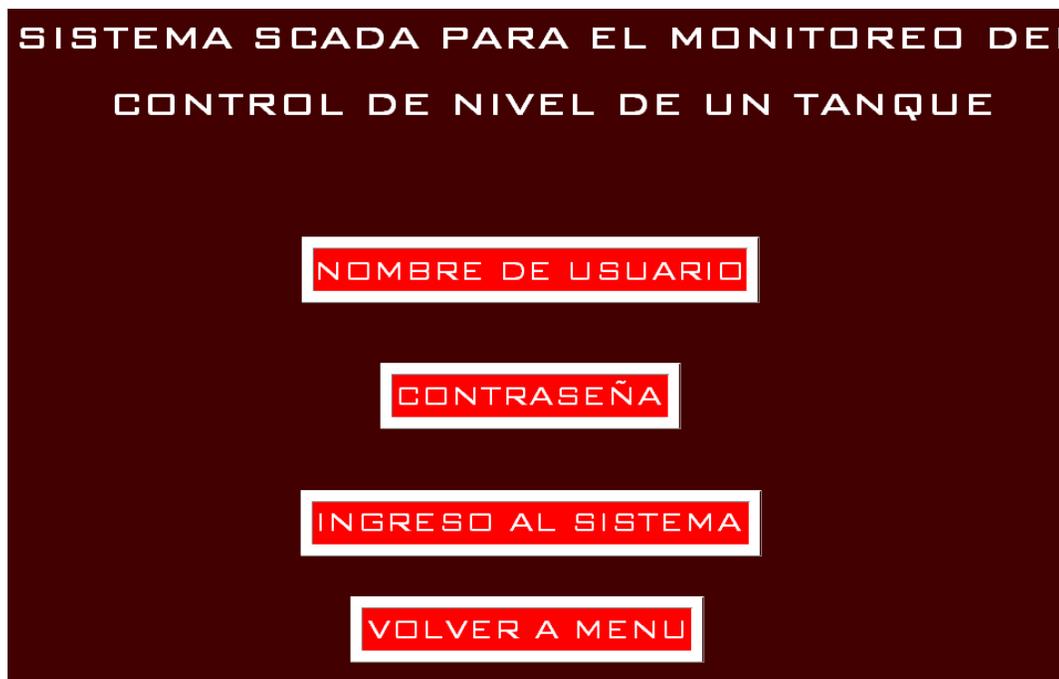


Figura 2.2.2.2 Pantalla de ingreso al Módulo de Control de Nivel de un Tanque.

Para este caso se tiene los siguientes usuarios con las siguientes contraseñas:

- Usuario: MONITOREO NIVEL, Contraseña: MONITOREONIVEL.
- Usuario: CONTROL NIVEL, Contraseña: CONTROLNIVEL.
- Usuario: ADMINISTRATOR, Contraseña: WONDERWARE.

Si no se a ingresado ningún nombre de usuario, sí se puede ingresar a la pantalla de proceso, el usuario para este caso se autodenomina NONE y no tiene acceso a las demás pantallas ni a cambios en variables del proceso, solo tiene acceso al botón que regresa a la pantalla anterior. Se hizo de esta manera para que con el

nivel NONE solo se pueda observar el proceso de manera grafica y nada mas, esto serviría, en caso de una simple demostración de funcionamiento del HMI.

También vale recalcar que si ya se ingreso con uno de los tres nombres y contraseñas que se describen a continuación, al presionar el botón de regreso a la pantalla principal, automáticamente se borra el nombre de usuario y contraseña, cambiando estos datos por los datos del usuario NONE, para así evitar problemas de acceso al SCADA.

Con el usuario MONITOREO NIVEL, se puede ingresar a la siguiente pantalla del proceso para observar el desempeño del mismo, además se tiene acceso a pantallas de gráficos de estado de las variaciones del control de flujo con respecto al tiempo, estos gráficos son importantes ya que nos indican como se ha comportado el sistema y se puede observar con claridad momentos de calma, momentos donde existe una perturbación y la debida acción de control tomada para el caso dado. Se tiene acceso a la pantalla de historial, el cual registra los eventos ocurridos con hora y fecha con lo cual se tiene un registro de monitoreo que además se puede imprimir. También con este usuario se puede dar un clic sobre los elementos del proceso y se abrirán pantallas que nos detallan el funcionamiento de dicho elemento de control, para que así el usuario tenga una idea clara de lo que hace cada elemento.

Con el usuario CONTROL NIVEL, se tiene acceso a las mismas pantallas de monitoreo, pero además se tiene acceso a lo que es el cambio de estado de los elementos de control, como por ejemplo activar o desactivar la electroválvula, activar o desactivar la bomba, variar el set point del nivel del tanque principal, con este usuario se puede decir que se tiene un control total del proceso.

Con el usuario ADMINISTRATOR, uno, a más de poder hacer todo lo que hace con el usuario CONTROL NIVEL, es capaz de cambiar nombres de usuario, contraseña, y en general es el que tiene acceso a hacer cambios en todo el programa, ya que este es el usuario master y sobre este usuario no hay ninguno.

Con esto, se culmina el análisis y desarrollo del HMI de las dos plantas que son MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL y MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS, esperando haber explicado de una manera simple el funcionamiento del SCADA y sus respectivos HMI con su respectiva interacción con el PLC para su correcto funcionamiento.

En el siguiente capítulo se realizará el estudio y se explicará más a fondo acerca del diseño e implementación del prototipo SCADA, haciendo énfasis en lo que es la configuración y funcionamiento de la red inalámbrica.

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO SCADA

Objetivo:

- Conocer de manera general los criterios de diseño del sistema de comunicaciones del SCADA.
- Diseñar la topología física y lógica del SCADA a implementarse.
- Conocer cada uno de los equipos que formarán parte del proyecto, sus funciones y su configuración.
- Implementar el sistema de comunicaciones interna y su conexión con el Internet.

3.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.

Cualquier diseño de una red de datos de área local (LAN) actual no solo debe tener en cuenta parámetros clásicos como número de usuarios, planes de ampliación, distancias, tipos de aplicaciones que se utilizarán, etc... sino que debe incorporar nuevos criterios de diseño: fiabilidad, seguridad, ampliación, facilidad de gestión y mantenimiento.

El primer paso a seguir para el diseño de una red, consiste en prever las características del tráfico de la red. Para ello deberá analizarse que tipo de usuarios van a existir, que tipo de servicios les ofrecerá la red, y que calidad de servicio se espera.

El segundo paso consiste en segmentar adecuadamente la red. Este proceso consiste en determinar si es conveniente o no crear diferentes VLAN, y asignar a cada una de ellas los recursos correspondientes. El establecimiento de estas subredes no sólo puede suponer una mejora en las prestaciones de la red, sino que también incrementará la seguridad al restringir el tráfico de información por la red a los segmentos adecuados. Una regla general para crear los diferentes grupos de la red, es que el 80% del tráfico del grupo debe ser local (dirigido a otros nodos del mismo grupo), y no más del 20% debería ser enviado hacia otros grupos a través de las conexiones backbone. Si la congestión de la red se produce en este tipo de conexiones, lo más probable es que la red esté mal segmentada. Si el problema persiste, debería considerarse la posibilidad de duplicar recursos.

El tercer paso consiste en determinar si es necesario disponer de un backbone de mayores prestaciones que el resto de la red. Típicamente esto suele suceder cuando hay un gran número de usuarios que demandan servicios del mismo servidor. Si este servidor no puede ser duplicado, deberá estar conectado a la red a través de un acceso de mayor ancho de banda, para evitar que se convierta en un cuello de botella.

El cuarto paso, será comprobar que tipos de usuarios de red y de cableado son necesarios, teniendo en cuenta las distancias máximas, los puntos de conexión, etc.

Por último se deberá identificar los equipos a utilizarse, compatibilidad entre ellos para su efectiva implementación.

3.6.1 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS.

El proyecto tiene como objetivo implementar una red inalámbrica que permita controlar los dos módulos que actualmente se encuentran en el laboratorio de instrumentación de forma aislada.

Se requiere entonces que estos módulos se interconecten vía inalámbrica a una computadora, cuya función será la de servidor de las aplicaciones que permitirán controlar los módulos.

El servidor estará ubicado físicamente en el mismo laboratorio y estará interconectado a la red del laboratorio y/o al Internet. Este servidor recibirá consultas desde cualesquier computadora que tenga salida al Internet.

3.1.1.1 Requerimientos de tráfico.

El tipo de tráfico circulante en la red es básicamente de datos. En cuanto a la calidad de servicio, se debe garantizar que el tráfico local no supere el 60% de la capacidad del enlace que esta en el orden de 11Mbps.

Una limitación que se debe considerar es que en el servidor se permite hasta un número máximo de 10 conexiones TCP simultáneas y 1 para acceder al escritorio remoto. Esto no será problema ya que se tiene previsto que la interconexión al servidor solo se hará con un usuario a la vez.

3.1.1.2 Requerimientos de seguridad.

Un servidor que debe estar constantemente encendido y conectado a Internet puede ser objeto de ataques. Por esta razón se ha pensado en una conexión con escritorio remoto, donde se necesita ingresar al servidor con un usuario y una clave, además el usuario debe ser administrador en el servidor.

Otra seguridad se tendrá en el acceso a los programas del SCADA, en el que se han definido dos usuarios, uno con permisos de lectura y otro con todos los privilegios de lectura y escritura.

3.1.1.3 Requerimientos de Equipos.

En las WLAN, los Puntos de Acceso se conectan a la red fija mediante un cableado estándar. El AP recibe y envía la información entre la red inalámbrica y la fija. Un único AP soporta a un pequeño grupo de usuarios con un rango de radiación de entre 30 y 300 metros, suficientes para el prototipo del Laboratorio de Instrumentación.

Se necesita un equipo para tener salida hacia el Internet. Un MODEM huawei tiene la capacidad de conectarse al Internet a través de la red CDMA-1X, GSM, GPRS, EDGE.

Este equipo tiene la posibilidad de ser configurado con una IP pública asignada por el ISP.

3.7 TOPOLOGÍA FÍSICA DEL SISTEMA

Tal como ya se mencionó el prototipo SCADA es para controlar los módulos del laboratorio de Instrumentación que se los estudió con detalle en el capítulo anterior. Para esto se utiliza un enlace inalámbrico Wi-Fi, para comunicarse con el computador en el cual está instalado el HMI utilizando el programa Intouch. Este a su vez sirve como servidor para poder acceder vía Internet hacia los procesos de los módulos.

La arquitectura física, se representa en el siguiente esquema de la Figura 3.2.

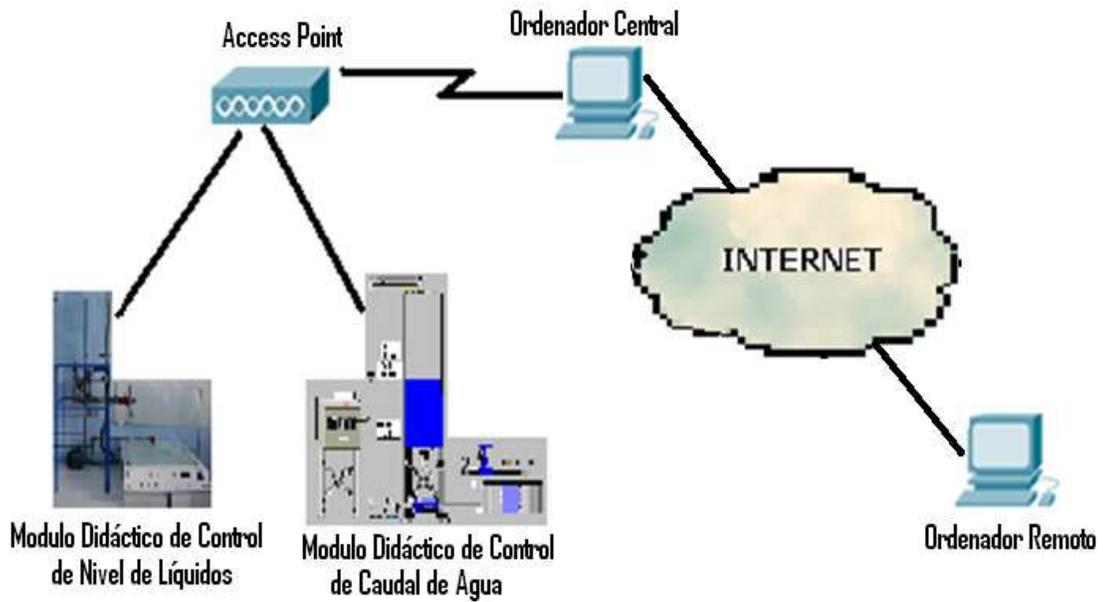


Figura 3.2 Arquitectura Física del SCADA.

3.2.1 ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SCADA.

El SCADA está conformado por varios módulos que realizan las siguientes funciones:

Ordenador Central o MTU (Master Terminal Unit).

Será el equipo central del SCADA. Para este proyecto se ha escogido una Computadora Laptop ya que facilita el movimiento dentro del laboratorio y se pueden realizar pruebas desde diferentes sitios.

Existen requerimientos mínimos que debe cumplir el ordenador central y se las lista en el cuadro 3.2.1.

Hardware o Software	Requerimientos Mínimos	Utilizados
CPU	Procesador Pentium 100 Mhz	Procesador Pentium IV 1.73 GHz
Memoria Mínima	32 MB de RAM	512 MB de RAM

Espacio Libre en el Disco	Mas de 100 MB	10 GB
Sistema Operativo	Microsoft Windows NT Workstation 4-0 o Microsoft Windows 95	Microsoft Windows XP
Protocolo de Red	Cualquier protocolo de red soportado por Windows. Protocolo TCP/IP	Conexión serial, protocolo TCP/IP
Pantalla	Capacidad de monitor a color VGA	Monitor a color VGA
Dispositivo de Selección	Dispositivo puntero. Mouse, Touch screen.	Mouse

Cuadro 3.2.1. Requerimientos del Ordenador Central.

Ordenadores Remotos. Son equipos, que a diferencia del anterior, solo deben poder acceder desde cualquier sitio del Internet; es decir, no necesitan cumplir con ningún tipo de requerimiento especial, sino comunicación con el Internet.

Red de Comunicación. Existen dos tipos de redes inalámbricas que se podrían utilizar para la comunicación de los equipos. Estas se detallan más adelante.

Módulo de Control de Nivel de Líquidos. Cuenta con varios elementos, entre los principales se tiene:

1. Controlador Lógico Programable TWDLC•A24DRF Voltaje de alimentación: 100 a 240 Vac, 14 entradas digitales (24 Vdc), 10 salidas a relé (2 A máx.), 1 Puerto serial RS-485
2. Módulo para comunicación tipo Ethernet Alimentación: $5 \pm 0,5$ Vcc, Corriente: 180 mA a 5 Vcc, Cable adaptador de alimentación y comunicación al puerto RS485 a RJ45 de Twido.

Módulo de Control de Caudal del Agua. Cuenta así mismo, con varios elementos, entre los principales se tiene:

1. Controlador Lógico Programable TWDLC•A24DRF Voltaje de alimentación: 100 a 240 Vac, 14 entradas digitales (24 Vdc), 10 salidas a relé (2 A máx.), 1 Puerto serial RS-485.
2. Módulo para comunicación tipo Ethernet Alimentación: $5 \pm 0,5$ Vcc, Corriente: 180 mA a 5 Vcc, Cable adaptador de alimentación y comunicación al puerto RS485 a RJ45 de Twido.

3.2.2 EQUIPOS DE CAPA FÍSICA.

El diseño de la capa física, se basa en el estándar IEEE 802.3u, sobre cable UTP categoría 5e, por lo que se utilizará equipos y componentes en base a la tabla.

Ordenador Central, Computar Portátil Intel Pentium 1.7Ghz con 512 Mb en RAM, Sistema Operativo Microsoft Windows XP.

Módulo de Control de Nivel de Caudal, Año de Fabricación: 2007, Realizado por, Barrera Terán Laura Marcela y Luzuriaga Vargas Daniel Patricio, EPN-Laboratorio de Instrumentación.

Módulo de Control de Nivel de Líquidos, Año de Fabricación: 2007, Realizado por, Moreta Narvárez, Marco Vinicio, EPN-Laboratorio de Instrumentación.

Access Point WI-FI (IEEE 802.11b/g) con cable trenzado UTP recto (568B) con conector RJ45, Marca: Link AirPlus G DI-524, Tipo: 802.11g/2.4GHz Wireless Router.

Tarjeta USB Inalámbrica según el estándar 802.11g, para enlace Wi-Fi. La tarjeta Wireless Lan 802.11 para el PC es de tipo PCMI con conector USB para facilidad de conexión. Además su instalación y configuración es sencilla (Hojas técnicas de ANEXO E).

Modem Huawei, HUAWEI Mobile Connect EC325, Puerto USB, Tecnología CDMA2000 1X, Transmission Rate de 153.6 kbps.

Tipo de equipo	Marca	Cantidad	Nº/Tipo de puertos	Descripción/ Función	Costo
Access Point	D-Link AirPlus	1	5 Fast Ethernet	Router	54\$
Módulo Ethernet		2	24 Fast Ethernet		180 \$
Cable UTP	5e	10 m		Conexiones	3\$
Tarjeta Ethernet		1	USB		
Modem	Huawei	1	Serial	Modem	110\$

Tabla 3.2.2 Equipos de Capa Física.

Para complementar el estudio topológico del SCADA, se tiene el Diagrama 3.2.2.

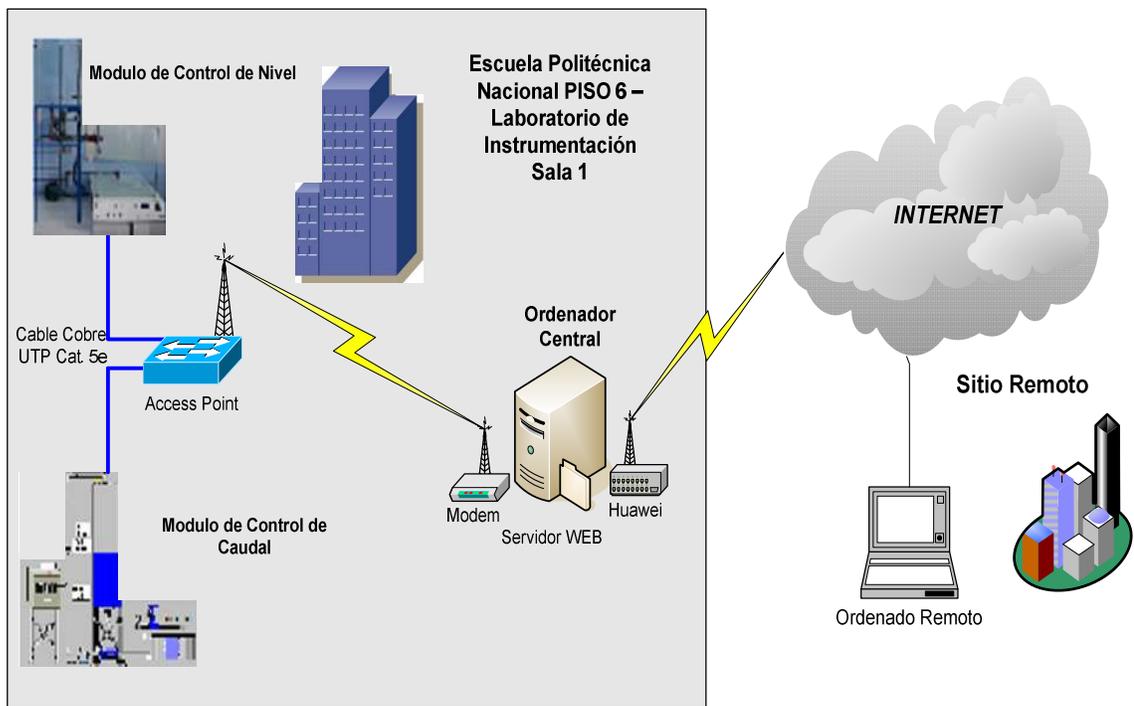


Figura 3.2.2 Diagrama Físico del Scada

3.8 TOPOLOGÍA LÓGICA DEL SISTEMA.

Para el direccionamiento IP se cuenta con la dirección de clase C 192.168.1.0 Puesto que no se requiere gran cantidad de IPs, no se realiza VLSM, ni se procede a dividir en subredes. En la tabla 3.3.1 se muestra la red que se utiliza en el proyecto.

No. de host requeridos	Dirección de red.	Máscara de subred	No. máximo de host.	Nombre de la red
4	192.168.1.0	255.255.255.0	254	Proyecto

Tabla 3.3.1 Tabla General de la Red

Para cumplir con los requisitos de la red, se procede a asignar una IP fija a cada equipo, En la Tabla 3.3.2 se detallara las IP asignada a cada equipo.

Nombre del Equipo	Dirección IP	Mascara de Subred	Nombre de la Red
Access Point	192.168.1.1	255.255.255.0	Proyecto
Servidor Web.	192.168.1. 2	255.255.255.0	Proyecto
PLC Control Caudal	192.168.1.3	255.255.255.0	Proyecto
PLC Control Nivel.	192.168.1.4	255.255.255.0	Proyecto
Servidor Web	200.24.217.XX		Movistar

Tabla 3.3.2 Tabla de Direccionamiento Ip

En la figura 3.3.1 se detalla la asignación de las IPs para cada equipo de una manera gráfica.

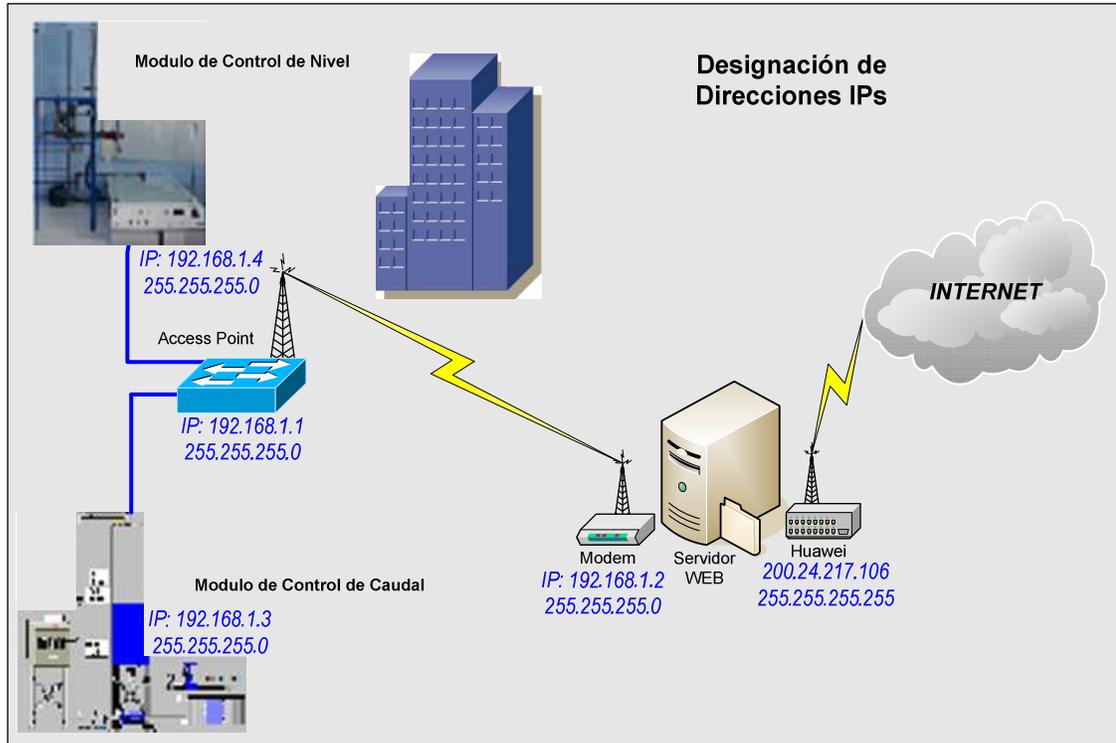


Figura 3.3.1 Asignación de Direcciones de RED.

3.9 CONFIGURACIÓN PLC – INTOUCH.

En esta parte del proyecto se detalla cada una de las configuraciones realizadas en los equipos para el correcto funcionamiento. Se describirá paso a paso la forma de levantar cada una de las partes que conforman el SCADA.

Las magnitudes de las variables de proceso son los datos que deben llegar desde los módulos hacia el PLC y estas hacia el servidor. Para esto se configura el I/O server MBENET de la forma como se indica a continuación.

3.4.1 CONFIGURACION DEL I/O SERVER MBENET.

MBENET, es un protocolo, que permite la comunicación entre el Intouch y el PLC.

El Twido MBENET I/O Server, actúa como servidor de comunicación ya que es el que permite el acceso al programa del PLC desde las aplicaciones de Windows (Intouch). Por lo tanto, se necesita direccionarle hacia el PLC, y para esto se debe configurar los siguientes parámetros de la Figura: 3.4.1.

The screenshot shows the 'MBENET Topic Definition' dialog box with the following configuration:

- Topic Name: PROYECTO
- IP Address: 192.168.1.3
- Dest_Index or Unit_ID: 0
- Slave Device Type: 584/984 PLC
- Use Concept Data Structures
- Unsolicited Messages
- String Variable Style: Full length, C style, Pascal style
- Register Type: Binary, BCD
- Block I/O Sizes: Coil Read: 2000, Register Read: 100, Coil Write: 800, Register Write: 100
- Update Interval: 1000 msec, Reply Timeout: 10 sec

Figura 3.4.1 Configuración del I/O Server Mbenet

Topic Name.

Es el nombre que se le da a la aplicación de la cual se quiere leer los datos. El Topic Name debe ser igual al Access Name de los I/O tags del programa Intouch, en este caso se asigno el nombre "PROYECTO".

IP Address.

Es la dirección IP del PLC con el cual se desea comunicarse para transferencia de los datos. Por lo tanto, es la misma dirección IP configurada en el Twido Port Ethernet del PLC; en este caso "192.168.1.3".

Salve Device Type.

Se refiere al PLC con el que hay que comunicarse, en este caso el PLC “584/984PLC”.

En la Figura 3.4.1 anterior se observa que como nombre de t3pico se emplea “PROYECTO”. La direcci3n IP escogida es la del PLC la cual es 3nica para cada m3dulo. Adem3s, para completar la configuraci3n de par3metros en el HMI se debe definir un “Access Name” en el Intouch como se indica a continuaci3n.

3.4.2 CONFIGURACION DEL ACCESS NAME EN INTOUCH

Para poder enlazar datos v3a DDE hacia el PLC, en InTouch se debe definir un *Access Name*. Al mismo que le podemos asociar una Aplicaci3n y un T3pico.

Los par3metros a configurarse se muestran en la Figura 3.4.2 con una descripci3n breve de sus opciones.

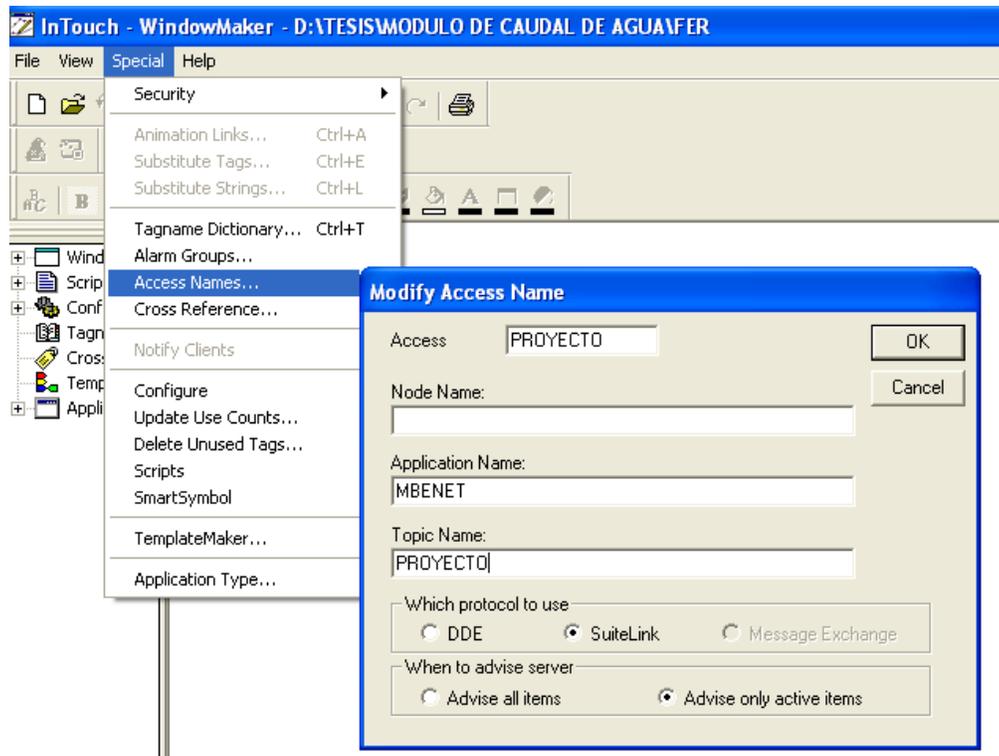


Figura 3.4.2 Configuraci3n del Access Name en Intouch.

Access Name. (Nombre de enlace) Se recomienda utilizar el mismo nombre que el t3pico, en este caso "PROYECTO"

Node Name. (Nombre del Nodo) S3lo hay que asignarlo si se va a leer datos de otro PC. En caso que los datos sean del mismo PC, dejarlo en blanco.

Application Name. (Nombre de la Aplicaci3n) Se debe poner el nombre de la aplicaci3n del PC que se va a comunicar con el PLC, En este caso el servidor de comunicaci3n es el MBENET, que a su vez es quien accede a los datos del PLC.

Topic Name. (Nombre del T3pico); Es el nombre del archivo del que queremos leer, en este caso "PROYECTO" ya que as3 fue establecido en el MBENET.

Which protocol To Use. Puede ser enlace DDE o SuiteLink. Se deja por defecto.

When to Advise Server. Normalmente dejar por defecto

3.4.3 CONFIGURACI3N DEL TWIDO PORT.

Se usa el cuadro de dialogo "Configuraci3n del Twido Port" para configurar la direcci3n IP del dispositivo, se debe estar en la misma red de la computadora que ejecuta el TwidoSoft, como lo muestra la Figura 3.4.3.



Figura 3.4.3 Configuraci3n de la Direcci3n IP del Twido Port.

Es importante conocer que al Twido Port se debe configurar cuando está en el modo Offline.

3.10 CONFIGURACIÓN DE LA RED WIRELESS.

La red wireless a implementarse está formada por varios equipos, que permiten la interconexión y transporte de datos. En esta parte del proyecto se detalla la forma en que se configura cada uno de ellos.

3.5.1 CONFIGURACIÓN DEL ACCES POINT.

Existe dos maneras de configurar los parámetros de comunicación para el Access Point: automática y manual.

La forma automática es a través de un servidor DHCP, cuya función es asignar automáticamente la dirección lógica de un dispositivo. De manera general un servidor DHCP asigna la dirección IP, la máscara y el gateway.

Para configurar manualmente el Access Point usando el menú de configuración se realiza lo siguiente:

Se abre el navegador de Internet y se ingresa a la IP por defecto del router (<http://192.168.0.1>), Se debe escribir "admin" como nombre de usuario y se deja en blanco en el password.

Una vez abierta la ventana del menú de configuración del Access Point se ingresa la IP del router, la máscara de subred y el dominio, tal como se indica en la figura 3.5.1.2.

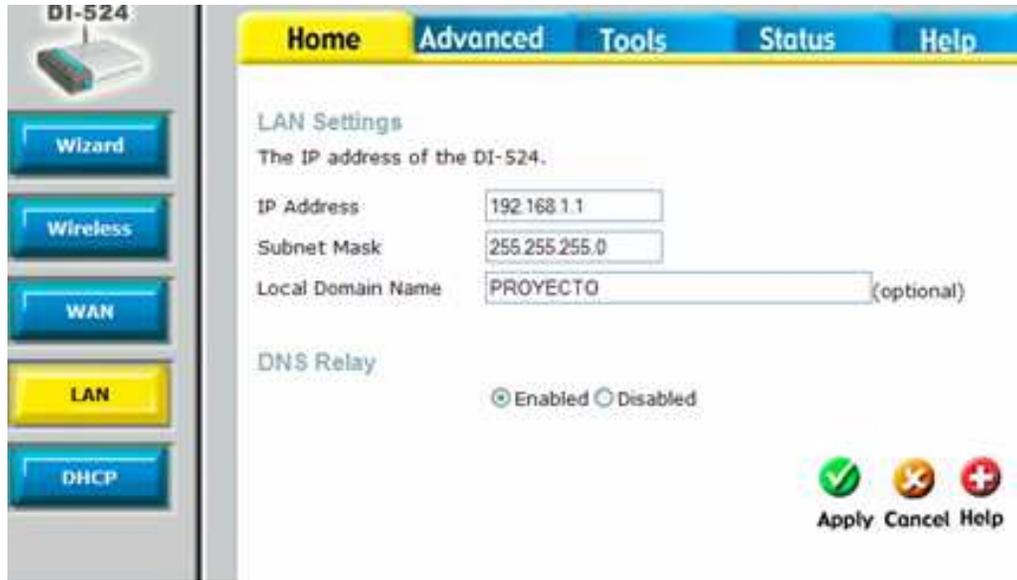


Figura 3.5.1.2 Configuración del Access Point

Como se muestra en la Figura 3.5.1.2 la nueva IP es la 192.168.1.1 con máscara 255.255.255.0, por lo que para ingresar nuevamente por consola al router se tiene que poner esta nueva IP en el navegador de Internet y seguir el mismo procedimiento anterior para poder administrarlo.

3.5.2 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE RED WIRELESS.

La configuración de la tarjeta wireless consiste en asignar de forma manual o automática una dirección IP, una máscara de red y un gateway por defecto.

Lo que se debe tener en cuenta, como ya se indicó en el diseño, es que cada una de las IPs asignadas a los dispositivos deben estar en la misma red de trabajo.

En la Figura 3.5.2 se indica la configuración de la dirección IP de la Tarjeta Wireless.

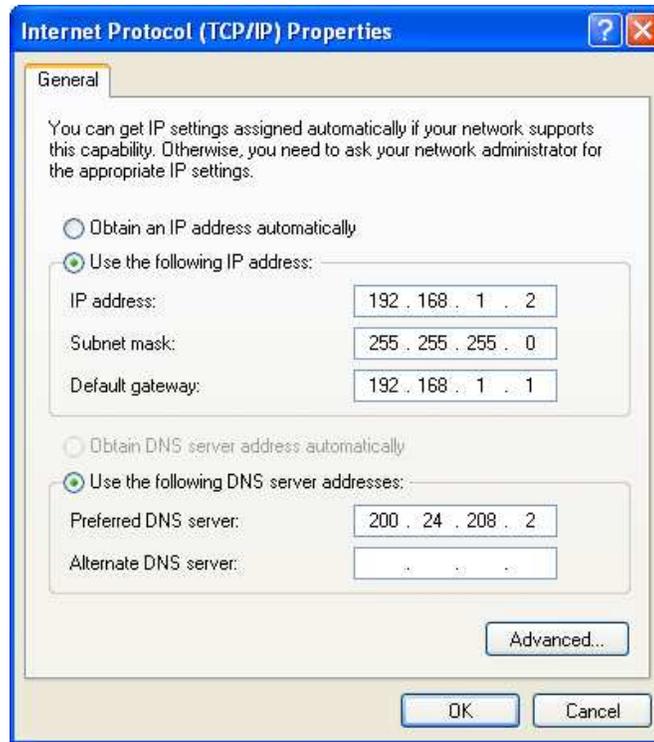


Figura 3.5.2. Configuración de la Tarjeta De Red.

3.5.3 CONFIGURACIÓN DEL MODEM HUAWEI.

El Modem Huawei es un equipo que permite la comunicación hacia el Internet mediante la red CDMA-1X, ofreciendo movilidad a velocidades relativamente altas, esto es a una velocidad máxima de 128 Kbps.

En el caso presente se utilizó la tarjeta PCMCIA de la Figura 3.5.3.1.



Figura 3.5.3.1 Modem HUAWEI Data Card PCMCIA.

Adicional a esto, una de las más importantes características de este servicio de datos a través del modem huawei, es que el ISP (En este caso Movistar), puede asignar una IP pública al equipo para la interconexión al Internet, y es precisamente este servicio el que permite que la computadora del proyecto pueda ser levantada como servidor web.

El primer paso para configurar ambos equipos es instalar el software del producto, *HUAWEY Mobile Connect* que también instala los *drivers* necesarios. Nótese que cada modelo de equipo tiene su propio CD de instalación.

El segundo paso es conectar el equipo Huawei a la computadora para su respectivo reconocimiento e inicialización. Se puede verificar si la interfaz gráfica del Huawei nos muestra las barras de señal. Figura 3.5.3.2

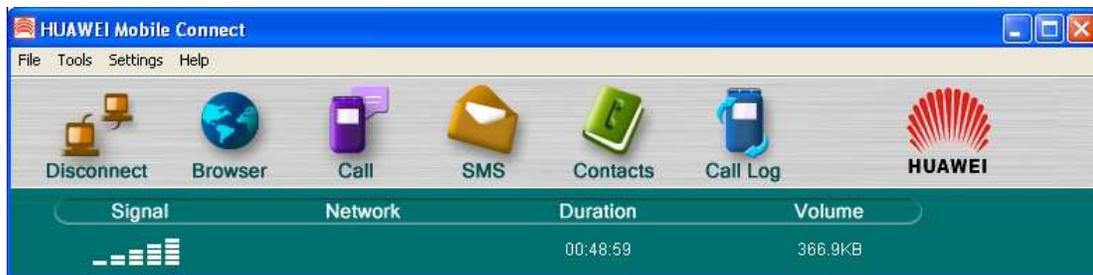


Figura 3.5.3.2 Huawei Mobile Connect

Finalmente, se configura el perfil de conexión. Para esto se ingresa a “Settings – Network Connection Settings” y se ingresa lo siguiente:

Número de marcado: #777

Usuario: 098231273@movistar.com.ec

Contraseña: 1273

En la Figura 3.5.3.3 se visualiza el modo configuración del perfil.

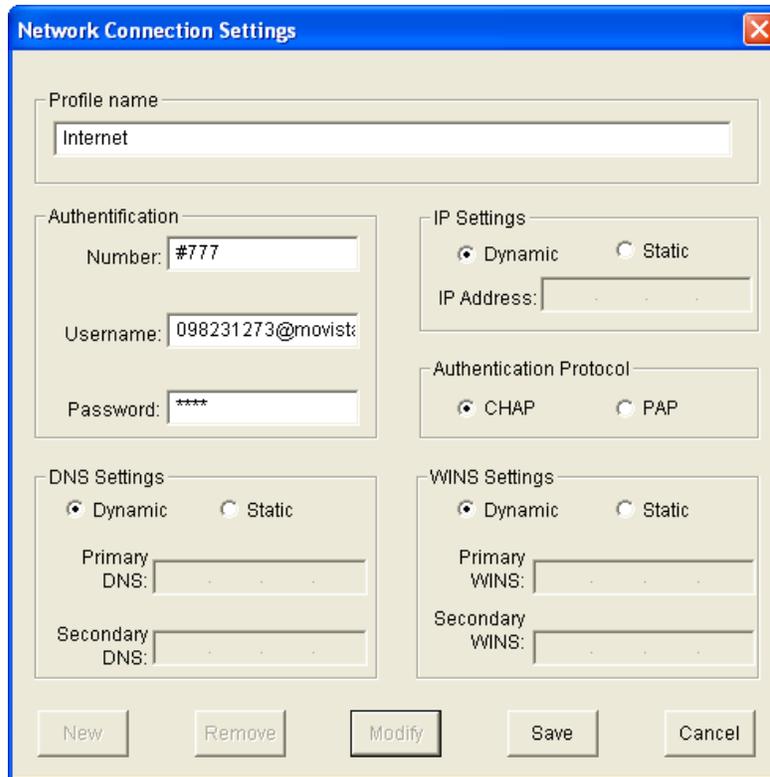


Figura 3.5.3.3 Network Connection Settings.

3.5.4 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR WEB.

En esta parte se indica como se configura el servidor de páginas Web en Windows XP de manera sencilla y rápida.

Si el servidor de páginas Web se instala para una red local solo se debe conocer la dirección IP del computador en el cual se instala el servidor. Si se lo hace para dar servicio de páginas Web en Internet se necesita tener una conexión a Internet con una IP fija. Para el caso del presente proyecto, el servicio de Web se lo hará hacia el Internet.

Para levantar el servidor Web lo primero que se debe instalar es el servidor en el Windows XP PRO, para esto se hace lo siguiente:

Se ingresa a Inicio>Configuración>Panel de Control >Agregar o Quitar Programas y se selecciona en "Agregar o Quitar componentes de Windows" como se muestra en la Figura 3.5.4.1.

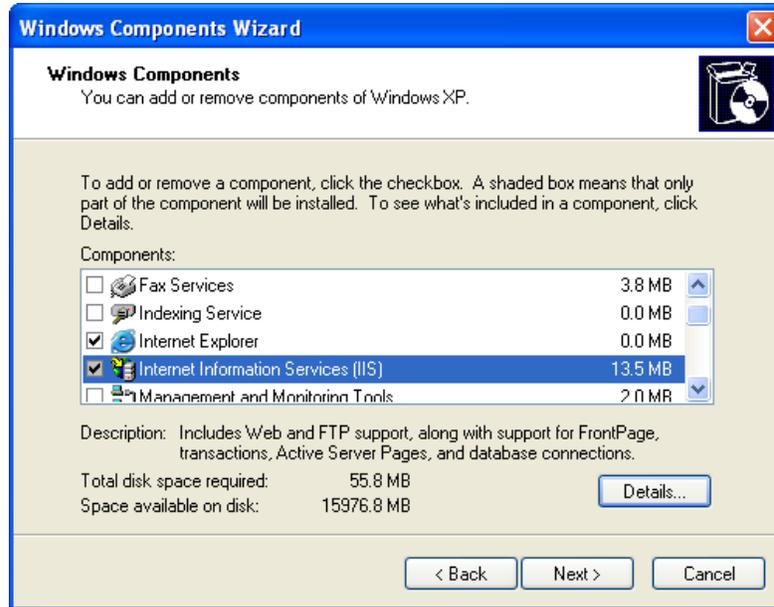


Figura 3.5.4.1 Componentes de Windows

Se selecciona la instalación de "Servicios de Internet Información Server o IIS", se elige luego "Detalles" y se obtiene lo expuesto en la Figura 3.5.4.2

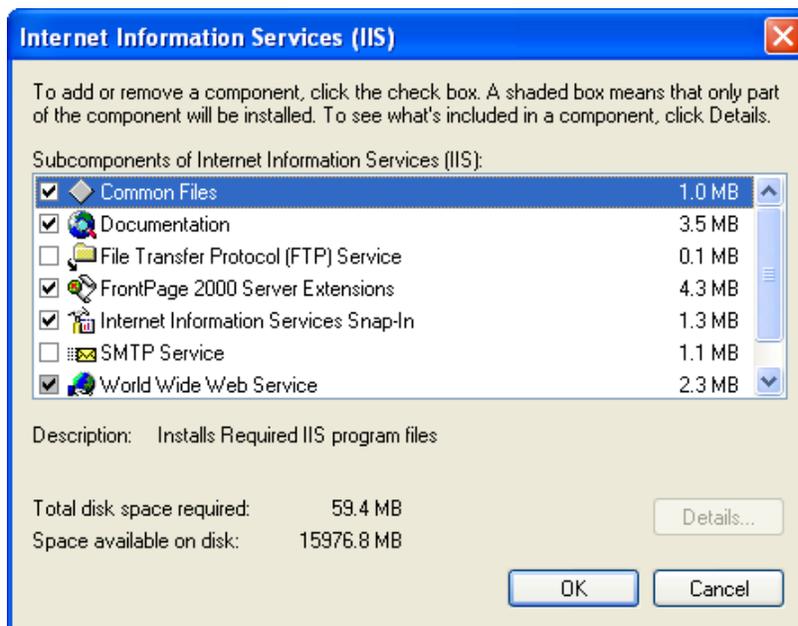


Figura 3.5.4.2 Componentes del Internet Information Services.

Las opciones cumplen las siguientes funciones:

- * **Archivos comunes:** archivos necesarios para los componentes de Internet Information Server.
- * **Complemento de servicios de Internet Information Server:** sirve para administrar el internet information server.
- * **Documentación:** documentación necesaria para profundizar en el funcionamiento del IIS.
- * **Extensiones de servidor de FrontPage2000:** estas extensiones permiten que un servidor pueda incluir formularios, contadores, etc.
- * **Servicio World Wide Web:** necesario para montar un servidor de páginas Web.

Las opciones más comunes para montar un servidor Web son las que se han seleccionado en la Figura 3.5.4.2.

Para comenzar la instalaciones selecciona "Aceptar".

Una vez que termina la instalación se puede ver la consola de administración del sitio Web del proyecto. Para abrir la consola se va a Inicio > Configuración > Panel De Control > Herramientas Administrativas y elegimos "Servicios de Internet Information Server", y se despliega la pantalla de la Figura 3.5.4.3.

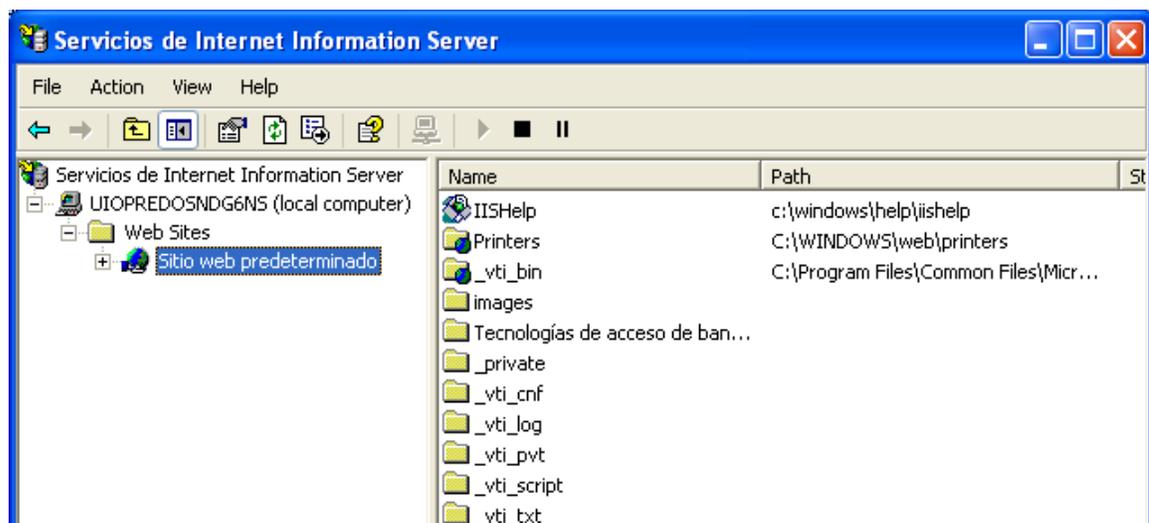


Figura 3.5.4.3 Servicio de Internet Information Server

La ventana tiene dos paneles, en el izquierdo se selecciona una opción del árbol y en la derecha se visualiza los detalles de la selección.

En la Figura 3.5.4.3 se puede ver en la parte de la derecha el nombre del equipo en el que se ha instalado el servidor Web, que en el caso presente se llama "UIOPREDOSNDG6NS". Luego se visualiza si es un equipo local y la versión del Internet Information Server que se está usando.

A continuación se revisan algunas de las opciones más generales para poder levantar un servidor de página Web. Se selecciona con el botón derecho sobre "Sitio Web Predeterminado" y se elige "Propiedades".

Se despliega la ventana de la Figura 3.5.4.4.

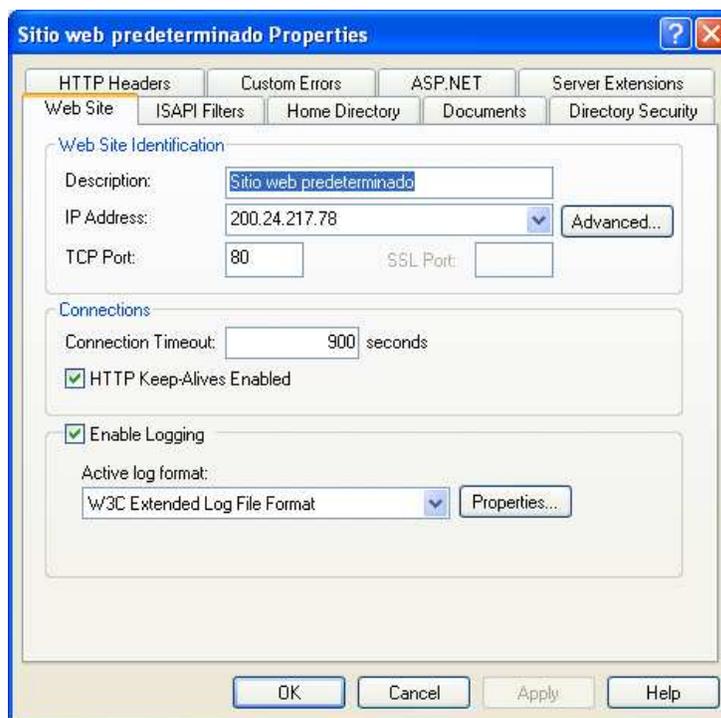


Figura 3.5.4.4 Identificación del Sitio Web.

A continuación se explica algunas de las opciones:

Descripción: Para poner una breve descripción del sitio Web.

Dirección IP: Aquí se coloca la dirección IP del computador que hace de servidor Web, si se está en una Intranet (red local) la IP asignada al computador dentro de la red, si se tiene una conexión a Internet con una dirección IP Pública (ADSL, etc.) aquí se ingresa esa IP.

Puerto TCP: Se refiere al puerto que sea el que responderá a las peticiones de los visitantes. Por norma el puerto a usar para páginas Web es el 80.
El resto de opciones no se las utiliza.

Algunos consejos útiles:

Conviene dar permisos de Lectura pero no así de Escritura o Examinar directorio para evitar que se dejen programas o aplicaciones no deseadas, que pueden en algunos casos ejecutarse para recolectar información privada.

Resta por revisar la forma en que se hará la conexión vía remota desde otra computadora.

3.5.5 ESCRITORIO REMOTO.

En este acápite se describe cómo configurar al escritorio remoto en Windows XP. Esta configuración permite controlar de forma remota un equipo con Windows XP Professional desde otro equipo que ejecuta Windows XP Profesional o una versión anterior de Windows.

Para usar el Escritorio remoto se necesita lo siguiente:

- Un equipo remoto que ejecute Microsoft Windows XP Professional y que esté conectado a Internet o a una red de área local (LAN).
- Un equipo local que ejecute Microsoft Windows XP, Microsoft Windows Millennium Edition (Me), Microsoft Windows 98, Microsoft Windows 98 Segunda

Edición, Microsoft Windows 2000, Microsoft Windows NT 4.0 o Microsoft Windows 95, con acceso a Internet o a la LAN.

- Cuentas de usuario y permisos adecuados configurados en el equipo remoto con Windows XP Professional para permitir el acceso remoto.

3.5.1.1. Configuración del Escritorio Remoto.

Para configurar una conexión de escritorio remoto entre un equipo remoto con Windows XP Professional y un equipo local con una de las versiones de Windows mencionadas anteriormente en este artículo, se debe seguir estos pasos.

Paso 1: Configurar el equipo remoto.

En el equipo remoto con Windows XP Professional, siga estos pasos:

1. Seleccionar **Inicio** y, a continuación, seleccionar con el botón secundario del ratón en **Mi PC**.
2. En el menú contextual que aparece, seleccionar en **Propiedades**.
3. Hacer clic en la ficha **Remoto** y, a continuación, activar la casilla de verificación **Permitir a los usuarios conectarse remotamente a este equipo**.
4. Cuando se pregunte si desea confirmar este cambio, haga clic en **Aceptar**.
5. Hacer clic en **Seleccionar usuarios remotos** y, a continuación, hacer clic en **Agregar** para especificar cuentas de usuario adicionales para que se les conceda acceso remoto. Figura 3.5.1.1.

NOTA: A los administradores se les conceden privilegios de acceso remoto automáticamente.



Figura 3.5.1.1 Propiedades de Acceso Remoto.

6. Cuando se termine de agregar cuentas de usuario, seleccionar **Aceptar**. Asegurar de que la cuenta que está agregando exista realmente en el equipo remoto. Si la cuenta no existe en el equipo remoto, proceder a crearla.

7. Haga clic en **Aceptar** y de nuevo en **Aceptar**.

Paso 2: Configurar el equipo local.

Para configurar las características del “Escritorio Remoto” en el equipo basado en Windows. Verificar que tenga una versión integrada de escritorio remoto en su sistema operativo.

Ir a **Más Programas \ Accesorios \ Comunicaciones \ Conexión a Escritorio remoto**, en el menú de inicio.

Si no se tiene esta opción, seguir los siguientes pasos:

1. Insertar el disco compacto de Windows XP en la unidad de CD-ROM o de DVD-ROM del equipo local.
2. En la pantalla de bienvenida a Microsoft Windows XP, hacer clic en **Realizar las tareas adicionales**.
3. Hacer clic en **Instalar conexión a escritorio remoto**.
4. Seguir los pasos del Asistente InstallShield para Conexión a Escritorio remoto para instalar la conexión al escritorio remoto.

En caso de no tener esta aplicación, el cliente de Escritorio remoto se puede descargar desde el sitio Web de Microsoft¹.

Paso 3: Conectar con el equipo remoto

Para conectar con el equipo remoto con Windows XP Professional, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Iniciar sesión en el equipo local con Windows.
2. Asegurar que tiene conexión a Internet. Si se tiene una conexión de acceso telefónico o a un servidor de acceso remoto, proceder a conectarse.
3. Hacer clic en **Inicio**, seleccionar **Todos los programas / Accesorios / Comunicaciones**, después, hacer clic en **Conexión a Escritorio Remoto**. Y se obtiene ventana de la Figura 3.5.1.2.

¹ <http://www.microsoft.com/windowsxp/downloads/tools/rdclientdl.msp>



Figura 3.5.1.2 Conexión del Escritorio Remoto.

4. Hacer clic en **Opciones** y se tendrá la Figura 3.5.1.3.



Figura 3.5.1.3 Opciones del Escritorio Remoto.

5. En la lista **Equipo**, escribir el nombre del host o la dirección IP del equipo al que se desea conectar.
6. Escribir el nombre de usuario, la contraseña y el dominio (si procede) de una cuenta a la que tenga acceso remoto en los cuadros correspondientes y, a continuación, hacer clic en **Conectar**.

7. En el cuadro de diálogo **Iniciar sesión en Windows** que aparece, escribir la contraseña de la cuenta con privilegios de acceso remoto en el cuadro **Contraseña**.
8. En la lista **Conectarse a**, si es aplicable, seleccionar el dominio o equipo remoto que se desee y, a continuación, haga clic en **Aceptar**.

El escritorio remoto se muestra en una ventana del escritorio. El equipo remoto con Windows XP Professional se bloquea durante esta sesión.

9. Para desconectar la sesión, hacer clic en el botón **Cerrar** en la ventana de sesión y, a continuación, seleccionar en **Aceptar** cuando se le pregunte si desea desconectar la sesión de Windows.

NOTA: si la sesión remota se muestra en modo de pantalla completa, puede que no vea el botón **Cerrar**. En ese caso, restaure la ventana de la sesión remota que se muestra en la parte superior de la ventana de sesión (hacer clic en el botón **Restaurar**).

Con esto se culmina la descripción de cómo se implementó cada una de las partes del SCADA y su respectiva configuración.

En el siguiente Capítulo se realizarán las pruebas y se presentarán los resultados del proyecto.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Objetivo:

- Conocer la capacidad del SCADA y verificar los propósitos para el cual fue diseñado.

4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA HMI

Las pruebas permiten evaluar la HMI implementada en el proceso y conocer que cumple los siguientes requisitos.

- ✓ Permite la interacción del usuario con el proceso a través del uso de paneles de control.
- ✓ Es una interfaz amigable y permite ingresar a las pantallas de monitoreo de una manera intuitiva y fácil, a través de íconos, para observar el proceso de una manera clara.

La HMI se comunica con el proceso gracias al programa MBENET, en el cual se configuran direcciones IP y Access Names para poder identificar al PLC con el que se esta trabajando como se muestra en las figuras 4.1.1, 4.1.2 y 4.1.3.

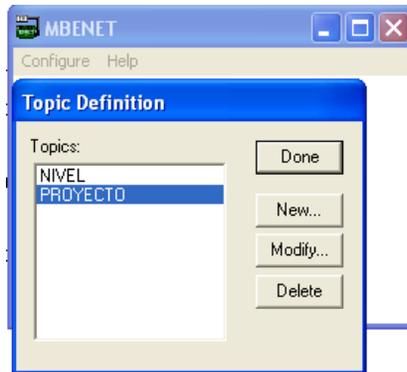


Figura 4.1.1. Definición del Topic



Figura 4.1.2. Definición Access Names

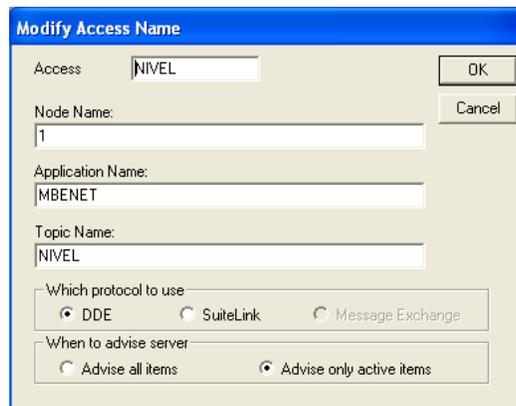


Figura. 4.1.3. Configuración del Access Name.

Para la interacción completa se tiene en la HMI tagnames que representan a cada variable de los módulos configurados, de tal manera que sus datos le permiten al HMI mostrar en tiempo real los valores del proceso. Un ejemplo de configuración de un tagname esta en las Figuras 4.1.4.



Figura. 4.1.4. Ejemplo de configuración del tagname BOMBA para el módulo de control de nivel

4.1.1 PRUEBAS DEL HMI DEL “MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL”

Una vez que todo esta encendido se procede a hacer la conexión inalámbrica con la ayuda del access point, y se procede a realizar las pruebas de funcionamiento.

La primera prueba consiste en observar el comportamiento del sistema ante un cambio de caudal del líquido y la alerta generada, en este caso la alarma se activa debido a que existe un nivel bajo mínimo, tal como se observa en la Figura 4.1.1.1.



Figura. 4.1.1.1. Alarma generada en el módulo de control de caudal debido a un bajo nivel de líquido en el tanque principal.

La alarma generada se registra en una base de datos como historial de eventos con el tipo, nombre, fecha y hora de la alarma generada, tal como se vé en la Figura 4.1.1.2.

Figura. 4.1.1.3. Comportamiento del sistema visualizado en el HMI ante un cambio de set point.

4.1.2 PRUEBAS DEL HMI DEL “MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS”.

La primera prueba consiste en observar el comportamiento del sistema ante un cambio de nivel del líquido y la alerta generada. Para este caso se produce sobrenivel, el cual genera la alarma que se muestra en la Figura 4.1.2.1.



Figura. 4.1.2.1. Alarma generada en el módulo de nivel debido a un sobre nivel de líquido en el tanque principal.

La alarma generada se registra en una base de datos como historial de eventos con el tipo, nombre, fecha y hora de la alarma generada, tal como se muestra en la Figura 4.1.2.2.

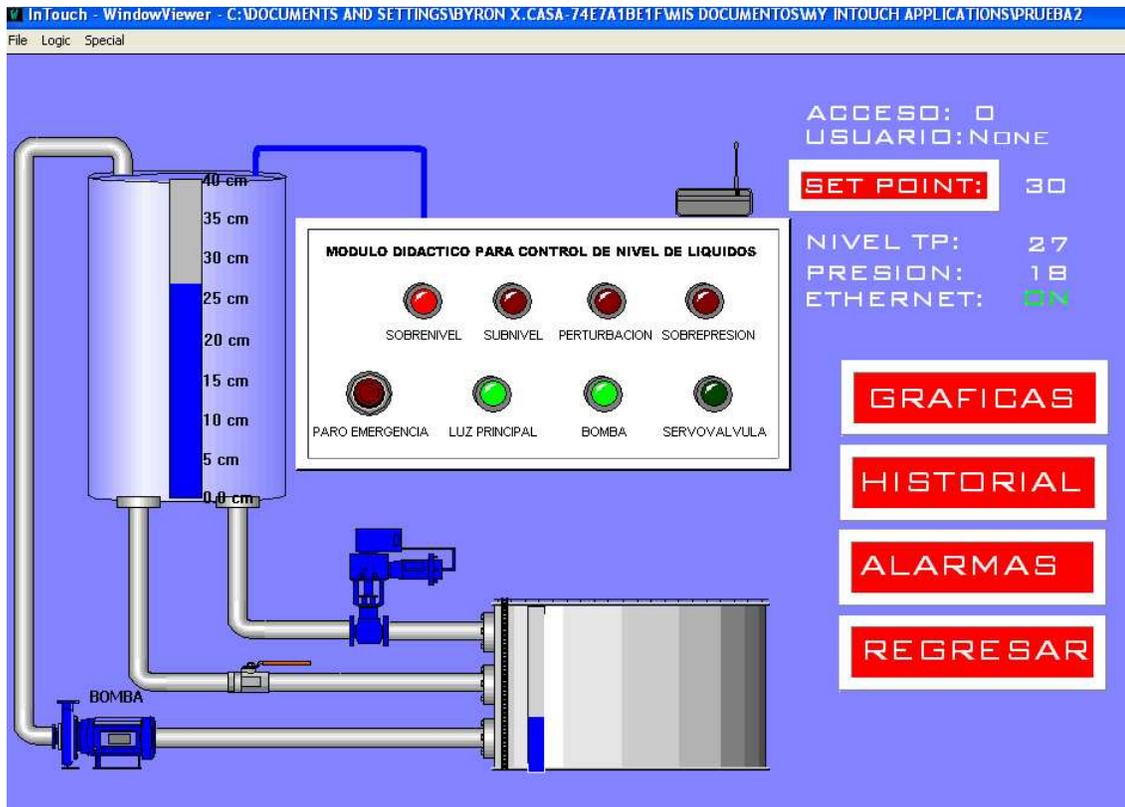


Fig. 4.1.2.3. Comportamiento del sistema visualizado en el HMI ante un cambio de set point.

4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ENLACE INALÁMBRICO.

En primer lugar, se recomienda que se verifique la configuración IP de cada equipo. Los sistemas de Windows ofrecen una herramienta de línea de comandos, llamada *ipconfig*, que permite saber cuál es la configuración IP de un equipo. El resultado de este comando proporciona la configuración de cada interfaz. En este caso, el servidor cuenta con una tarjeta de red y un adaptador inalámbrico, cada una con su propia configuración IP.

Para visualizar la configuración IP de su equipo, sólo debe ingresar el siguiente comando (Inicio/ejecutar):

```
cmd /k ipconfig /all
```

El resultado de dicho comando se visualiza en la Figura 4.2.1:

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : UIOPREDOSNDG6NS
Primary Dns Suffix . . . . . : otecel.com.ec
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
DNS Suffix Search List. . . . . : otecel.com.ec
com.ec

Ethernet adapter Local Area Connection:

Media State . . . . . : Media disconnected
Description . . . . . : Broadcom NetXtreme Gigabit Ethernet
Physical Address. . . . . : 00-17-A4-D3-0E-06

Ethernet adapter Wireless Network Connection:

Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Intel(R) PRO/Wireless 2200BG Network
Connection
Physical Address. . . . . : 00-0E-35-CC-61-EA
Dhcp Enabled. . . . . : No
IP Address. . . . . : 192.168.1.2
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1

PPP adapter HUAWEI.Internet:

Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : WAN (PPP/SLIP) Interface
Physical Address. . . . . : 00-53-45-00-00-00
Dhcp Enabled. . . . . : No
IP Address. . . . . : 200.24.217.38
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.255
Default Gateway . . . . . : 200.24.217.38
DNS Servers . . . . . : 200.24.208.2
200.24.208.1

```

Figura 4.2.1 Configuración del Equipo y sus Interfaces.

La figura anterior muestra que el equipo tiene dos interfaces de red, y que una de ellas es inalámbrica. El nombre del equipo en la red es **UIOPREDOSNDG6NS**. La interfaz de Ethernet conectada a la red de área local (tarjeta de red) no está activada porque el cable está desconectado, pero el adaptador inalámbrico está configurado.

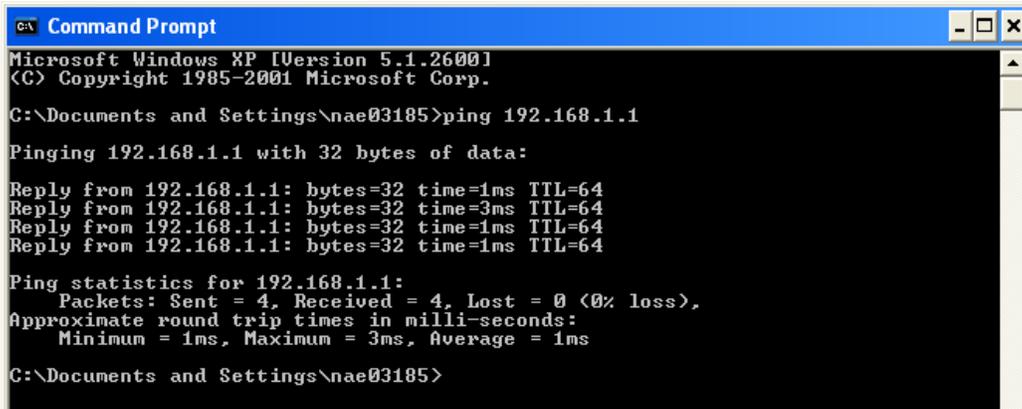
La pasarela predeterminada hace referencia, cuando corresponde, a las direcciones IP del equipo que brinda el acceso a Internet, como en este caso la conexión a través del modem HUAWEI.

Los servidores DNS deben coincidir con los DNS de la organización, en este caso corresponden a los DNS de Telefónica, el proveedor de servicios de Internet.

4.2.1 PRUEBAS DE CONEXIÓN.

Para probar que la red funciona de manera adecuada, existe una utilidad muy práctica que se suministra como una prestación estándar con la mayoría de los

sistemas operativos. Se trata del comando **ping**. El ping le permite enviar paquetes de datos a un equipo en una red y evaluar el tiempo de respuesta.



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\nae03185>ping 192.168.1.1

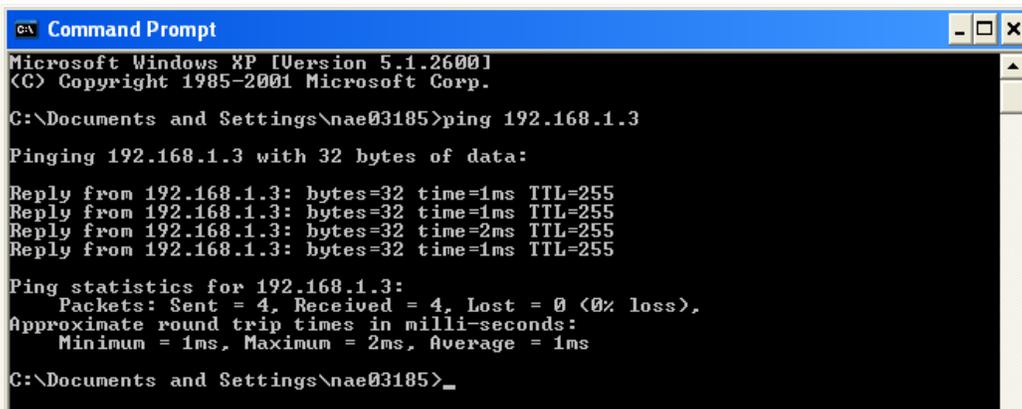
Pinging 192.168.1.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=3ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms

C:\Documents and Settings\nae03185>
```

Figura 4.2.1.1 Prueba de conectividad hacia el Access Point



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\nae03185>ping 192.168.1.3

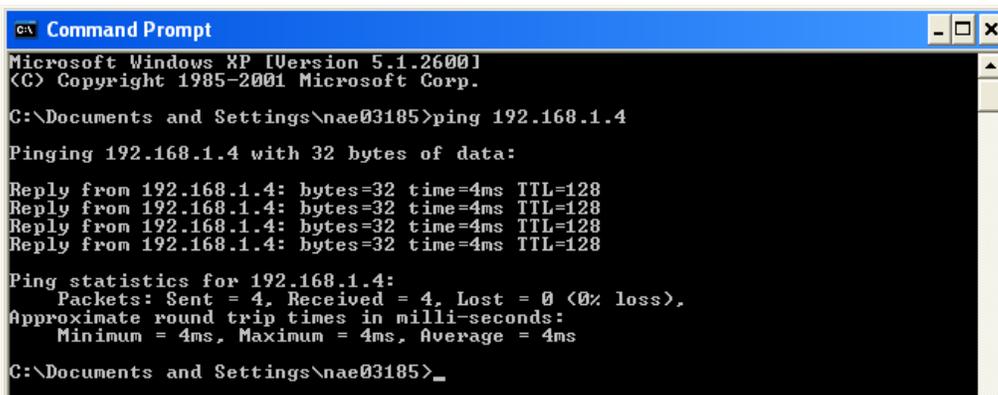
Pinging 192.168.1.3 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.3: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\Documents and Settings\nae03185>_
```

Figura 4.2.1.2 Prueba de conectividad hacia el PLC del Módulo de Caudal



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\nae03185>ping 192.168.1.4

Pinging 192.168.1.4 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.4: bytes=32 time=4ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 4ms, Average = 4ms

C:\Documents and Settings\nae03185>_
```

Figura 4.2.1.3 Prueba de conectividad hacia el PLC del Módulo de Nivel

4.2.2 DIAGNÓSTICO DE LA RED WI-FI

Para esto se utilizó una la Herramienta Diagnóstico Manual “Intel

La Figura 4.2.2 muestra la interfaz del PROSet/Wireless Wi-Fi 12.2.0”. Esta herramienta es una aplicación de Windows para el diagnóstico de las conexiones Wi-Fi, que permite realizar lo siguiente:

- Ver el estado de la conexión (Calidad de Señal, Velocidad, Nombre de la Red)
- Escanear redes Wi-Fi existentes
- Asignar y administrar los perfiles
- Conexión de Red (Infraestructura) y Equipos para redes Ac Hoc
- Configuración de los adaptadores de red
- Troubleshoot Wireless para problemas de conexión.

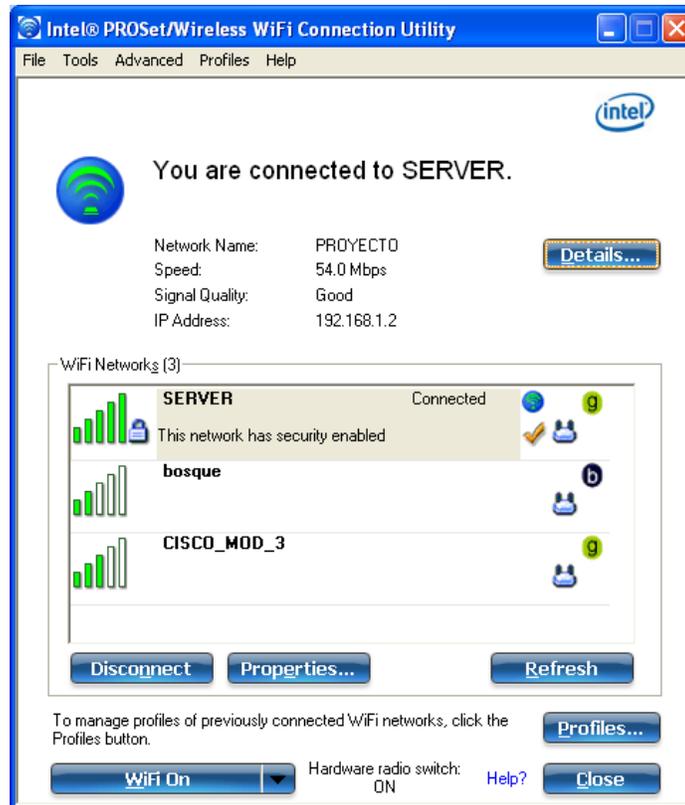


Figura 4.2.2.1 Intel PROSet/Wireless Wi-Fi 12.2.0

4.2.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Wi-Fi.

Con ayuda de esta aplicación también se pueden ver varios de los siguientes resultados:

Calidad de Señal: Optima

MAC Adress de la Tarjeta de Red Inalámbrica: 00-0E-35-CC-61-EA

Estándar: 802.11g

Velocidades Soportadas: 1,2,5,5,6,9,11,12,18,24,36,48 y 54 Mbps.

Frecuencia de Radio: 2.4.37 Ghz.

Número de Canales: 6

Autenticación de Red: Abierta.

Encriptación de Datos: WEP

MAC Adress del Access Point: 00:13:46:EE:11:B2

La Figura 4.2.3.1 se puede observar información adicional.

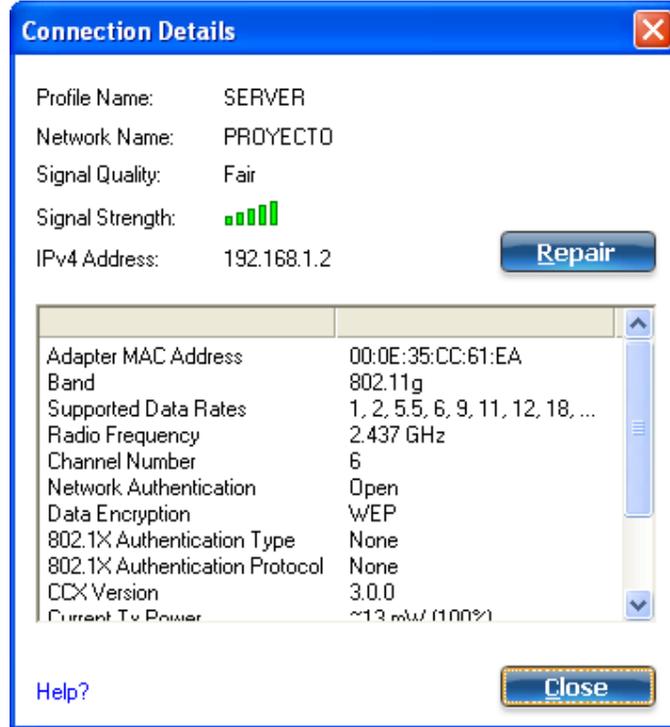


Figura 4.2.3.1 Detalles de la Conexión Wi-Fi.

4.2.4 HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO MANUAL

Para abrir la Herramienta Diagnóstico manual se siguen los pasos siguientes :

- ✓ Abrir primero la Utilidad de conexión Intel(R) PROSet/Wireless Wi-Fi. A continuación, en el menú Herramientas, con clic en **Herramienta Diagnóstico manual**.

Se desplegará entonces la ventana mostrada en la Figura 4.2.4.1:

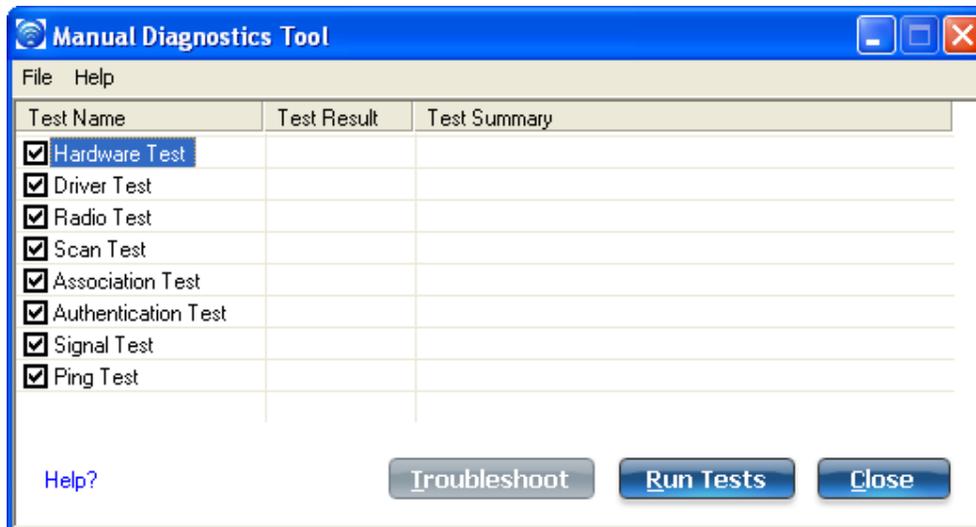


Figura 4.2.4.1. Pantalla de Diagnostico Manual.

- ✓ Haga clic en la casilla de verificación que hay junto a cada prueba para seleccionar la prueba que desee ejecutar.
- ✓ Hacer clic en Ejecutar pruebas para ejecutar las pruebas seleccionadas. Los resultados de la prueba se guardarán en un archivo denominado WirelessDiagLog.csv.

Hacer clic en Cerrar para cerrar la herramienta Diagnóstico manual.

4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SERVIDOR WEB.

En este tipo de pruebas lo primero que hay que verificar es que se levante el servidor Web; dicho en otras palabras que el servidor pueda ser visto desde otro lugar del Internet. Para esto se realizaron dos tipos de pruebas:

La Figura 4.3.1 Muestra el estado del servidor. Como se puede observar está "Running" lo cual significa que sus servicios están operativos.

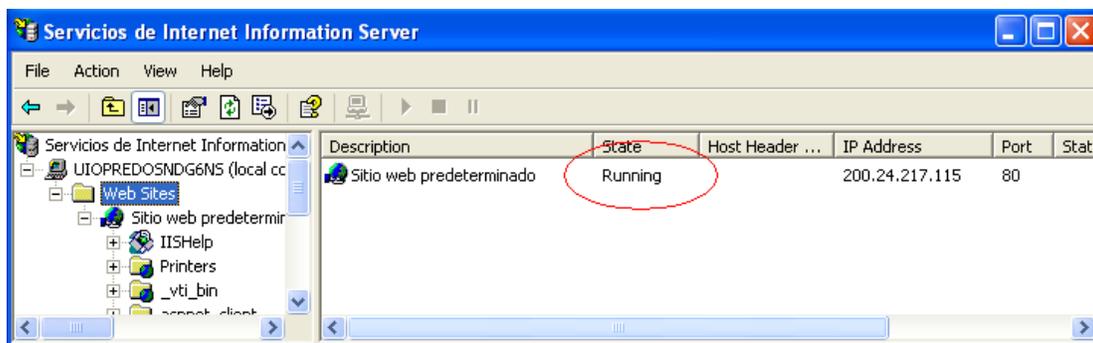


Figura 4.3.1. Servidor en Estado Operativo.

Para verificar que al servidor se lo pueda ver desde el Internet se utilizó la página Web del Dnsstuff¹. En la cual entre las varias pruebas que se puede realizar se utilizó la prueba de Ping como lo muestra la Figura 4.3.2.

Ping to 200.24.217.115

Generated by www.DNSstuff.com at 16:39:59 GMT on 14 Feb 2009.

When the server was last reloaded, we had [5625 IP addresses banned](#)

Remember, you are not allowed to use automated programs to access our tools, unless you have a purchased a DNSstuff automated usage plan.

Please email sales@dnsstuff.com to learn more.

Pinging 200.24.217.115 [200.24.217.115]:

```
Ping #1: Got reply from 200.24.217.115 in 537ms [TTL=114]
Ping #2: * [No response]
Ping #3: Got reply from 200.24.217.115 in 386ms [TTL=114]
Ping #4: Got reply from 200.24.217.115 in 683ms [TTL=114]
```

Fig. 4.3.2. Prueba del ping generada por www.DNSstuff.com

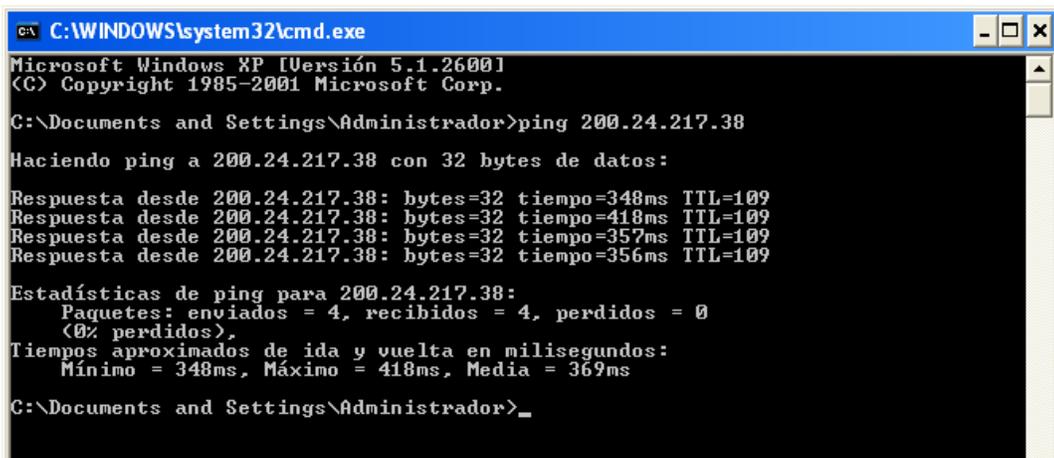
¹ <http://member.dnsstuff.com/pages/tools.php>

4.6 PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO SCADA INALÁMBRICO.

La prueba final es poder ingresar en una máquina remota y poder visualizar los procesos que se ejecutan en los módulos de control.

Primero se ingresó en una máquina con salida al Internet y se verificó que se puede comunicar al servidor del laboratorio. En este caso se lo hizo con una

prueba de ping a la IP del servidor que previamente asignó el proveedor de servicios. (Figura. 4.4.1).



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Administrador>ping 200.24.217.38

Haciendo ping a 200.24.217.38 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 200.24.217.38: bytes=32 tiempo=348ms TTL=109
Respuesta desde 200.24.217.38: bytes=32 tiempo=418ms TTL=109
Respuesta desde 200.24.217.38: bytes=32 tiempo=357ms TTL=109
Respuesta desde 200.24.217.38: bytes=32 tiempo=356ms TTL=109

Estadísticas de ping para 200.24.217.38:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 348ms, Máximo = 418ms, Media = 369ms

C:\Documents and Settings\Administrador>_
```

Figura 4.4.1 Prueba de conectividad hacia el Servidor Web desde un Sitio Remoto.

Se Ingresa vía Escritorio Remoto a la dirección IP del servidor, en este caso la Figura 4.4.2 muestra que se levanto la conexión con la dirección 200.24.217.38 que fue asignada por el ISP.

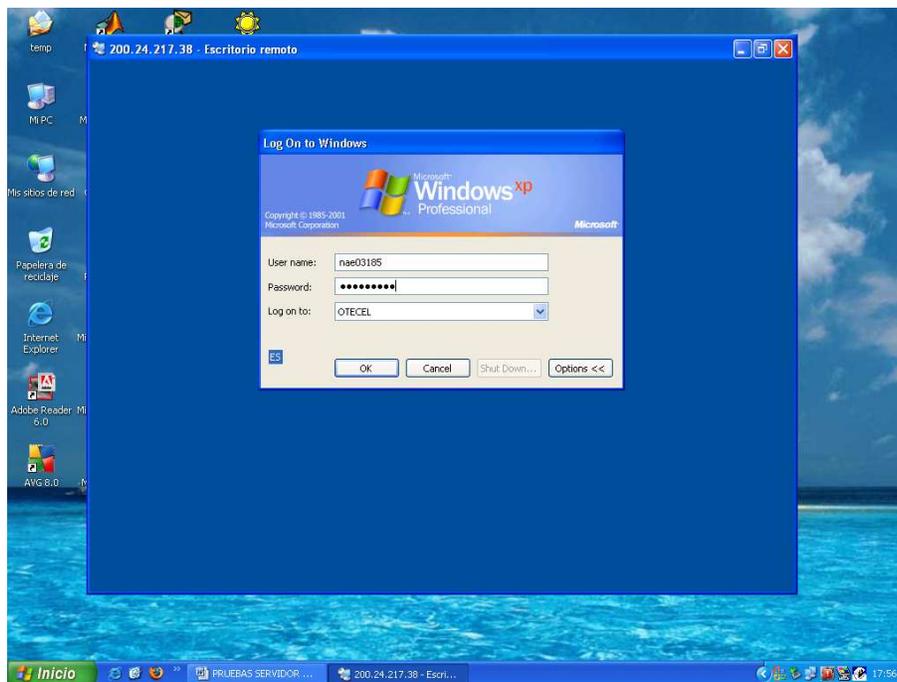


Figura 4.4.2 Conexión al Servidor a través del Escritorio Remoto.

La Figura 4.4.3 muestra la pantalla principal de HMI diseñado.

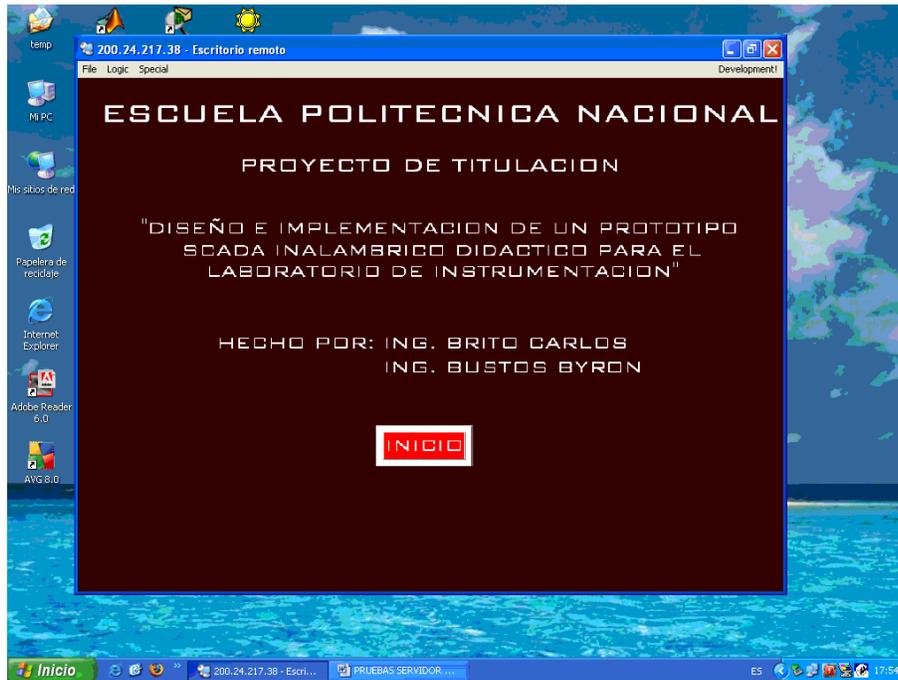


Figura 4.4.3 Pantalla Principal de HMI Diseñado.

Para terminar con las pruebas del SCADA y el funcionamiento de la red Wi-Fi se muestra la Figura 4.4.4, en donde se puede verificar que el monitoreo de los procesos de los módulos funcionan de acuerdo a lo esperado.

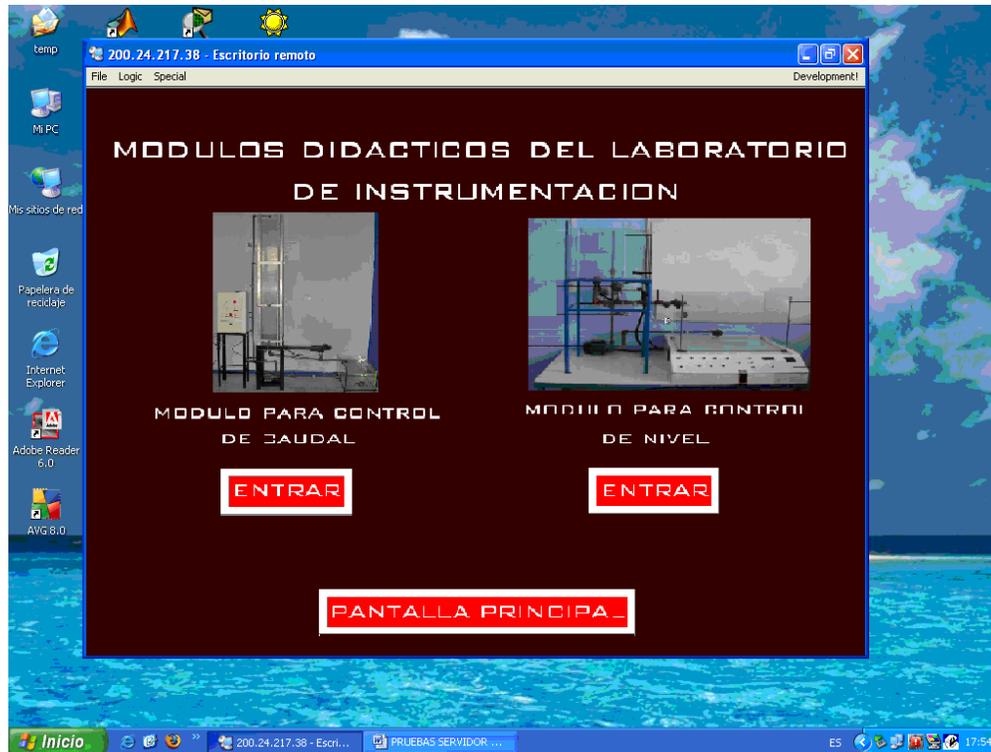


Fig. 4.4.4. Funcionamiento de la red Wi Fi la cual permitió el acceso a los módulos de control de nivel y control de caudal.

4.7 TROUBLESHOOTING.

4.5.1 PRUEBA DE HARDWARE.

La prueba se supera si se detecta el adaptador inalámbrico y está accesible. La prueba no se supera si no detecta el adaptador, o si se detecta, pero este se encuentra desactivado. En resumen la prueba indica si el hardware inalámbrico está activado o desactivado.

Solución de problemas:

- ✓ Comprobar que los adaptadores aparezcan en la lista de **Adaptadores de red** del Administrador de dispositivos.

- ✓ Si los adaptadores no aparecen en la lista, hacer clic con el botón secundario del ratón en **Adaptadores de red** y seleccionar **Buscar cambios de hardware**. También se puede reiniciar el sistema.
- ✓ Comprobar que el adaptador esté activado en el Administrador de dispositivos. Si el adaptador está desactivado, aparece una X roja junto al dispositivo. Hacer clic con el botón secundario del ratón en el adaptador y seleccione **Habilitar** en el menú.
- ✓ Si junto al adaptador aparece un signo de exclamación amarillo, hacer clic con el botón secundario del ratón en el adaptador y volver a instalar el controlador.
- ✓ Pónerse en contacto con el fabricante de su equipo para consultarle otras opciones de solución de problemas.

4.5.2 PRUEBA DE CONTROLADORES.

Si el computador no reconoce a los adaptadores instalados, es probable que los drivers no sean compatibles o estén mal instalados. Las dos pruebas fundamentales son:

- ✓ Prueba de controlador de red inalámbrico.
- ✓ Prueba de controlador del Modem Huawei.

Solución de problemas:

- ✓ Volver a instalar los controladores.
- ✓ Reiniciar el computador.

4.5.3 PRUEBA DE RADIO.

El resumen de la prueba indica si los aparatos de radio están encendidos o apagados. Se verifica que los leds estén encendidos.

Solución de problemas:

- ✓ Comprobar que el adaptador inalámbrico esté activado.
- ✓ Apagar el punto de acceso y volver a encenderlo.

4.5.4 PRUEBA DE EXPLORACIÓN.

La prueba consulta las redes inalámbricas que hay dentro del alcance del adaptador inalámbrico. La prueba se supera si se detectan redes en la lista de exploración. El resumen de la prueba indica el número de redes disponibles a las que se puede conectar.

Solución de problemas:

- ✓ Comprobar que se encuentra dentro del rango de un punto de acceso. En este caso dentro de 100 metros.
- ✓ Apagar el aparato de radio inalámbrico y volver a encenderlo.
- ✓ Apagar el punto de acceso y volver a encenderlo.

4.5.5 PRUEBA DE ASOCIACIÓN Y AUTENTICACIÓN.

La asociación es el establecimiento y el mantenimiento del enlace inalámbrico entre dispositivos. En el proceso de autenticación se verifica la identidad del dispositivo inalámbrico o del usuario y se le otorga acceso a la red.

Solución de problemas:

- ✓ Cuando la potencia de la señal del punto de acceso sea baja, utilice la prueba de señal indicada en el punto 4.5.6.
- ✓ Comprobar que se ha creado un perfil. Si se ha creado:
 - Comprobar que el perfil coincida con el Nombre de red de punto de acceso.
 - Eliminar el perfil y crear otro nuevo.
- ✓ Comprobar que la dirección MAC no se ha excluido en el punto de acceso.

- ✓ Editar el perfil para asegurarse de que se utilicen las credenciales correctas para la clave WEP, PSK, contraseña o certificados.

4.5.6 PRUEBA DE SEÑAL.

Comúnmente la señal se muestra en barras.

Solución de problemas:

- ✓ Mover el equipo a una distancia de unos 3 a 6 metros del punto de acceso o router inalámbrico.
- ✓ Reducir las interferencias apartándolo de aparatos domésticos (microondas, teléfonos móviles o teléfonos a 2,4 GHz) o puntos de acceso que utilicen el mismo canal.
- ✓ Probar aumentando la potencia de transmisión de los equipos.
- ✓ En el caso del Huawei, es probable que sea problemas del proveedor de servicios.

4.5.7 PRUEBA "PING"

La prueba verifica si los equipos están conectados.

NOTA: Si las pruebas "ping" realizadas al servidor DNS no superan la prueba, no se trata de un problema de la red inalámbrica, sino de la red en general.

Solución de problemas:

- ✓ Verificar si las direcciones IPs utilizadas están dentro de la misma red.
- ✓ Desactivar los cortafuegos de seguridad y volver a intentar la prueba.
- ✓ Si no se tiene ping al servidor es probable que se tenga problemas en la red del ISP.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente proyecto tiene varios beneficios pero también presenta limitaciones comparado con otras alternativas en cuanto al diseño de sistemas SCADA, es por esto que se termina el presente trabajo con varias conclusiones y recomendaciones.

5.1 CONCLUSIONES.

Los resultados de las pruebas nos permiten concluir que:

- ✓ El proyecto realizado y analizado en el presente trabajo cumple con los objetivos propuestos inicialmente que son, el diseño e implementación de un Prototipo Scada Inalámbrico Didáctico para control de los módulos de nivel y de caudal y puede ser manejado a nivel local ó remoto.
- ✓ El uso y la operación del SCADA es sencillo y fácil de entender, esto permite concluir que los estudiantes podrán realizar la prácticas y entender el funcionamiento del SCADA de una manera provechosa.
- ✓ Las pruebas corroboraron que la aplicación desarrollada en Intouch permite supervisar y monitorear los módulos a través de un enlace inalámbrico y desde un lugar remoto.
- ✓ Con las pruebas realizadas acerca del comportamiento de cada uno de los módulos, como por ejemplo pruebas de encendido, posición de niveles, estado del enlace, se puede estructurar prácticas de laboratorio y el estudiante validar el funcionamiento del SCADA basándose en la variación del estado de los módulos

- ✓ El diseño de la HMI está centrado en los requerimientos del usuario, es decir, un medio abierto y sencillo que facilita la interacción con los sistemas y simplifica las tareas de la actividad que este realiza.

- ✓ El acceso al servidor a través del Escritorio Remoto es la más importante funcionalidad de este SCADA, ya que el usuario puede acceder desde cualquier parte del mundo, sin necesidad de tener instalado ningún tipo de aplicación especial en su computador, como por ejemplo el programa Intouch. Esto facilita de sobremanera al usuario ya que puede verificar el funcionamiento de sus sistemas desde cualquier lugar que cuente con el servicio de Internet

- ✓ La seguridad implementada, permite que solo personas autorizadas puedan ingresar a las aplicaciones del sistema SCADA. Se necesita de un usuario y contraseña para el ingreso al servidor y otro para el ingreso al control de los procesos. De este modo se puede concluir, la seguridad evita que personal no autorizado realice operaciones no deseadas.

- ✓ Se llegó a la conclusión que los dos módulos controlan el nivel del liquido, con la diferencia que en el módulo de caudal la perturbación afecta al caudal y en el módulo de nivel la perturbación afecta al nivel. Estas perturbaciones están representadas por válvulas manuales que al ser manipuladas intervienen como perturbaciones en el proceso.

- ✓ El empleo de los servicios de Telefónica a través del MODEM Huawei permite disponer de una IP Pública. Este tipo de servicio no es gratuito pero se ajusta perfectamente al proyecto ya que se puede hacer uso de este servicio exclusivamente al momento de realizar una práctica demostrativa ahorrando el consumo del mismo.

- ✓ Los resultados obtenidos luego de realizar pruebas al sistema SCADA fueron positivos. Todas las funciones implementadas trabajan del modo esperado. Por lo que se puede concluir que este proyecto cumplió con todos sus objetivos.

5.2 RECOMENDACIONES

✓ En el diseño y construcción de algún sistema, de preferencia se recomienda realizar primeramente el diseño completo del hardware para luego en base a este desarrollar o utilizar el software óptimo para el hardware ya diseñado y armado.

✓ No siempre se tienen buenos resultados al usar absolutamente todos los recursos de un PLC, ya que pueden presentar fallas como datos erróneos de conversión, demoras excesivas en la toma de acciones y saturación de memoria. En proyectos grandes, lo mejor es dividir las tareas, es preferible que un PLC controle sistemas diferentes.

✓ Se recomienda también utilizar algún tipo de seguridad, especialmente en sistemas inalámbricos, y más aún en el caso de un SCADA el cual controla procesos.

✓ Se recomienda dar un mantenimiento periódico a los módulos, ya que ambos módulos poseen bombas y el agua que por ellas circula tiende a secarse por falta de funcionamiento, y esto puede provocar que se dañe la bomba si se intenta hacerla funcionar con aire en su interior, Para esto, todas las bombas vienen con un tornillo, que permite la evacuación de aire en el interior de la bomba, evitando así que la bomba funcione sin agua o en vacío.

✓ Se recomienda que para que el módulo de control de caudal controle el caudal de manera más efectiva, sean instalados sensores transmisores de presión diferencial o medidores de flujo en la tubería que sale del tanque principal hacia el secundario, ya que el control que se está realizando actualmente es en base a valores tomados de manera empírica y tienen que ver directamente con los valores de nivel del tanque principal.

✓ Se recomienda cambiar la seguridad de las puertas de los muebles de cada módulo, los cuales contienen a los elementos de control como son PLCs, sensores de presión, tarjetas de control, etc para así evitar pérdidas de elementos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ BARRERA Laura, LUZURIAGA Daniel, "Diseño y construcción de un sistema scada sobre wi-fi para controlar el caudal de agua que sale desde un tanque". Politécnica Nacional. Ecuador. Quito. Octubre 2007.
- ✓ MORETA, Marco. "Construcción y monitoreo a distancia de un módulo didáctico para medir caudal, presión y nivel". Politécnica Nacional. Ecuador. Quito. 2005
- ✓ BENITEZ Cadena, SALAMEA Balladares, "Construcción de un Módulo Didáctico de Control de Nivel de Líquidos"; Politécnica Nacional. Ecuador. Octubre 2003.
- ✓ CORRALES, Luis. Manual de Intouch. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2006.
- ✓ CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial Alfa Omega, México, Quinta Edición, 1995.
- ✓ CORRALES, Luis. Instrumentación Industrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, Mayo 2004.
- ✓ BERNAL, Iván. Comunicaciones Inalámbricas, Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador, 2005.
- ✓ SINCHE, Soraya. Redes Inalámbricas de Área Local, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2006.
- ✓ Quick Installation Guide, D-Link, DWL-G122 Wireless, USA Adapter.
- ✓ Manual de Intouch 9.0. 2005 Invents System.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- ✓ El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación On-line
<http://www.coitt.es/formacion-coitt/Inicio.html>
- ✓ Acceso Remoto y Servidores Remotos
<http://www.cybercursos.net>
- ✓ Intouch Basic
<http://www.intouch.org>
- ✓ Crear y configurar tu red Wireless
<http://www.ayuda-internet.net/tutoriales/manual-configurar-crear-red-wireless/manual-configurar-crear-red-wireless.html>
- ✓ Servidor Web
http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor_web
- ✓ Scada e Intouch
<http://www.la.wonderware.com>
- ✓ Creation HMI
<http://www.intouchsystem.com>
- ✓ Problemas de las redes Inalámbricas
<http://www.forosdelweb.com>
- ✓ Wireless
<http://www.data-linc.com>
- ✓ Modem Huawei
<http://www.huawei.com/es/>
- ✓ Escritorio Remoto
http://es.wikipedia.org/wiki/Escritorio_remoto
<http://www.microsoft.com/windowsxp/downloads/tools/rdclientdl.msp>