

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL DE
TRANSMISIÓN REMOTA EMPLEADOS EN EL SECTOR PETROLERO**

YAMID ALEJANDRO CERQUERA MESA

DIRECTOR: ING. JESUS DAVID QUINTERO POLANCO

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA, 2012**

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL DE
TRANSMISIÓN REMOTA EMPLEADOS EN EL SECTOR PETROLERO**

YAMID ALEJANDRO CERQUERA MESA

Trabajo de Grado presentado para optar al título de
Ingeniero Electrónico.

Director

ING. JESUS DAVID QUINTERO POLANCO

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA, 2012**

Nota de Aprobación.

El trabajo de grado titulado “**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL DE TRANSMISIÓN REMOTA EMPLEADOS EN EL SECTOR PETROLERO**”, presentado por el estudiante YAMID ALEJANDRO CERQUERA MESA, para optar al título de Ingeniero Electrónico fue revisado por el jurado y calificado como:

APROBADO.

Ing. Carlos Enrique Suarez Navas
Director Área Nuevas Tecnologías Tecnicontrol S.A
Coordinador y Supervisor de Pasantía.

Ing. Jesús David Quintero Polanco
Director de Pasantía Supervisada. Universidad Surcolombiana.

Ing. German Eduardo Martínez Barreto
Jurado. Universidad Surcolombiana.

Ing. Johan Julián Molina Mosquera
Jurado. Universidad Surcolombiana.

A Dios.

A mi madre Aurora Mesa.

A mi padre Vitelio Cerquera.

A mi hermana Yina Cerquera.

Ami cuñado Jorge Ariel.

A mis maestros del programa de Ingeniería Electrónica.

Y a todas aquellas personas que me acompañaron durante el transcurso de la carrera.

A todos ellos dedico esta obra.

YAMID ALEJANDRO CERQUERA MESA

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A Dios, por tantas bendiciones entregadas.

A Ingeniero Jesús David Quintero Polanco, director de trabajo de grado, por la meritoria colaboración y asesoría en la ejecución del proyecto.

A Ingenieros Carlos Suarez Navas, Holman Rojas Suarez, Pablo De Los Ríos Ibáñez, John Caipa Roldan, de Tecnicontrol S.A por su apoyo y su guía en el planteamiento, ejecución y presentación de este trabajo de grado.

A mis amigos Junior Francisco Quijano Mosos, María Juliana Ortiz Rojas, Juan Carlos Lemus Quintero y Luis Humberto Penagos Fierro, aquellos que estuvieron conmigo durante el transcurso de mis estudios universitarios y que de uno u otro modo contribuyeron siempre a mi estabilidad emocional y a mi crecimiento académico.

Mis compañeros, profesores y en general a todas aquellas personas que me acompañaron a lo largo de la carrera e hicieron satisfactoria y fructífera la experiencia vivida en la Universidad Surcolombiana de Neiva (Huila).

YAMID ALEJANDRO CERQUERA MESA

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
I. OBJETIVOS	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos	16
II. PROTOCOLOS SERIALES Y SUS PARTICULARIDADES	17
2.1 Protocolo Serial Modbus. Para conexiones SCADA.	17
2.2 Protocolo Serial Genérico. Generalmente para conexiones RS232 y USB	18
2.2.1 RS232	18
2.2.1.1 Distribución de los Pines en un Conector RS232	19
2.2.1.2 Parámetros de Configuración para un Puerto RS232	20
2.2.1.3 Control de Flujo	21
2.2.1.4 Cable Cruzado “Cross-over”	22
2.2.2 USB	23
2.2.2.1 Distribución de los Pines en un Conector USB	23
2.2.2.2 Controlador DtUsb para Puerto USB	25
2.3 Protocolo Punto a Punto (PPP). Permite que una conexión TCP/IP sea establecida mediante un enlace serial	25
III. PROTOCOLOS DE RED TCP/IP Y SUS PARTICULARIDADES	27
3.1. El protocolo de Red Modbus (TCP puerto 502). En SCADA usa el acceso al servidor Modbus del Datalogger	27
3.1.1 Ethernet	28

3.2. TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).	28
3.2.1 Dirección IP	30
3.3. Sistema SCADA. Aplicación de los protocolos de Red Modbus/TCP y TCP/IP	31
3.3.1 Conexión SCADA vía TCP/IP	33
3.3.2 Conexión SCADA vía Serial	33
3.3.3 Procedimiento de Configuración de Sistema SCADA	34
IV. TECNOLOGIA DE COMUNICACIÓN CELULAR GPRS	36
4.1 Soluciones GPRS	37
4.1.1 Solución WEB	38
4.1.2 Solución SCADA	39
4.1.3 Solución por mensajes de texto SMS	40
4.2 Aplicación de Comunicación GPRS	42
V. TECNOLOGIA DE COMUNICACIÓN INTERNET SATELITAL	45
VI. RESULTADOS	48
6.1 Resultado Conexión con Protocolo Serial RS232	48
6.2 Resultado Conexión con Protocolo Serial USB	49
6.3 Resultado Conexión con Protocolo Punto a Punto (PPP)	50
6.4 Resultado Aplicación de Sistema SCADA	51
6.5 Resultado Aplicación de Tecnología de Comunicación GPRS	54
VII. CONCLUSIONES	58
VIII. RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
GLOSARIO	63
ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución de los pines en un conector RS232 DB-9.	19
Tabla 2. Parámetros de Configuración para RS232.	20
Tabla 3. Descripción y Distribución de los pines en un conector USB	23
Tabla 4. Arquitectura de Protocolos TCP/IP.	29

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Conector y trama de bits de datos en un cable RS232.	19
Figura 2. Cable "Cross-over" o Cruzado RS232.	23
Figura 3. Conector y trama de bits de datos en un cable USB.	24
Figura 4. Interfaz de Usuario en un Sistema SCADA.	32
Figura 5. Esquema de Solución WEB.	38
Figura 6. Solución SCADA por medio de consultas MODBUS.	39
Figura 7. Solución SCADA por medio de consultas a bases de Datos.	40
Figura 8. Modo Alarmas por SMS.	40
Figura 9. Modo Control Remoto por SMS.	41
Figura 10. Modo Adquisidor Analógico por SMS.	41
Figura 11. Parámetros de configuración del modem GPRS.	43
Figura 12. Mensaje SMS con información de localización del sensor con GPS.	44
Figura 13. Mensaje SMS con información de localización cada 15 minutos.	44
Figura 14. Cobertura Global del Servicio IsatM2M de Inmarsat.	47
Figura 15. Elementos del Sistema de Comunicaciones Satelital.	47
Figura 16. Resultado Ping con Conexión Serial RS232.	49
Figura 17. Resultado Ping con Conexión Serial USB.	49
Figura 18. Resultado Ping Exitoso con Conexión PPP.	50

Figura 19. Resultado Ping Fallido con Conexión PPP.	51
Figura 20. Resultado Sistema SCADA. Adquisición en Tiempo Real.	52
Figura 21. Resultado Sistema SCADA. Adquisición en Tiempo Real e Históricos.	53
Figura 22. Ventana “Runtime y Diagnósticos” de IGSS V9.	53
Figura 23. Resultado GPRS. Mensaje SMS con estado de operación del Modem.	54
Figura 24. Resultado GPRS. Mensaje SMS con nivel de Voltaje del Modem.	55
Figura 25. Resultado GPRS. Mensaje SMS con localización del GPS.	56
Figura 26. Resultado GPRS. Mensaje SMS con localización del GPS cada 15 minutos.	56
Figura 27. Resultado GPRS. Mensaje SMS de Alarma.	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Manual de Sistemas de Comunicaciones: Conexiones PPP.	66
ANEXO B. Manual de Sistemas de Comunicaciones: Conexiones Ethernet.	71
ANEXO C. Manual de Sistemas de Comunicaciones: Implementación de Sistema SCADA.	75
ANEXO D. Manual de Sistemas de Comunicaciones: Procedimiento para Hacer Ping desde una Computadora.	83

RESUMEN

Este trabajo, producto de una pasantía realizada en Tecnicontrol S.A. consistió en el estudio de las características, la funcionalidad, las ventajas, las falencias y la aplicación de los sistemas y protocolos de Comunicación Industrial para aplicaciones de transmisión remota, que se consideraron, se usan en mayor medida en el sector Petrolero.

Enfocados en lograr la comunicación entre un equipo colector de datos, ubicado en un sitio remoto, y el Usuario final, siendo este un Computador Host; fueron tema de estudio los protocolos seriales RS232, USB y enlaces Punto a Punto (PPP), los protocolos de red TCP-IP empleados en el diseño, implementación y ejecución de una aplicación básica en Sistema SCADA donde se usan conjuntamente los protocolos Modbus y TCP-IP, y el puerto Ethernet.

También se incluye un estudio del sistema de comunicación basado en la tecnología celular GPRS, abordando su funcionamiento y las soluciones que brinda a la Industria actual, probándose con un modem GSM/GPRS mediante envío de comandos.

A manera de Información general, al final se contextualiza una descripción del Sistema de Comunicación Satelital, que gracias a su ofrecimiento de cobertura global continua y a su valiosa aplicabilidad en sistemas de monitoreo remoto, es importante tener en cuenta.

El resultado fue la evaluación de una correcta operatividad del Equipo Colector de datos (Datalogger) elegido por Tecnicontrol S.A. dentro de los Sistemas y Protocolos de Comunicación antes nombrados.

Palabras Clave: TCP, IP, USB, RS232, ETHERNET, PPP, SCADA, GPRS, Telemetría, Monitoreo Remoto, Datalogger.

ABSTRACT

This work consisted in studying the features, functionality, advantages, shortcomings and implementation of systems and communication protocols for remote applications Industrial, considered, are used more in the oil sector.

Focused on achieving communication between a Data logger located at a remote site, and the End User, this being a Host Computer, were the subject of study protocols RS232 serial, USB and Point to Point links (PPP), protocols TCP-IP network used in the design, implementation and execution of an application in SCADA system where they are used jointly and Modbus TCP-IP and the Ethernet port.

Also included is a study of the communication system based on GPRS cellular technology, focused its operation and providing solutions to the current industry, trying with a GSM / GPRS modem by sending commands.

As an overview, the end is contextualized description of Satellite Communication System, offering thanks to its continuous global coverage and its applicability valuable remote monitoring systems, it is important to consider.

The result was the correct assessment of a Commercial Datalogger operation selected within the Systems and Communication Protocols before named.

Keywords: TCP, IP, USB, RS232, Ethernet, PPP, SCADA, GPRS, Telemetry, Remote Monitoring, Datalogger.

INTRODUCCIÓN

Tecnicontrol S.A. dentro del desarrollo de un nuevo servicio de monitoreo Geotécnico de zonas inestables que amenazan la integridad de las líneas de oleoductos, planteó la necesidad de que un Equipo Colector de Datos (Datalogger) fuese probado dentro de los protocolos y sistemas de comunicación industrial, y de transmisión remota, que más se usaran en campos petroleros.

Es así como empecé a indagar sobre éstos y viendo que múltiples empresas dentro de sus servicios industriales requieren sistemas de comunicación de transmisión remota; noté que históricamente las comunicaciones con instalaciones remotas se han ejecutado utilizando medios de comunicación estándar, como redes con protocolos y conexiones seriales y paralelas, RS232, TCP/IP, PPP u otros. Cuya implementación requiere copiosos dispositivos y extensas cantidades de cableado. Estas opciones, que extensamente se usan en la industria, superficialmente eran las únicas disponibles para cubrir las necesidades de comunicación para la prestación del servicio.

En la actualidad, las diferentes compañías se hallan cada vez más forzadas a reducir los costes de operación de sus infraestructuras. Por ello, se han explorado nuevas vías de comunicaciones que permitan un enlace remoto fiable. Una alternativa clara es la utilización de redes de comunicación de acceso público, utilizando el servicio prestado por un operador, recurriéndose a las llamadas de datos, a través de una red celular (GSM/GPRS). Pero debido a sus falencias en cobertura de señal, se tiene como una opción de solución la comunicación mediante antenas satelitales que brindan una cobertura permanente.

Por otra parte, específicamente para aplicaciones de monitoreo remoto y telemetría, se han asociado algunos protocolos estándar, y se ha desarrollado el protocolo MODBUS para su utilización en sistemas SCADA, facilitando la comunicación con los dispositivos de campo y el control de procesos de forma automática desde la pantalla de un ordenador.

Este trabajo resume los aspectos más importantes de caracterización, aplicación y uso implementación de estos protocolos y sistemas de

comunicación industrial remota, utilizando como herramienta principal de prueba un Equipo Colector de Datos (Datalogger) y cuyo resultado global es la correcta comprobación de compatibilidad entre el Datalogger y los protocolos tratados.

Se abordan cada protocolo y sistema de comunicación industrial de transmisión remota de la siguiente manera: primero, se expone un breve concepto y una descripción general de cada uno de ellos, aportando algunas particularidades de cada uno; segundo, se explica paso a paso como se configuró cada protocolo y sistema de comunicación, y como funciona; y por último se exponen los resultados de pruebas hechas a cada uno.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Aplicar y usar sistemas y protocolos de comunicación remota enfocados a la instrumentación industrial que más se utilizan en el Sector de Hidrocarburos.

1.2 Objetivos Específicos

- Adquirir conceptos y favorecer habilidades en Instrumentación Industrial e implementación de protocolos de los sistemas de Comunicación Industrial remota más usados en el sector petrolero.
- Conocer y aplicar en procesos de monitoreo remoto de integridad de tuberías en tiempo real, con alta fidelidad, sistemas de información industrial como sistemas de supervisión (SCADA).
- Evaluar la viabilidad y correcta operatividad de un equipo colector de datos (Datalogger) dentro de los sistemas de comunicación industrial remota más usados en Campos Petroleros.

II. PROTOCOLOS SERIALES Y SUS PARTICULARIDADES.

Atendiendo a la necesidad de Tecnicontrol S.A. de probar un Equipo Colector de Datos (Datalogger) dentro de los Sistemas y protocolos de comunicación industrial que se consideraron más se utilizan en campos petroleros; se comenzaron a estudiar los protocolos seriales.

Un Datalogger es un dispositivo electrónico, con un sistema de adquisición de datos y una tarjeta de almacenaje propia, cuyo objetivo es tomar los valores medidos por unos sensores, almacenarlos y permitir su manipulación para un posterior análisis.

Esta actividad se hace necesaria dentro del ofrecimiento de un nuevo servicio por parte de Tecnicontrol S.A cuyo objetivo es hacer un monitoreo remoto Geotécnico de zonas inestables que amenazan la integridad de las líneas de oleoductos.

Para examinar los protocolos siguientes se usó dicho Datalogger, un sensor de Temperatura, así como un equipo de cómputo. Se aclara que el objetivo del trabajo es verificar la correcta funcionalidad del Equipo Colector de Datos dentro de los protocolos y sistemas de comunicación que se utilicen, y mirar que sea compatible para cuando se requiera su aplicación en Campo.

2.1. Protocolo Serial Modbus. Para conexiones SCADA.

Para relacionarnos con el protocolo, un breve concepto de Modbus nos dice que es un protocolo de comunicaciones simple que es ampliamente utilizado en sistemas SCADA (control de supervisión y adquisición de datos). Proporciona una solución eficiente y estandarizada para el transporte de los estados digitales y valores de datos entre una unidad terminal remota (RTU) o controlador lógico programable (PLC) y un equipo de supervisión. El protocolo MODBUS define una red digital de comunicaciones con un solo Master (maestro) y uno o más dispositivos Slave, esclavo (Gelvez, 2006).

Si miramos la aplicabilidad de Modbus en la industria, es importante conocer que puede operar utilizando una amplia gama de medios de comunicación. En este caso en particular, para una conexión serial, típicamente RS232; aunque en determinados casos se usa RS422 o RS485.

Si se quiere establecer una correcta comunicación entre dos o más dispositivos mediante protocolo Modbus, se debe elegir uno de los dos modos existentes para dicha comunicación: ASCII o RTU, de igual forma, los parámetros de la comunicación (velocidad de transmisión, paridad, bits de parada, etc.) y determinarlos para todos los dispositivos en la red (Sirgo, 1997).

Este protocolo define un arreglo de mensajes que los controladores registrarán y utilizarán, independientemente del tipo de redes sobre la que se comuniquen.

En Aplicaciones de monitoreo remoto para integridad de oleoductos, se usa en mayor medida la comunicación Serial Modbus RTU:

En el modo RTU (Remote Terminal Unit) cada byte en un mensaje contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits. La principal ventaja de este modo es que su mayor densidad de carácter permite mejor rendimiento que el modo ASCII para la misma velocidad. Cada mensaje debe ser transmitido en un flujo continuo. Los dispositivos conectados monitorizan el bus continuamente, aún en tiempos de espera (Gelvez, 2006).

2.2. Protocolo Serial Genérico. Generalmente para conexiones RS232 y USB.

2.2.1. RS232

Ahora entramos a evaluar la conexión RS232, para conceptualizar: RS232 es un estándar de comunicación para la transmisión de datos en serie entre equipos. La transmisión de datos digital se hace en serie a través de una línea asimétrica, no terminada, entre dos equipos. La distancia recomendada de enlace está sobre los 4 metros, aunque es posible usar distancias de 100 metros o más, para evitar errores de comunicación generalmente se necesitan cables más pesados y una tasa de Baudios más lenta. La velocidad de transmisión va desde 20 kbps a 480 kbps (Aquilino, 2008).

Dentro de la evaluación de la viabilidad de ésta conexión, se concluyó que para aplicaciones donde el Datalogger necesite ser conectado a un computador cercano, USB es el medio de comunicación preferido. Sin embargo, es posible que necesite utilizar una conexión directa RS232 si:

- Su ordenador no tiene puertos USB disponibles.
- La longitud del cable requerido es superior a 5 metros.

2.2.1.1. Distribución de los Pines en un Conector RS232

Anteriormente para este tipo de conexiones se utilizó un conector Sub-D macho de 25 pines, pero más comúnmente se utiliza un conector Sub-D macho de 9 pines. El conexionado y la trama de bits de datos serie se pueden ver en la **Figura 1**.

La distribución de los pines se incluye en la **Tabla 1**.

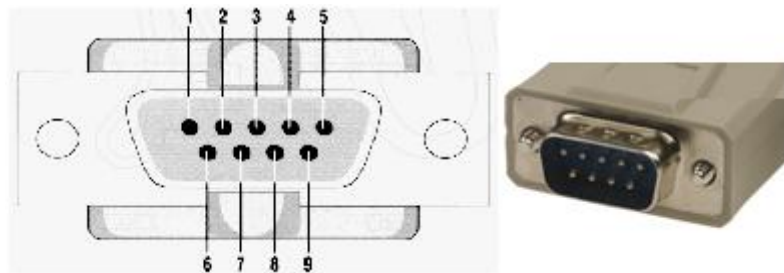


Figura 1. Conector y trama de bits de datos en un cable RS232.

TABLA 1
DISTRIBUCIÓN DE LOS PINES EN UN CONECTOR RS232 DB-9

Pines	Función	Señal	Dirección
1	Detección de Portador de Datos	DCD	Entrada
2	Datos Recibidos	RXD	Entrada
3	Datos Transmitidos	TXD	Salida
4	Terminal de Datos de inicio	DTR	Salida
5	Señal Tierra	GND	-
6	Selección de Datos de Inicio	DSR	Entrada
7	Petición de Envío	RTS	Salida
8	Limpiar para Enviar	CTS	Entrada
9	Indicador de Envío	RI	Entrada

En aplicaciones de monitoreo remoto de variables geotécnicas para salvaguardar la integridad de tuberías, el Equipo Colector de Datos (Datalogger) tiene un conector macho de 9 pines para comunicación RS-232 serie a un ordenador o un módem. El puerto está configurado como un DTE (equipo terminal de datos) del dispositivo, y la disposición de los pines es la misma, que la utilizada en un PC.

2.2.1.2. Parámetros de Configuración para un Puerto RS232.

Como apreciación inicial, si se quiere configurar un puerto, se debe tener muy en cuenta que hay cuatro parámetros que se deben establecer para cualquier puerto RS232, en el Datalogger se hace mediante comandos:

- Velocidad en baudios (tasa de transferencia de datos en bits por segundo) para el Datalogger por defecto es 57600.
- Formato de trama de serie (el tipo de paridad, número de bits de datos, el número de bits de parada) en el Datalogger por defecto es "N, 8,1" - sin paridad, 8 bits de datos, 1 bit de parada.
- Control de flujo (mecanismo para un ordenador decirle al otro que deje de enviar) en el Datalogger por defecto el control de flujo se da por software interno.
- Un cuarto parámetro que debe ser establecido para el puerto host del Datalogger es la función del puerto, que especifica el protocolo utilizado por el puerto: PPP, Modbus o serial genérico.

Los parámetros que se usan en la configuración de RS232 tienen valores específicos y limitados, que se deben tener en cuenta para establecer una correcta conexión. **Ver Tabla 2.**

TABLA 2
PARAMETROS DE CONFIGURACIÓN PARA RS232

Parámetro	Valor	Por Defecto
Velocidad en Baudios	Se usan 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200.	57600
Número de Bits de Datos	Pueden ser 7 u 8.	8
Número de Bits de Parada	Pueden ser 1 o 2.	1
Tipo de paridad	Pueden ser: N (Ninguno), O (Impar) y E (Par).	N
Control de Flujo	NONE (Ninguno). SOFTWARE (XON/XOFF). HARDWARE (RTS/CTS).	SOFTWARE
FUNCTION	Función Puerto	SERIAL

2.2.1.3. Control de Flujo.

Es significativo tener clara la teoría relacionada con el concepto de control de flujo. Este es el proceso de controlar el flujo de información entre dispositivos de comunicaciones. Por ejemplo, si hay datos que están siendo enviados desde el Datalogger hasta el computador, entonces el computador llama al Datalogger para que pare temporalmente el envío; luego, cuando el computador ya haya hecho la recepción completa de datos, llama al Datalogger para que reinicie el envío de información

Los mecanismos de control de flujo soportados por el Datalogger son como sigue:

- **Control de Flujo por SOFTWARE.**

En este modo, el receptor controla el flujo de caracteres por transmisión de:

- El carácter XOFF (ASCII 19), para detener el envío de más caracteres por parte del emisor.
- El carácter XON (ASCII 17), para permitir al emisor reiniciar el envío de caracteres.

Si el carácter XOFF es recibido, el Datalogger detendrá la transmisión dentro de los próximos dos periodos de caracteres. Si el carácter XON es recibido, el Datalogger en un máximo de 60 segundos reiniciará la transmisión.

- **Control de Flujo por HARDWARE.**

En este modo, la transmisión de caracteres es controlada por las señales RTS (RequestToSend) y CTS (Clear ToSend). Para el Datalogger:

- La señal RTS es una salida, el Datalogger activa esta señal mientras esté habilitado para recibir datos.
- La señal CTS es una entrada, el Datalogger sólo transmitirá si esta señal está activa.

Así, si una computadora y el Datalogger están configurados bajo este modo de control de flujo, entonces las líneas de cables RTS y RTC deben ser "crossedover" o cruzados. De esta manera, cuando un extremo desactiva su señal RTS entonces el otro verá cómo se desactiva su señal CTS, causando la detención de la transmisión.

Cabe aclarar que el control de flujo por Hardware es más fiable que el control de flujo por Software, debido a que los estados de control de flujo (envío/No envío) es indicado continuamente por las señales de Hardware. Mientras que el Control de flujo por Software puede tener dificultades si el ruido de la línea causa que los caracteres XON o XOFF se pierdan.

- **Ningún Control de Flujo.**

El Datalogger también se puede configurar para usarse sin control de flujo, en cuyo caso no habrá control del emisor por parte del receptor. Esta configuración debe usarse con cuidado, y solo cuando se esté seguro que no hay riesgo de que el receptor exceda su capacidad de datos enviados desde el emisor, de lo contrario una pérdida de datos ocurrirá.

Es esencial que los dos extremos de una conexión RS232 sean configurados de manera idéntica: la misma velocidad de transmisión, trama y control de flujo. Una muestra del código de configuración del puerto RS232 utilizado es:

```
PROFILE HOST_PORT
[HOST_PORT]
BPS = 57600
DATA_BITS = 8
STOP_BITS = 1
PARITY = NONE
FLOW = SOFTWARE
FUNCTION = SERIAL
```

Donde se establecieron los valores de Velocidad en baudios: 57600, número de bits de datos: 8, número de bits de parada: 1, sin paridad y control de Flujo por software.

2.2.1.4. Cable Cruzado “Cross-over”.

Como ya se ha referenciado antes, el cable Cruzado será usado para la prueba específica con conexión RS232, éste tipo de cable tiene una particularidad y es que, las señales RXD y TXD deben estar cruzadas de un conector con respecto al otro. De igual forma, la señal RTS y CTS deben estar cruzadas, DCD, DTR, DSR y RI siguen iguales. Ver **Figura 2**.

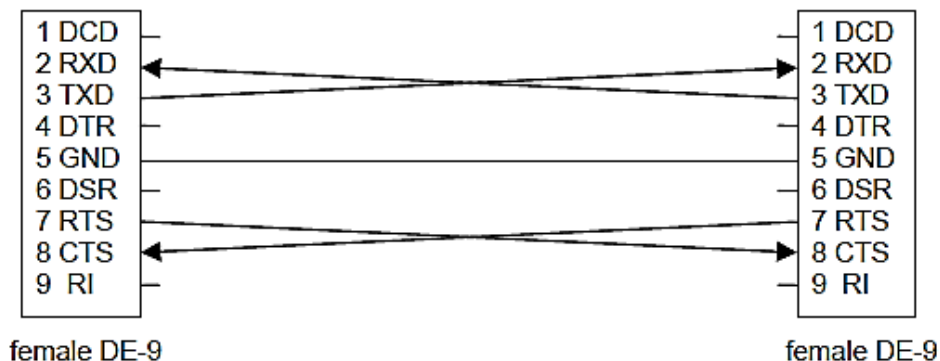


Figura 2.Cable “Cross-over” o Cruzado RS232.

Los resultados del uso de este tipo de enlace serial mediante conexión RS232 se muestran en el capítulo 6, y consistió básicamente en, que una vez configurado el puerto, se procedió a hacer una prueba conocida como Hacer Ping (ver Anexo D) para confirmar que la conexión se ha establecido entre el Equipo colector de datos y un computador.

2.2.2. USB

Después de comprobar el correcto funcionamiento de RS232, se continuó con el otro tipo de conexión: USB. Éste es un bus punto a punto, dado que el lugar de partida es el host (PC o hub) y el destino es un periférico u otro hub. No hay más que un único host (PC) en una arquitectura USB.

2.2.2.1. Distribución de los Pines en un Conector USB.

Un conector USB 2.0 macho tipo A es el más utilizado para este tipo de conexiones seriales, dispone de cuatro líneas, un par para datos, una de corriente y una cuarta que es el negativo o retorno (Ver **Figura 3**).

La descripción y distribución de los pines se incluyen en la **Tabla 3**.

TABLA 3
DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PINES EN UN CONECTOR USB

Pin	Nombre	Color Cable	Descripción
1	VCC	Rojo	+ 5V
2	D -	Blanco	Datos -
3	D +	Verde	Datos +
4	GND	Negro	Tierra

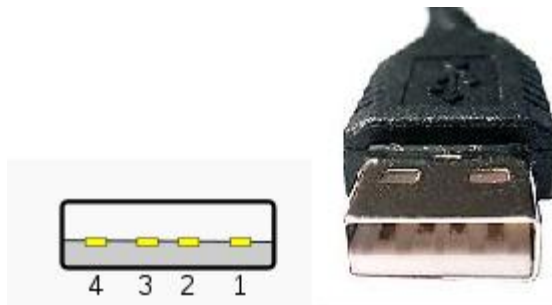


Figura3. Conector y trama de bits de datos en un cable USB.

Dentro de los objetivos específicos de éste trabajo de grado, está la conceptualización de los protocolos a usarse, es así como, se da una breve descripción de USB.

A nivel eléctrico, el cable USB transfiere la señal y la alimentación sobre 4 hilos.

A nivel de alimentación, el cable proporciona la tensión nominal de 5 V. Una resistencia de terminación instalada en la línea de datos permite detectar el puerto y conocer su configuración (1,5 o 12 Mbps) (Aquilino, 2008).

A nivel de señal, se trata de un par trenzado con una impedancia característica de 90Ω . La sensibilidad del receptor puede ser de, al menos, 200mV y debe poder admitir un buen factor de rechazo de tensión en modo común. El reloj se transmite en el flujo de datos, la codificación es de tipo NRZI, existiendo un dispositivo que genera un bit de relleno (bit stuffing) que garantiza que la frecuencia de reloj permanezca constante. Cada paquete va precedido por un campo de sincronismo (Aquilino, 2008).

En aplicaciones de monitoreo remoto de integridad de tuberías, USB es mucho más sencillo de configurar que el estándar RS232 porque la configuración de la velocidad de transmisión, de encuadre y el control de flujo están fijados por el estándar USB; cada dispositivo conectado será detectado, caracterizado, configurado y estará listo para su uso automáticamente sin interacción del usuario.

En nuestro caso, solo una conexión USB puede estar activa al mismo tiempo, la interfaz USB siempre opera a la velocidad estándar de 12Mbps.

2.2.2.2. Controlador DtUsb para Puerto USB.

Para poder establecer una conexión USB, primero se debe instalar un controlador USB propio del Datalogger, cuyo nombre es DtUsb y viene incluido en un CD de instalación.

Una vez instalado el controlador DtUsb, por defecto, la interfaz TCP/IP será activada cuando el Equipo Colector de datos (Datalogger) es conectado vía USB, es decir, se establecerá una conexión PPP a el Datalogger sobre el enlace USB (PPP es un protocolo que permite pasar tráfico TCP/IP sobre un enlace serial Punto a Punto); éste proporcionará una dirección IP local, típicamente 127.1.1.1, que se convierte en la dirección IP del Datalogger (La Dirección IP puede variar).

Eventualmente, si se experimentan problemas de conexión, se debe reconfigurar ingresando los siguientes comandos en el Datalogger:

```
PROFILE COMMAND_SERVER PORT=7700  
PROFILE HTTP_SERVER PORT=80  
PROFILE MODBUS_SERVER TCPIP_PORT=502
```

De la misma forma que RS232, el protocolo y la conexión USB se probaron mediante el procedimiento de hacer Ping desde una computadora (ver anexo D) y los resultados de una conexión exitosamente establecida se muestran en el capítulo 6.

2.3. Protocolo Punto a Punto (PPP).

De manera consecutiva se ejecutó la prueba del Protocolo Punto a Punto (PPP) que dicho de manera didáctica, lo que hace es, permitir a protocolos basados en TCP/IP ser ejecutados en los puertos USB y Host RS232 del Colector de datos. Un equipo cliente puede conectarse al Datalogger (Colector de datos), a través de un modem o cable directo.

Cuando una conexión PPP es hecha, el Datalogger actuará como un ISP (Internet Service Provider), verificando el nombre de usuario y la contraseña proporcionados y asignando una dirección IP para el Computador Host durante la duración de la sesión.

Para aplicaciones de monitoreo remoto para integridad en tuberías, después de realizar una conexión física o lógica a un servidor de acceso remoto (en este

caso un enlace radial PPP), se llevan a cabo las siguientes negociaciones para establecer una conexión PPP:

- Negociación del uso del vínculo.
- Autenticación del equipo de acceso remoto.
- El cliente de acceso remoto y el servidor de acceso remoto intercambian mensajes de acuerdo con el protocolo de autenticación negociado.
- Uso de la devolución de llamada.
- Si la devolución de llamada está configurada para la conexión de acceso telefónico, se finaliza la conexión física.
- Negociación del uso de los protocolos de red.

Este proceso implica el uso de un conjunto de protocolos de control de red (NCP) para configurar los protocolos de red que utiliza el cliente de acceso remoto. Por ejemplo, el NCP de TCP/IP es el Protocolo de control del protocolo Internet (IP).

Se debe tener presente que, la conexión resultante permanece activa hasta que la línea se desconecte por cualquiera de los motivos siguientes:

- El usuario o el administrador terminan explícitamente la conexión.
- La línea se interrumpe debido al tiempo sin actividad.
- Se produce un error irrecuperable en el vínculo.

Siempre, la configuración de una conexión PPP consta de cuatro pasos principales:

- 1) Establecer o verificar la configuración del perfil requerido en el Colector de datos.
- 2) Instalar el enlace físico de comunicaciones (cable RS232, módem, etc.)
- 3) Definir un "módem" en el equipo host para representar el enlace de comunicaciones físico.
- 4) Definir una conexión de red PPP en el equipo host, que utilizará el dispositivo de módem definido.

Esto normalmente se debe hacer sólo una vez. Luego que la conexión de red PPP se ha creado y guardado en el equipo host, a continuación, puede establecer una conexión cuando se requiere. Los resultados de este procedimiento se presentan en el capítulo 6, en el cual, de la misma manera

que RS232 y USB, se hace uso del comando ping desde una computadora para comprobar el correcto establecimiento del enlace.

Para ampliar la información de los procedimientos de configuración y establecimiento de una red mediante enlaces PPP, ver el Manual de Sistemas de Comunicaciones: Conexiones PPP (Ver **Anexo A**).

III. PROTOCOLOS DE RED TCP/IP Y SUS PARTICULARIDADES.

Luego de adquirir conceptos, conocer, aplicar y comprobar los protocolos seriales RS232, USB y PPP; el paso a seguir es tratar los protocolos de Red TCP/IP, de la misma forma que los anteriores, usando como herramientas para tal fin, un DataLogger, los cables para enlaces físicos, un sensor de temperatura, y una computadora.

3.1. El protocolo de Red Modbus (TCP puerto 502). En un sistema SCADA usa el acceso al servidor Modbus del Colector de Datos (Datalogger).

El protocolo de Red Modbus es el bus de campo de mayor uso en la industria petrolera, por sus grandes prestaciones y su fiabilidad. Para su entendimiento, conceptualizo dicho protocolo y para ver su funcionamiento lo implemento dentro de un Sistema SCADA, solo para supervisar un sensor de temperatura, pero sin aplicar ningún tipo de control.

Conceptualizando, Modbus/TCP es un protocolo estándar de instrumentación sobre Ethernet, que puede ser accedido a través de internet o la Intranet local usando los protocolos TCP/IP, es un protocolo maestro/esclavo en el que cada solicitud del maestro es tratada de forma independiente por el esclavo, sin relación con las anteriores. Esto facilita proveer transacciones de datos resistentes a rupturas, requiriendo mínima información de recuperación para mantener una transacción en cualquiera de los dos terminales (Ruiz, 2002).

Para el caso específico del Datalogger utilizado, todas las solicitudes son enviadas vía TCP sobre el puerto registrado 502 y normalmente usando comunicación half-duplex (pueden transmitir en los dos sentidos, pero no de forma simultánea) sobre una conexión dada.

Ya se conoce que Modbus puede operar utilizando una amplia gama de medios de comunicación. Para este trabajo, en particular, se aplicó el protocolo

Modbus/TCP utilizando el enlace físico Ethernet, aunque también puede implementarse con otros diferentes tipos de enlaces físicos como wireless, fibra óptica, enlace serial PPP, etc. La explicación de su aplicación directa se abordará más adelante en la Implementación básica de un Sistema SCADA.

3.1.1. Ethernet

Ya que se usa el enlace físico Ethernet, es importante, relacionarnos conceptualmente con el mismo, los resultados de su aplicación se ven en la implementación del sistema SCADA; Ethernet es un sistema de interconexión de red local que se logra con un par de cables trenzados (10baseT) con conectores RJ-45, pudiendo llegar a 100 m y montado en una topología de estrella. Ethernet se utiliza principalmente para enlazar redes locales separadas por una distancia respetable. Ethernet y la referencia IEEE-802.3 funcionan a 10 Mb/s (Aquilino, 2008).

Es importante no conectar el Equipo Colector de Datos (Datalogger) a la red hasta que se haya configurado el mismo con una dirección IP adecuada y máscara de subred o seleccionada la opción "automática de direcciones IP".

Hay dos maneras de conectarse a una red:

- 1) Conectar directamente el Datalogger a una sola computadora host mediante un cable cruzado o "cross-over". En este caso, en realidad está creando una nueva mini-red, con sólo dos dispositivos conectados: el Datalogger y el equipo host.
- 2) Conectar el Datalogger a un puerto libre en un concentrador Ethernet, puente o un enrutador, utilizando un cable estándar ("straightthrough"). En este caso, el Datalogger se unirá a una red existente.

Para ampliar la información de cómo conectarse a una red mediante las dos maneras nombradas, ver el Manual de Sistemas de Comunicaciones: Conexiones Ethernet (Ver **Anexo B**).

3.2. TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

Ahora, como parte fundamental de la aplicación del Sistema SCADA y por su importancia en la transmisión de datos, como por ejemplo a través de internet, se estudian los protocolos basados en TCP/IP, que son usados para comunicaciones entre dispositivos que tienen un conjunto de direcciones IP (IP:

Protocolo de Internet). Una dirección IP puede ser asignada al puerto Ethernet de los dispositivos o a cualquier puerto serial en el que una conexión PPP ha sido establecida (España, 2003).

La arquitectura de protocolos de comunicación TCP/IP admiten una organización en cinco capas apiladas, relativamente independientes. Ver **Tabla 4**.

TABLA 4
ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS TCP/IP

CAPAS	Capa de Aplicación
	Capa de Transporte
	Capa de Internet
	Capa de Acceso a la Red
	Capa Física

- **Capa Física:**

Incluye la especificación de las características del medio de transmisión, la naturaleza de las señales, la velocidad de transmisión de datos, etc. Su misión se resume en la transmisión de secuencias de bits sobre un medio físico.

- **Capa de Acceso a la Red:**

Es el responsable del encaminamiento de los paquetes de datos entre dos Dispositivos finales pertenecientes a la misma red. Dependiendo del tipo de red a la que se halle conectado el dispositivo final, se emplearán unos protocolos determinados. Esta capa independiza a las que están situadas por encima de ella, de la red de transmisión física utilizada.

- **Capa de Internet:**

Es la capa que contempla la interconexión de las redes y el protocolo correspondiente es IP (Internet Protocol). A las unidades de datos del protocolo de nivel superior (segmentos de transporte) se añade una sección de cabecera, donde se incluye la información necesaria para encaminarlas hacia su destino. A su vez, dentro de cada red particular, el paquete IP viaja encapsulado dentro de una unidad de datos de la capa de acceso de dicha red (España, 2003).

- **Capa de Transporte:**

Se ocupa de la transferencia de datos extremo a extremo entre las aplicaciones residentes en los Dispositivos finales. Una de sus funciones básicas consiste en procurar un identificador entre los diversos procesos de un dispositivo final que hacen uso de una misma conexión de red (España, 2003).

Se han definido dos protocolos para este nivel:

- ✓ Protocolo de Control de Transporte, **TCP**, orientado a la conexión, incorpora mecanismos de establecimiento de una conexión previamente a la transmisión de los datos. Además, realiza control de errores y de flujo (no se transfieren datos al nivel de aplicación si éste no se encuentra preparado). Los datos se entregan sin pérdidas y en el mismo orden en que se enviaron.

- ✓ Protocolo de Datagramas de Usuario, **UDP**, no orientado a la conexión, no realiza ningún tipo de control de errores, ni de flujo. El aporte del protocolo UDP a IP es la inclusión del número de puerto para distinguir entre paquetes destinados a distintos procesos.

- **Capa de Aplicación:**

El nivel de aplicación del conjunto de protocolos TCP/IP incluye toda la lógica necesaria para llevar a cabo las aplicaciones de usuario. Existe una gran diversidad de protocolos que operan en este nivel, generalmente amoldados a las exigencias de cada aplicación particular.

3.2.1. DIRECCIÓN IP

Otro concepto sustancial que se debe manejar es el de la dirección IP. Cada dispositivo que se conecta a una red TCP / IP debe tener su propio identificador único. No hay dos dispositivos en la misma red que tengan la misma dirección IP (Aquilino, 2008).

Una dirección IP es un entero único de 32 bits, pero se escriben normalmente con cuatro números (cada uno en el rango 0-255), separados por períodos, por ejemplo, 190.168.1.102.

En relación directa con su aplicación y para pruebas de ejecución, se identifican dos métodos para asignar una dirección IP al Datalogger:

- se puede especificar de forma manual en el perfil de configuración del Colector de Datos (Datalogger). Esto se denomina una dirección IP estática.
- el Datalogger (Colector de Datos) puede obtener automáticamente una dirección IP dinámica de un servidor DHCP en la red local.

La mayoría de las redes incluyen un Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), el cual es responsable de proporcionar direcciones IP a ordenadores conectados a la red. Si un servidor DHCP no está disponible, entonces el Datalogger puede asignarse una dirección Auto-IP.

Se debe tener en cuenta que un servidor DHCP normalmente también ajusta automáticamente la máscara de subred del Datalogger, puerta de enlace y los parámetros del servidor DNS.

De igual forma, primero se debe establecer una conexión de trabajo TCP/IP entre el sistema cliente y el Datalogger (Colector de Datos); esto incluye la asignación de la dirección IP del Datalogger, configurándolo Ethernet o PPP. Se usa generalmente el puerto Ethernet, explicado en el punto anterior.

3.3. Sistema SCADA. Aplicación de los protocolos de Red Modbus/TCP y TCP/IP.

En la etapa de diseño y desarrollo de un nuevo servicio de monitoreo Geotécnico de zonas inestables que amenazan la integridad de las líneas de oleoductos, Tecnicontrol S.A ha probado diferentes sensores que miden variables directamente del terreno y la tubería. Pero, para este trabajo, y para esta aplicación SCADA solo se usará un sensor de temperatura, cuyos datos medidos se obtendrán desde el Datalogger mediante una aplicación básica de supervisión SCADA.

La implementación del Sistema SCADA se hizo de manera parcial, solo para verificar que el Equipo colector de datos es compatible con los protocolos necesarios para el funcionamiento de un sistema SCADA; su posterior implementación a nivel industrial se estudiará con la prestación del servicio por parte de Tecnicontrol S.A.; en el momento, no es necesario utilizar la robustez total de los sistemas SCADA. Lo que se hizo básicamente es diseñar una interfaz gráfica donde se pueden ver, leer los valores medidos por un sensor de temperatura, solo verlos, sin aplicar ningún tipo de control.

En este trabajo específicamente se aplica un sistema SCADA basado en Modbus, donde el Datalogger, como si fuera una RTU/PLC actúa como un Servidor (esclavo) Modbus. Un cliente Modbus es típicamente un Computador que provee graficas en pantalla (ver **Figura 4**), interfaz de usuario y opciones de grabación de datos y alarmas.

Conceptualizando, SCADA proviene de las siglas de Supervisory Control And Data Acquisition (Adquisición de datos y supervisión de Control). Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla de un ordenador, proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. (Bailey, 2003).

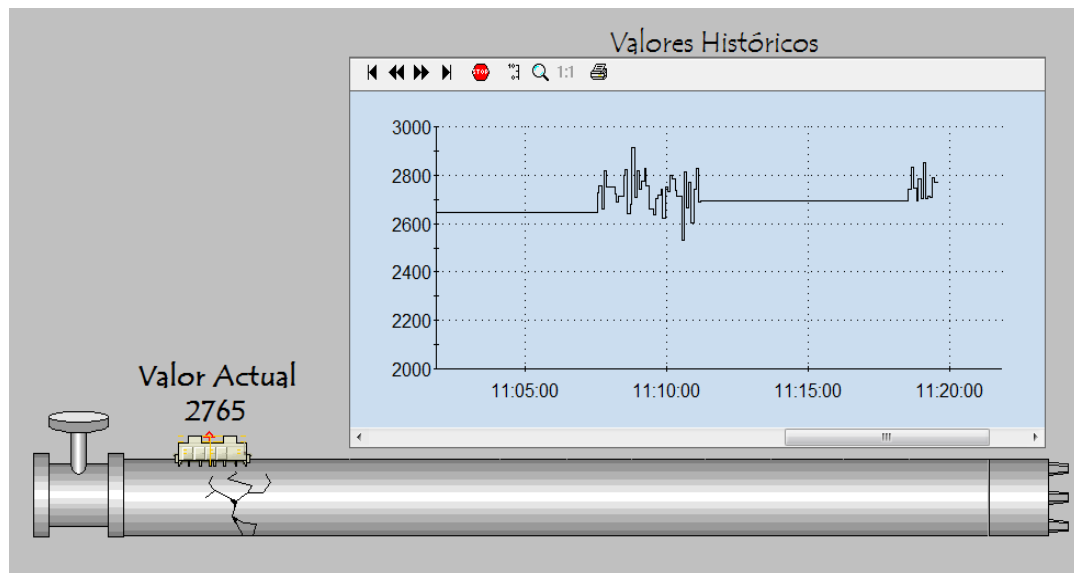


Figura4.Interfaz de Usuario en un Sistema SCADA.

El Software para Sistema SCADA que se usó fue el IGSS V9 de Seven Technologies.

DESCRIPCION:InteractiveGraphical SCADA System (IGSS) es un sistema SCADA de vanguardia diseñado para cumplir con las más exigentes demandas de la industria en supervisión y control. El sistema de control de procesos IGSS está disponible desde una versión monousuario con 50 elementos (GRATIS) hasta una multiusuario con redundancia, más de 50 estaciones simultáneas y 400.000 elementos.

Para poder establecer una conexión del sistema SCADA con el Datalogger, expongo un resumen de características y del funcionamiento del Datalogger para sistemas SCADA.

El Datalogger soporta los protocolos Modbus TCP/IP y Serial.

3.3.1. Conexión SCADA vía TCP/IP.

Se pueden conectar hasta cinco clientes Modbus simultáneamente.

Primero se debe establecer una conexión de trabajo TCP/IP entre el sistema cliente y el Datalogger; esto incluye la asignación de la dirección IP del Datalogger, configurándolo Ethernet o PPP.

Se usa el puerto TCP 502 (puerto estándar para Modbus). Si se requiere cambiar este número se hace con el comando:

```
PROFILE MODBUS_SERVER TCPIP_PORT=port
```

Donde *port* es el número del puerto entre 1 y 65535.

3.3.2. Conexión SCADA vía Serial.

Una red Serial Modbus tiene un cliente (Master) conectado a uno o más Servidores (Esclavos).

Los estándares RS485 o RS422 soportan conexiones multi-drop, múltiples esclavos conectados a un maestro.

Los estándares RS232 o USB soportan conexiones point-to-point, un solo maestro a un solo esclavo.

Los dispositivos esclavo en Modbus son identificados por una dirección de esclavo de 8 bits (1-247). Cada dispositivo esclavo en una red serial particular debe tener una dirección única. Las direcciones de esclavo no requieren una red Modbus TCP/IP, porque los esclavos son identificados por su dirección IP.

TIPOS DE CONEXIONES

Puerto Host RS232

Puede ser usado para conexión serial Modbus Punto a punto.

Se debe configurar con el siguiente comando:

PROFILE HOST_PORT FUNCTION=MODBUS

Puerto USB

Puede usarse en conexiones donde el cliente está a pocos metros del Datalogger.

El puerto no necesita ser configurado, solo se use el comando:

PROFILE USB_PORT FUNCTION=MODBUS

Dirección de Esclavo

Para habilitar la operación Modbus en el Puerto de sensor serial, es necesario configurar la dirección de esclavo, se usa el comando:

PROFILE MODBUS_SERVER SERSEN_ADDRESS=*addr*

Donde *addr* res la dirección deseada (1-247). Configurando la dirección a cero (por defecto) se desactiva el puerto de sensor serial Modbus.

También para host RS232 y puerto USB:

PROFILE MODBUS_SERVER HOST_ADDRESS=*addr*
PROFILE MODBUS_SERVER USB_ADDRESS=*addr*

3.3.3. Procedimiento de Configuración de Sistema SCADA.

Como ya se vio, el Datalogger puede actuar como un Servidor Modbus. En términos generales, el procedimiento para configurar el Datalogger en un ambiente Modbus es:

- 1) Establecer una conexión física (TCP/IP o Serial) entre el sistema cliente Modbus y el Datalogger.
- 2) Cargar una rutina de trabajo en el Datalogger que escanee los canales requeridos a tasas requeridas. Este Job debe cargar los valores medidos dentro de las variables de canal.
- 3) Configurar el Sistema Cliente para requerir a la dirección Modbus de las CV y las I/O de interés.

Para configurar el software SCADA para el conjunto de canales usados, en términos muy generales se siguen los siguientes pasos:

- Configurar los detalles de comunicaciones.

- Diseño de una pantalla gráfica que incorpore las mediciones requeridas y los campos de control.
- Asociar cada elemento de la gráfica con la correcta dirección de registro Modbus.

De igual manera, es necesario configurar las propiedades de cada esclavo de la red Modbus, en este caso, del Datalogger, tal como:

1. Seleccionar el dispositivo esclavo a usar, en este caso el DataLogger.
2. El número de registro Modbus.
3. Los números de puerto Local y remoto.
4. Las direcciones IP local y remota.
5. El tipo de datos (con signo, sin signo o punto flotante; 16 o 32bits).
6. El factor de escalaje.
7. La tasa de escaneo (para procesos de lectura/escritura en el Datalogger).
8. Unidades.

Los resultados del diseño, la implementación y aplicación parcial del Sistema SCADA se pueden ver en la sección de resultados, en el capítulo 6. Para mayor información sobre el procedimiento de diseño y configuración, ver el Manual de Sistemas de Comunicaciones: Implementación de Sistema SCADA (Ver **Anexo C**).

Hasta este punto, ya se han estudiado y comprobado los protocolos seriales, RS232, USB, PPP utilizando la herramienta de hacer Ping desde una computadora; y los protocolos de red TCP/IP y Modbus/TCP en la ejecución de una aplicación parcial de un sistema SCADA. Los resultados obtenidos muestran una compatibilidad total con el equipo colector de datos.

IV. TECNOLOGIA DE COMUNICACIÓN CELULAR GPRS.

En cuanto a la tecnología de comunicación celular GPRS, se adquirió un modem GSM/GPRS para probarse y ver sus prestaciones en la transmisión remota de datos.

Buscando resolver el problema de la transmisión de información en y desde lugares remotos y cuando las distancias son extensas, o como consecuencia de la inaccesibilidad de los puntos a monitorear, analizar y controlar; una transmisión de datos estándar resulta muy costosa o sencillamente imposible; mediante una solución vía GPRS es posible implementar un sistema de monitoreo automático, el cual registrará las mediciones y datos, así como el envío de alertas o alarmas al centro de control e incluso permite el intercambio de datos inalámbricos entre estaciones remotas a nivel mundial (si existe cobertura celular de una red GSM/GPRS), sin que influya el costo de la comunicación en las distancias a conectar, certificando un funcionamiento seguro, eficiente y controlado de estaciones remotas existentes (Siemens AG, 2011).

Para aplicaciones de Monitoreo Remoto para guardar la integridad de tuberías, el sistema de comunicación Celular funciona de la siguiente manera: el modem GSM/GPRS realiza el enlace entre la estación remota donde se ubica el Equipo Colector de Datos (Datalogger) con los sensores, y la red de telefonía celular vía GPRS. La estación central se comunica con las estaciones remotas a través de una conexión de Internet, mediante el software de conexión remoto desarrollado para tal fin, posibilitando visualizar la información así como controlar las estaciones remotas. De igual manera, con permisos definidos por el administrador, hace que operadores autorizados y personal de control vean los parámetros del sistema y el histórico de los gráficos, así como también logren recibir alarmas, reportes y archivos de datos vía email en periodos programables.

Para tener conceptos claros sobre GPRS, se generaliza que el medio de transmisión de datos utilizado es el servicio GPRS (General Packet Radio Service) basado en Internet, el cual factura en función del volumen de datos transferidos y no en función del tiempo de conexión, lo que permite al usuario no tener en cuenta el tiempo que dura la sesión ni la hora del día a la que se

establece. Tener la posibilidad de costear el servicio por el volumen de datos es más adaptado al uso natural de los servicios de transmisión de datos, ya que no depende del tiempo total que la estación remota esté conectada, ni de las distancias a comunicar, sino de la utilización real de la red GPRS, una vez realizada la conexión inicial, el usuario podrá estar permanentemente conectado, sin necesidad de tener que conectarse cada vez que desee realizar una comunicación de datos (Siemens AG, 2011).

El sistema GPRS (General Packet Radio Service) es un servicio de datos móvil ofrecido adicionalmente sobre las redes GSM. GPRS es un servicio de conmutación de paquetes, orientado al uso de aplicaciones TCP/IP. Por tanto este sistema encaja perfectamente en aplicaciones como la navegación por internet o el intercambio de ficheros (Mateus, 2011).

El servicio GPRS se ofrece en varias bandas de frecuencia utilizadas por GSM (800, 900, 1800, 1900MHz) como servicio complementario al mismo, con cobertura prácticamente mundial (salvo Japón y Corea, 2009).

El propósito del sistema GPRS es la transmisión eficiente de datos mediante conmutación de paquetes desde terminales móviles. GPRS comparte fracción destacada de la infraestructura y arquitectura del sistema GSM; así, por ejemplo, utiliza las mismas bandas de frecuencia y la misma estructura de la trama TDMA (España, 2003).

Para la aplicación directa de esta tecnología en el proceso de monitoreo remoto para integridad de tuberías, por parte de Tecnicontrol S.A., se concertó una asesoría por parte de la empresa Exemys, especializada en servicios de comunicación celular, cuyo resultado producto de su asesoría es la entrega de una propuesta donde exponen los servicios en telemetría celular que prestan en mayor medida a empresas del sector de hidrocarburos y se exponen a continuación.

4.1. Soluciones GPRS.

Actualmente se han desarrollado diferentes soluciones de Telemetría Celular que difieren entre sí por la forma en que el usuario visualiza y utiliza la información (Exemys, 2011).

4.1.1. Solución WEB.

La solución de Telemetría WEB, permite monitorear y controlar un dispositivo remoto, desde una página Web diseñada a la medida deseada y utilizando como medio de comunicación, el canal de datos GPRS de Telefonía Celular (Exemys, 2011).

Para un mejor entendimiento de cómo funciona el sistema, éste se divide en 3 partes (Ver **Figura 5**):

- 1) **Adquisición y Comunicación:** La Adquisición la realiza un Colector de datos cualquiera (Datalogger, PLC, RTU, etc.), el cual se encarga de capturar información de los diferentes sensores que miden las variables de interés; la Comunicación la hace un modem celular que transmite la información por medio de una comunicación celular de datos (GPRS).
- 2) **Intermediación:** La información que llega del Colector de datos, es enviada a través de redes de comunicación celular y “subida” a Internet, a un Servidor Web.
- 3) **Presentación en Página Web:** Finalmente, toda la información se presentará en una PAGINA WEB diseñada a medida para cada aplicación, la cual puede ser realizada por el mismo usuario. Alternativamente la información obtenida puede almacenarse en Bases de Datos.

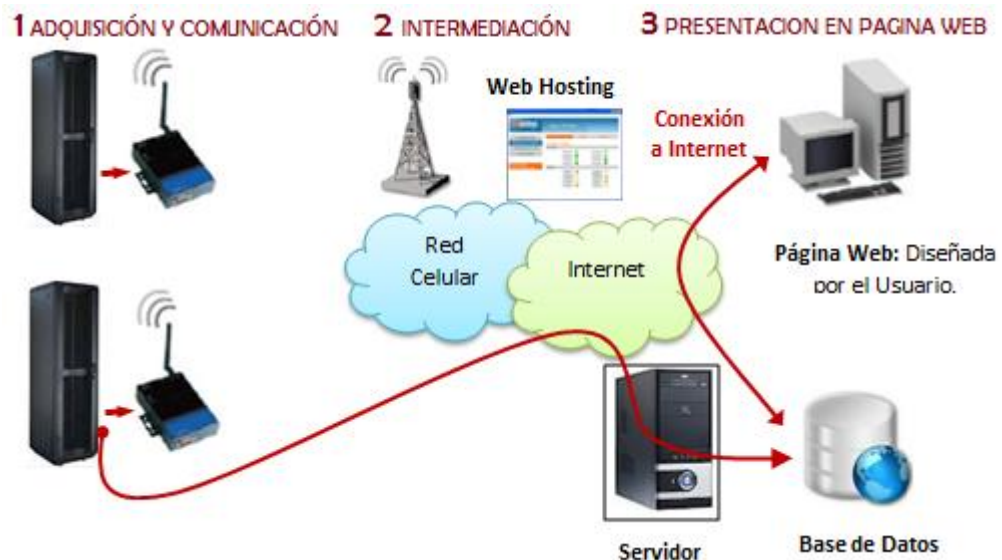


Figura 5.Esquema de Solución WEB.

4.1.2. Solución SCADA

La solución de Telemetría SCADA, permite monitorear y controlar un dispositivo remoto, desde cualquier sistema de software SCADA, mediante dos formas diferentes:

- Por medio de consultas Modbus (Ver **Figura 6**).
- Por medio de consultas a Base de Datos (Ver **Figura 7**).

Para un mejor entendimiento de cómo funciona el sistema, éste se divide en 3 partes:

- 1) **Adquisición y Comunicación:** La Adquisición la realiza un Colector de datos cualquiera (Datalogger, PLC, RTU, etc.), el cual se encarga de capturar información de los diferentes sensores que miden las variables de interés; la Comunicación la hace un modem celular que transmite la información por medio de una comunicación celular de datos (GPRS).
- 2) **Intermediación:** La información que llega del Colector de datos, es enviada a través de redes de comunicación celular y “subida” a Internet, a un Servidor Web, que posteriormente será requerida por el Sistema SCADA.
- 3) **Presentación en Sistema SCADA:** Finalmente, el sistema SCADA será el encargado de buscar la información recolectada, mediante una consulta Modbus o mediante una consulta de Base de Datos.

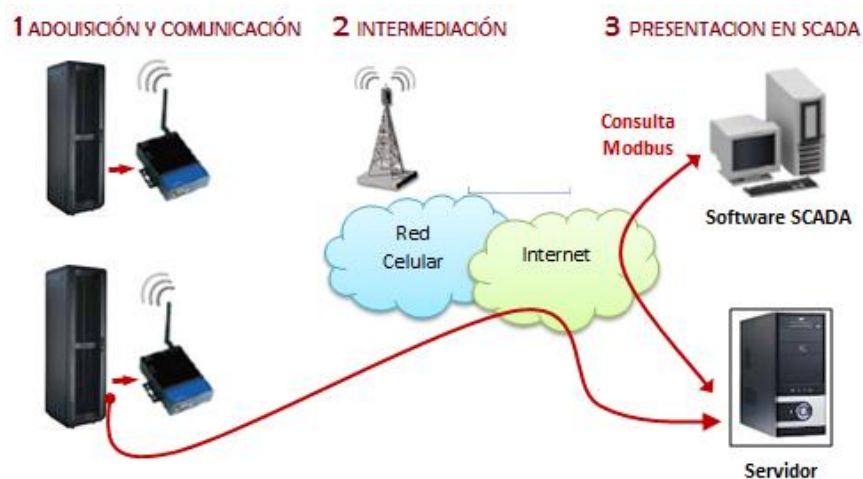


Figura 6. Solución SCADA por medio de consultas MODBUS.

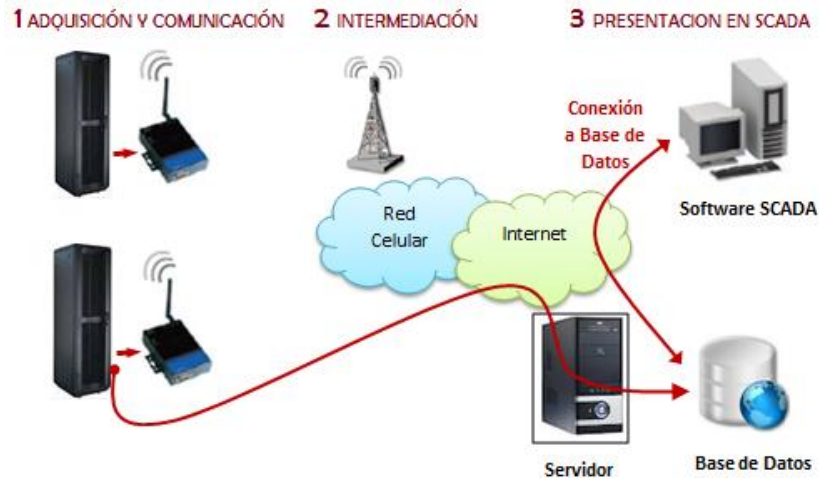


Figura 7. Solución SCADA por medio de consultas a bases de Datos.

4.1.3. Solución por mensajes de texto SMS.

La solución por mensajes de texto SMS (Short Message Service), permite monitorear y controlar un dispositivo remoto, mediante la recepción y envío de mensajes de texto (Exemys, 2011).

Modos de Funcionamiento:

- 1) Modo Alarmas.

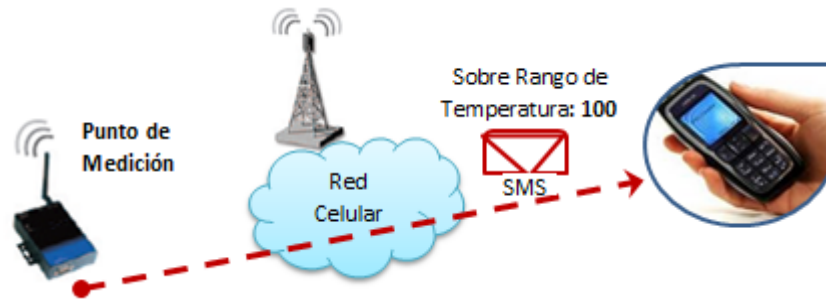


Figura 8. Modo Alarmas por SMS.

En este modo de funcionamiento, se programa el dispositivo que colecta los datos medidos (Datalogger) y el modem celular GPRS/GSM, de tal forma que al generarse una alarma pueda ser enviado un mensaje de notificación al usuario a una terminal final celular (Ver **Figura 8**).

2) Modo Control Remoto.

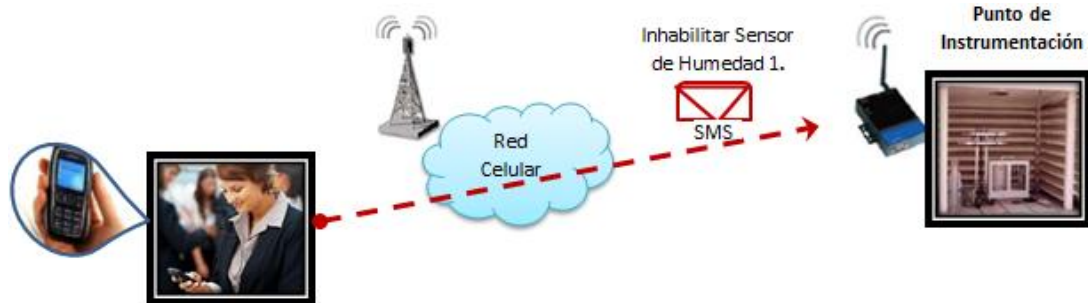


Figura 9. Modo Control Remoto por SMS.

En este modo de funcionamiento, con un sencillo dispositivo celular se pueden enviar comandos con instrucciones de programa mediante mensajes de texto SMS, para luego ser ejecutados directamente en el Datalogger. (Ver **Figura 9**).

3) Modo Adquisidor Analógico.

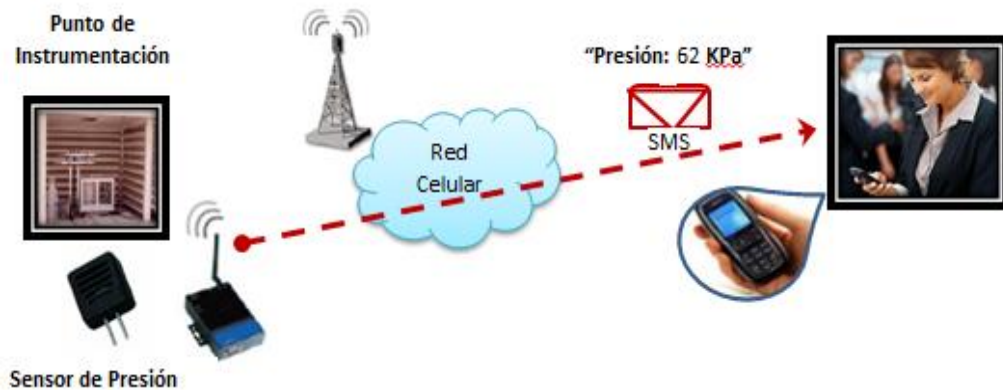


Figura10. Modo Adquisidor Analógico por SMS.

En este modo de funcionamiento, con un sencillo dispositivo celular se pueden enviar comandos con instrucciones de programa mediante mensajes de texto SMS, para leer datos adquiridos directamente desde el Colector de Datos (Datalogger). Se envía un mensaje de texto con un comando para leer alguna variable en específico, y luego se recibe un mensaje de retorno con el valor de la variable medida (Exemys, 2011). (Ver **Figura 10**).

4.2. Aplicación de Comunicación GPRS.

La aplicación de la tecnología celular GPRS se hizo de la siguiente manera y está expuesta en este orden en las siguientes páginas de este trabajo, primero se hizo la configuración total del modem GSM/GPRS con la tarjeta SIM que se adquirió de un proveedor de servicios de telefonía celular; y luego mediante Comandos se trabajó con los modos alarmas y adquisidor analógico expuestos anteriormente y que estaban incluidos dentro de la propuesta de Exemys. Los resultados se exponen en el capítulo 6.

Para lograr una comunicación vía GPRS se necesita un modem que pueda ser conectado de manera serie o paralela al Equipo Colector de datos, del cual se tomará la información que se enviará.

El procedimiento de establecimiento de una conexión GPRS/GSM con el módem es el siguiente:

- 1) Conectar el modem GSM/GPRS a la alimentación.
- 2) Conectar su correspondiente antena.
- 3) Insertar la tarjeta SIM.
- 4) Es necesario configurar el modem con el servicio de datos. Esto se hace con los datos que le provee quien presta el servicio junto con la tarjeta SIM y con los datos propios de su aplicación, que deben ser ingresados usando la herramienta de configuración del modem en su dirección IP a través de Internet. Estos parámetros son la configuración del NAT, la tasa de Baudios, un nombre de Usuario y una Contraseña para validarla conexión, un número de marcado, un tipo de Autenticación y un Nombre de Punto de Acceso (APN). Ver **Figura 11**.
- 5) Conectar el modem GPRS/GSM con el Datalogger con un cable Ethernet, siguiendo los procedimientos expuestos en el **Anexo A**. Manual de Sistemas de Comunicaciones: Conexiones Ethernet.

System	Network	Carrier	COM1	COM2	USB	Security	FI
Statistics		Graph		Config			
NAT:				<input type="radio"/> Disable		<input checked="" type="radio"/> Enable	
PPP Status:				<input type="radio"/> Disable		<input checked="" type="radio"/> Enable	
IP-Passthrough:				Disable		▼	
Dial-on-Demand:				<input checked="" type="radio"/> Disable		<input type="radio"/> Enable	
Idle Timeout(s):				0			
Connect Timeout(s):				90			
Dialing Max Retries:				0			
Authentication Type:				chap		▼	
User Name:							
Password:							
Baud Rate:				115200		▼	
Dial Number:				*99***1#			
Connect String:				CONNECT			
Access Point Name(APN):				staticip.apn			
Initialization 1:							
Initialization 2:							
Initialization 3:							
Initialization 4:							
Static IP Addr:				0.0.0.0			
Use Remote DNS:				<input type="radio"/> Disable		<input checked="" type="radio"/> Enable	
DDNS Config..							
ICMP Keep Alive Check..							
				Submit		Cancel	

Figura 11.Parámetros de configuración del modem GPRS.

Una vez configurado el modem GPRS, mediante Comandos se puede trabajar con los modos control remoto, alarmas y adquirente analógico. .

Luego se procedió a probar la configuración del modem y se hicieron dos ensayos diferentes:

- A.** Al tener un sensor con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y al enviar un SMS al número de SIM del modem con el comando: **W*****,000** entonces se recibirá un SMS con la información de localización: Latitud y Longitud actual. Ver **Figura 12**.



Figura 12. Mensaje SMS con información de localización del sensor con GPS.

- B.** De igual manera teniendo el mismo sensor con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se envió mediante un mensaje SMS al número de SIM del modem el comando: **W*******, **002,015** con el cual se recibió un SMS con la información de localización: Latitud y Longitud cada 15 minutos; el valor de los 15 minutos es modificable, por lo cual, se podrá cambiar cada vez que se desee. Ver **Figura 13.**

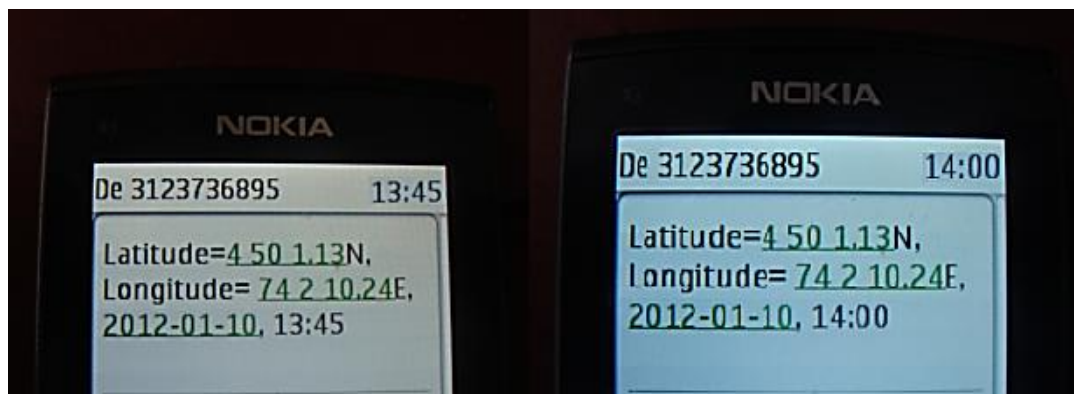


Figura 13. Mensaje SMS con información de localización cada 15 minutos.

V. TECNOLOGIA DE COMUNICACIÓN INTERNET SATELITAL.

En cuanto a este sistema de Comunicación, solo se hará una descripción general de su funcionamiento, sin entrar en detalles de configuración. Esta información sirva como una herramienta de información para contextualizarse en la Tecnología, funcionamiento, equipos y conexiones de la Comunicación Satelital.

Debido a que la configuración de la antena satelital usada, corrió por parte de técnicos especializados de la empresa SkyWave, no creí pertinente agregar los procedimientos de configuración y puesta en marcha de la misma, ya que no lo hice; por ello, solo se dará una contextualización hacia esta tecnología.

El sistema de comunicaciones vía satélite está formado básicamente por las estaciones terrenas y el satélite. El objetivo del sistema es permitir que las estaciones terrenas se comuniquen entre sí utilizando el satélite como una estación repetidora cuando la distancia que separa a las estaciones terrenas es tan grande que no permite la comunicación directa (Inmarsat, 2012).

El servicio satelital surge como una alternativa cuando se está fuera de la cobertura celular, así asegurando visibilidad y comunicación constantes. En Colombia las aplicaciones de monitoreo remoto se aprovechan usando terminales de comunicación vía satélite (antenas) y servicios de tiempo aire vía satélite de la fiable constelación Inmarsat – una red vía satélite completamente financiada, en órbita y en operación con una vida comercial planeada más allá de 2023 (Inmarsat, 2012).

Para este sistema de Comunicación Satelital, es objeto de estudio su clasificación en función de la distancia de su órbita a la tierra, siendo éste, el tipo de satélite de comunicaciones operativo más usado a nivel global: un satélite geoestacionario (España, 2003).

El tipo de satélites geoestacionarios se caracterizan por que su revolución alrededor de la tierra se encuentra sincronizada con el movimiento de rotación de esta. Por consiguiente, aparecen estacionarios desde el punto de vista de un observador situado sobre la superficie terrestre. Esta propiedad motiva que sean fáciles de gestionar. Así, por ejemplo, una vez efectuado el apuntalamiento y la activación de las antenas, no suele requerir modificaciones (España, 2003).

La órbita geoestacionaria se localiza a unos 36000 Km sobre la superficie de la tierra. Esta elevada altitud permite que el área de cobertura de un satélite (también conocida como "huella" del satélite) alcance, aproximadamente, a un tercio de la superficie terrestre. Como consecuencia de ello, es suficiente con disponer de tres satélites geoestacionarios para proporcionar una cobertura global, excluyendo las zonas polares y de elevadas latitudes. Tal como sucede con los satélites de Inmarsat.

Con el uso de la red de satélites geo síncronos de Inmarsat, la red IsatM2M ofrece servicios diseñados para cumplir con los requisitos de tiempo real de la industria de monitoreo a distancia. El servicio que opera en cinco regiones oceánicas superpuestas entre +/- 75° de latitud provee sustento a muchas aplicaciones críticas como seguridad de vehículos de transporte, monitoreo de equipo industrial y rastreo marítimo (Ver **Figura 14**).

IsatM2M es un sistema global de comunicaciones vía satélite, compuesto por tres satélites geoestacionarios de cobertura global y con haces estrechos. La red permite establecer comunicaciones bidireccionales de mensajes cortos entre usuarios (remotos o móviles) u ordenadores no tripulados (remotos o móviles) y sus respectivas oficinas centrales. El servicio IsatM2M es la solución lógica de comunicación para todo el mundo que necesite mensajería corta a un precio accesible a zonas remotas y extendidas. Se dispone de terminales con incorporada capacidad de bajo coste para localizar la posición (GPS), vital para aplicaciones de emergencia y de seguimiento (Inmarsat, 2012).

Los servicios ofrecidos a partir de estos cuatro satélites se dividen en una amplia gama que comprende servicios como Fleet, BGAN, GAN, Inmarsat A, B, C, D, IsatM2M, E, M, mini-M, etc. Cada uno de estos servicios está especializado en la transmisión de voz, vídeo, datos, fax, télex, etc. En la actualidad es posible alcanzar hasta más allá de los 500 Kbps y la constelación satelital se renueva para ponerse a la altura de los nuevos requerimientos de comunicaciones (Inmarsat, 2012).

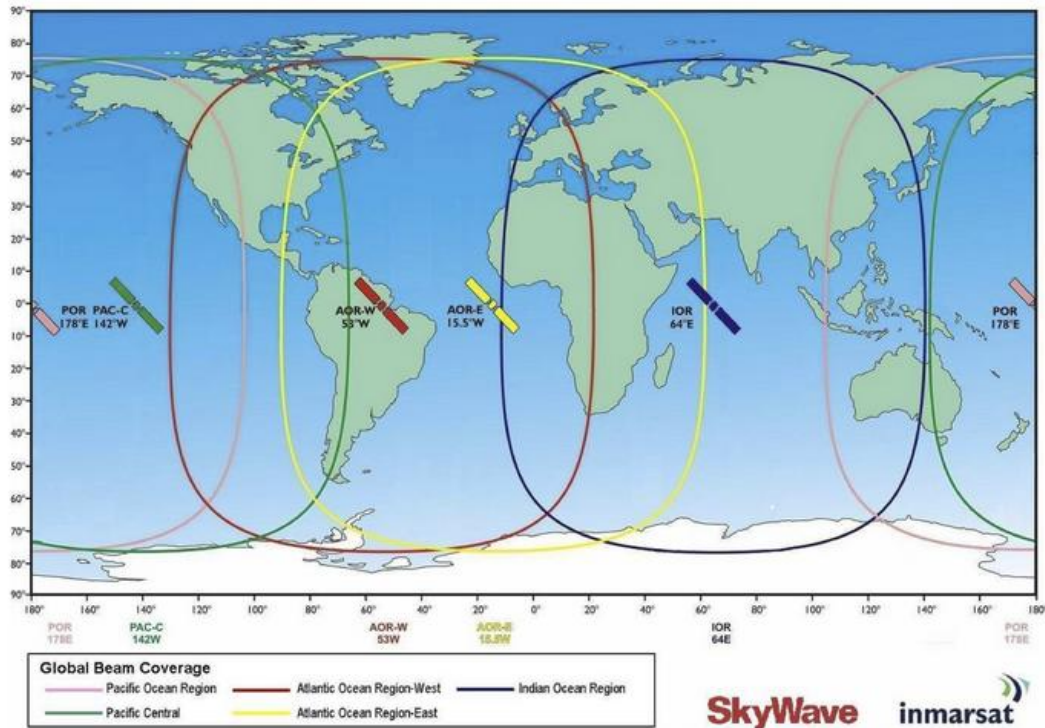


Figura 14. Cobertura Global del Servicio IsatM2M de Inmarsat.

El esquema de comunicaciones entre tierra y móvil es idéntico al del resto de servicios de Inmarsat. El Terminal se comunica con el satélite y éste, a su vez, con la estación terrena. Desde la estación terrena se gestiona el envío y recepción de mensajes hacia y desde el Terminal. Ver **Figura 15**.



Figura 15. Elementos del Sistema de Comunicaciones Satelital.

VI. RESULTADOS

A lo largo del presente libro he venido exponiendo los procedimientos y los buenos resultados obtenidos de las pruebas hechas con cada uno de los protocolos y sistemas de comunicación utilizados.

También, es importante resaltar que la totalidad de los Anexos, A, B, C y D; son resultados de las experiencias obtenidas de las pruebas realizadas, es así, como se redactaron procedimientos de configuración de los protocolos y sistemas de comunicación usados, como sigue, configuración de conexiones Punto a Punto (PPP), configuración de conexiones Ethernet, procedimiento de implementación de Sistema SCADA y procedimiento para hacer Ping desde una Computadora.

Para probar que el Datalogger logró una conexión correcta con el Computador Host mediante las conexiones seriales y de red TCP/IP empleadas, se utilizó el comando Ping desde éste hacia la dirección IP del Datalogger.

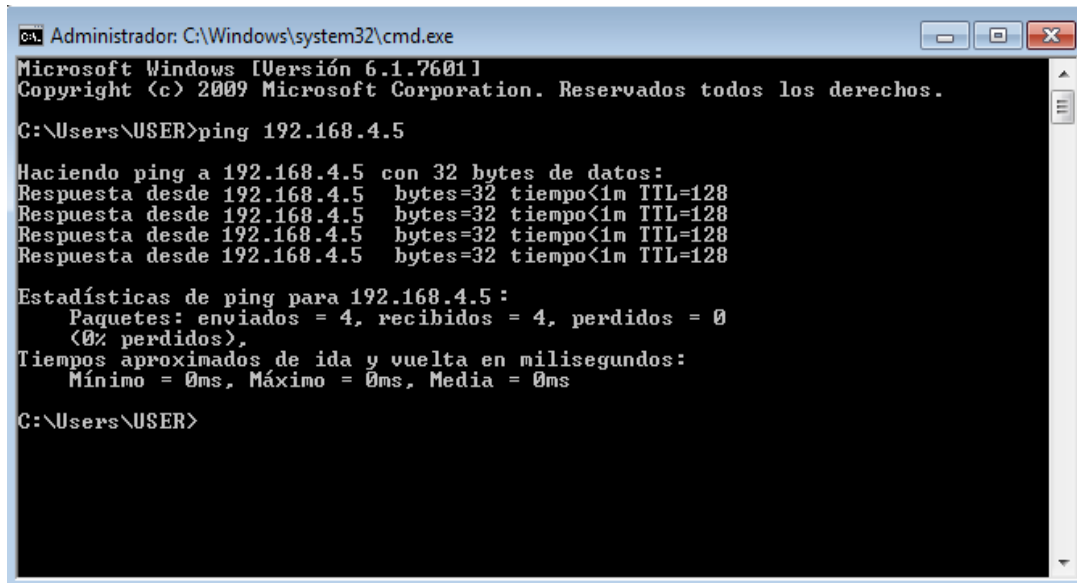
El comando Ping es un comando efectivo en todos los sistemas operativos. Se maneja para enviar paquetes binarios (unos pocos bits) de un ordenador a otro. De esta forma, el usuario que realiza el ping a otro, sabe si existe conexión entre su ordenador y el de destino en función de si los paquetes llegan o no. Estos paquetes no tienen información alguna, tan solo son señales, inocuas para cualquier computadora.

Para mayor información del procedimiento de revisión de conexiones mediante comandos Ping ver el Manual de Sistemas de Comunicaciones: Procedimiento para hacer Ping desde una Computadora (Ver **Anexo D**).

Se obtuvieron los siguientes resultados de los comandos Ping enviados:

6.1. Resultado Conexión con Protocolo Serial RS232.

El Colector de Datos (Datalogger) se enlazó mediante un conector macho de 9 pines para comunicación RS-232 serie a un Computador Host. El puerto está configurado como un DTE (equipo terminal de datos) del Datalogger. Se hizo Ping desde el Ordenador a la dirección IP del Datalogger (192.168.4.5) y se obtuvo una respuesta completa por parte del Datalogger, con 4 paquetes enviados y 4 paquetes recibidos. (Ver **Figura 16**)



```
ca. Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\USER>ping 192.168.4.5

Haciendo ping a 192.168.4.5 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.4.5 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.4.5 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.4.5 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 192.168.4.5 bytes=32 tiempo<1m TTL=128

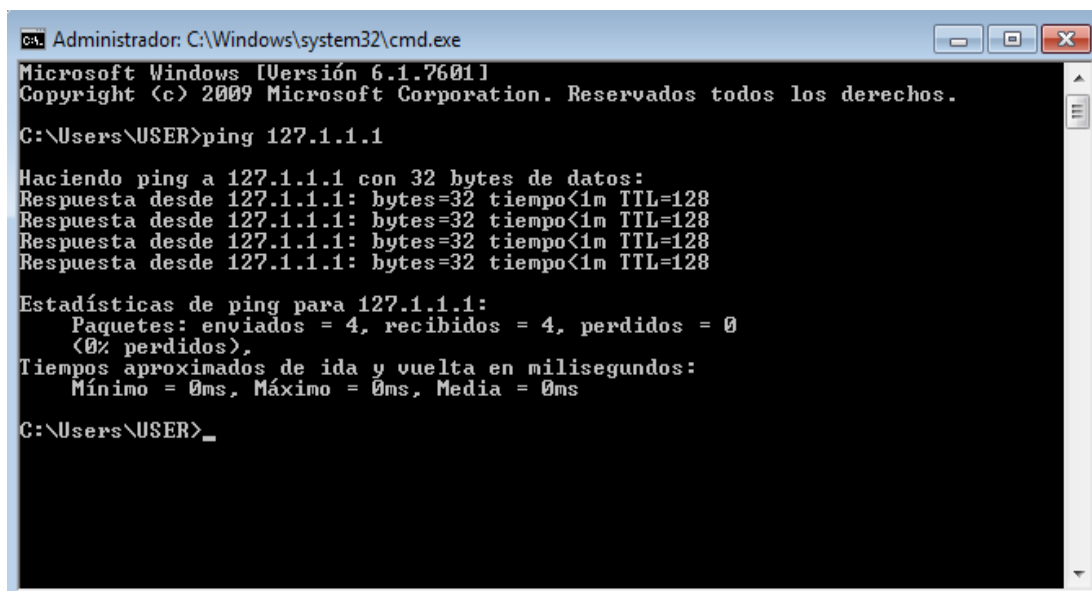
Estadísticas de ping para 192.168.4.5:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\USER>
```

Figura 16. Resultado Ping con Conexión Serial RS232.

6.2. Resultado Conexión con Protocolo Serial USB.

Una vez instalado el controlador DtUsb, el Colector de Datos (Datalogger) se enchufó mediante un conector USB a un Computador Host. Se hizo Ping desde el Ordenador a la dirección IP del Datalogger (127.1.1.1) y se obtuvo una respuesta completa por parte del Datalogger, con 4 paquetes enviados y 4 paquetes recibidos. (Ver **Figura 17**).



```
ca. Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\USER>ping 127.1.1.1

Haciendo ping a 127.1.1.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 127.1.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 127.1.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 127.1.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 127.1.1.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

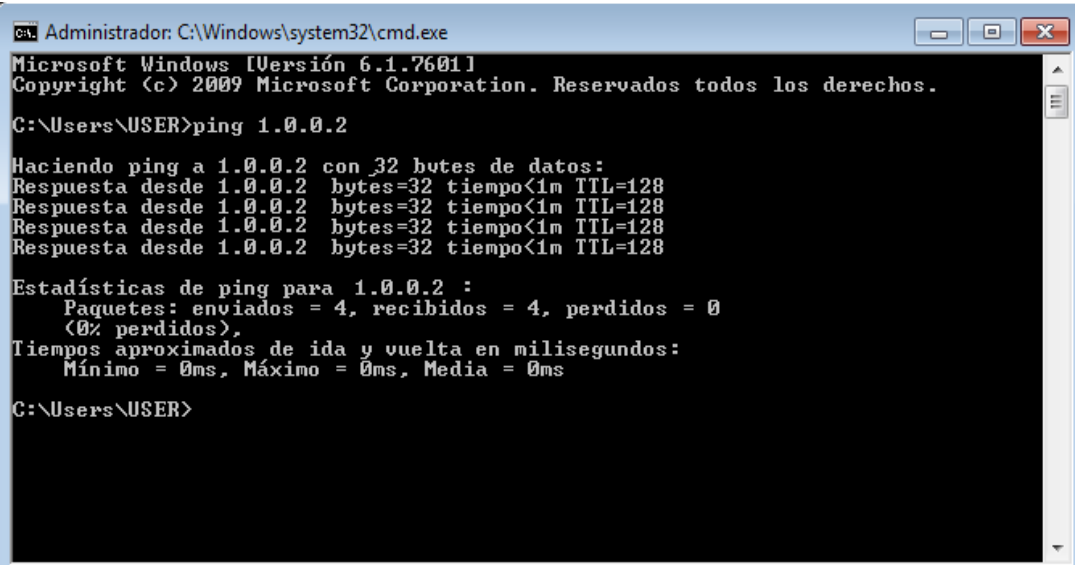
Estadísticas de ping para 127.1.1.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\USER>_
```

Figura 17. Resultado Ping con Conexión Serial USB.

6.3. Resultado Conexión con Protocolo Punto a Punto (PPP)

La prueba se realizó conectando un modem de transmisión radial al puerto Host RS232 del Datalogger. Se hizo Ping desde el Computador Host a la dirección IP del Datalogger para el puerto Host RS232 (1.0.0.2). Esta conexión se logra accediendo al modem radial desde el Computador Host con la tarjeta de red inalámbrica incluida en el ordenador. A una distancia de aproximadamente 10 metros entre el modem de transmisión radial y el Computador Host, en un área libre de obstáculos, se obtuvo una respuesta completa por parte del Datalogger, con 4 paquetes enviados y 4 paquetes recibidos. (Ver **Figura 18**).



```
ca. Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\USER>ping 1.0.0.2

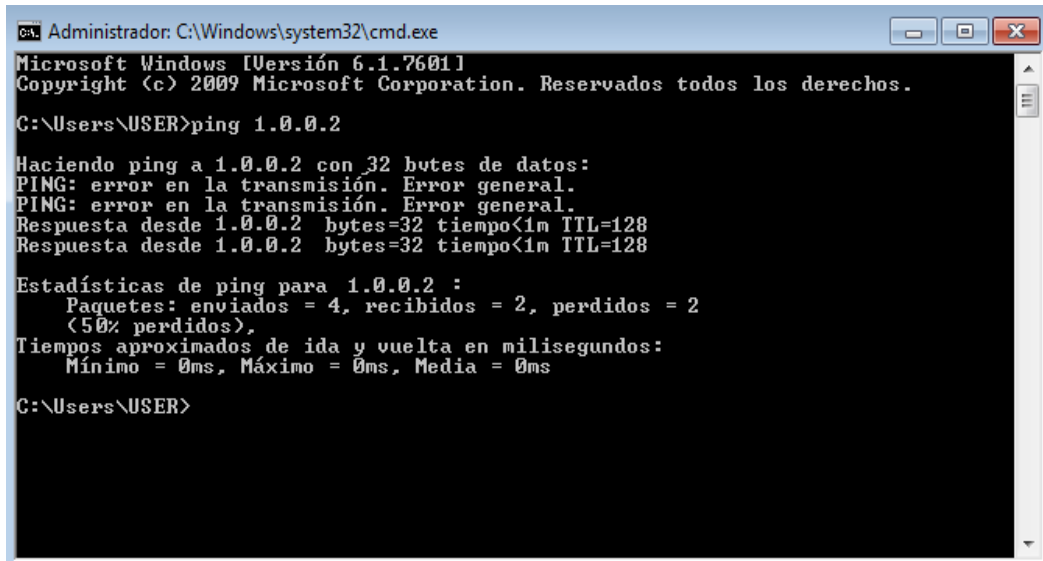
Haciendo ping a 1.0.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 1.0.0.2 :
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\USER>
```

Figura 18. Resultado Ping Exitoso con Conexión PPP.

A distancias aproximadamente mayores 50 metros entre el modem de transmisión radial y el Computador Host, en un área con obstáculos (edificios, arboles, etc.), se obtuvo una respuesta desmejorada e inestable por parte del Datalogger, con 4 paquetes enviados, 2 paquetes recibidos y 2 paquetes perdidos. (Ver **Figura 19**).



```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\USER>ping 1.0.0.2

Haciendo ping a 1.0.0.2 con 32 bytes de datos:
PING: error en la transmisión. Error general.
PING: error en la transmisión. Error general.
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 1.0.0.2 :
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 2, perdidos = 2
    (50% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\USER>
```

Figura 19. Resultado Ping Fallido con Conexión PPP.

6.4. Resultado Aplicación de Sistema SCADA.

Ahora, la aplicación de los demás protocolos paralelos, se hizo en la prueba parcial del sistema SCADA basado en Modbus/TCP, éste protocolo está basado en la relación Cliente/Servidor, donde el Datalogger, como si fuera una RTU/PLC actúa como un Servidor (esclavo) Modbus con configuraciones de red TCP-IP que acepta una a una las peticiones desde el Sistema SCADA ejecutando una acción basado en cada petición y devolviendo el resultado al solicitante; una aplicación de Sistema SCADA ejecutada en un Computador Host se convierte en un cliente Modbus que envía cada petición al Servidor y espera una respuesta, ésta aplicación provee graficas en pantalla con los resultados en tiempo real adquiridos desde la dirección IP del Datalogger. (Ver **Figura 20**, ver **Figura 21**). La Conexión entre el Datalogger y el Computador Host se hizo en la interfaz Ethernet, utilizando un cable de red cruzado o "cross-over" en el puerto Ethernet siguiendo el procedimiento descrito en el **Anexo B**: Manual de Sistemas de Comunicaciones: Conexiones Ethernet. La prueba fue exitosa.

El Datalogger actúa como interfaz entre el protocolo MODBUS/TCP y el protocolo Modbus codificado en ASCII (Modbus ASCII) de los sensores. La configuración TCP-IP se aplica en la especificación de las direcciones IP del Servidor (Datalogger) y el Cliente (Computador Host).

En la ventana “Runtime y Diagnósticos” de IGSS V9 de Seven Technologies donde se desarrolló la aplicación SCADA, damos clic en el icono Comunicaciones, damos clic en Arrancar en la parte inferior izquierda y verificamos que los datos están siendo leídos en tiempo real directamente del Datalogger. Ver **Figura 22**.

Como ya se especificó anteriormente, ésta es una implementación parcial de un sistema SCADA, ya que, solo se están recibiendo datos de un sensor de temperatura, supervisando únicamente, pero sin aplicar control alguno. Solo es una prueba de compatibilidad del Datalogger con los protocolos específicos de SCADA:

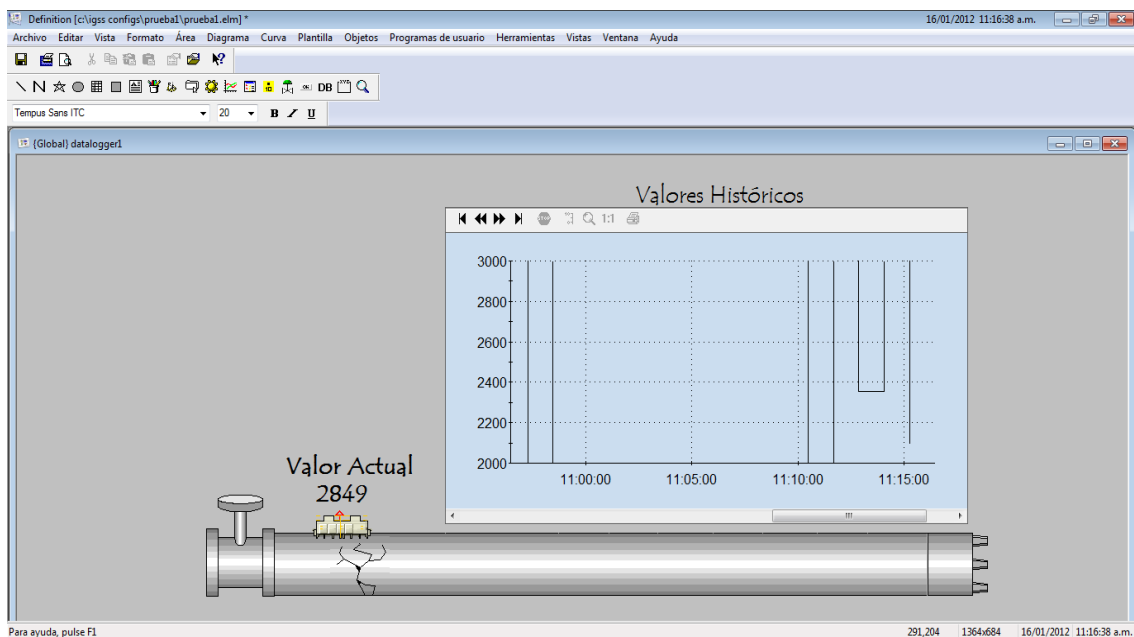


Figura 20. Resultado Sistema SCADA. Adquisición en Tiempo Real.

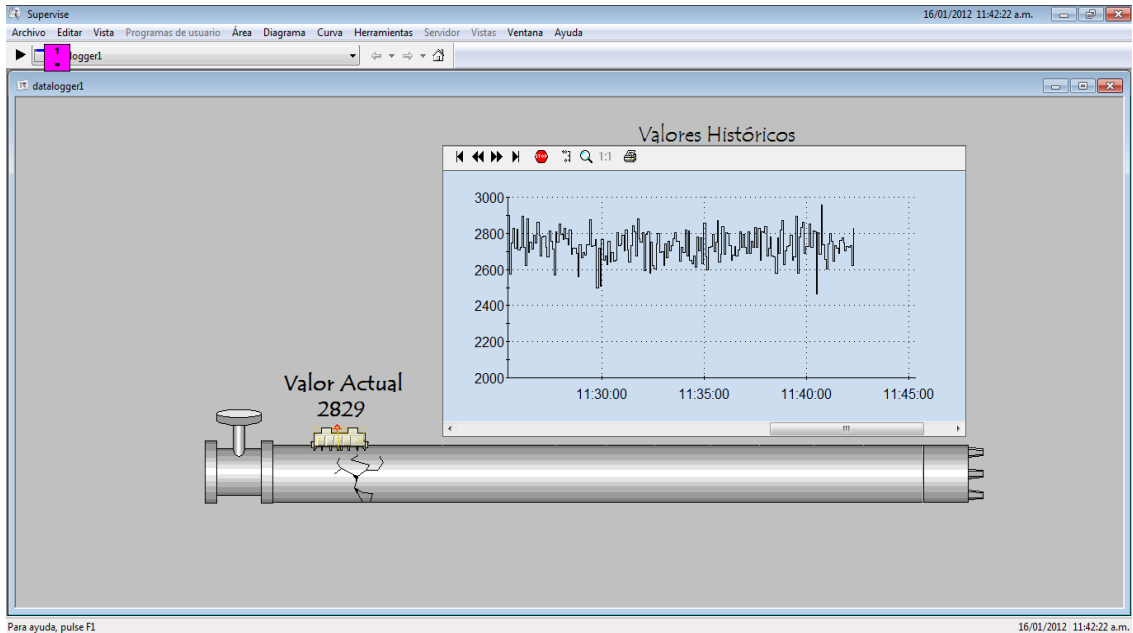


Figura 21. Resultado Sistema SCADA. Adquisición en Tiempo Real e Históricos.

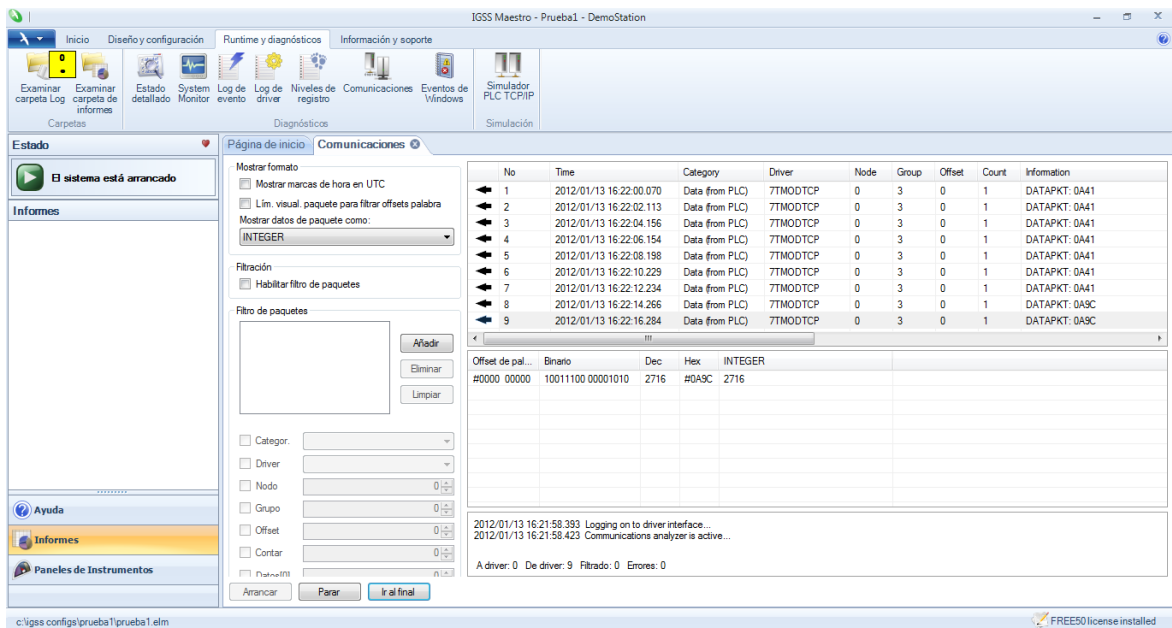


Figura 22. Ventana "Runtime y Diagnósticos" de IGSS V9.

6.5. Resultado Aplicación de Tecnología de Comunicación GPRS

El modem GPRS usado tiene las siguientes características:

Bandas Soportadas:

HSPA & Quad Band GSM

850/1900/1700-2100 (HSPA)

850/900/1800/1900 MHz (GSM)

Velocidades:

HSPA

Up to 7.2 Mbps downlink

Up to 5.76 Mbps uplink

Protocolos Soportados:

TCP, UDP, TCP/IP, TFTP, ARP, ICMP, DHCP, HTTP, HTTPS*, SSH*, SNMP, FTP, DNS, Serial over IP, QoS.

Una vez configurado el modem GPRS, mediante Comandos se puede trabajar con los modos control remoto, alarmas y adquirente analógico.

Inicialmente se confirmó que el modem GPRS estuviese operando correctamente, para ello se envió un mensaje de texto SMS al número de SIM del modem con el comando: **ETRSL**.

Al enviarlo se espera recibir un mensaje de retorno con el estado de operación de la SIM, el nombre del proveedor de la red y el nivel de señal actual.

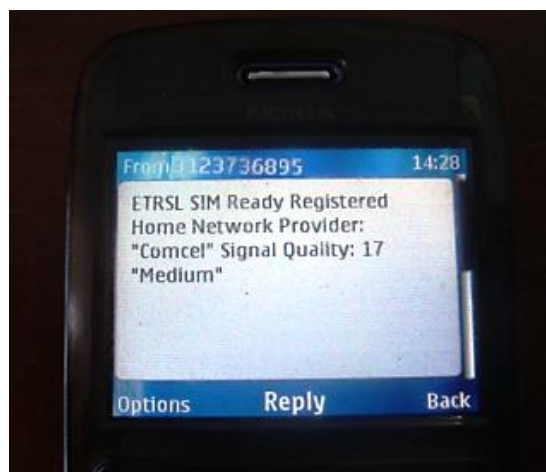


Figura 23. Resultado GPRS. Mensaje SMS con estado de operación del Modem.

Se verificó que la tarjeta SIM funciona correctamente ("Ready"), el nombre del proveedor de servicios fue registrado ("Comcel") y que el estado de la señal es bueno ("Medium"). Si la señal estuviese baja ("Low") se debería ajustar o reemplazar la antena. Ver **Figura 23**.

Luego, se siguieron realizando pruebas básicas de funcionamiento del modem, se envió mensaje de texto SMS al número de SIM del modem con el comando: **ETRVL** y se recibió un mensaje SMS de retorno con el nivel de Voltaje actual del Modem. Ver **Figura 24**.



Figura 24. Resultado GPRS. Mensaje SMS con nivel de Voltaje del Modem.

A manera de prueba de aplicación, se hicieron tres ensayos diferentes. Para probar el funcionamiento del modem en Modo Adquisidor Analógico:

- A.** Al tener un sensor con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y al enviar un SMS al número de SIM del modem con el comando: **W*****,000** entonces se recibirá un SMS con la información de localización: Latitud y Longitud actual. Ver **Figura 25**.



Figura 25. Resultado GPRS. Mensaje SMS con localización del GPS.

- B.** De igual manera teniendo el mismo sensor con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se envió mediante un mensaje SMS al número de SIM del modem el comando: **W*****, 002,015** con el cual se recibió un SMS con la información de localización: Latitud y Longitud cada 15 minutos; el valor de los 15 minutos es modificable, por lo cual, se podrá cambiar cada vez que se desee. Ver **Figura 26.**

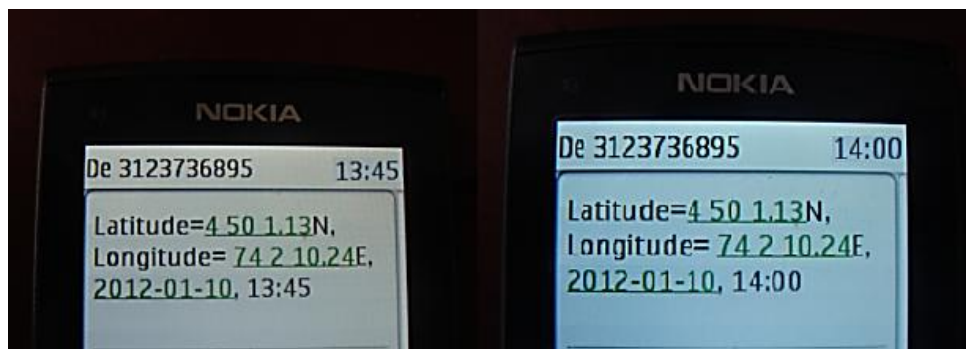


Figura 26. Resultado GPRS. Mensaje SMS con localización del GPS cada 15 minutos.

- C.** Para probar el funcionamiento del modem en Modo Alarmas, se ingresó a la herramienta de configuración del modem en su dirección IP a través de Internet, y se cargó la siguiente rutina de programa:

```
BEGIN "dialout"
  RA1s ALARM1 (1CV>25) {XB}
  RBX DELAY=3000 DO'etsend=atd3144578724^M^J'
END
```


El código incluye una lectura del Canal de lectura 1 (1CV) del Datalogger donde está conectado un sensor de temperatura, cada vez que el valor de temperatura sobrepasa los 25 grados centígrados se genera una alarma que se envía por mensaje SMS al número celular 3144578724. Ver **Figura 27**.



Figura 27. Resultado GPRS. Mensaje SMS de Alarma.

VII. CONCLUSIONES

- Dentro de los protocolos seriales, USB es el más versátil gracias a su propiedad de autoconfiguración que permite aplicaciones donde se necesite conectar-desconectar dispositivos de manera continua. Posee una velocidad de operación rápida (12 Mbps) que lo hace ideal para situaciones donde se requiera un flujo de datos veloz. Pero en contraparte, su fiabilidad no es total debido a su limitada protección de la información y solo con un entramado parcial de la misma y con la limitante de que a más de 5 metros la señal se atenúa a tal punto que hay pérdida de datos. Es importante añadir que no todos los equipos y sensores industriales poseen el puerto "Universal" USB.
- RS232 presenta una mayor fiabilidad para conexiones a grandes distancias, protegiendo la información con un entramado serie de la misma, y con mecanismos de control de flujo que hace que la pérdida de datos sea mínima, casi nula. En contraparte, tiene una baja velocidad de transmisión comparada con USB (apenas hasta 480 kbps), con un costo mayor de cableado y un manejo copioso del mismo. Aun así, casi la totalidad de equipos industriales usados en campos petroleros poseen un puerto para este protocolo de comunicación.
- El protocolo para enlaces radiales Punto a Punto es una alternativa viable para comunicar equipos separados a una distancia considerable, enlazándolos de una manera íntegra hasta cierto punto donde puede perder información dependiendo de la potencia de transmisión del Modem Radial PPP. A distancias muy amplias, que incluya obstáculos (edificios, arboles, montañas, etc.) el enlace punto a punto radial no es una opción recomendable por su inestable conexión que genera pérdidas constante de información.
- El uso de Sistemas SCADA para monitoreo de variables remotas, es hacia donde apunta la industria actual, gracias a las prestaciones fiables que ofrece este sistema, el cual usa los estandarizados y generalizados protocolos Modbus y TCP-IP, haciéndolo universal para cualquier tipo de aplicación. Su mayor virtud está en la accesibilidad que le da al usuario de monitorear, evaluar y modificar variables sensadas en sitios remotos a través de una amable e intuitiva interfaz gráfica.
- Para transmisión de datos desde un lugar remoto, se utilizan las redes celulares GPRS, cuyas ventajas principales son la facturación en función del volumen de datos transferidos y no en función de tiempo de conexión,

adaptándose de manera apropiada al consumo real de los usuarios; con una velocidad de operación apenas necesaria (171,3 Kbps) y ya que utiliza las redes de GSM, tiene una cobertura amplia en el territorio colombiano (dependiendo del operador de telefonía móvil).

- También se ha visto su aplicabilidad con servicios útiles para monitoreo remoto, ofreciendo servicios de monitoreo, recepción de alarmas y toma de decisiones desde un sencillo terminal celular. Y aunque la tecnología GPRS ha alcanzado un grado de madurez y fiabilidad suficiente como para su aplicación en aplicaciones de telecontrol, su principal desventaja radica en que los ámbitos de cobertura se reducen a las zonas habitadas. Precisamente la falta de recepción en determinadas regiones donde la señal para datos GPRS es débil.
- Es importante tener en cuenta algunos aspectos a la hora de evaluar la viabilidad de un sistema GPRS, sabiendo que la latencia en las redes GPRS es considerablemente alta, del orden de 500mseg a 2seg por enlace, que GPRS no es determinista y además tiene una varianza notable, incluso para paquetes sucesivos.
- Para responder a la necesidad de una cobertura total global continua, está la Comunicación satelital. El uso de la red de satélites geo síncronos de Inmarsat, específicamente con su red IsatM2Mes de alta fiabilidad, gracias a que está compuesta por tres satélites geoestacionarios y con haces estrechos; lo cual asegura una cobertura global, compensa casi totalmente la atenuación experimentada por las señales en su largo camino de propagación, y no exige grandes antenas receptoras, sino antenas terminales de tamaño reducido, tampoco requiere potencias importantes en las estaciones y terminales terrestres. De igual forma, los retardos de propagación son mínimos obteniendo una comunicación casi en tiempo real.
- Por último el Datalogger elegido se adaptó a la totalidad de protocolos probados, que se consideraron tienen mayor uso en campos petroleros.

VIII. RECOMENDACIONES

Si se desea se puede complementar este trabajo haciendo pruebas de protocolos de comunicación industrial, que acá ,no se consideraron se utilicen en gran medida en el sector petrolero, entre otros, protocolos HART, ZigBee; puertos y cables RS485, RS422; Buses de campo PROFIBUS, FIELDBUS.

La configuración de Comunicaciones Satelitales exige ser ejecutada por un experto de la empresa proveedora del Servicio Satelital, debido a su especifica parametrización y al costo de los equipos, que en lo posible debe evitarse deteriorar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUILINO RODRÍGUEZ, P. (2008). Comunicaciones Industriales (1.ª ed.). Editorial Marcombo. ISBN 8426715109, 9788426715104.
- BAILEY, D.; WRIGHT, E. (2003). Practical SCADA for industry (2.ª ed.). Editorial Newnes. ISBN 07-5065-805-3, 97-8075-0658-058.
- ESPAÑA BOQUERA, M. C. (2003). Servicios Avanzados de Telecomunicación. (1.ª ed.). Editorial Díaz de Santos, S. A. ISBN 84-7978-607-8 p.154:180.
- Exemys (2011). Telemetría celular GPRS/GSM. Tecnología, productos y soluciones. (En Línea), Disponible en: <<http://exemys.com.ar/beta/espanol/productos/1modulo-de-telecontrol-y-telemetria-celular-gsm-gprs/index.shtml>>, [Consulta 15 de Marzo de 2012].
- GELVEZ, J.A.; DUQUE, J.E. (2006). Procesador de Comunicaciones Modbus. Revista UIS Ingenierías. Universidad Industrial de Santander. Vol. 5, Número 2.
- INMARSAT (2012). Services. IsatM2M. (En línea), Disponible en: <http://www.inmarsat.com/Services/Land/Services/Low_speed_data/IsatM2M.aspx?language=EN&textonly=False>, [Consulta 15 de Febrero de 2012].
- LONDOÑO, J.M. (2009). Monitoreo y Visualización de Temperaturas en el Área de Generación de Frío de la Planta de Derivados Lácteos. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- MATEUS, T.; PARDO, C.E.; RODRÍGUEZ, M. F. (2011). Sistemas de Monitoreo y control Remoto con Acceso Inalámbrico Bidireccional a Procesos Industriales. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada. Universidad Santo Tomas, Tunja. Vol. 1, Número 17, ISSN: 1692-7257.

- MEDINA, D.; QUINTERO, M. (2009). Diseño Integrado de un Tanque de Separación trifásica de crudo. Ecuador, (Tesis de Pregrado). Colegio de Ciencias e Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito.
- MURCIA, E.G.; BOHÓRQUEZ, A.; CÁLIZ, R.A; JIMÉNEZ, L.C.; SÁNCHEZ, J.L. (2008). Sistema de Supervisión y Control de Unidad de Polarimetría implementado con LabView. Revista Colombiana de Física. Pontificia Universidad Javeriana. Vol. 40, Número 2.
- PEÑA, J.M.; CARO, J.G.; GRAU I SALDES, A.; GARCÍA, H.M. (2003). Comunicaciones en el Entorno Industrial (1.ª ed.). Editorial UOC.
- ROCKWELL AUTOMATION. (2011). EnergyServices. (En línea), Disponible en: <<http://www.rockwellautomation.com/>>, [Consulta 28 de Septiembre de 2011].
- RUIZ, A. F. (2002). Implementación de una Red Modbus/TCP. Colombia, (Tesis de Grado). Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Universidad del Valle.
- Siemens AG (2011). Comunicación Industrial. Folleto Siemens. (En línea), Disponible en: <www.siemens.com/automation>, [Consulta 25 de Septiembre de 2011].
- SILVA, L. (2009). Sistema de Monitoreo y Control de Corrosión en Línea para Pozos Productores de Hidrocarburos pertenecientes a BPXC Colombia. (Tesis de Especialización en Automatización de Procesos Industriales). Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
- SIRGO, J.A. (1997). Redes Locales en Entornos Industriales: Buses de Campo. Revista Control Engineering. Universidad de Oviedo, España. Vol. 8, p.1063:1075.

GLOSARIO

ASCII

(American Standard Code for Information Interchange). Sistema de código designado para estandarizar la transmisión de Datos haciendo compatibles el hardware y el Software. Éste asigna un código de 7 bits por cada 128 caracteres estándar: 96 caracteres visibles - letras, números y signos de puntuación (incluyendo el carácter de espacio). 32 caracteres de control de Hardware: hacer sonar una campana, retorno de carro, etc.; así sucesivamente.

Auto-IP

En un sistema, es cuando un dispositivo sobre una red TCP-IP puede, en la ausencia de un servidor DHCP, automáticamente seleccionar una dirección Ip propia y otros parámetros de red.

Bit

Es la mínima unidad de información en un computador. Un bit tiene un valor simple: 0 ó 1. Los computadores generalmente guardan información y ejecutan instrucciones en múltiples bits llamados bytes.

Byte

Unidad de información que tiene 8 bits de longitud.

Clientes

Son programas o Software (ej. un navegador web, un programa de rutina, etc.).

Computador HOST

Es el computador que se usará para supervisar el Datalogger.

Conexión Física

Enlace físico a través del cual los datos viajan por uno de los puertos físicos (ej. Un cable USB, conexión Ethernet LAN).

Datalogger

Dispositivo con un sistema de adquisición de datos con una tarjeta propia de almacenaje y manipulación de datos.

Dispositivo Final

En el otro extremo de la conexión física está el dispositivo físico con el que el Datalogger está comunicado (ej. PC, sensor serie).

DCE

Data Communications Equipment. Un dispositivo DCE (un modem, por ejemplo) habilita a un dispositivo DTE (un computador o el Datalogger, por ejemplo) para que se comuniquen sobre líneas telefónicas o circuitos de datos. Un dispositivo DCE conecta a un dispositivo DTE mediante una interfaz RS-232.

DHCP

Dynamic Host Configuration Protocol. Es un sistema para configurar automáticamente la dirección IP y otros parámetros de red en un dispositivo sobre una red TCP/IP.

DTE

Data Terminal Equipment. Es la fuente o destino de la información en un enlace de comunicaciones RS232. En el Datalogger el puerto RS232 es un dispositivo DTE. El estándar RS232 fue originalmente diseñado para conectar un DTE a un DCE, pero actualmente se puede establecer una conexión entre varios DTE.

ISP

(Internet Service Provider) Proveedor de Servicios de Internet, Configuración de un equipo Maestro que brinda una conexión a Internet a sus clientes.

NAT

Network Address Translation. Es un sistema usado por enrutadores (routers) TCP/IP que permite a un pequeño número de direcciones IP públicas ser compartidas por muchos dispositivos diferentes en una red privada.

PLC

Programmable Logic Controller. Usado en el monitoreo y control automático de equipos industriales.

Protocolos

Lenguaje o conjunto de reglas que un dispositivo usa para comunicarse en una red. Los protocolos de Comunicación son utilizados para implementar los Servicios (ej. FTP, Modbus).

Puerto

Enchufe, conector o interfaz que permite la conexión a otros dispositivos para transferencia de información. Por ejemplo: Ethernet, USB, RS232.

Puerto TCP/IP

Punto final lógico de una conexión entre dos aplicaciones sobre una red TCP/IP. Esto permite múltiples conexiones independientes sobre un cable físico.

Puertos Físicos

Punto de conexión físico del Datalogger que permite la transmisión implementando protocolos de Comunicación (Puerto Ethernet, Puerto USB).

Servicios

Utilizados por los Clientes, son provistos por el Datalogger (Servidor Web, Interfaz de comandos).

Tiempo Real

El Datalogger puede regresar datos directamente al Computador Host en tiempo real, esto es, con cada escaneo hecho, los datos resultantes son regresados al computador Host instantáneamente y mostrados en pantalla inmediatamente.

Velocidad de Muestreo

Es la tasa máxima con que las conversiones análogo-digitales pueden hacerse.

ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES: CONEXIONES PPP.

DESCRIPCION: El Protocolo Punto a punto (PPP) es un protocolo de bajo nivel que permite a protocolos basados en TCP/IP ser ejecutados en los puertos USB y Host RS232 del Colector de datos. Un equipo cliente puede conectarse al Datalogger (Colector de datos), a través de un modem o cable directo.

PROCEDIMIENTO DE CONEXIONES PPP

CONFIGURACIÓN DE UNA CONEXIÓN PPP

La configuración de una conexión PPP consta de cuatro pasos principales:

- 1) Establecer o verificar la configuración del perfil requerido en el Datalogger (Colector de datos).
- 2) Instalar el enlace físico de comunicaciones (cable RS232, módem, etc.)
- 3) Definir un "módem" en el equipo host para representar el enlace de comunicaciones físico.
- 4) Definir una conexión de red PPP en el equipo host, que utilizará el dispositivo de módem definido.

Esto normalmente se debe hacer sólo una vez. Luego que la conexión de red PPP se ha creado y guardado en el equipo host, a continuación, puede establecer una conexión cuando se requiere. Este proceso es el mismo que realiza un proveedor de servicios de Internet a través de una conexión de acceso telefónico.

- 1) Establecer o verificar la configuración del perfil requerido en el Datalogger.

Un ejemplo de código de configuración del protocolo PPP en el Datalogger es:

```
PROFILE PPP
[PPP]
SERSEN_IP_ADDRESS = 1.0.0.1
SERSEN_REMOTE_IP_ADDRESS = 1.0.1.1
HOST_IP_ADDRESS = 1.0.0.2
HOST_REMOTE_IP_ADDRESS = 1.0.1.2
USB_IP_ADDRESS = 1.0.0.3
USB_REMOTE_IP_ADDRESS = 1.0.1.3
USER = ANONYMOUS
PASSWORD = PASSWORD
```

Este código incluye:

- La dirección IP del Datalogger para cada uno de los puertos serie, en este caso tres.
- La dirección IP que el Datalogger destinará para el PC Host para cada uno de los puertos serie, en este caso tres.
- Un nombre de Usuario y Contraseña para validar y poder establecer una conexión PPP.

2) Instalar el enlace físico de comunicaciones (cable RS232, módem, etc.)

El enlace físico de comunicaciones sobre el que PPP será implementado puede ser:

- A. Un **cable** "cross-over" RS232, conectado entre el puerto Host RS232 del Datalogger y el puerto RS232 del PC.
- B. Un **modem** (dial-up, radio, celular) conectado al puerto Host RS232 del Datalogger, con otro modem interno o externo conectado a el Computador Host.

Ahora se debe determinar el puerto COM del PC utilizado. Esto se puede hacer entrando a la ventana Administrador de Dispositivos de Windows, es importante tener en cuenta el número del puerto COM. Si este puerto COM es visualizado entonces se tendrá certeza de que la conexión ha sido establecida.

3) Definir un "módem" en el equipo host para representar el enlace de comunicaciones físico.

Ahora, es necesario configurar el "Dispositivo Modem" que Windows¹ usará para comunicarse sobre este enlace.

Inicialmente debe asegurarse que el cable o el modem estén conectados al Computador Host antes de proceder.

- A. Abrir la Ventana Panel de Control.
- B. Abrir Opciones de Teléfono y Módems. En determinados casos aparecerá: Impresoras y otros Hardware (en XP), Hardware y Sonido (en Vista) o Teléfono y Modem (en Win7).

¹ Si usa Windows Vista, note que en varios pasos de la configuración se verá mensajes de "Windows necesita Permisos de Administrador". Dar clic en Continuar cada vez que aparezcan.

- C. Al ingresar aparecerá un cuadro de diálogo que le solicitará que escriba el código de área, para Colombia es 57, para Bogotá es 1, en este sentido para Bogotá-Colombia sería 571.
- D. Una vez el código de área sea ingresado, seleccionar la pestaña Módems (Ver **Figura 1**).
- E. El cuadro de diálogo muestra todos los dispositivos módems instalados. COM3 es el dial-up del modem interno del computador, COM4 es un modem conectado a través de un cable RS232; y COM5 es un modem conectado mediante un cables USB (aunque no se usa).

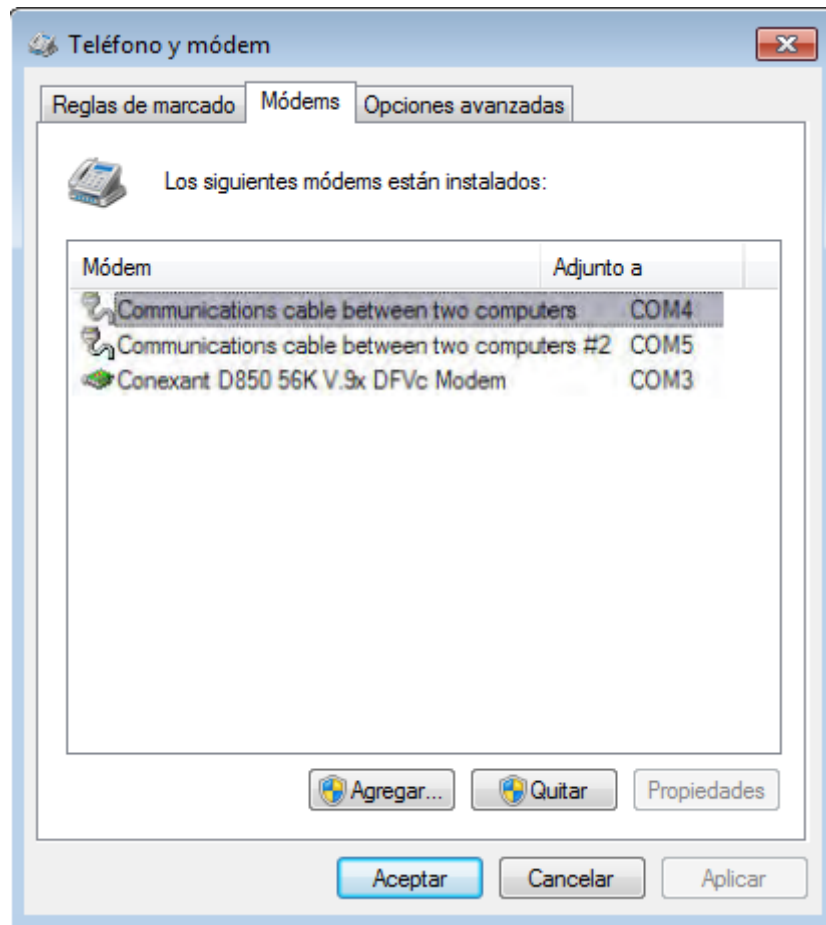


Figura 1. Ventana Teléfono y módem de Windows.

- F. Si el modem que se intenta usar para la conexión PPP no está enlistado, se deberá agregar pulsando el botón agregar y siguiendo las instrucciones del “Asistente para agregar hardware”.

Si se está usando un modem, Windows intentará automáticamente detectarlo; si no es posible, luego se tendrá que seleccionar el tipo de módem de una lista.

Seguidamente debe seleccionar el correcto puerto COM de la lista. El módem debería ahora estar agregado, debe verificarlo en la lista de módems instalados.

- G. El paso final es definir una conexión a la red PPP para Windows, usando el Asistente de conexión a la Red. Este proceso varía dependiendo de si se usa Cable Directo o Módem; para este proyecto se usa la conexión mediante módem.

- 4) Definir una conexión de red PPP en el equipo host, que utilizará el dispositivo de módem definido.

Conexión de un módem a un Red PPP

- a) Desde el menú Inicio, ir a "Centro de Redes y recursos compartidos" y dar clic en "Configurar una nueva conexión o red".
- b) En el Asistente para conexiones de Red, seleccionar "crear una nueva conexión".
- c) Seleccionar "Conectar mediante un módem de acceso telefónico".
- d) Escriba el nombre de conexión, ejemplo: "Módem PPP".
- e) Escriba el número telefónico para marcación en el "Módem PPP".
- f) Especifique si quiere que la conexión se habilite sólo para su Nombre de Usuario o para cualquier persona que use el computador.
- g) Escribir el Nombre de Usuario y la Contraseña específicas para el Datalogger, por defecto son ANONYMOUS y PASSWORD respectivamente. Ver **Figura 2**.
- h) Presionar Conectar, ahora Windows procederá a establecer la conexión.

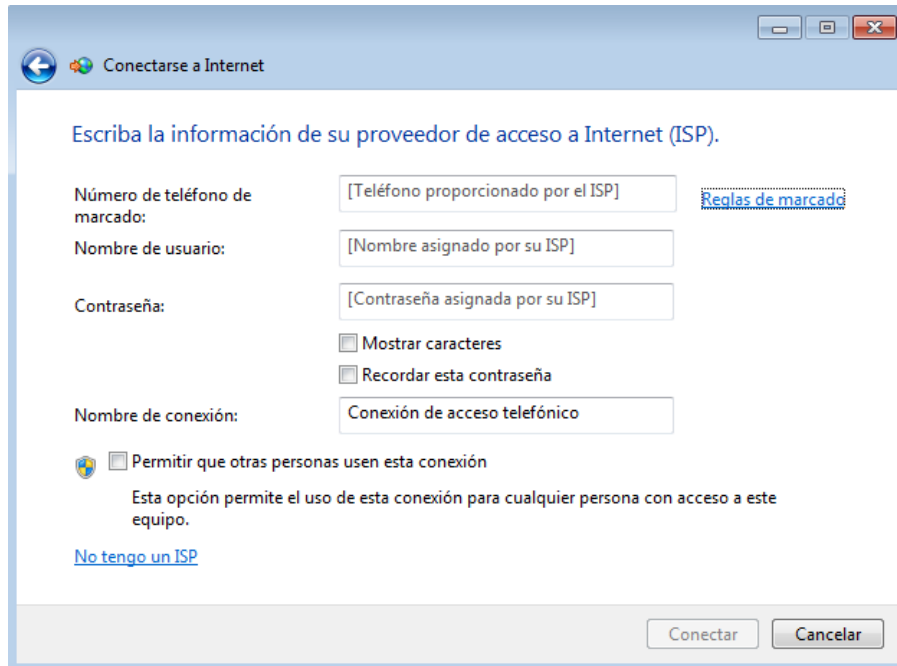


Figura 2. Ventana Conectarse a Internet de Windows.

ESTABLECIMIENTO DE UNA CONEXIÓN PPP

- 1) Seleccionar “Conectar a” en el menú Inicio, y elegir la conexión PPP creada y configurada anteriormente.
- 2) Dar clic en conectar, luego en “Configuración de la Red” se debe agregar la IP del Datalogger.
- 3) Una vez establecida la conexión, el Datalogger accederá el enlace como si estuviera bajo una conexión Ethernet, utilizando las direcciones IP de sus puertos Host:
 - 1.0.0.2 para el puerto Host RS232.
 - 1.0.0.3 para el puerto USB.

Así, la dirección IP del puerto Host RS232 en el Datalogger será 1.0.0.2. y de igual manera la dirección IP del Computador Host será 1.0.1.2.

En el mismo sentido, la dirección IP del puerto USB en el Datalogger será 1.0.0.3 y de igual manera la dirección IP del Computador Host será 1.0.1.3.

Es importante Cerrar la conexión cada vez que no se utilice.

ANEXO B. MANUAL DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES: CONEXIONES ETHERNET.

DESCRIPCION: Ethernet es un sistema de interconexión de red local que se logra con un par de cable trenzado (10baseT) con conectores RJ-45, pudiendo llegar a 100 m y montado en una topología de estrella. Ethernet también funciona sobre fibra óptica con cables dobles para el enlace "full dúplex" y se utiliza principalmente para enlazar redes locales separadas por una distancia respetable. Ethernet y el IEEE-802.3 funcionan a 10 Mb/s.

Es importante no conectar el Datalogger a la red hasta que se haya configurado el mismo con una dirección IP adecuada y máscara de subred o seleccionado la opción "automática de direcciones IP".

Hay dos maneras de conectarse a una red:

- 1) Conecte directamente el Datalogger a una sola computadora host mediante un cable cruzado o "cross-over". En este caso, en realidad está creando una nueva mini-red, con sólo dos dispositivos conectados: el Datalogger y el equipo host. Ver **Figura 1**.
- 2) Conectar el Datalogger a un puerto libre en un concentrador Ethernet, puente o un enrutador, utilizando un cable estándar ("straightthrough"). En este caso, el Datalogger se unirá a una red existente.

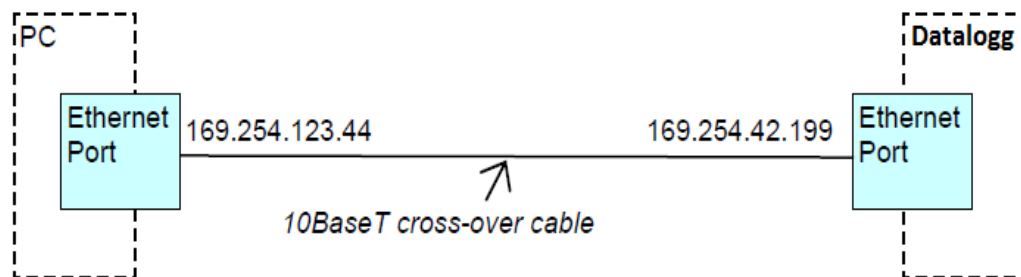


Figura 1. Conexión Ethernet Directa.

PROCEDIMIENTOS DE CONEXIONES ETHERNET

CONEXIÓN DIRECTA AL PC – Dirección IP Automática.

1. Revisar que el puerto Ethernet está conectado.

En el panel frontal del Datalogger, seleccionar la pantalla Ethernet IP y verificar que muestre:

```
Eth IP:      Auto
No cable
```

Si esto no es mostrado, se debe conectar el Datalogger con el cable serial USB y entrar los comandos:

```
PROFILE ETHERNET ENABLE=YES
PROFILE ETHERNET IP ADDRESS=AUTO
```

Verificar que se ha resuelto.

2. Conectar el Cable Ethernet.

Ahora puede conectar un cable Ethernet cruzado entre el Datalogger y el ordenador. Verifique que el LED verde de Enlace Ethernet del Datalogger se enciende. Si el LED de enlace no se enciende a continuación, comprobar que:

- El cable está conectado correctamente.
- El puerto Ethernet del ordenador está activado (ver "Conexiones de red" en el panel de control de Windows).

3. Revisar la dirección IP del Datalogger.

Cuando el cable Ethernet está conectado, el Datalogger comenzará a buscar un servidor DHCP. Cuando se conecta directamente a un PC, normalmente no habrá ningún servidor DHCP disponible, así que después de 10 segundos o menos, se asignará un IP automática: "Auto-IP". La pantalla Ethernet IP cambiará a algo como:

```
Eth IP:      Auto
169.254.25.77
```

4. Esperar a que Windows adquiera una dirección IP.

Windows normalmente gasta unos 60 segundos en busca de un servidor DHCP, entonces al no encontrarlo, asignará una dirección propia Auto-IP, momento en el que el icono de la bandeja del sistema va a desaparecer.

Un mensaje de advertencia puede aparecer diciendo que la conexión de red es "limitada o nula". Esto es normal, y simplemente indica que la Internet no será accesible a través de esta conexión de red.

5. Revise la Conexión.

Ahora debería ser capaz de conectarse al Datalogger. Por ejemplo, puede introducir la dirección IP del Datalogger (ej. 169.254.25.77) en un navegador web con el fin de acceder a la interfaz web del mismo.

CONEXIÓN A LA RED – Dirección IP Automática.

1. Revisar que el puerto Ethernet está conectado.

En el panel frontal del Datalogger, seleccionar la pantalla Ethernet IP y verificar que muestre:

```
Eth IP:      Auto  
No cable
```

Si esto no es mostrado, se debe conectar el Datalogger con el cable serial USB y entrar los comandos:

```
PROFILE ETHERNET ENABLE=YES  
PROFILE ETHERNET IP ADDRESS=AUTO
```

Verificar que se ha resuelto.

2. Conectar el Cable Ethernet.

Ahora puede conectar un cable Ethernet estándar entre el Datalogger y un punto de conexión a la red. Esto podría ser una toma de corriente conectada a una LAN de la oficina, o un puerto en un switch Ethernet de escritorio o de la unidad del router. Verifique que el LED verde de Enlace Ethernet del Datalogger se enciende. Si el LED de enlace no se enciende a continuación, comprobar que:

- El cable está conectado correctamente.
- El punto de acceso de red está activa (consulte con el administrador de red).

3. Revisar la dirección IP del Datalogger.

Cuando el cable Ethernet está conectado, el Datalogger comenzará a buscar un servidor DHCP. Cuando se conecta directamente a un PC, normalmente no habrá ningún servidor DHCP disponible, así que después de 10 segundos o menos, se asignará un IP automática:

"Auto-IP". La pantalla Ethernet IP cambiará a algo como:

```
Eth IP:      Auto  
169.254.25.77
```

Si un servidor DHCP se convierte en disponible, entonces el Datalogger se cambiará a la dirección IP proporcionada por el servidor.

4. Revisar la Dirección IP de Windows.

Ahora es recomendable verificar la dirección IP del equipo que desea utilizar para comunicarse con el Datalogger. Una forma de hacer esto es

abrir la ventana de símbolo del sistema y utilizar el comando ipconfig. La siguiente respuesta sería típica para una LAN de la oficina:

```
Adaptador de Ethernet Conexión de área local:  
Sufijo DNS específico para la conexión. . : tecnicontrollco.local  
Únculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::dd21:8588:e532:39e4%22  
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.2.988  
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0  
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.1.1
```

Verificar que tanto en el Datalogger como el ordenador haya una “Gateway” válida conjunta.

5. Revise la Conexión.

Ahora debería ser capaz de conectarse a la Datalogger. Por ejemplo, puede introducir la dirección IP del Datalogger (ej. 169.254.25.77) en un navegador web con el fin de acceder a la interfaz web del mismo.

ANEXO C. MANUAL DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES: IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA SCADA.

El Software para Sistema SCADA que se usó fue el IGSS V9 de Seven Technologies². El sistema SCADA IGSS de Seven Technologies es una de las herramientas más completas y potentes que existen en el mercado de automatización de procesos y sistemas de supervisión de plantas.

DESCRIPCION: InteractiveGraphical SCADA System (**IGSS**) es un sistema SCADA de vanguardia diseñado para cumplir con las más exigentes demandas de la industria en supervisión y control. El sistema de control de procesos IGSS está disponible desde una versión monousuario con 50 elementos (GRATIS) hasta una multiusuario con redundancia, más de 50 estaciones simultáneas y 400.000 elementos.

El sistema IGSS (InteractiveGraphical SCADA System) es una herramienta general para la creación de sistemas de control y monitorización en automatización industrial. El software IGSS corre en un PC estándar bajo el sistema operativo Microsoft Windows y tiene una interface al operario intuitiva basada en objetos.

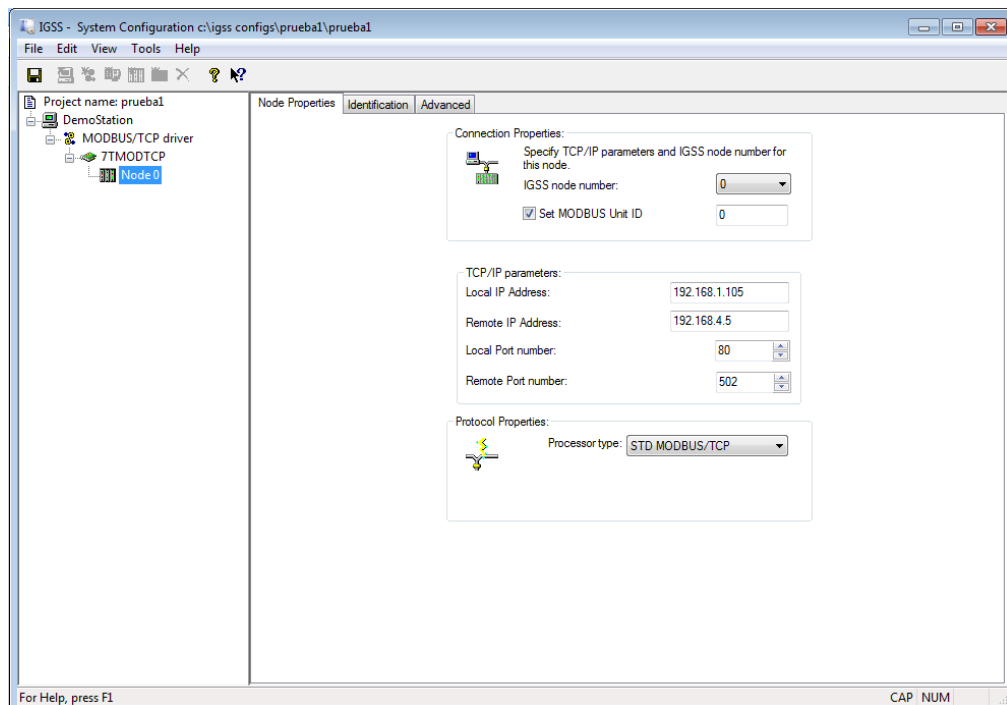
IGSS integra completamente el modelo cliente/servidor y su arquitectura flexible permite una amplia gama de configuraciones desde el simple sistema monousuario (un PC conectado a un PLC) hasta sistemas complejos con hasta 50 estaciones de trabajo conectado en red.

PROCEDIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA.

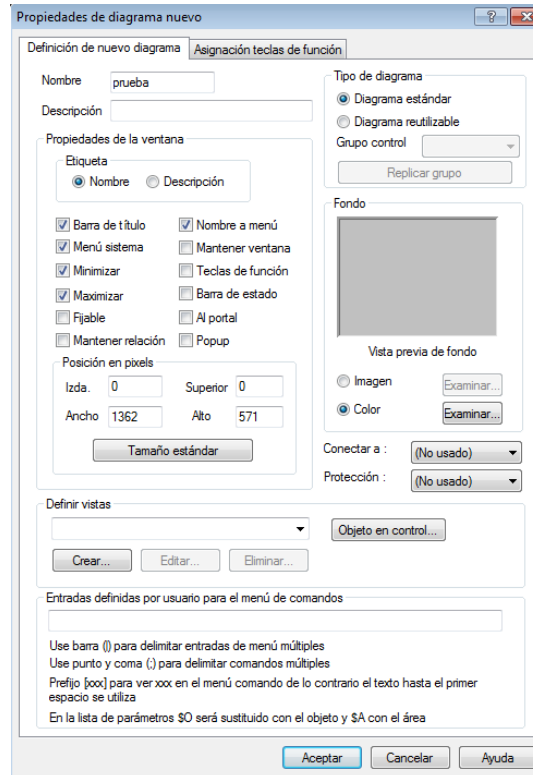
1. Se configura el Datalogger para que tome mediciones en dos canales y las asigne a dos Variables de canal (CV1, CV2).
2. La dirección IP por defecto del Datalogger es 192.168.4.5
3. Se hace uso del Software SCADA: InteractiveGraphical SCADA System (IGSS) de Seven Technologies.
4. Se diseña un sistema SCADA basado en Modbus, donde el Datalogger (RTU) actúa como un Servidor (esclavo) Modbus y desde una PC con el software InteractiveGraphical SCADA System (IGSS) se accede al Datalogger como cliente; se provee una interfaz de usuario y opciones de grabación de datos.

² El Software que se usó se descargó de manera GRATUITA de la página Web de Seven Technologies <http://www.7t.dk/products/igss/index.aspx>

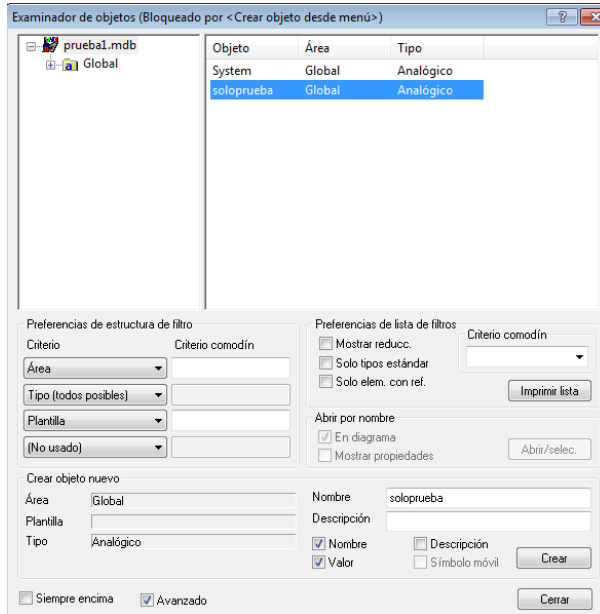
5. En el Software SCADA inicialmente mediante el Asistente de Proyectos (Project Wizard) se crea un nuevo proyecto seleccionando como tipo de estación el de “Un solo Usuario Maestro Independiente”, luego se selecciona el Driver MODBUS/TCP ID 64, se escoge “crear una nueva Interfaz” y “crear nuevo nodo”.
6. En la etiqueta “Diseño y Configuración” seleccionamos el icono “Configuración de Sistema”, allí seleccionamos el nodo de trabajo creado y modificamos las siguientes propiedades:
 - Dirección IP Local: 192.168.1.105 (Es la dirección IP del PC que va a funcionar como Cliente, puede variar).
 - Dirección IP Remota: 192.168.4.5 (Es la Dirección del Servidor, en este caso el Datalogger).
 - Numero de Puerto Local: 80.
 - Numero de Puerto Remoto: 502.
 - Tipo de Procesador: STD MODBUS/TCP.



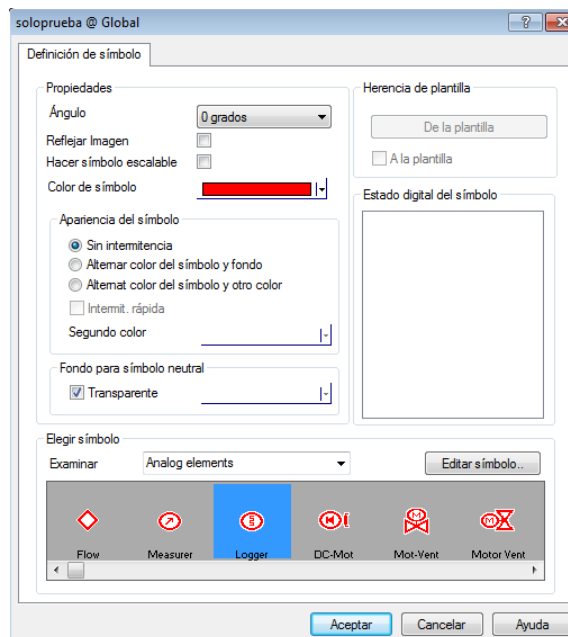
7. Seguidamente en la Interfaz general del programa, vamos a la etiqueta “Diseño y Configuración” y seleccionamos el icono “Definición”.
8. En el menú “Diagrama”, escogemos “Crear”, en el cuadro de dialogo saliente damos un nombre al Diagrama y distinguimos “Nombre a menú” en Propiedades de la ventana y damos Aceptar.



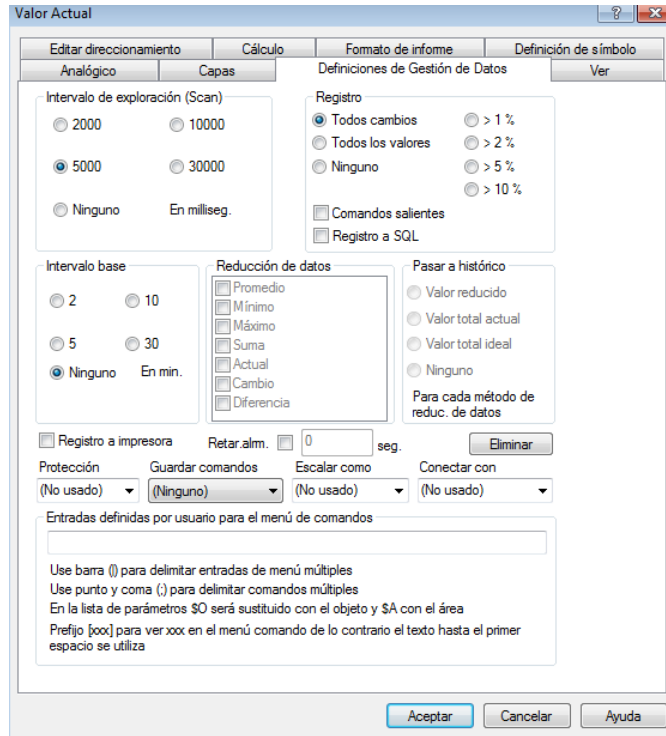
9. Clic derecho sobre el área de trabajo de Diagrama y seleccionamos Nuevo y clic en Elemento Análogo.
10. Clic en el signo + de Global, seleccionamos analógico y la nombramos en la caja de texto nombre. Damos Crear.



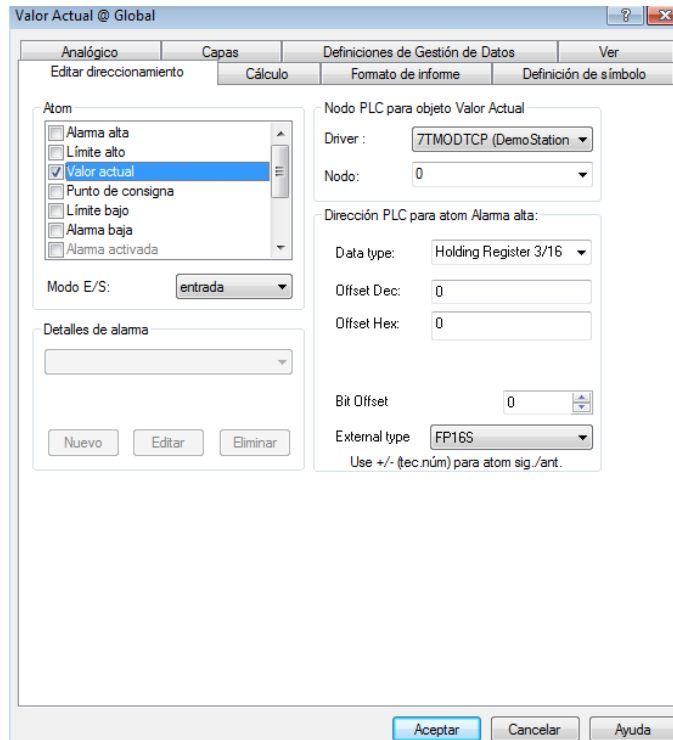
11. En el cuadro de diálogo actual, seleccionamos el símbolo que deseamos, en este caso se escogió el símbolo de Logger y damos clic en Aceptar.



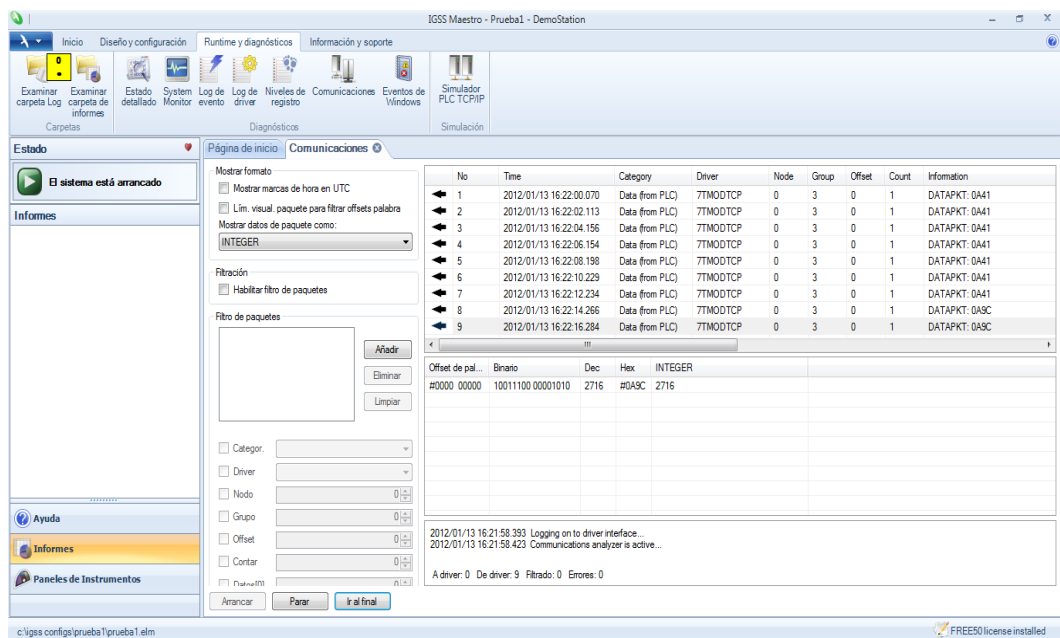
12. Sobre el símbolo que es creado en el área de trabajo, damos clic derecho y seleccionamos propiedades. En la etiqueta “Definiciones de Gestión de Datos” seleccionamos el intervalo de escaneo en 5000 milisegundos (5 segundos) y en Registro precisamos todos los cambios.



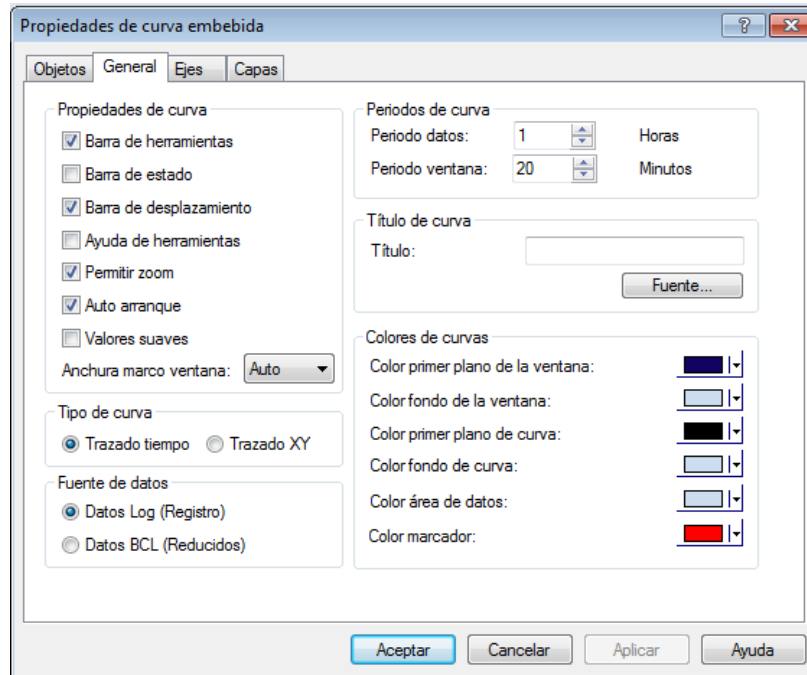
13. En la etiqueta “Editar Direccionamiento” seleccionamos Valor Actual, seleccionamos el nodo 0 y damos aceptar.



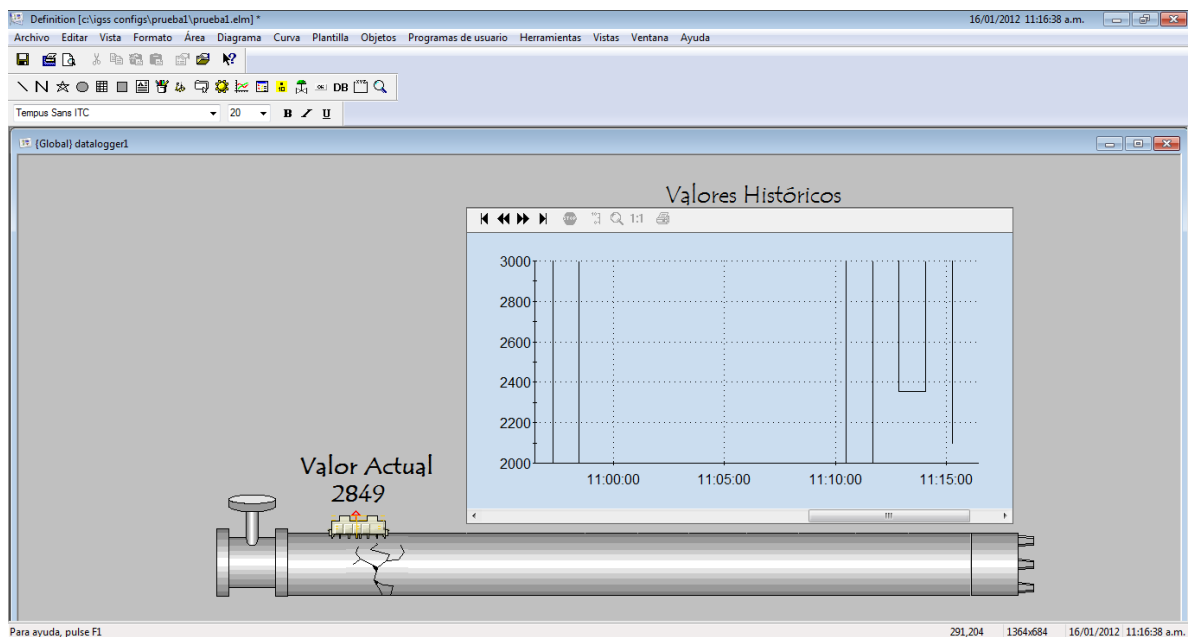
14. Luego guardamos, vamos a Archivo, comprobar e instalar, en el primer cuadro de dialogo damos aceptar, en el segundo cuadro de dialogo damos NO.
15. Ahora en IGSS Master, damos clic en Inicio... Arrancar.
16. Luego en la etiqueta "Runtime y Diagnósticos" damos clic en el icono Comunicaciones, damos clic en Arrancar en la parte inferior izquierda y comenzamos a leer los datos directamente del Datalogger.

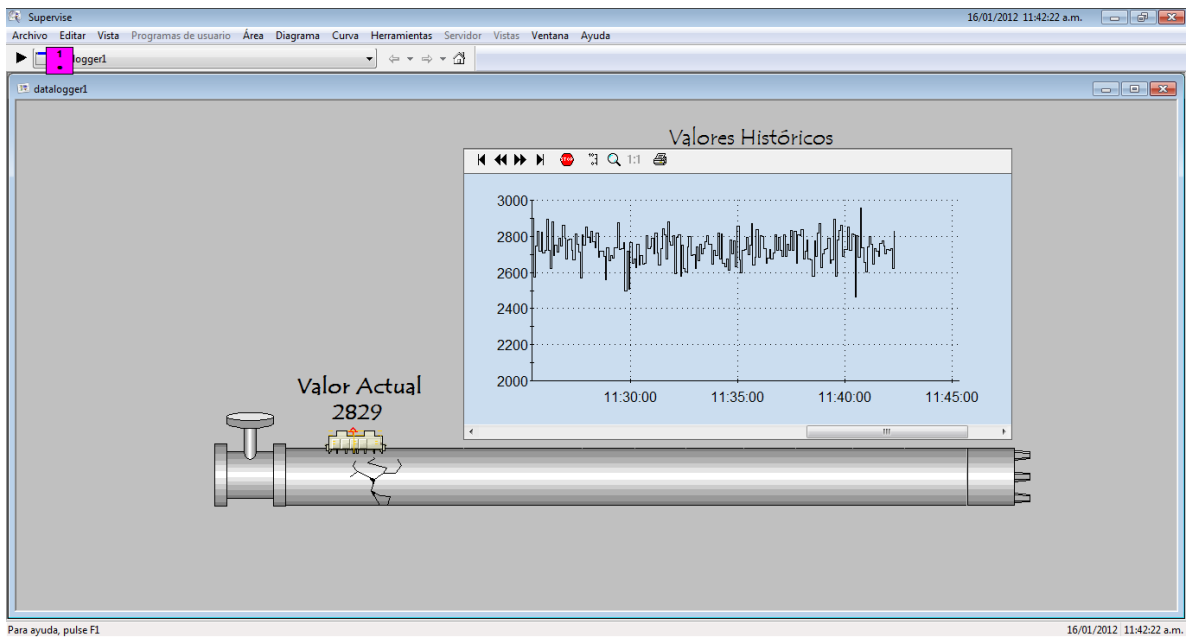
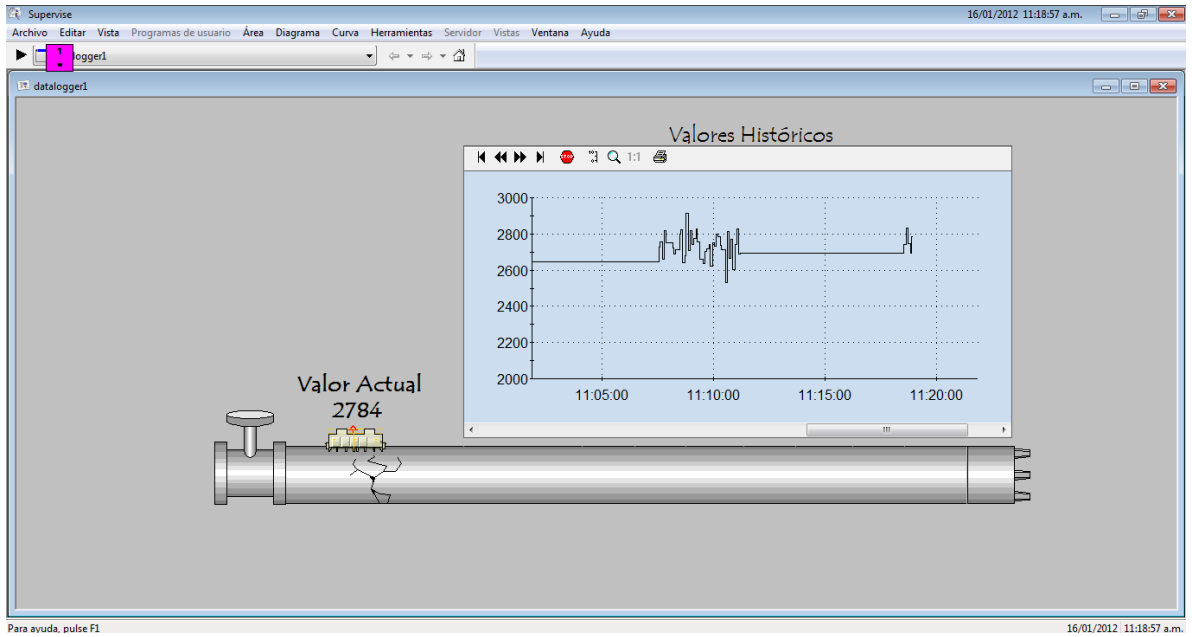


17. De manera opcional estando en Definición (Paso 7) podemos modificar como queramos la forma como se verá gráficamente el sistema; contamos con cuadros de texto, curvas embebidas, diagramas embebidos, símbolos animados, posibilidad de importar imágenes y archivos .avi/.gif, entre otras herramientas. Cada aplicación usada puede ser modificada mediante un cuadro de dialogo de propiedades.



18. Finalmente se realizó la prueba con el diseño a continuación visto, funcionando de manera correcta y obteniendo buenos resultados.





ANEXO D. MANUAL DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES: PROCEDIMIENTO PARA HACER PING DESDE UNA COMPUTADORA.

DESCRIPCION: El comando Ping es un comando existente en todos los sistemas operativos. Se utiliza para enviar paquetes binarios (unos pocos bits) de un ordenador a otro. De esta forma, el usuario que realiza el ping a otro, sabe si existe conexión entre su ordenador y el de destino en función de si los paquetes llegan o no. Estos paquetes no tienen información alguna, tan solo son señales, inocuas para cualquier computadora.

En este manual se aprenderá a realizar pings utilizando el sistema operativo Windows (en sus versiones 95/98/2000/Me/XP/Vista/7). Se debe saber que no importa el sistema operativo utilizado en el ordenador de destino, el ping se realizará de todas formas.

PROCEDIMIENTO PARA HACER PING DESDE UNA COMPUTADORA

1. Pulsar en **Inicio**.
2. Pulsar en **Ejecutar**. Se abrirá una ventana.
3. Escribir en la ventana "**cmd**" sin comillas y luego presionar **Aceptar**. Ver **Figura 1**.

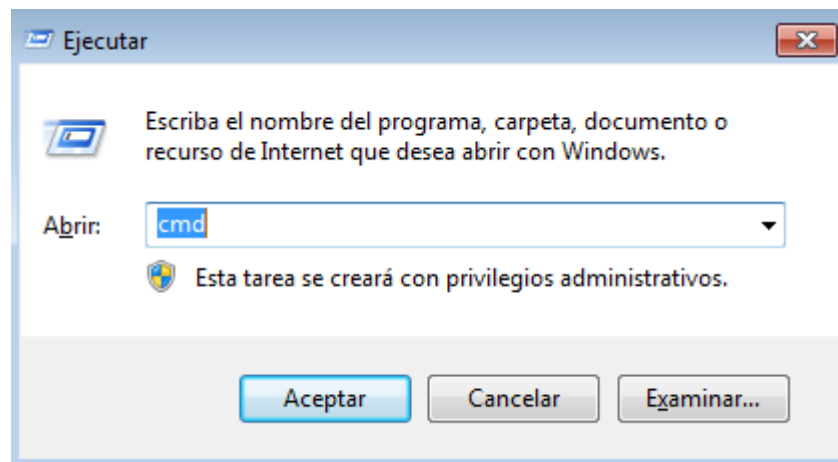


Fig. 1 Ventana Ejecutar de Windows.

4. Ahora estará disponible el **símbolo de sistema**. Aquí se pueden escribir comandos. Ver **Figura 2**.

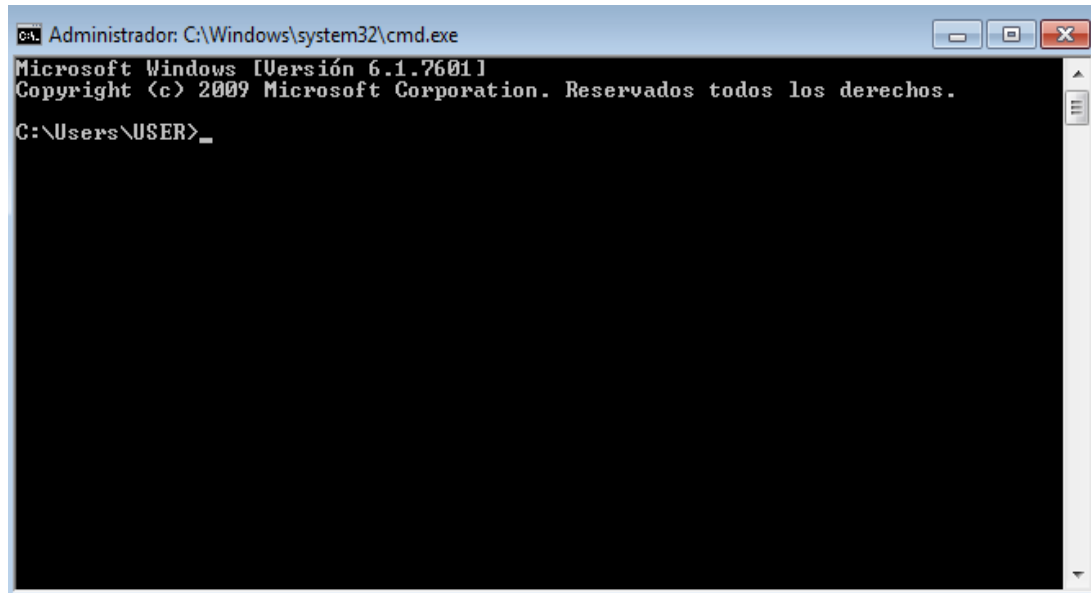


Fig. 2 Ventana Símbolo de Sistema de Windows.

5. Ahora, con el símbolo de sistema disponible, escribir el comando "ping 127.0.0.1" (sin las comillas) y pulsar la tecla Intro (= Enter). Siendo 127.0.0.1 la dirección IP del otro Dispositivo (Computador, Datalogger) con el cual se quiere verificar la conexión. Ver **Figura 3**.

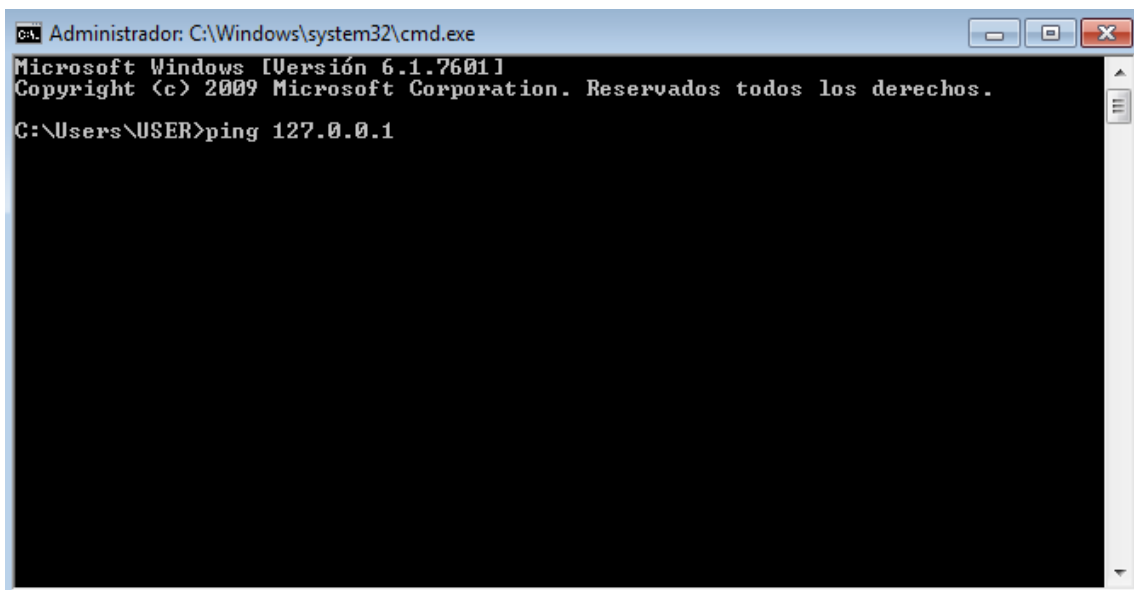
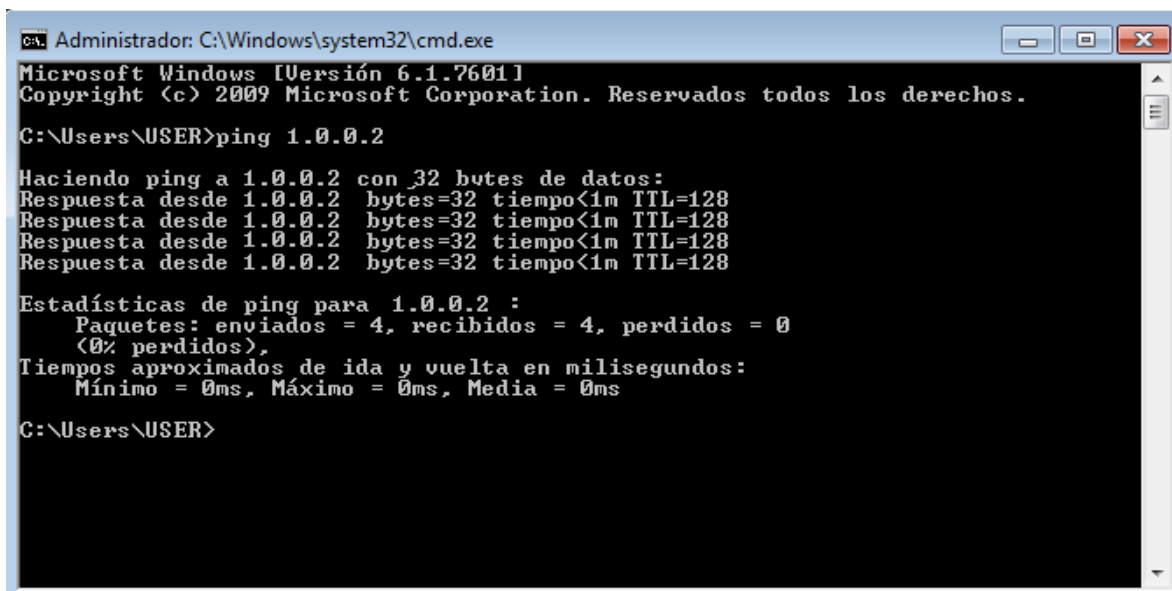


Fig. 3 Dirección IP en Ventana Símbolo de Sistema de Windows.

- Si la conexión establecida es correcta, los resultados del comando Ping será de 0% perdidos; es decir, de 4 paquetes enviados deben haber 4 paquetes recibidos y 0 paquetes perdidos. Ver **Figura 4**.



```
ca: Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\USER>ping 1.0.0.2

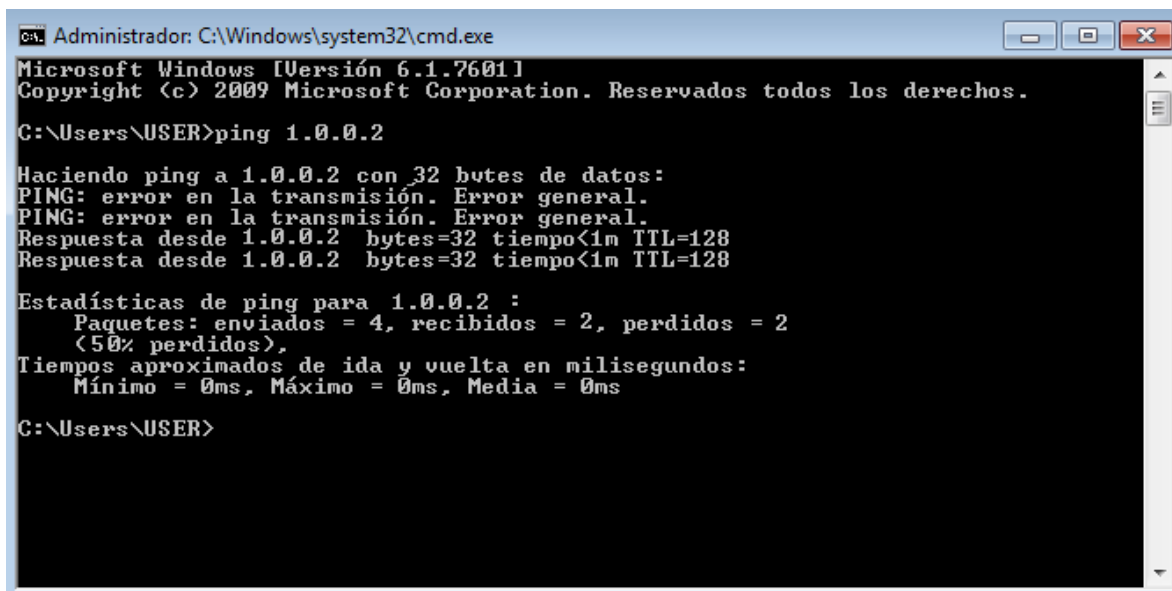
Haciendo ping a 1.0.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 1.0.0.2 :
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\USER>
```

Figura 4. Resultado Ping Exitoso.

- Si la conexión establecida es incorrecta, los resultados del comando Ping será de un porcentaje (%) mayor a cero perdidos; es decir, de 4 paquetes enviados deben haber más de cero paquetes perdidos. Ver **Figura 5**.



```
ca: Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\USER>ping 1.0.0.2

Haciendo ping a 1.0.0.2 con 32 bytes de datos:
PING: error en la transmisión. Error general.
PING: error en la transmisión. Error general.
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Respuesta desde 1.0.0.2 bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 1.0.0.2 :
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 2, perdidos = 2
    (50% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\USER>
```

Figura 5. Resultado Ping Fallido.