

**DEVELOPMENT OF A CONECTIVITY SUPERVISION SYSTEM FOR  
NETWORKED DEVICES VIA SMS****DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE CONECTIVIDAD  
PARA EQUIPOS EN RED VIA SMS**

**MSc. Eduardo Avendaño Fernández, Ing. Santiago Duarte Hernández  
Ing. Juan Cely Vanegas**

**Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**

Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería, Ave. Central del Norte.

Tunja, Boyacá, Colombia, Tel.: 57-8-7716902, Fax: 57-8-7716902, Ext. 141.

E-mail: {eduardo.avendano, santiago.duarte, juan.cely}@uptc.edu.co

**Abstract:** This paper presents a supervision system that allows to computer's network admin to receive warnings via text messages when some eventuality in case of connectivity failure occurs, in this way maintenance and operation of the network can be coordinated. A software was developed and permits this management and combined with a GPRS data transmission module achieve the communication between server and SMS platform, thus allows to send the message informing details of the problem and a log of the event.

**Keywords:** SMS Platform, GPRS modem, GSM and ICMP.

**Resumen:** Este artículo presenta un sistema de supervisión que permite que al administrador de una red de cómputo recibir alerta por mensajes de texto cuando alguna eventualidad en caso de fallo de conectividad se presente, de esta forma se coordina el mantenimiento y la operación de redes. Se desarrolló un software que permite esta gestión y que en combinación con un modulo de transmisión de datos GPRS se realiza la comunicación entre el servidor y la plataforma SMS, de esta manera se permite el envío del mensaje informando detalles del inconveniente y un registro del evento.

**Palabras clave:** Plataforma SMS, modem GPRS, GSM e ICMP.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Actualmente la gestión de redes de cómputo y su mantenimiento implican desgastes en talento humano en ocasiones innecesario, pueden aparecer diversos errores de manera continua y los administradores a pesar de tener un mapa de la topología y arquitectura de la red tardan en detectar y solucionar estas dificultades. Por lo tanto, la comunicación efectiva y confiable en las redes es muy importante, para esto existen algunas herramientas que los administradores pueden utilizar para hacer diagnósticos.

Los objetivos principales de los administradores de una red deben ser primordialmente; monitorear el tráfico de una red, configurar los equipos de seguridad con que se cuente y mantener en funcionamiento las estaciones y servidores que pertenezcan al dominio o grupo de trabajo. Se necesita herramientas eficientes para la detección de posibles errores que permitan mantener la productividad del sistema administrado, de allí que la tarea de analizar y supervisar las redes haya cobrado gran importancia. La supervisión de una red es una actividad fundamental ya que permite conocer con anticipación posibles caídas del

sistema y tener estrategias de contingencia para poder solucionarlos de forma oportuna.

El creciente avance tecnológico de la telefonía celular, pone al alcance del usuario sistemas cada vez más confiables. Su amplia cobertura permite que las comunicaciones lleguen cada vez a lugares más distantes, ofreciendo más servicios y mejorando el ancho de banda con tasas de transmisión más altas. El bajo costo y las múltiples funcionalidades ofrecidas por los sistemas de comunicación móvil, permiten la posibilidad de interactuar con sistemas de cómputo para desarrollo de aplicaciones y servicios específicos. Por tal razón, estos dispositivos son una buena herramienta para desempeñar tareas de supervisión y control remoto de procesos.

## **2. ARQUITECTURA DE RED Y PROTOCOLOS**

### **2.1 Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) y TCP/IP.**

La organización internacional de estándares (ISO), propone un modelo de referencia para la definición de arquitecturas de interconexión de sistemas de comunicaciones. Donde se descompone la complejidad del proceso en siete capas, cada una de ellas con características y funciones bien definidas.

Luego al ver el potencial de este marco de referencia la agencia DARPA plantea el modelo de descripción de protocolos Protocolo de control de Transmisión/ Protocolo de Internet (TCP/IP) en la década de los 70 (Stevens, 1994). El modelo TCP/IP, describe un conjunto de guías generales de diseño e implementación de protocolos de red específicos para permitir que una computadora pueda comunicarse en una red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando como los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario. Existen protocolos para los diferentes tipos de servicios de comunicación entre computadoras. TCP/IP tiene cuatro capas de abstracción según se define en el RFC 1122.

Para conseguir un intercambio confiable de datos entre dos computadoras, se deben llevar a cabo varios procedimientos por separado.

Las capas están jerarquizadas, cada capa se construye sobre su predecesora. El número de

capas y, en cada una de ellas, sus servicios y funciones son variables con cada tipo de red. Sin embargo, en cualquier red, la misión de cada capa es proveer servicios a las capas superiores haciéndoles transparentes el modo en que esos servicios se llevan a cabo. De esta manera, cada capa debe ocuparse exclusivamente de su nivel inmediatamente inferior, a quien solicita servicios, y del nivel inmediatamente superior, a quien devuelve resultados.

### **2.2 El protocolo de Internet (IP)**

Este protocolo descrito en el RFC 791, es uno de los más importantes en el modelo OSI, y parte integral del protocolo TCP/IP, IP sirve como protocolo universal que permite que cualquier computador en cualquier parte del mundo pueda comunicarse en cualquier momento.

Las tareas fundamentales de este protocolo son el direccionamiento de los datagramas de información y administración del proceso de fragmentación de dichos datagramas. Ofrece un servicio de envío de paquetes no orientado a la conexión y no confirmado, dicho servicio se conoce como de tipo “Mejor Esfuerzo”, la red hará todo lo posible por llevar los paquetes hacia su destino, pero no da garantías de la entrega, lo que implica que el paquete puede perderse, duplicarse, o llegar fuera de orden, y en el nivel de red es posible no se detecte estas dificultades. Si necesitamos una comunicación confiable entre dos aplicaciones deberá ser el nivel de transporte TCP o el propio nivel de aplicación los que se encarguen de ello.

### **2.3 Protocolo de Control de Transmisión (TCP)**

Protocolo de la capa de transporte explicado en el RFC 793, a nivel de aplicación posibilita la administración de datos que vienen del nivel más bajo, o van hacia el (es decir el protocolo IP). Cuando se entrega datos al protocolo IP, los agrupa en datagramas, fijando el campo del protocolo en 6 (indicando que el protocolo es TCP). El protocolo TCP está orientado a la conexión, de esta manera permite que dos máquinas que están comunicadas controlen el estado de la transmisión.

Sus principales características son:

- Permite colocar los datagrama nuevamente en orden cuando vienen del protocolo IP.
- Realiza el monitoreo del flujo de los datos y así evita la saturación de la red.

- Admite que los datos se formen en segmentos de longitud variada para entregarlos al protocolo IP.
- Permite multiplaje de datos, es decir, que la información que viene de diferentes fuentes (por ejemplo aplicaciones), se transmitan por la misma línea simultáneamente, y
- Permite comenzar y finalizar la comunicación amablemente

Este protocolo tiene un sistema de reconocimiento (ACK), independientemente de las capas inferiores, de esta forma los enrutadores (que funcionan en la capa de internet) solo tienen que enviar los datos en forma de datagramas, sin preocuparse del monitoreo de datos.

Otra función del TCP es la capacidad de controlar la velocidad utilizando su capacidad para emitir mensajes de tamaño variable, estos mensajes se denominan segmentos.

## 2.4 Protocolo de Control de Mensajes en Internet (ICMP)

Según el RFC 792, el protocolo ICMP se encarga de informar al origen si se ha producido algún error durante la entrega de su mensaje. Este protocolo no solo se encarga de notificar los errores sino que también transporta diferentes mensajes de control.

El protocolo ICMP solamente informa de incidencias en la red pero no toma ninguna decisión. Esto será responsabilidad de las capas superiores. Los mensajes ICMP viajan en el campo de datos de un datagrama IP, como se muestra en la fig. 1.

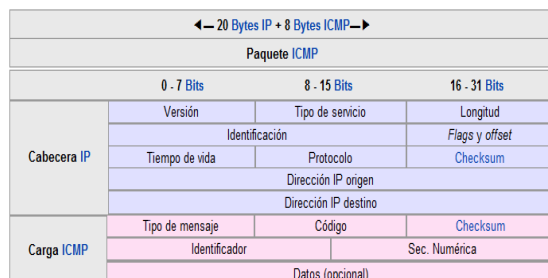


Fig. 1. Mensaje ICMP, datagrama IP

Cuando un enrutador o un host de destino deben informar al host emisor acerca del procesamiento de datagramas, utiliza el ICMP y se caracteriza de la siguiente manera:

- ICMP usa IP como si ICMP fuera un protocolo de nivel superior (es decir los

mensajes ICMP se encapsulan en datagramas IP). Sin embargo ICMP es parte integral de IP y debe ser implementado por todo modulo IP (Wikipedia, 2011).

- ICMP se usa para informar sobre algunos errores, no para hacer IP confiable. Aun puede ocurrir que los datagramas no se entreguen y que no se informe de su pérdida. La confiabilidad debe ser implementada por los protocolos de nivel superior que usan IP.
- El ICMP puede informar de errores en cualquier datagrama IP con la excepción de mensajes IP, para evitar recepciones infinitas.
- Los mensajes ICMP nunca se envían en respuesta a mensajes ICMP de error. Pueden enviarse en respuesta a mensajes ICMP de consulta (los tipos de mensaje 0, 8, 9, 10, 13 al 18).
- El RFC 792 establece que los mensajes ICMP pueden ser generados para informar de errores producidos en el procesamiento de datagramas IP, no que deban.

Como el protocolo IP no es fiable puede ocurrir que un mensaje ICMP se pierda o se dañe. Si esto llega a ocurrir, no se creará un nuevo mensaje ICMP sino que el primero se descartará.

Los mensajes ICMP (Fig. 2) comienzan con un campo de 8 bits que contienen el tipo de mensaje. El resto de campos son diferentes para cada tipo de mensaje ICMP.

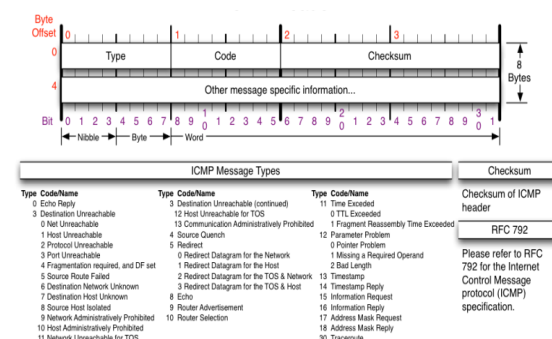


Fig. 2. Tipos de Mensaje ICMP.

### 2.4.1 PING (Packet InterNet Groper)

Es una sencilla aplicación de TCP/IP, se envió uno o más datagramas a un host de destino, solicitando una respuesta y mide el tiempo que tarda en retornar la respuesta. Si se puede hacer un ping a un host esto quiere decir que el host destino está respondiendo, y por ende es accesible a través de la red.

El comando Ping depende del protocolo ICMP, el cual permite diagnosticar las condiciones de transmisión. Utiliza dos tipos de mensaje de protocolo:

- 0: que corresponde a la solicitud de eco, enviado por la máquina fuente.
- 8: el cual corresponde a la respuesta de eco, enviado por la máquina de destino.

Con intervalos regulares (predeterminados por segundo), el host emisor (donde se ejecuta el comando ping), envía una solicitud de eco a la máquina de destino. Cuando se recibe el paquete respuesta de eco, la máquina fuente muestra una línea que contiene cierta información. En caso de no recibir una respuesta aparecerá una línea indicando que el tiempo de espera de solicitud ha finalizado.

## 2.5 Arquitectura de Red GSM

La fig. 3, ilustra la arquitectura de una red móvil terrestre pública GSM, una estación móvil es denotada como MS. Una celda se forma por el radio de cobertura de una estación base de transceiver (BTS), varias BTSs reunidas son controladas por un controlador de estación base (BSC). La BTS y la BSC forman el subsistema de estación base (BSS). El tráfico combinado de las estaciones móviles en sus respectivas celdas es enrutado a través de un conmutador, el centro de conmutación móvil (MSC) y las conexiones que se originan o terminan en la red fija son administrados por una compuerta en el centro de conmutación móvil (GMSC) (Bettstetter, 1999).

Se requiere de bases de datos para el proceso de señalización, control y gestión de la red: el registro de ubicación local (HLR), el registro de ubicación visitado (VLR), el centro de autenticación (AUC), y el registro de identidad del equipo (EIR). Para los usuarios con servicio habilitado para un operador de red, la información permanente tal como perfil de usuario es almacenada en el HLR. Para una llamada entonces el HLR es consultado para determinar la ubicación actual. El VLR se encarga de manejar un grupo de áreas de ubicación y almacena los datos de aquellos usuarios que están actualmente en esta área, igualmente puede asignar y almacenar datos locales como una identificación temporal. El AUC genera y almacena datos relacionados con seguridad tal como claves usadas para autenticación y encriptación, mientras que el EIR registra los datos del equipo en lugar de los datos del suscriptor.

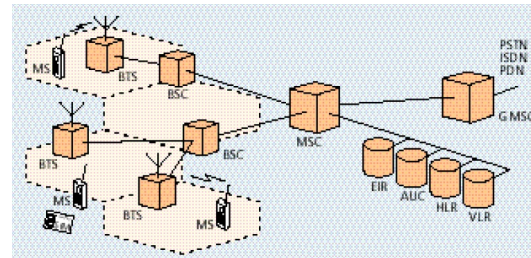


Fig. 3. Arquitectura de una red GSM

El servicio general de radio paquetes GPRS (Bettstetter, 1999) es un nuevo servicio portador para GSM que mejora y simplifica considerablemente el acceso inalámbrico a redes de paquetes de datos, por ejemplo a Internet, igualmente mejora la utilización de los recursos de radio, ofrece facturación basada en volumen, altas tasas de transferencias de datos y tiempos de acceso más cortos. Aplica el principio de radio paquetes para transferir paquetes de datos de usuarios en una forma eficiente entre estaciones móviles GSM y redes de datos de paquetes externos. Los paquetes pueden ser enrutados directamente desde las estaciones móviles GPRS a las redes de conmutación de paquetes.

## 2.6 Servicio de Mensajes Cortos (SMS)

Servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos (también conocidos como mensajes de texto) entre teléfonos móviles, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano. SMS (Hillebrand, 2010) fue diseñado originariamente como parte del estándar de telefonía móvil digital GSM, pero en la actualidad está disponible en una amplia variedad de redes, incluyendo las redes 3G.

Dentro de sus características, un mensaje corto puede tener una longitud de hasta 160 caracteres, los cuales pueden ser palabras, números o una combinación alfanumérica. Los mensajes cortos no se envían directamente del remitente al receptor, sino que se envían a través de un centro de SMS. Cada red de telefonía móvil que utiliza SMS tiene uno o más centros de mensajería para manejar los mensajes cortos.

Como elementos adicionales a la arquitectura GSM se tiene la entidad de mensaje corto (SME), que es capaz de enviar o recibir mensajes cortos desde o hacia una estación móvil, y el centro de servicios de mensajes cortos (SMS-SC), nodo que tiene a cargo la funcionalidad de almacenamiento y reenvío de mensajes.



### 3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Como primera etapa, se desarrollo un software que se basa en un algoritmo dedicado principalmente a la supervisión de conectividad de los equipos de la red, donde se maneja una base de datos y características de configuración del mismo. Para el desarrollo de este algoritmo se utilizó Visual Basic 6.0 (García, 1999) ya que este contiene las herramientas necesarias que permiten desarrollar un sistema de monitoreo utilizando componentes propios del sistema operativo como lo es el protocolo ICMP.

En la segunda etapa se procede a la selección módem GPRS para la comunicación entre el servidor de la red que realiza la supervisión a través de la red GSM (Bettstetter, 1999) y la plataforma SMS. Se escogió el modulo de transmisión recepción MTX 65i ya que por sus características resulta ser un dispositivo con un optimo desempeño y de fácil implementación al sistema.

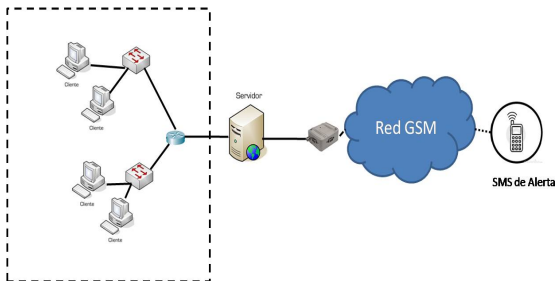


Fig. 4. Arquitectura del sistema implementado

#### 3.1 Desarrollo del algoritmo e implementación del programa.

En la fig. 4 se observa la arquitectura implementada incluyendo el monitoreo de la red que pasa a través del servidor en el cual está instalada la aplicación, hasta el envío de la alerta vía SMS por medio del modem GPRS al administrador de la red. La aplicación se denominó SINAPSIS, y su descripción es como sigue:

**Acceso a la aplicación:** Al ejecutar la aplicación, se desarrollo una ventana de diálogo que permite la autenticación de un usuario y que involucra nombre de usuario y contraseña.

**Interfaz de usuario:** La pantalla de inicio hace posible acceder a distintas opciones del menú.



Fig. 5. Pantalla principal (menú) del programa.

**Administración:** al oprimir el icono administración se podrá observar una pantalla donde se configura el tipo de mensaje que se desea enviar al administrador (Fig. 5 y 6), dirección IP de los equipos de la red a la cual se le va a realizar la supervisión, asimismo se configura el nombre del equipo, nombre de él o los administradores responsables con su respectivo número de teléfono celular para que le sea enviada la alerta por mensaje de texto. Este admite un número amplio tanto de direcciones IP como de administradores ya que estos mismos son registrados en una base de datos configurada específicamente para esta tarea y exportada al programa en curso.



Fig. 6. Pantalla administración del programa

**Consulta:** Esta opción permite verificar información de la base de datos y realizar consultas de las mismas sobre un equipo en particular o en un intervalo de fecha específico, además es posible guardar la consulta en un formato de Excel, por si se requiere hacer un reporte o llevar algún tipo de estadística. Como también se observa en (Fig. 7) es posible verificar datos muy importantes como fecha de caída, hora de caída y fecha de subida de los equipos que hayan presentado problemas de conectividad en el monitoreo de la red y también el tipo de error ICMP que se haya presentado.

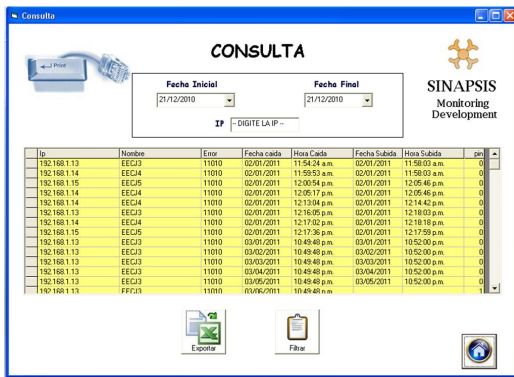


Fig. 7. Pantalla para la consulta del programa

**Monitoreo:** Facilita el monitoreo de la red, este es el corazón por así llamarlo de todo el sistema, se visualiza la supervisión de la red de forma continua enviando PING desde el servidor a todos los equipos de la red basado en protocolo ICMP, cada vez que ocurre una desconexión envía la información a la base de datos para su almacenamiento, con detalles como la hora y fecha de caída y de subida para cuando sea restablecido el servicio, (Fig. 8). También contiene la rutina en la cual se hace la comunicación con el modulo GSM MTX 65i (Pérez, 2011), y mediante los comandos AT envía el mensaje deseado al administrador. Esencialmente se solicita a través de comandos tales como peticiones y respuestas ya sean correctas o incorrectas.

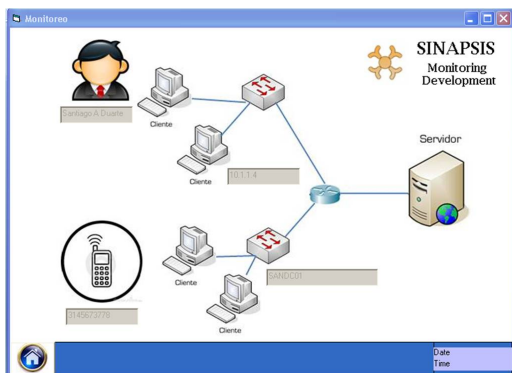


Fig. 8. Monitoreo de la red.

El algoritmo diseñado para llevar a cabo la supervisión de los equipos, es simple y consiste en incorporar un número  $n$  de equipos registrados en la red a la base de datos, a los cuales a través del comando *ping* del ICMP, se les verifica el estado de conexión, de manera simultánea se actualiza el registro con esta información en la base de datos, si el umbral es superado se habilita el envío del mensaje al administrador de la red.

Para lograr comunicar el modulo GSM MTX65 i fue necesario hacer una adecuacion por software entre el modulo y el programa ya que el modem trabaja por puerto USB. Por lo tanto, fue necesario hacer un puerto virtual en Visual Basic 6.0 (García, 1999) utilizando el MSComm1.CommPort, de esta forma fue posible la correcta comunicación entre software y hardware del sistema implementado (Fig. 9).

**Configuración:** Permite ajustar los dos parámetros principales que son:

- **Umbral:** en la mayoría de las redes ocurren ciertas desconexiones recurrentes que no afectan gravemente la operación de la misma y por ende esta puede trabajar sin ningún problema, esta opción permite graduar el número de desconexiones crítico que puede soportar una red determinada.
- **Com:** esta opción permite configurar con que puerto del equipo se va a comunicar el modem GSM para el envío de los mensajes.

Continuamos con la opción que brinda el botón "consola" la cual permite ejecutar el símbolo de sistema (CMD) con fines de verificación de parámetros, ya sea que se desee conocer la dirección IP, utilizar un *tracert* o un ping independiente o reiniciar un equipo remotamente.



Fig. 9. Pantalla para acceder al monitoreo de la red del programa

### 3.2 Implementación del Sistema de Mensajería

Este es un modulo con una combinación ideal de modem GSM-GPRS (Cuatribanda, GPRS clase 12), con un receptor GPS de última generación (16 canales, AGPS, DGPS, alta sensibilidad -158 dBm) teniendo la posibilidad de una interfaz serie RS232, puerto USB, entradas/salidas, bus I2C/SPI.

Este terminal también posibilita embeber la aplicación interna JAVA. Integra una potente pila TCP-IP. Es un modem muy completo que permite una fácil implementación en el sistema ya que gracias a sus características permite una comunicación eficiente con la SMSC (Central de Servicio de Mensajes Cortos) y de esta manera una rápida respuesta al enviar el mensaje al administrador para solucionar los problemas que se presenten en la red supervisada.

El sistema es puesto a prueba satisfactoriamente en una red local de computadores donde se realizaron conexiones y desconexiones en la red comprobando así la funcionalidad del sistema y obteniéndose el correcto envío de los mensajes al administrador y su correcto almacenamiento en la base de datos.

Ip	Nombre	Error	Fecha caída	Hora Caída	Fecha Subida	Hora Subida	pin
192.168.1.13	EEC3	11010	01/02/2011	11:54:24 a.m.	01/02/2011	11:58:03 a.m.	0
192.168.1.14	EEC4	11010	01/02/2011	11:59:53 a.m.	01/02/2011	11:58:03 a.m.	0
192.168.1.15	EEC5	11010	01/02/2011	12:00:54 p.m.	01/02/2011	12:05:46 p.m.	0
192.168.1.14	EEC4	11010	01/02/2011	12:05:17 p.m.	01/02/2011	12:05:46 p.m.	0
192.168.1.14	EEC4	11010	01/02/2011	12:13:04 p.m.	01/02/2011	12:14:42 p.m.	0
192.168.1.13	EEC3	11010	01/02/2011	12:16:05 p.m.	01/02/2011	12:18:03 p.m.	0
192.168.1.14	EEC4	11010	01/02/2011	12:17:02 p.m.	01/02/2011	12:18:18 p.m.	0
192.168.1.15	EEC5	11010	01/02/2011	12:17:36 p.m.	01/02/2011	12:17:59 p.m.	0
192.168.1.13	EEC3	11010	01/03/2011	10:49:48 p.m.	01/03/2011	10:52:00 p.m.	0
10.1.1.4	SANCO01	11003	01/08/2011	11:51:15 a.m.	01/08/2011	11:55:54 a.m.	0
192.168.1.14	EEC4	11003	01/08/2011	11:51:15 a.m.			1
192.168.1.15	EEC5	11003	01/08/2011	11:51:15 a.m.			1
192.168.1.16	EEC6	11003	01/08/2011	11:51:15 a.m.			1
192.168.1.50	EECIAADMIN	11003	01/08/2011	11:51:15 a.m.			1

Fig. 10. Registro de información sobre la supervisión de la red.

En la (fig. 10) se muestra el resultado obtenido al realizar las pruebas en la red mediante el reporte generado por la base de datos, incluyendo información detallada del evento.

#### 4. CONCLUSIONES

En el trabajo se desarrolló un prototipo de sistema de supervisión de conectividad innovador que permite el envío de mensajes cortos informando sobre situaciones de alerta al administrador de la red.

Las aplicaciones de supervisión se apoyan en las bondades de los sistemas de transmisión de datos móviles bajo las redes GRPS, las cuales evitan el desgaste en talento humano con desplazamientos para verificación de fallas que pueden ser solucionados de manera remota, generalmente, los errores que más se presentan en una red, son del tipo “*tiempo de respuesta agotado*”, indicando que el adaptador de red se encuentra desconectado.

#### REFERENCIAS

- Bettstetter, C. et Al. (1999) *GSM Phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface*. IEEE Communications Surveys, Vol. 2, No. 3.
- García de Jalón, J. y otros (1999). *Aprenda Visual Basic 6.0*. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad De Navarra. San Sebastian, España.
- Hillebrand, F. et Al. (2010) *Short message service (SMS). The creation of personal global text messaging*. John Wiley & Sons, Primera edición, USA.
- Stevens, R. (1994) *TCP/IP Illustrated, Volume I*. Addison-Wesley, First Edition, USA

#### SITIOS WEB

Descripción básica de los módulos MTX 65i v3 y MTX 65i +gV3. Obtenido de <http://www.matrix.es/Representadas/verRepresentada.asp?IDEmpresa=139> (Diciembre de 2010).

Pérez Urteaga, L.H. y Tejada Muñoz, G., Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú. *Supervisión y Monitoreo de Procesos Empleando Mensajes de Texto*. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/n18\\_2006/a03.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/n18_2006/a03.pdf) (Febrero 09 de 2011).

Wikipedia

*Internet Control Message Protocol*  
<http://es.wikipedia.org/wiki/ICMP>  
(Febrero de 2011).