

Telemonitoreo de datos cardiacos y respiratorios a través de un sistema Web con JSP

Cardio and Respiratory Dates
Telemonitoring through a
Web System with JSP

César Viloría Núñez*
 Jairo Cardona Peña**
 Iván Saavedra Antolinez***
Universidad del Norte (Colombia)

* Ingeniero electrónico, magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación, profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Norte. *caviloria@uninorte.edu.co*

** Ingeniero electrónico, magíster en Telemática, coordinador de la Maestría en Telemática y Telecomunicaciones de la Universidad del Norte. *jacardona@uninorte.edu.co*

*** Ingeniero de Sistemas y Computación, especialista en Redes de Computadores, magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad del Norte, estudiante del Doctorado en Ingeniería Industrial de University of Wisconsin-Milwaukee. *iv.saavedra@uninorte.edu.co*

Correspondencia: César Viloría Núñez, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad del Norte. Km 5 vía Puerto Colombia. Barranquilla, Atlántico.

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de un sistema de información que permite la adquisición y la administración de información relacionada con los signos vitales como la presión arterial, la frecuencia cardiaca y respiratoria, y la saturación de oxígeno en la sangre de un paciente. La implementación del sistema se basa en una solución Web, permitiendo así que médicos especialistas puedan monitorear a sus pacientes desde cualquier punto conectado a la red en tiempo real y, al mismo tiempo, dar indicaciones críticas al personal médico que se encuentra en el lugar con el paciente.

Palabras clave: telemonitoreo, telemedicina, sistema Web.

Abstract

This paper presents the development of an information system for the collection and management of relevant information about vital signs such as blood pressure, heart and respiratory frequency, and oxygen saturation in the blood of a patient. The implementation of this system is based on a Web platform, allowing expert medical specialists to monitor their patients remotely via Web in real time in order to give indications to the medical personal who are with patient.

Keywords: telemonitoring, telemedicine, web applications.

Fecha de recepción: 8 de mayo de 2013
Fecha de aceptación: 21 de julio de 2013

1. INTRODUCCIÓN

El cuidado de la salud se ha convertido en una bandera fundamental en los profesionales de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC). La práctica de las ciencias de la salud de manera remota a través de sistemas de telecomunicaciones ha involucrado los ámbitos de la asistencia, la educación y la atención crítica, incrementando los niveles de desarrollo y cobertura [1], [2].

Entre las diferentes prácticas de la telemedicina, una muy importante es la posibilidad de obtener datos e información de pacientes de manera remota. Gracias al telemonitoreo, médicos y familiares de pacientes tienen la posibilidad de acceder a la red para observar en línea su evolución médica [3], [4]. En este sentido, se pueden prestar servicios de Tele-UCI, en los que un especialista no asiste a la unidad de cuidados intensivos, sino que accede remotamente a los signos vitales del paciente y le da indicaciones al personal de la unidad [5].

Este tipo de tecnologías brinda grandes beneficios, puesto que ya no habría limitación física y de desplazamiento para que un experto pueda valorar a un paciente. Por el contrario, a través de las TIC, con una conexión a Internet, cualquier especialista, en cualquier lugar del mundo, podría tener acceso a la información vital del paciente (en tiempo real) y así emitir conceptos que pueden ser de gran ayuda al personal que lo atiende personalmente en la unidad médica.

En este artículo se muestra un sistema soportado en una aplicación Java, que toma la información de los signos vitales de un paciente de la unidad de cuidados intensivos, medida por un monitor Datascope Trio, y permite visualizarla en un computador. Luego, la información es cargada en un servidor Web para que los médicos puedan monitorear los signos vitales de sus pacientes remotamente desde cualquier equipo con acceso a Internet en tiempo real, para luego hacer observaciones y recomendaciones acerca de él.

2. METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología de la ejecución del proyecto, que inicia con una descripción de la comunicación con el monitor de signos

vitales, seguida por las características técnicas de la aplicación Java y su respectiva comunicación con la base de datos. Luego, las características del entorno Web para el acceso remoto. Por último, se muestran algunas pruebas y resultados, para finalizar con algunas conclusiones del trabajo. La selección del equipo Datascope Trio para el desarrollo de la aplicación se debe a que es el equipo utilizado en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Universidad del Norte, lugar donde se realizó la implementación.

Datascope Trio y su comunicación

Un Datascope Trio es un equipo utilizado en centros médicos (clínicas, hospitales, etc.) para monitorizar los signos vitales de los pacientes. Entre las variables que se pueden monitorizar se encuentran la presión cardíaca, el flujo respiratorio o la saturación de oxígeno en la sangre [6]. Dichos equipos constan de una interfaz serial, mediante la cual es posible recibir información a través de un protocolo diseñado por el fabricante [7].

Para adquirir la información del monitor de signos vitales se hace uso del protocolo de comunicación de los equipos Datascope Trio, *Datascope Improved ASCII Protocol (DIAP)*, que trabaja en la capa de aplicación del modelo de referencia OSI. La información transmitida por este protocolo es mostrada en la figura 1 y descrita en la tabla 1. Se utiliza un bloque de código de redundancia cíclica (CRC) [8], que consta de un número hexadecimal calculado por medio de un algoritmo definido por el fabricante del Datascope Trio. El algoritmo calcula el CRC dependiendo de la información contenida entre los signos "< >" de la estructura del mensaje del protocolo DIAP [7].

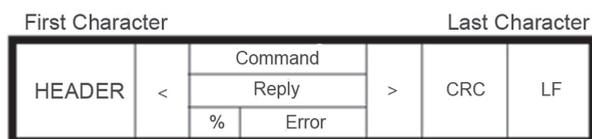


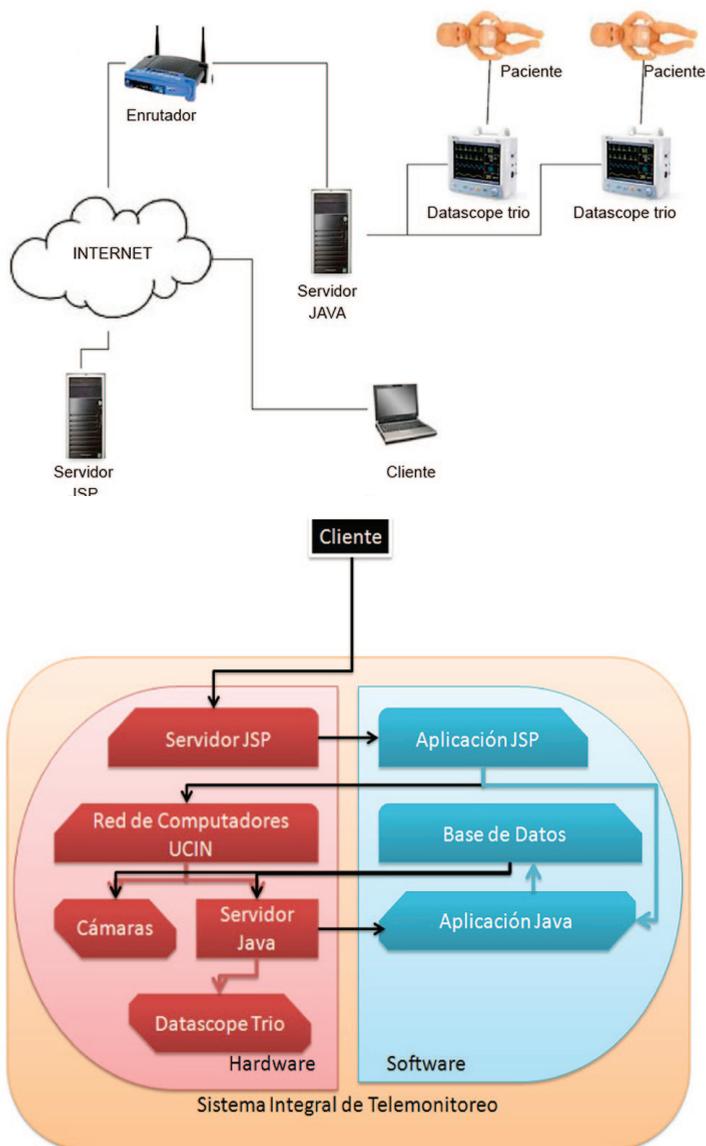
Figura 1. Información del protocolo DIAP implementado por el equipo Datascope Trio. Tomada de [7].

Tabla 1. Descripción del mensaje de la comunicación entre el *Datascope Trio* y el PC

Ítem	Descripción	Tipo
HEADER	DIAPxxx, donde: xxx es el número del canal entre 000 y 999. -Para un monitor de paciente es 000. -Para un monitor central es entre 001 y 999.	Carácter literal ASCII + numérico decimal ASCII.
<, >	Caracteres de delimitación	Cadena ASCII literal
CRC	Es una comprobación de redundancia cíclica.	Número hexadecimal ASCII
LF	Es un carácter ASCII de pie de línea	Carácter ASCII literal

La figura 2 muestra el modelo general del sistema de monitorización. Un servidor Java obtiene la información proveniente de los monitores de signos vitales. Así mismo, el servidor está conectado a un enrutador para la transmisión de dicha información hacia Internet. Unas cámaras IP que captan las imágenes de los pacientes se conectan al enrutador para transmitir las imágenes hacia Internet. El cliente realiza su conexión directa con una página Web desarrollada en JSP que se encuentra alojada en un *hosting* ubicado en Internet.

Para establecer la comunicación, se basó en la interfaz de programación de aplicaciones (API) *RXTXcomm*, interfaz de aplicación programable de código libre que permite una serie de clases que son de gran utilidad en el establecimiento de la comunicación serial [9]. Se creó una clase que tiene como función el reconocimiento de los puertos disponibles, la configuración de la conexión con el equipo *Datascope*, el envío y recepción de datos con el equipo ya mencionado.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Diseño general del sistema desarrollado.
a. Conexiones. b. Proceso lógico.

Conexión, envío y recepción

El método de conexión tiene como objetivo establecer los parámetros físicos de la comunicación utilizando el método *setSerialPortParams* perteneciente a la clase *SerialPort*.

Debido a que el equipo *Datascope* utiliza una comunicación petición / respuesta, la recepción de los datos fue configurada de tal forma que al recibir algún mensaje se atiende dicha petición. Por lo tanto, se diseñó un objeto con características orientadas al evento con el método *addEventListener* [10].

Para enviar el mensaje con la estructura estipulada por el protocolo DIAP, se creó el método *sendMessage* y se utilizó el método *getOutputStream*, que se usa para escribir un flujo de *bytes*, utilizando el método *write*.

Debido a que la petición de información por parte del Servidor Java al *Datascope* es repetitiva, se emplea un hilo de ejecución y no un ciclo común, ya que el hilo (*Thread*), permite realizar varias tareas a la vez debido a que se ejecuta en un segundo plano. El tiempo entre peticiones es de cinco segundos, valor escogido mediante las pruebas realizadas, en las cuales se notó que la variación de los datos en un tiempo menor a cinco segundos no era relevante. Esta información fue corroborada con sugerencias del personal médico de la UCI Neonatal del Hospital Universidad del Norte.

El objeto que encapsula la recepción de la información es de la clase *SerialReader*. En este método se utiliza un objeto buffer con el fin de almacenar *byte* por *byte* los datos provenientes del *Datascope*. Como la información proveniente del *Datascope* tiene la estructura del protocolo DIAP, fue necesario crear una clase en Java llamada *DiapResponseAnalyser*, la cual se encarga de obtener solo la información competente, es decir, los signos vitales del paciente para su posterior almacenamiento en la base de datos. La figura 3 muestra un diagrama UML que ilustra el código utilizado.

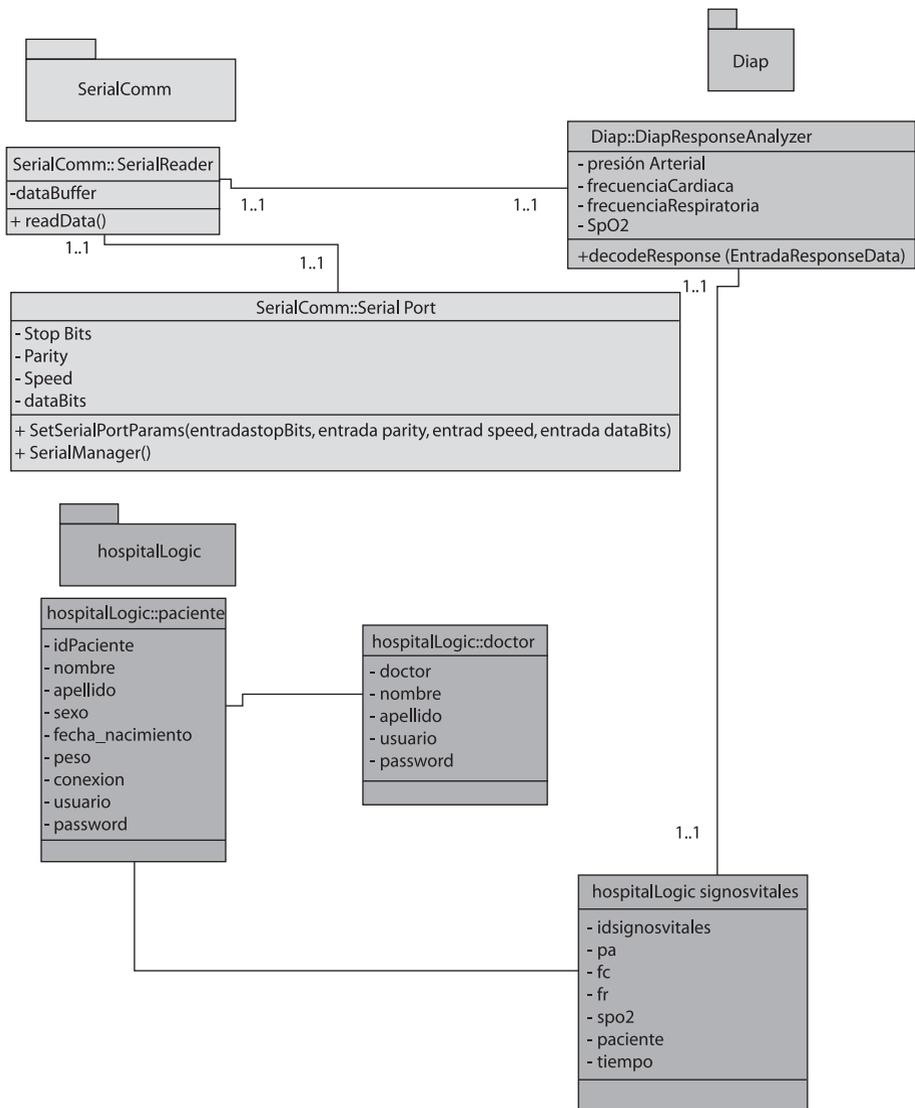


Figura 3. Diagrama UML del código implementado.

Modelo de la base de datos

Para la creación de la base de datos se analizaron los siguientes motores: MYSQL, Access y DB2, debido a que son los más conocidos y utilizados.

El sistema de gestión de base de datos DB2 es una herramienta que posee una interfaz amigable para su fácil uso y muy buena capacidad de almacenamiento de datos. Al compararse con MYSQL, ambos sistemas son confiables y robustos, sin embargo, DB2 es propiedad de IBM, lo que implica que no posee licencia gratuita, una desventaja frente a MYSQL. Por esta razón no se utilizó este motor de base de datos. En la tabla 2 se presentan los criterios que se tuvieron en cuenta en el momento de la selección del motor de base de datos, y en la figura 4 se presenta un diagrama de estrella de cada uno de los motores tomados en cuenta.

Se diseñó un modelo de base de datos capaz de cumplir con los requerimientos necesarios, para esto se utilizó el motor de base de datos MYSQL. Para realizar el diseño del modelo de base de datos se empleó la herramienta de *MYSQL Workbench*.

Tabla 2. Criterios de diseño para la selección del motor de base de datos

Criterios de diseño	
1	Código libre
2	Capacidad de almacenamiento
3	Robustez
4	Interfaz amigable

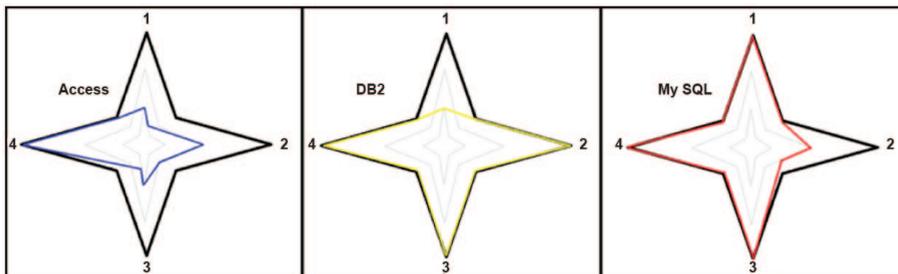


Figura 4. Comparación de los motores de base de datos respecto a los criterios establecidos.

Interfaz Web

Para la visualización remota de los signos vitales obtenidos por la aplicación mencionada y explicada anteriormente (DatascoppeTrio) se desarrollaron distintos archivos Web utilizando el lenguaje JSP (*Java Server Pages*), ya que permite agregar código Java dentro de un código HTML.

3. RESULTADOS

La figura 5 muestra la visualización de los signos vitales de un paciente bajo observación. Son mostrados los datos actuales de presión arterial, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y saturación (SpO_2), los cuales se actualizan cada cinco segundos. Este resultado es de gran importancia para el equipo médico, puesto que desde cualquier punto con conexión a Internet es posible monitorear al paciente, teniendo conocimiento en cada momento de su estado clínico y permitiendo una vigilancia directa para tener un criterio y dar indicaciones al personal que se encuentra en la misma sala con el paciente.

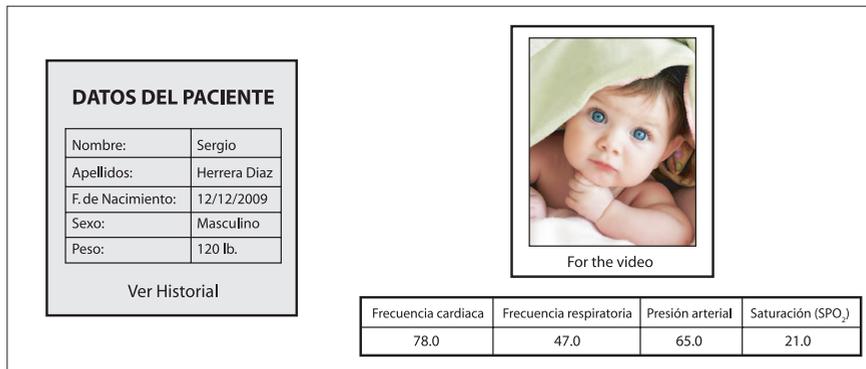


Figura 5. Visualización de los signos vitales del paciente.

El historial de los signos vitales del paciente desde su ingreso a la Unidad de Neonatos se observa en la figura 6. Este resultado es de gran importancia para el equipo médico, puesto que es posible analizar la evolución que ha tenido el paciente desde su ingreso y conexión al dispositivo.

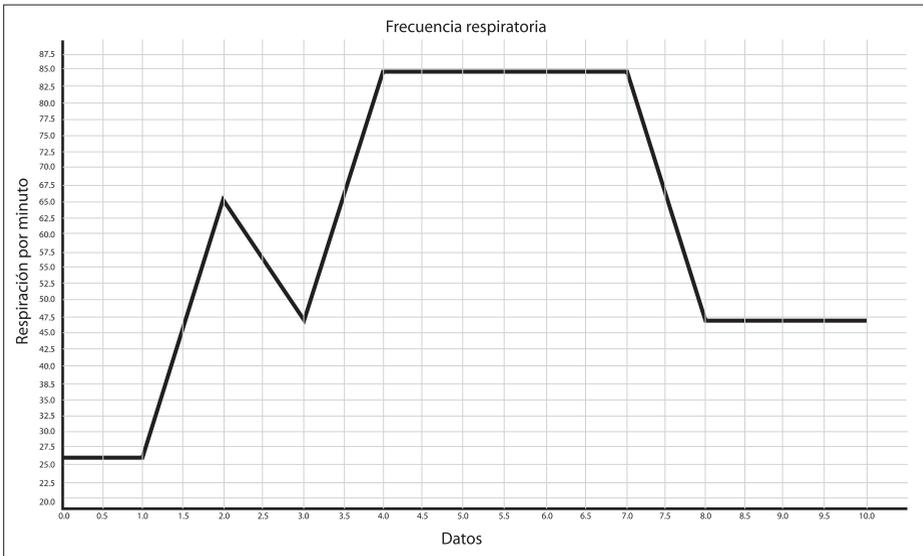


Figura 6. Visualización del historial de la Frecuencia Cardíaca en uno de los pacientes. En el eje X se encuentra el tiempo de evaluación y en el eje Y, la variable medida. En este caso, la frecuencia respiratoria.

4. CONCLUSIONES

La implementación de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) es, sin duda, una gran estrategia para la mejora de la prestación de servicios en distintas disciplinas. Diferentes aplicaciones telemáticas incrementan el rendimiento de profesionales de todas las áreas, en este caso, los profesionales del área de la salud.

A través de herramientas como la tratada en este documento, especialistas del cuidado crítico de la salud tienen la posibilidad de monitorear los signos vitales de los pacientes sin necesidad de encontrarse presencialmente en la unidad de cuidados intensivos. Esto permite que los médicos puedan atender reuniones, conferencias y otro tipo de encuentros, sin descuidar la salud del paciente.

Del mismo modo, un médico de confianza de la familia puede supervisar la evolución del paciente sin dejar sus compromisos de lado ni verse en la necesidad de desplazarse a la unidad donde se encuentra internado el paciente.

Una ventaja muy importante que presenta este tipo de aplicaciones es que las unidades de cuidados intensivos tienen la oportunidad de consultar opiniones de distintos especialistas, sin importar el lugar en el que se encuentren, y darle instrucciones al personal que se encuentra en la UCI sobre procedimientos a seguir. Así, el intercambio de conceptos y criterios no se limita a los médicos del hospital o de la misma ciudad, lo cual implica una gran ganancia en la relación costo-beneficio, debido a que sin invertir en traslados (tiempo, costos, etc.), un médico especialista puede emitir conceptos del paciente desde cualquier lugar del mundo con conexión a Internet.

Para continuar este proyecto se espera nutrir la aplicación con la inclusión de las curvas de electrocardiografía, oximetría y respiratoria para tener una visualización completa de los monitores de signos vitales de la Unidad de Neonatos del Hospital Universidad del Norte.

REFERENCIAS

- [1] C. Vioria, J. Cardona, C. Lozano. "Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina", *Ingeniería & Desarrollo*, n.º 25, pp. 200-217. Junio, 2009. DOI: 10.14482/indes
- [2] P. de Toledo Heras. "Propuesta de un modelo de sistema de telemedicina para la atención sanitaria domiciliaria". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid, España, 2003.
- [3] J. Bustamante, V. Sáenz, A. Amaya. "Sistema de telemonitoreo inalámbrico de eventos cardiacos para seguimiento de arritmias", in *IV Latin American Congreso on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*, pp. 948-952. 2008.
- [4] V. Alfonso, V. Huerta, S. Wong, G. Pasariello. "Metodología para la validación de sistemas de telemonitoreo electrocardiográfico". *IV Latin American Congreso on Biomedical Engineering 2007, Bioengineering Solutions for Latin America Health*, pp. 957-960. 2008.
- [5] I. Nadim, N. Miserque. "Programa Galaxia Fundación Cardiovascular de Colombia Floridablanca", *Revista Salud*, vol. 1, n.º 4, 2005.
- [6] D. Cortés, E. Chappuzeau, J. Argadoña. "Variación de los parámetros cardiovasculares en pacientes sometidos a cirugía de terceros molares incluidos bajo anestesia local asociada a vasoconstrictor", *Int. J. Odontostomat*, vol. 2, n.º 2, pp. 129-136, 2008.

- [7] DIAP Communication Protocol Service Manual. Datascope Corp, All rights reserved, pp. 1.1-1.2, 1994.
- [8] A. Medina. *Estudio teórico-práctico de los códigos de detección de errores por chequeo redundante cíclico*. Editorial QUITO, EPN, 1991.
- [9] *DIAP Communication Protocol Service Manual*. Mindray DS USA, Inc. New York, pp (Appendix A), 1994.
- [10] K. Jarvi, *Using RXTX*, 2006. Disponible en <http://users.frii.com/jarvi/rxtx/>