

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PILOTO DE TELEMEDICINA EN MENDOZA ¹

Cristian F. Perez*, **José M. Iniesta***, **Leonardo A. Sturba***, **Leonardo F. Villegas***,
Antonio A. Álvarez** y **Gustavo Mercado***

*Grupo de Investigación y Desarrollo en TICs - Telemedicina
Departamento de Electrónica
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza
Coronel Rodríguez 273. 5500 Mendoza. Tel. 0261 4239596.
{cristian.perez, gustavo.mercado}@gridtics.frm.utn.edu.ar
www.gridtics.frm.utn.edu.ar
e-mail:

**IRB (Instituto Regional de Bioingeniería)
Departamento de Electrónica
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza
Coronel Rodríguez 273. 5500 Mendoza. Tel. 0261 4239596.
www.irbutn.org

Abstract

Telemedicine is characterized for offering access to healthcare by using the new computer and communication technologies, independently of where the individual in need is. This report refers to the use of these technologies while outlining the development and implementation of a system for the monitoring and transmission cardiac signals with the purpose of replacing sanitary services in rural communities, where distance constitutes a critical factor. The main elements that make up the technological architecture and the network are: 1) the embedded systems, 2) Wireless Cardiac signal data loggers 3) Personal Computers PCs, 4) Personal Digital Assistants PDA, 5) Software and 6) Communication Infrastructure. Depending on the way we group these elements it is possible to distinguish three different alternatives, each one with its pros and cons for different applications. In all these alternatives, the data is sent to a server where the data of the biological variables are stored in a database, subject to later analysis and diagnosis. So far, the results obtained have been satisfactory both in the manufacturing of the data logger as well as the data transmission.

Key words: Technology, Communications, Information, Telemedicine, Embedded Systems, Cardiac signal

¹ Trabajo soportado por Proyectos Federales de Innovación Productiva PFIP 2005 Expte SCTIP Nro 0839/05

Resumen

La telemedicina se caracteriza por utilizar las nuevas tecnologías informáticas y de comunicaciones para ofrecer acceso a la salud, independientemente del lugar donde se encuentre quien lo necesite. Este informe hace referencia a la utilización de dichas tecnologías al plantear el desarrollo e implementación de un sistema de telemedicina, para la transmisión y monitoreo de señales cardíacas, con la finalidad de suplir atención sanitaria en comunidades rurales, donde la distancia constituye un factor crítico. Los actores principales que conforman la arquitectura tecnológica y la red son: 1) Sistemas Embebidos, 2) Adquisidores de Señales Cardíacas Inalámbricos, 3) Computadoras Personales PC, 4) Asistentes Digitales Personales PDA 5) Software y 6) Infraestructura de Comunicación. Según se agrupen estos elementos es posible distinguir tres alternativas o unidades, que de acuerdo con sus ventajas y desventajas serían aplicables a diferentes usos. En todos los casos la transmisión es realizada hacia un servidor, donde los datos correspondientes a las variables biológicas son almacenados en bases de datos, pudiendo ser luego objeto de análisis y diagnóstico. Hasta el momento los resultados obtenidos en ambas alternativas han sido satisfactorios, tanto en la fabricación del adquisidor de señales y como en la transmisión de los datos.

Palabras clave: Tecnología, Comunicaciones, Información, Telemedicina, Sistemas embebidos, Señales cardíacas.

1- INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología, ha permitido que cada día sea más común encontrar en hospitales y centros de salud, elementos como PCs, redes de computadoras, sistemas de comunicación, etc. Por otra parte, se presenta la necesidad de descentralizar los servicios de salud, ampliar la cobertura y mejorar la calidad de atención en favor de quienes no tienen acceso a dicha atención por razones de lejanía de las zonas urbanas y por falta de personal y/o equipo médico acordes a su patología. También, el analizar la forma de evitar desplazamientos innecesarios a niveles de atención más altos por falta de elementos de diagnóstico para prevención, detección temprana o determinación de patologías y tratamiento preventivo o correctivo en lugares de origen. Un dato de importante, es que: las enfermedades Cardiovasculares, los Tumores y las Enfermedades por Causas Externas son responsables del 70,1% de las defunciones del país. Muchas de ellas son evitables con acciones de promoción y prevención, especialmente en las edades de la infancia, la adolescencia, y de los adultos jóvenes. Por otra parte, es notorio el descenso de la tasa de fecundidad, mientras la población va envejeciendo y se tienen cifras cada vez más importantes de personas de la tercera edad, factor que influye en la aparición de enfermedades crónicas y degenerativas que pueden llegar a generar altos costos en los sistemas de salud, por lo que un tratamiento preventivo temprano es importante.

Uno de los planteos, para lograr la solución a varios de los problemas mencionados anteriormente, es la confluencia de actividades (Figura N° 1) como la "electrónica e informática" y la "medicina". De esta manera se incursiona en el ámbito de la Telemedicina [1], definida por la OMS (Organización Mundial de la Salud) como:

“El suministro de servicios de atención sanitaria, en los que la distancia constituye un factor crítico, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información y de la comunicación con objeto de intercambiar datos para hacer diagnósticos, preconizar tratamientos y prevenir

enfermedades y heridas, así como para la formación permanente de los profesionales de atención de salud y en actividades de investigación y evaluación, con el fin de mejorar la salud de las personas y de las comunidades en que viven.”[2]

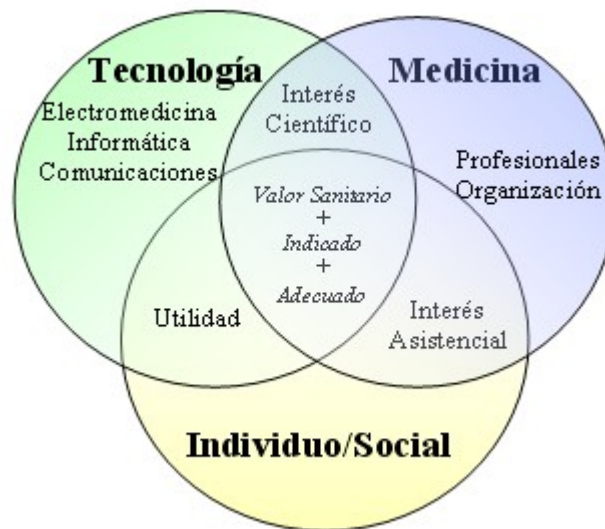


Figura N° 1. Confluencia de distintos aspectos y disciplinas.

Concretamente podemos aceptar que Telemedicina significa "utilizar las nuevas tecnologías informáticas y de telecomunicaciones para poder ofrecer la atención al paciente allí donde se encuentre" [2].

En la actualidad existen en todo el mundo muchos proyectos, aplicaciones y actividades referidas con esta disciplina y la proliferación de la misma, cada vez es mayor. [3-4]

Es por ello que creemos muy importante, dar un primer paso en la instauración de sistemas de telemedicina en Mendoza, como un mecanismo de optimización de los recursos limitados existentes para la salud. Incrementando así el acceso por parte de la comunidad a la misma sin que las condiciones topográficas signifiquen una limitante. Implementar además, la existencia real de bases de datos actualizadas para fijar políticas de prevención, promoción y atención terapéutica en salud.

El proyecto, en este informe presentado, tiene por objetivo principal el hacer uso de las tecnologías de la información y de las comunicaciones para el desarrollo e implementación de un Sistema Piloto de Telemedicina, en la ciudad de Mendoza - Argentina.

La configuración y filosofía del sistema planteado está basado en el Modelo o Arquitectura Cliente – Servidor. Esta arquitectura agrupa conjuntos de elementos que efectúan procesos distribuidos de manera cooperativa. El cliente representa al proceso que inicia el diálogo o solicita los recursos y el servidor al proceso que responde a las solicitudes [5].

La mayoría del software propuesto a utilizar, especialmente en el servidor, es SL (Software Libre). Permittiéndonos así, una reducción significativa de los costos asociados al licenciamiento, mantenimiento y reforma del mismo.

En la (Figura N° 2) se muestra el sistema propuesto con todos sus elementos, formado por: un subsistema cliente embebido destinado al cuidado hogareño (Home-Care), un subsistema cliente con PC destinado a la realización de electrocardiogramas (ECG) de rutina en los Centros o Puestos de Salud, un subsistema cliente embebido con un PDA (Asistente Digital Personal) y un servidor (Hospital de Referencia) encargado de recibir la información que envían los subsistemas y almacenar la misma en bases de datos, permitiendo así la realización de diagnósticos de pacientes con la información e historial mantenido.

2- ELEMENTOS Y METODOLOGÍA

Como se observa en la Figura N° 2, hay tres unidades remotas diferentes, las cuales se adaptan a los diferentes escenarios propuestos: Centro de Salud, Unidad Ambulatoria y Home-care. Dichas unidades remotas, cuentan con un módulo de adquisición de señales cardíacas inalámbrico portable ECG-Bluetooth [6]. A continuación se describirán cada uno de estos subsistemas.

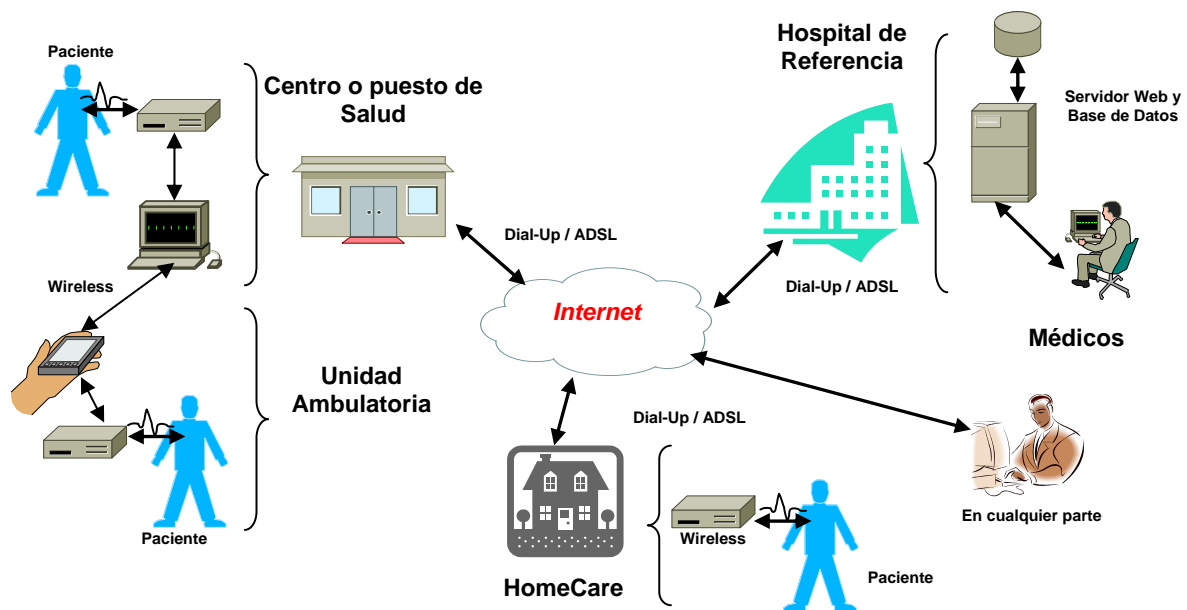


Figura N° 2. Sistema propuesto

2.1 Módulo ECG-Bluetooth de Adquisición de Señales Cardíacas:

La actividad bioeléctrica cardíaca tiene su origen en la actividad bioeléctrica de cada célula muscular cardíaca (necesaria para contraerse). Esta actividad electromecánica se produce según un orden estricto en cada latido [7]. La forma típica de la señal es la siguiente (Figura N° 3) [8]:

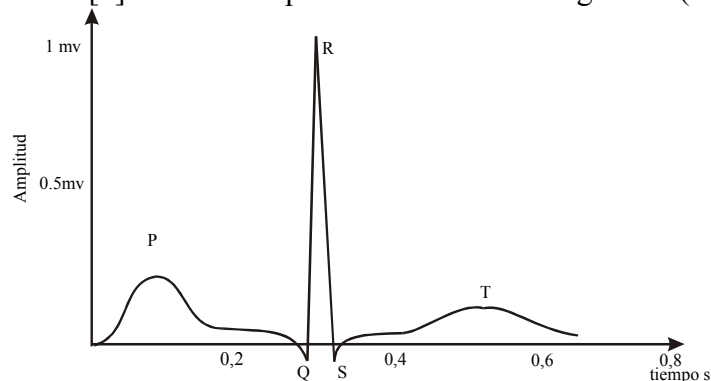


Figura N° 3. Señal cardíaca típica.

Las ondas P, QRS y T reflejan la despolarización y la repolarización eléctrica, rítmicas, del miocardio asociadas con las contracciones de las aurículas y los ventrículos. La amplitud de esta señal, es del orden de los [mV] y con componentes en frecuencias inferiores a los 100 Hz [9].

El electrocardiograma es el registro gráfico de dicha actividad o la visualización por medio de los potenciales, variables con el tiempo, producidos por el miocardio durante el ciclo cardíaco. Se utiliza clínicamente para diagnosticar diversas enfermedades y condiciones asociadas con el corazón. Además sirve como referencia temporal para otras medidas. En condiciones patológicas, se pueden producir ciertas alteraciones en el ECG.

Mediante la utilización de electrodos debidamente localizados en el cuerpo, amplificadores diferenciales para elevar la amplitud de la señal y filtros que eliminen señales indeseadas es posible registrar una señal cardíaca apta para la realización de diagnóstico.

2.1.1 Módulo ECG:

Formado básicamente en los siguientes 3 bloques (Figura N° 4):

- Etapa amplificadora diferencial.
- Etapa de filtrado y acondicionamiento de señal.
- Etapa digitalizadora y convertora de niveles (puerto de comunicación).

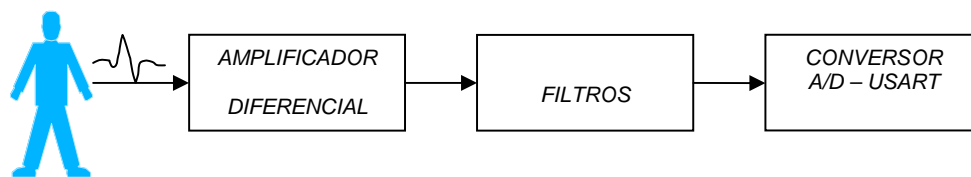


Figura N° 4. Amplificación y Digitalización de la señal cardíaca.

Se desarrolló la etapa amplificadora, la cual recibe a través de los electrodos de Plata-Cloruro de Plata y el cable paciente, los potenciales bioeléctricos del cuerpo humano. Debido a las características de la señal biológica generada por el corazón (Figura N°3), y al entorno en que se desarrolla la adquisición de las mismas, fue necesario incorporar etapas de amplificación y filtrado para su posterior digitalización. Para lo cual se utilizaron amplificadores de instrumentación con elevada impedancia de entrada, ($Z_{in} \approx 10^{10}$ Ohms) y una relación de rechazo en modo común CMRR de ≈ 100 dB.

2.1.2 Módulo Bluetooth:

Una vez finalizado el prototipo definitivo del ECG, se reemplazó la conexión cableada de datos serie a la PC, por una interfase inalámbrica Bluetooth. Esto se realizó mediante la interfase serie, que posee el Módulo ECG, a través de una conexión serie virtual, utilizando un módulo Bluetooth KC111 y KC121 de KC WireFree U.S.A (Figura N° 5). Una vez resuelta la etapa de conexión física ECG-Bluetooth, se realizó la programación manual del KC121, mediante un set de instrucciones/comandos AT específicos para la configuración de parámetros de dicho módulo, tales como el bit-rate, control de datos, etc, para compatibilizarlo con el dispositivo ECG. La programación mediante comandos AT, se realizó usando el Hiper Terminal de WindowsXP.

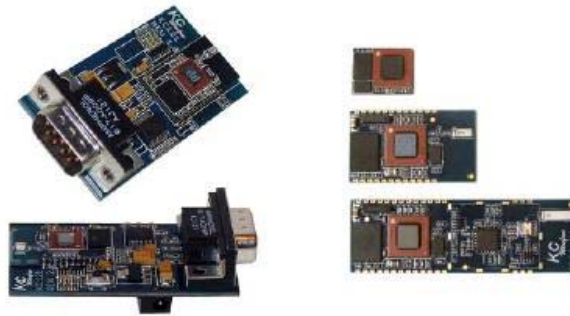


Figura N° 5 – Módulos Bluetooth KC111 y KC121 de KC WireFree U.S.A.

2.2 Unidad Remota (Home-care)

La utilización de un dispositivo embebido junto con el módulo ECG-Bluetooth de adquisición conectado a uno de sus puertos serie, configuran un subsistema que identifica uno de los tipos de unidades de cuidados coronarios propuestos. La Figura N° 6 ilustra la red que forma el mismo con el resto del sistema.

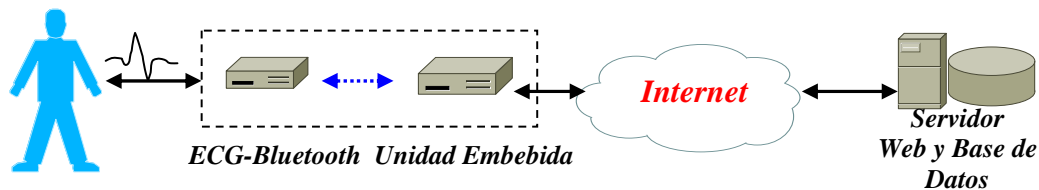


Figura N° 6. Red de la unidad de monitoreo.

Esta unidad está compuesta por los siguientes componentes:

- Módulo ECG-Bluetooth de adquisición de señales cardíacas
- Módulo Rabbit® (RCM2110)
- Módem ó Router ADSL para conexión a Internet

El módulo Rabbit® (RCM2110) recibe los datos digitalizados provenientes del ECG-Bluetooth mediante tecnología inalámbrica Bluetooth, establece una conexión a Internet Dial-up y transmite los datos hacia un servidor FTP (File Transfer Protocol) [10]. Dicho módulo fue programado en lenguaje C, bajo el entorno de programación Dynamic C desarrollado por ZWorld que proporciona todas las herramientas de desarrollo para Rabbit [11-12].

Para establecer conexión a Internet el RCM 2110 se conecta, a través de una interface serie RS-232, con un Módem (Modulador/Demodulador) externo [13]. El uso del protocolo PPP (Point to Point Protocol) permitió la negociación de direcciones de IP (Internet Protocol) con un ISP (Internet Server Provider) [14-15-16]. Cabe señalar que debido a la creciente implementación, se ha implementado una conexión similar mediante ADSL. En este caso el Módem tradicional es reemplazado por un Router ADSL que se conecta al módulo Rabbit por interface Ethernet.

2.3 Unidad Remota (Centro de Salud)

Esta unidad de cuidados coronarios (Figura N° 7) consta de:

- Módulo ECG-Bluetooth de adquisición de señales cardíacas
- Una computadora personal (PC)
- Software para interface con el usuario
- Módem o Router ADSL para conexión a Internet

Al igual que en el caso anterior, la computadora recibe los datos provenientes del ECG-Bluetooth mediante tecnología inalámbrica Bluetooth a través de un puerto serie virtual y realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Almacenamiento de los datos recibidos. Se aprovechan las grandes capacidades de almacenamiento de las PC actuales.
- Procesamiento de la información, se aplican herramientas matemáticas de análisis, aprovechando en este caso las capacidades de cálculo.
- Visualización de señales, se proveen herramientas gráficas tales como zoom, cursores, etc.
- Transmisión de datos al servidor del sistema.

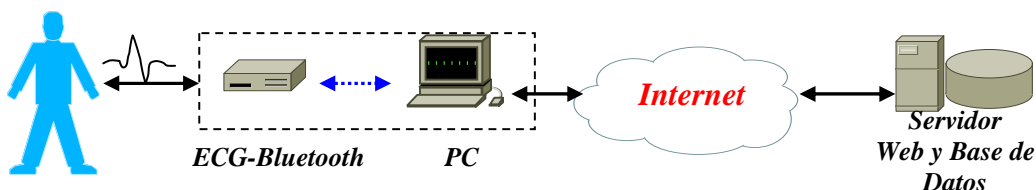


Figura N° 7. Red de la unidad de monitoreo.

En concordancia con las acciones que llevará la computadora, mencionadas anteriormente, a continuación se muestran niveles de especificaciones (Tabla N° 1) propuestos con los que debería cumplir.

Configuración	Mínima	Recomendada
Procesador	Intel Pentium 133MHz ó AMD K5 PR200	Intel Pentium II 266MHz ó AMD K6 II 300MHz
Memoria RAM	24 MB	64 MB
Disco rígido	300 MB	4 GB
Placa de vídeo	SVGA 4 MB	SVGA 4 MB
Módem	56K externo ó interno con DSP por hardware	56K externo ó interno con DSP por hardware o software
Monitor	Super VGA Color 14"	Super VGA Color 17"

Tabla 1 Especificaciones de la computadora personal.

2.4 Unidad Ambulatoria

Esta unidad de cuidados coronarios (Figura N° 8) consta de:

- Módulo ECG-Bluetooth de adquisición de señales cardíacas
- Una PDA de Hewlet Parckard RX4240
- Software para interface con el usuario

Al igual que en el caso anterior, la PDA recibe la información proveniente del ECG-Bluetooth a través de un puerto serie virtual mediante tecnología inalámbrica Bluetooth y realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Almacenamiento de los datos recibidos. Se aprovechan las grandes capacidades de almacenamiento de las PDA actuales, superiores a 1 GB (Giga Byte).
- Procesamiento de la información, se aplican herramientas matemáticas de análisis, aprovechando en este caso las capacidades de cálculo.
- Visualización de señales, se proveen herramientas gráficas tales como zoom, cursores, etc.
- Transmisión de datos la PC del sistema.

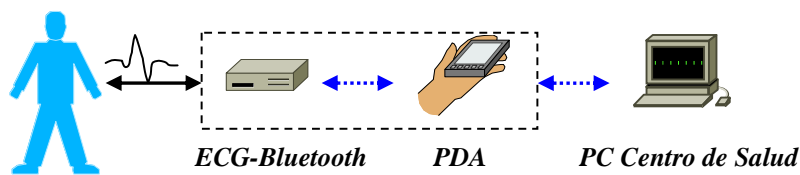


Figura N° 8. Unidad Ambulatoria.

2.5 Software de PC

Se desarrollo un software bajo plataforma Java SE (Standard Edition), que además de permitir la visualización en tiempo real de la adquisición de señales, almacenamiento en archivos, visualización offline para análisis y diagnóstico posterior (Figura N° 9). También permite el envío de los archivos al servidor vía FTP para su posterior almacenamiento en bases de datos.

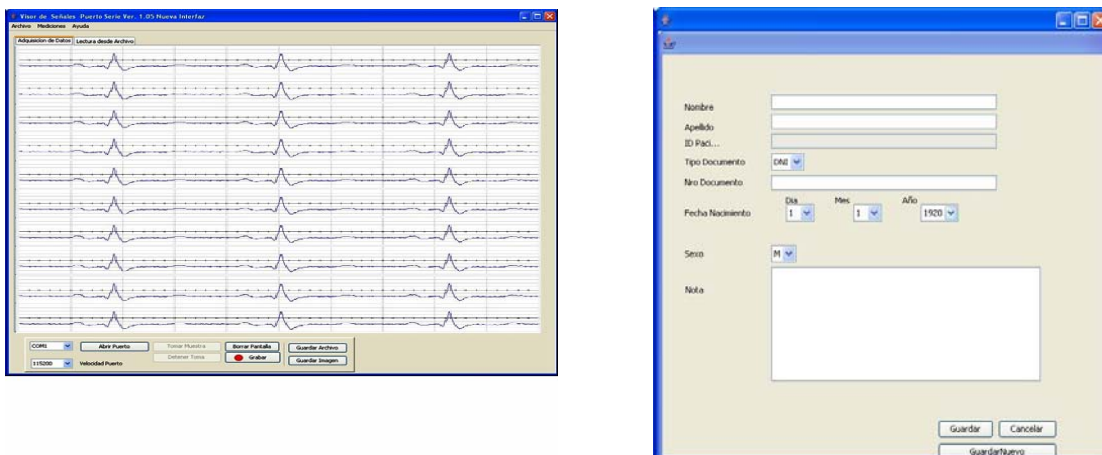


Figura N° 9. Software PC.

Cabe mencionar que fue necesario emplear filtros (pasa-bajos y suprime-bandas) digitales por software aplicables a la señal, tanto para la eliminación de los 50Hz de línea como de otras frecuencias superiores (orden de los kHz), correspondientes sobre todo al moviendo de otros músculos del cuerpo. En la figura siguiente (Figura N° 10) puede apreciarse una porción de señal sin filtrar y debajo la misma porción una vez filtrada.

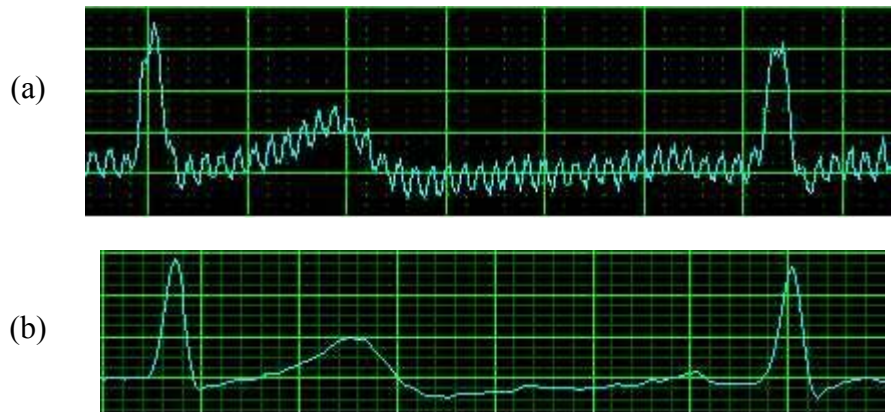


Figura N° 10. (a) Señal sin filtrar. (b) Señal filtrada.

2.6 Software PDA:

El software se desarrolló utilizando una PDA de Hewlet Parckard RX4240, el cual se enlaza al Módulo desarrollado en la etapa anterior ECG-Bluetooth, mediante la activación de una comunicación serie SPP (Serial Port Profile), vía Bluetooth tal como se muestra en la Figura N°11.

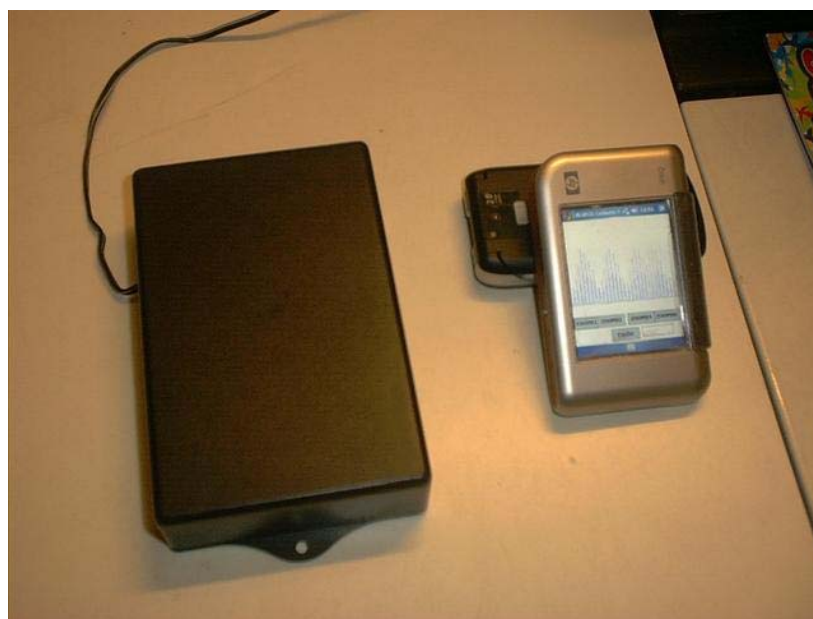


Fig. N°11- Izq. Módulo ECG-Bluetooth y Der. PDA RX4240.

2.6.1 Principales Características del Software:

- Programación con Visual Studio con Windows Mobile lo que permite una fácil implementación en dispositivos similares (no hay evidencias en este caso que se necesite de trabajo adicional de implementación).
- Hasta el momento actual de desarrollo el sistema permite visualizar una señal de ECG con 8 bit de resolución y una muestreo de 400 muestras por segundo (Digitalización de armónicos desde 0 a 200 Hz de la señal).
- Zoom en escalas de 1X, 2X , 4X y 8X.
- Filtrado, el cual se aplica en forma conjunta con el zoom aplicado.

El programa desarrollado cuenta además de las características antes mencionadas, con un administrador de conexión el cual nos permite en un primer momento elegir, a qué dispositivo móvil conectarnos mediante Bluetooth.

En la Figura N°12, es posible ver el dispositivo adquiriendo una señal, en el cual mediante la selección apropiada del zoom (X1, X2, X4, X8), permite visualizar la señal adquirida con muy buena resolución.



Fig. N° 12 -Señal real de ECG.

2.7 Servidor Web y Base de Datos HoIP (Health Over IP):

El servidor del sistema, deberá llevar a cabo las siguientes funciones principales: 1) recepción de la información enviada por los sistemas clientes; 2) almacenamiento de la misma en bases de datos; 3) soporte de acceso a la información.

El sistema operativo utilizado fue Linux Red Hat 9 kernel (2.4.20-8) y para desarrollar cada una de las actividades antes mencionadas, se emplearon diferentes herramientas, aplicativos de software y lenguajes de programación, los más importantes:

- a) Lenguaje de shell (bash): script residente para la gestión de los datos correspondientes a las señales transmitidas desde los sistemas clientes [17].
- b) Servidor FTP: para recepción de la información en forma de archivos. Se utilizó Vsftpd de Red Hat Linux 9.
- c) Servidor HTTP (Hyper-Text Transfer Protocol) [18]: el acceso e interacción con los datos almacenados en el servidor, desde Internet, se realiza a través de un portal Web. Se utilizó el servidor Apache HTTP (ver. 2.0.40) [19].

- d) MySQL (ver. 3.23.54): servidor de bases de datos para el almacenamiento de la información [20-21]. Se crearon bases de datos de pacientes, de señales de ECG (electrocardiográficas), de médicos o especialistas con sus pacientes a cargo, etc.
- e) PHP (Hypertext Preprocessor) (ver. 4.2.2): para la programación de las páginas dinámicas del sitio Web del servidor [22].

3- RESULTADOS

Hasta el momento los resultados obtenidos que se pueden resaltar son los siguientes:

- Transferencia de archivos, entre Cliente/Servidor, de forma confiable.
- Desarrollo del módulo ECG-Bluetooth de adquisición y digitalización de señales cardíacas.
- Detección de limitaciones en la transmisión a Internet.
- Acceso a bases de datos MySQL y visualización de señales en páginas dinámicas programadas con PHP.
- Desarrollo de software de visualización de señales en PDA y PC e implementación de filtros para la eliminación de altas frecuencias y 50Hz.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mercado, Gustavo *et al.* (2004). *Health over IP (Salud sobre Protocolo de Internet)* [en línea]. Grupo CODAREC – Telemedicina. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza. Argentina. [Disponible en <http://www.sis.org.ar/sis2004/index.html> - 258k].
- [2] Tenza Pérez, Tomás (2000). *Plan de Telemedicina del Insalud* [en línea]. Ministerio de Sanidad y Consumo - Instituto Nacional de la Salud - Dirección General de Organización y Planificación Sanitaria. Madrid, España. [Disponible en <http://ww1.msc.es/insalud/docpub/internet/telemedicina/telemedicina.pdf> - 648k].
- [3] Lamfri, M. A. *et al.* (2000). *Programa de Telemedicina apto para áreas rurales de la República Argentina* [en línea]. CONAE - Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. [Disponible en http://www.sis.org.ar/sis2000/telemedicina_rural.pdf - 261k].
- [4] Luraschi, Roberto G. M. (2000). *Sistema de Monitorización a Distancia de Señales Biológicas Vitales a través de Radio* [en línea]. Siemens - División Electromedicina. Argentina. [Disponible en http://www.sis.org.ar/sis2000/red_imagenes_cba.pdf - 235k].
- [5] ITLP (s.f.). *Tutorial de Sistemas Distribuidos I* [en línea]. Instituto Tecnológico de la Paz. México [Disponible en www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/sistsdist1/u1parte6.htm - 15,2k].
- [6] Funcionamiento de Bluetooth (2008) – Site oficial Bluetooth. <http://spanish.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Works/>
- [7] Del Aguila, Carlos (1990). *Electromedicina - 2da edición Ampliada y revisada*, Argentina: Hispano Americana - HASA, 1994.
- [8] Cromwell, Leslie *et al.* (1973). *Biomedical Instrumentation and Measurements*. USA, Prentice-Hall. (Trad. cast. *Instrumentación y Medidas Biomédicas*, España: Marcombo, 1980).
- [9] Díaz Calavia, Emilio J. *et al.* *Limpieza de la función ECG*. Biofísica - Dpto. Física y Matemática Aplicada Clínica Universitaria de Navarra. Universidad de Navarra. España.
- [10] Postel, J - J. Reynolds, J. (1985). *File Transfer Protocol (FTP) - Request for Comment Nro: 959*. ISI, October 1985.
- [11] Rabbit Semiconductor (2000). *ARabbit 2000™ Microprocessor Designer's Handbook* [en línea]. © Copyright 2000 - Z-World Inc. [Disponible en <http://www.rabbitsemiconductor.com/> - 713k].

- [12] Z-World Inc. (2001). *An Introduction to TCP/IP* [en línea]. © Copyright 2001 - Z-World Inc. [Disponible en <http://www.zworld.com/> - 286k].
- [13] Tomasi, Wayne. *Electronic Communications System Fundamentals Through Advanced*. USA, Pretince-Hall. (Trad. cast. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México: Pretince Hall Hispanoamericana, 1996).
- [14] Simpson, W. (1994). *The Point to Point Protocol (PPP) - Request for Comment Nro: 1661*. Daydreamer, July 1994.
- [15] Tanenbaum, Andrew. *Computer Networks, Third Ed.* USA, Pretince-Hall. (Trad. cast. *Redes de Computadoras, Tercera Ed.* México: Pretince Hall Hispanoamericana, 1997).
- [16] Comer, Douglas E. *Interworking with TCP/IP, Vol. I: Principles, Protocols and Architecture*. USA, Pretince-Hall. (Trad. cast. *Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP: Principios básicos, protocolos y arquitectura, Tercera Edición*. México: Pretince Hall Hispanoamericana, 1996).
- [17] Kernighan, Brian W. - Pike, Rob. *The UNIX Programming Environment* (Trad. cast. *El entorno de programación UNIX*. México: Pretince Hall Hispanoamericana, 1987).
- [18] Fielding, R. (1999). *Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1) - Request for Comment Nro: 2616*. The Internet Society, June 1999.
- [19] The Apache Software Foundation (s.f.). *Documentation of Apache HTTP Server Version 1.3* [en línea]. [Disponible en <http://httpd.apache.org/docs/> - (s. d.)].
- [20] Axmark, David *et al.* (2004). *MySQL Reference Manual for version 5.0.0-alpha* [en línea]. © Copyright 1995-2004 - MySQL AB. [Disponible en <http://dev.mysql.com/doc/> formato HTML - 4,08M].
- [21] Maslakowski, Mark (2000). *Teach Yourself MySQL in 21 Days*. USA, SAMS Publishing. (Trad. cast. *Aprendiendo MySQL en 21 Días*, México: Pearson Educación, 2001).
- [22] Bakken, Stig S. *et al.* (2002). *PHP Manual* [en línea]. The PHP Group. © Copyright 2001-2003 The PHP Documentation Group . [Disponible en <http://www.php.net/docs.php> - 2,88M].