

## Sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio

D. Jiménez, T. Moreno, A. Rodríguez, G. Montes de Oca, O. Vargas, R. Milán, R. Padrón, R. González, J. Rodríguez, J. Antonio, Y. Fayad, M. Quiñones, E. Rivas, R. Zayas, M. Jordán, M. Rivero, et. al.  
Instituto Central de Investigación Digital  
Calle 202 #1704 e/ 17 y 19, Siboney, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba; email: [djjimenez@icid.edu.cu](mailto:djjimenez@icid.edu.cu)

### RESUMEN

El sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio está destinado a la realización de pruebas de Holter. Es un equipo diseñado para la adquisición y estudio de la señal electrocardiográfica (ECG) de un paciente realizando su vida normal durante un período prolongado de tiempo (24h). Esto permite la detección de arritmias que se presentan eventualmente y que son muy difíciles de detectar mediante la realización de un electrocardiograma en reposo. Ha sido concebido para la adquisición de dos canales de señal ECG en forma ambulatoria y su posterior visualización y análisis en una estación de trabajo.

**Palabras clave:** electrocardiografía ambulatoria, electrocardiografía de Holter, análisis automatizado de ECG

### ABSTRACT

The system is design to perform the Holter tests. It is an equipment development for the acquisition and study of the electrocardiographic signal (ECG) of a patient carrying on a normal life for a 24-hour long time period. This allows the detection of arrhythmias that appear eventually and are very difficult of detecting in electrocardiogram under rest condition. It acquires and process the ECG signal from two signal channels, displaying and analyzing in a workstation at a later time.

**Keywords:** ambulatory electrocardiography, Holter, electrocardiographic analysis.

## Sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio

### 1. INTRODUCCIÓN

Existen dos razones fundamentales que hacen de un sistema de monitoreo ambulatorio un método básico de exploración cardiovascular: la primera, es que determinadas patologías no pueden ser diagnosticadas utilizando métodos convencionales de electrocardiografía, debido a la ausencia de correlación entre la sintomatología aquejada por el paciente y los hallazgos electrocardiográficos en reposo y la segunda, la extraordinaria y precisa información que suministra, extraída desde el entorno propio del paciente a lo largo de una jornada habitual (24 horas) y con ausencia absoluta de riesgo ya que constituye un método no invasivo de exploración.

La utilización de un Sistema de Monitoreo Ambulatorio es útil para:

- Detección de eventos eléctricos relacionados con el pronóstico de la enfermedad cardíaca.
- El diagnóstico, control y seguimiento de la cardiopatía isquémica.
- Diagnóstico de arritmias o trastornos de conducción.
- Documentación de la eficacia terapéutica de agentes anti-arrítmicos y anti-isquémicos.
- Seguimiento de pacientes con marcapasos.

### 2. METODOLOGÍA

El sistema está compuesto, desde el punto de vista de su funcionamiento, de dos partes fundamentales:

- Registrador
- Analizador

Cada una de las cuales cumple una función de vital importancia dentro del sistema.

A continuación se ofrece una descripción más detallada de las mismas.

#### Registrador

El Registrador (Figura 1) está constituido por un sistema de adquisición de dos canales, un procesador basado en el microcontrolador PIC16C57 y una unidad de almacenamiento capaz de retener la información de dos derivaciones electrocardiográficas durante 24 horas. Es la parte portátil del sistema, o sea, la que acompaña al paciente durante la prueba. En el registrador se emplea la tecnología de memorias de estado sólido (CompactFlash).

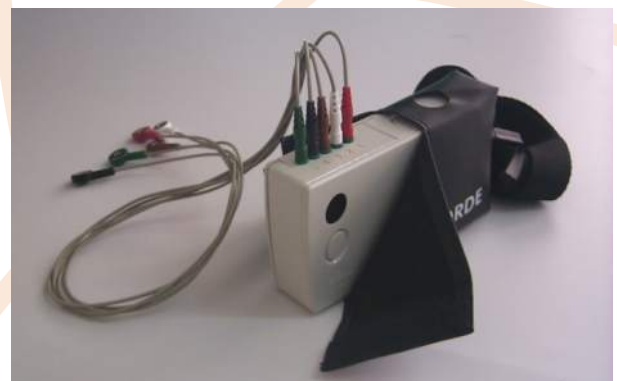


Figura 1. Registrador

El Registrador realiza las siguientes funciones:

- Chequeo de las baterías (para iniciar la grabación).
- Adquisición de dos canales de ECG durante el tiempo de grabación (24 horas).
- Detección de los eventos del paciente (opresión por el paciente del botón colocado al respecto).
- Detección de caída de electrodos.
- Detección de espigas de marcapasos.
- Almacenamiento de toda la información recolectada en la memoria.

## Sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio

### Analizador

El Analizador es la parte estacionaria del sistema, o sea, el puesto de trabajo del especialista o técnico encargado de realizar la prueba.

El Analizador realiza las siguientes funciones:

- Lectura de la señal recogida por el Registrador durante la prueba.
- Filtrado digital de la señal [1].
- Introducción de los datos de la prueba y de los datos del paciente.
- Detección y clasificación de los latidos [2].
- Detección y análisis de los eventos arrítmicos y la frecuencia cardíaca.
- Medición y análisis del segmento ST de la señal ECG.
- Análisis del funcionamiento de marcapasos.
- Visualización e impresión de la señal en diferentes formatos.
- Modificación por el especialista de los resultados del análisis.
- Emisión e impresión de reportes de los resultados del análisis.
- Almacenamiento de los casos estudiados.
- Facilidades de configuración del sistema.

El software fue diseñado para su ejecución en Windows 98 o superior.

El Registrador está diseñado de tal forma, que permite el inicio de la grabación de manera autónoma, o sea, para comenzar la prueba, no es necesario llevar al paciente al Analizador. Esto es de gran utilidad cuando se trata de pacientes con dificultades para su traslación o simplemente pacientes que se encuentran en diferentes centros hospitalarios.

Luego de finalizada la grabación, se extrae la tarjeta de memoria del registrador y se coloca en el lector de la computadora donde ha sido instalado el software del Analizador. Se realiza la lectura y análisis de la señal ECG. Este proceso dura alrededor de 5 minutos como máximo y durante ese tiempo se podrá introducir los datos del paciente y de la grabación. Al finalizar el análisis, se podrán visualizar e imprimir los resultados así como toda la señal registrada en diferentes formatos.

Como resultado del análisis de la señal, se obtiene la siguiente información:

- Detección y clasificación de todos y cada uno de los latidos (Normal, Ventricular, Supraventricular, Marcapasos y Artefacto).
- Frecuencia cardíaca cada minuto durante todo el tiempo de grabación.
- Detección de eventos de arritmia: latidos ventriculares y supraventriculares aislados, corrida ventricular y supraventricular, taquicardia ventricular, pausa, ritmo idioventricular, bigeminismo, trigeminismo.
- Detección de fallos de marcapasos: fallo de hipersensaje, marcapasos no captura, y marcapasos no detecta.
- Segmentos de desviación de ST.
- Resumen del comportamiento de todos los parámetros durante la grabación.

Los resultados se presentan en forma de tablas de reporte por horas y también en forma de gráficos de tendencias que muestran el comportamiento de los parámetros durante todo el tiempo de grabación y permiten un análisis comparativo de los mismos.

El Analizador permite al usuario del sistema tener acceso directo en todo momento a cualquier tramo de la señal que se quiera examinar y a todos los resultados del análisis. Esto se logra a través de la utilización de lengüetas, cada una de las cuales corresponde con un reporte determinado. Para hacer visible la información deseada, basta con seleccionar la lengüeta correspondiente.

## Sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio

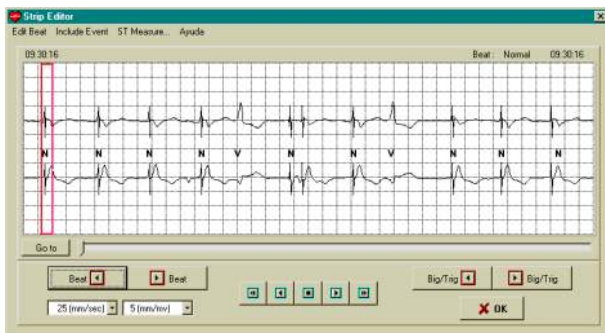


Figura 2. Ventana Editor de Tiras.

Además, se puede visualizar cualquier tramo de la señal correspondiente a un evento detectado (ej. una arritmia, un segmento de desviación de ST o un fallo de marcapasos), seleccionando el botón correspondiente que aparece en la pantalla. Al hacerlo se abre la ventana Editor de Tiras (Figura 2), donde se muestran los dos canales de la señal sobre una rejilla milimetrada.

Al iniciar el sistema, se presenta la página Seleccionar, donde aparece la lista de los casos almacenados en el disco. El usuario puede entonces elegir uno de los casos ya analizados para su visualización o leer un caso recién grabado de la tarjeta de memoria. Una vez seleccionado el caso, se podrán ver los resultados del análisis en las siguientes lengüetas o páginas:

- Datos del Paciente.

Los datos del paciente (nombre, edad, dirección, etc.) y de la prueba realizada.

- Modo Comprimido. (Figura 3)

Visualización de la señal ECG ya analizada, mostrando la clasificación de los latidos a través de una codificación de colores. Se muestran 5 minutos de señal en modo comprimido pudiendo ver uno de los dos canales a elegir por el usuario.

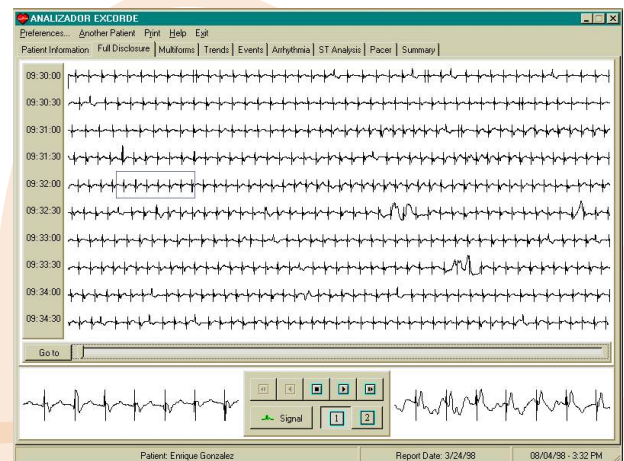


Figura 3: Página Modo Comprimido

- Patrones.

Patrones de latidos identificados durante el análisis de la señal.

- Tendencias.

Gráficos de tendencias de frecuencia cardiaca, eventos ventriculares, eventos supraventriculares y fallos de marcapasos.

- Arritmias.

Tabla de eventos arrítmicos detectados por hora, total de latidos detectados normales, ventriculares y supraventriculares, frecuencia cardiaca máxima, mínima y promedio y otros.

- Eventos.

Tabla que muestra los eventos del paciente y que permite relacionar la presencia de síntomas (dolor, palpitación, etc.) con los hallazgos en la señal ECG.

- Análisis ST.

Tabla que contiene de episodios de desviación de ST.

- Marcapasos.

Tabla que contiene el comportamiento del Marcapasos, en caso de existir, durante las 24 horas de grabación.

- Resumen.

Resumen de todos los resultados del análisis en forma de tablas. En esta ventana, el especialista puede editar un resumen de sus conclusiones y diagnóstico a partir de los resultados de la prueba.



## Sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio

### Reportes.

Esta ventana es la que permite al usuario seleccionar la información que desea imprimir para incluir en el reporte final de la prueba.

Además de las lengüetas para seleccionar la información a visualizar, el usuario cuenta con un menú que le permite configurar el sistema, mostrar la ayuda al usuario, imprimir la información que aparece en pantalla y seleccionar otro caso.

Entre los parámetros de configuración se hallan valores prefijados que se utilizan para el análisis de la señal, tales como posición de los puntos de medición del segmento ST, mínima cantidad de latidos para considerar taquicardia, etc. Si alguno de estos parámetros fue modificado, se realiza un reanálisis de la señal. Además, el especialista puede modificar la clasificación de los latidos, así como la medición del segmento ST para cada latido. Estas modificaciones también producen un reanálisis de la señal.

### 3. RESULTADOS

El sistema se encuentra instalado en todos los hospitales provinciales del país, y en otras instituciones de salud de la capital, siendo ampliamente utilizado como medio diagnóstico y resultando de gran aceptación por los especialistas.

Los sistemas que se encuentran instalados en el país ascienden a 22 analizadores con 73 registradores.

El sistema tiene el Registro del Centro de Control Estatal de Equipos Médicos.

Se ha realizado la venta de 81 sistemas con 261 registradores al Ministerio de Salud y Desarrollo Social de la República Bolivariana de Venezuela.

Se realizó un convenio de venta con la República de Argelia por 20 sistemas con 80 registradores, que debe ejecutarse en el 1er Semestre del 2003.

Para poder realizar la exportación de este sistema a esos países fue necesario su validación por los respectivos ministerios de salud, obteniéndose resultados muy satisfactorios.

### 4. DISCUSIÓN

Los algoritmos utilizados para el análisis de la señal ECG en el EXCORDE han sido evaluados utilizando las grabaciones de la base de electrocardiogramas MIT-BIH [3] y según establece la norma de la Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica (AAMI) [4][5]. Los resultados de la evaluación fueron satisfactorios.

El sistema realiza la prueba de Holter que incluye una amplia gama de estudios que típicamente se realizan a través de esa prueba. La utilización de la tecnología de memoria Flash, permite una fácil lectura de la señal grabada por el Registrador, hacia el Analizador sin pérdida de información y sin necesidad de mantener energizado el medio de almacenamiento.

El Analizador tiene un diseño de interfaz con el usuario que permite fácil acceso a toda la información y a la vez flexibilidad para modificar los posibles errores de un procesamiento automatizado.

### 5. CONCLUSIONES

Se ha diseñado y desarrollado un sistema para la realización de la prueba de Holter, que es competitivo con los similares existentes en el mercado y posee las mismas prestaciones, esta basado en las técnicas más actuales utilizadas en estos equipos.

Este sistema es de gran ayuda al diagnóstico médico.

## Sistema de monitoreo electrocardiográfico ambulatorio

### REFERENCIAS

- [1] A. Ligtenberg, Murat Kunt, "A Robust-Digital QRS-Detection Algorithm for Arrhythmia Monitoring", Computers and Biomedical Research, Vol. 16, pp.273-286, June 1983.
- [2] Willis J. Tompkins, "Biomedical Digital Signal Processing: C-Language Examples and Laboratory Experiments for the IBM PC", PTR Prentice-Hall, 1993.
- [3] MIT-BIH Arrhythmia Database, Massachusetts Institute of Technology, July 1992.
- [4] Association for the Advancement of Medical Instrumentation, "Recommended Practice for Testing and Reporting Performance Results of Ventricular Arrhythmia Detection Algorithms", Publication ECAR, April 1987.
- [5] AAMI ECG Committee, Performance Standard for Ambulatory electrocardiographs, Publication EC38-1994, August 1994.