

Electrocardiógrafo Educativo Microcontrolado

Departamento de Biología Animal y Ecología
Unidad de Fisiología Animal
Universidad de Granada

Coordinador: Eugenio Martín Cuenca

Informe proyecto

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico permite el empleo de modernos sistemas computerizados en la enseñanza de la Biología, particularmente en su apartado práctico. A lo largo de los años de docencia de la asignatura de Fisiología Animal nos hemos encontrado con el problema de la escasez de instrumental de laboratorio, debido al alto coste del material necesario para la realización de las mismas. Al hecho anterior, se ha de sumar el alto número de alumnos que se incluyen en cada grupo de prácticas (alrededor de 25). Esta cantidad de alumnos por grupo de prácticas, hace necesaria la necesidad de una mayor cantidad de instrumental de laboratorio. Ambas circunstancias, hacen económicamente imposible disponer del material moderno, adecuado y suficiente para la realización de las mismas de forma individualizada por los alumnos, abocándonos en muchas ocasiones a realizar una demostración.

Sistema de adquisición de datos en Fisiología

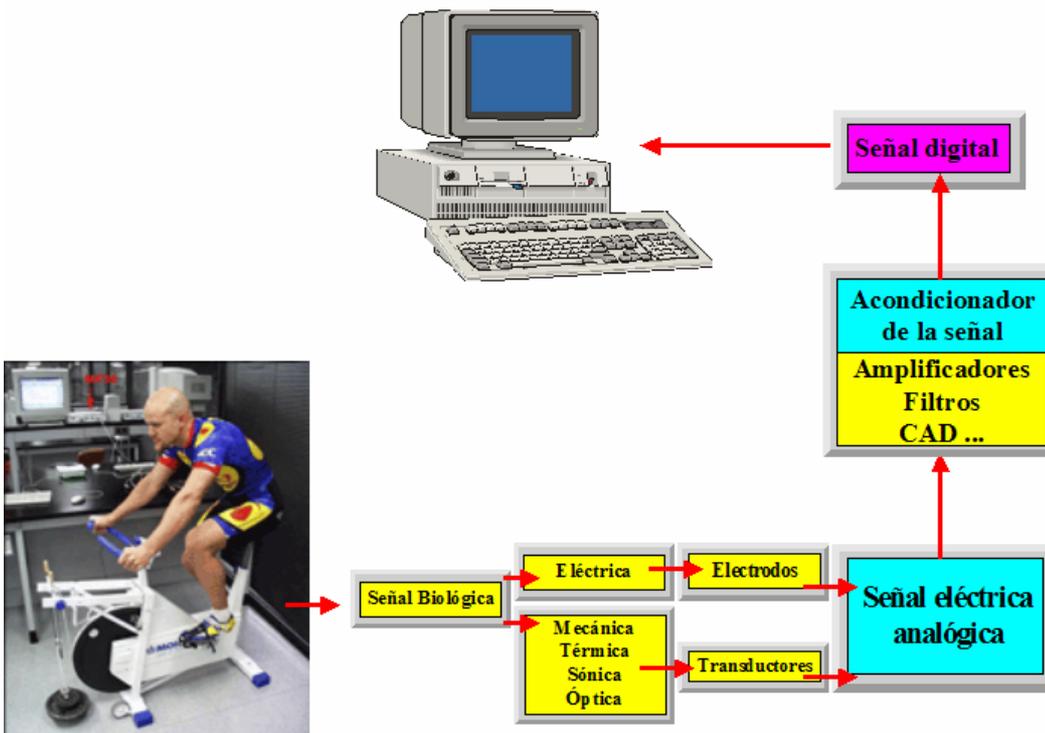


Figura 1.- Diagrama esquemático de un sistema moderno de adquisición de datos. Por ejemplo en una práctica fisiología de ejercicio, son necesarias las medidas de forma automatizada, de parámetros como ECG, pulso, flujo de aire, temperatura de la piel, etc. Para poder realizar este cometido, se ha de disponer de un moderno sistema de adquisición de datos.

Según nuestra experiencia, para realizar unas prácticas de calidad, cada grupo funcional debería estar formados por 4 o 5 alumnos como máximo. Dado que la realidad hace que el número mínimo de alumnos por grupo de prácticas venga a ser de unos 25, nos encontramos que en una sesión de prácticas con 4 o 5 grupos funcionales reales.

Por lo tanto, si se desea realizar una práctica y no una demostración, son necesarios cinco equipos de material completos para que puedan realizar su trabajo correctamente estos 5 grupos funcionales.

En un laboratorio actual de Fisiología Animal, pensamos que cada grupo funcional de alumnos ha de disponer de un sistema de adquisición de datos fisiológicos, gobernado por un computador personal (Figura 1).

En el caso de la práctica de electrocardiografía, que podemos utilizar como ejemplo, serian necesarios 5 modernos electrocardiógrafos gobernados por el mismo número de computadores personales.

Hasta la fecha, no existe ningún sistema de fabricación nacional que cubra las necesidades ordinarias de los laboratorios de Fisiología y que a su vez, sea asequible económicamente hablando. Los sistemas disponibles en el mercado como el BIOPAC, INTELITool, DATALAB 2000, tienen precios excepcionalmente elevados y son poco versátiles. El elevado coste, hace imposible que un departamento pueda adquirir todo el material necesario, teniendo en cuenta el número de alumnos por grupo de prácticas y la cantidad de dispositivos que sería necesario adquirir.

Por todo lo expuesto anteriormente, una de las líneas de investigación del grupo de trabajo de **Bioingeniería y Robótica Bioinspirada** (<http://curtis.ugr.es>), es el diseño de material didáctico para su empleo en las prácticas de las asignaturas de *Fisiología Animal* y *Fisiología Animal Aplicada*, ya sea en la carrera de Ciencias Biológicas o en cualquiera de la relacionadas, como pueden ser las de Ciencias de la Salud y las de Educación física y deporte, etc.

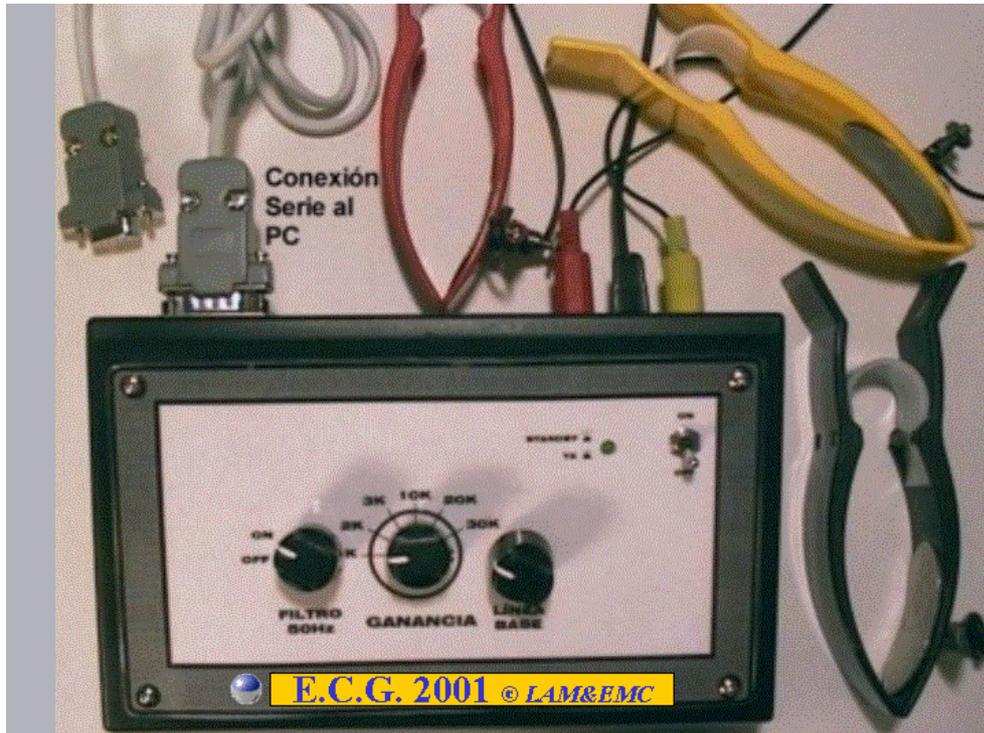


Fotografía 1. Electrocardiógrafo ECG-2001 en su caja.

En esta línea, se incluye el electrocardiógrafo educativo microcontrolado que se ha realizado en este proyecto y que cumple todas las expectativas anteriores.

OBJETIVOS ALCANZADOS

Los objetivos conseguidos por el proyecto han consistido en *diseñar, construir y programar* la primera pieza de un *Laboratorio Computerizado de Fisiología Animal*, para su utilización en la enseñanza práctica de la Fisiología.



Fotografía 2.- Aspecto del ECG2001 y ECG2002A. En el frontal dispone de cuatro botones, para el filtro de red 50Hz, la ganancia, el ajuste de la línea base y en interruptor de encendido apagado. En la parte posterior se encuentran las clavijas para la conexión de los electrodos y el conector para el cable serie RS-232 que lo comunica con el ordenador personal.

Esta primera pieza han sido en realidad, tres diferentes modelos de un *Electrocardiógrafo Educativo microcontrolado* (ECG-2001, ECG2002A y ECG-2002B) que ha sido probado en prácticas de laboratorio de Fisiología Animal en la licenciatura de Ciencias Biológicas.

Los tres modelos están en trámite de patente por la Universidad de Granada. En nuestra opinión, podrían ser fabricados por los servicios técnicos de Informática y Electrónica de la Universidad. De esta forma podrían ponerse a disposición de los distintos departamentos que necesiten las oportunas réplicas de dichos dispositivos. Esto sería posible, a un coste muy bajo, pues dichos servicios, cuentan con personal cualificado, que con el asesoramiento, documentación y copias del software proporcionadas por nuestro equipo fabricarían los dispositivos que necesitan los diferentes departamentos de esta Universidad.

En cualquier caso, el equipo se ha puesto en contacto con diferentes empresas nacionales (BIONIC Ibérica, SA de Barcelona, SYMTEC de Madrid) que distribuyen material didáctico de este tipo (en su mayoría de importación), para tratar de su posible fabricación y distribución, tanto en el ámbito nacional como internacional.

ECG-2001 y ECG-2002A

Estos dos modelos de Electrocardiógrafo son muy similares, por lo que describimos conjuntamente sus características.

Los electrocardiógrafos ECG-2001 (Figura 2) y ECG2002-A (Figura 4), no se diferencian en su aspecto externo, ni en sus prestaciones, sino en las modificaciones de la circuitería electrónica interna, que hacen al ECG2002A, más económico y versátil. Por este motivo se describen conjuntamente, y su aspecto puede observarlo en las fotografías 1 y 2. Ambos permiten la realización de prácticas de electrocardiografía, registrando todas las derivaciones que se deseen estudiar (para más detalle ver el Guión de prácticas que se adjunta).

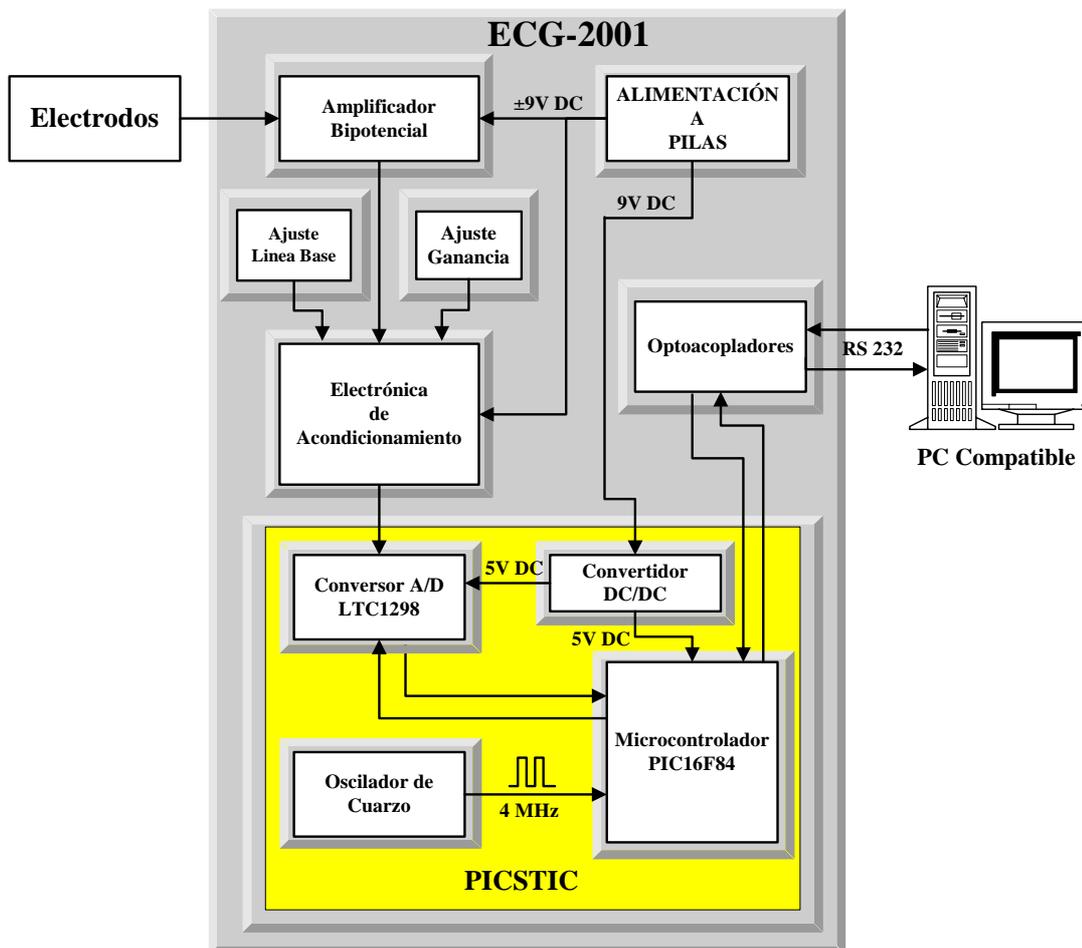


Figura 2.- Diagrama esquemático del ECG-2001.

El diagrama esquemático de la electrónica que lo integra se presenta en la Figura 2. Para hacer más didáctica toda su utilización, el registro de cada una de las diferentes derivaciones se realiza de forma escalonada, es decir una cada vez. El programa de ordenador (Figura 3), de realización propia permite la grabación de estos registros y su posterior estudio con detalle.

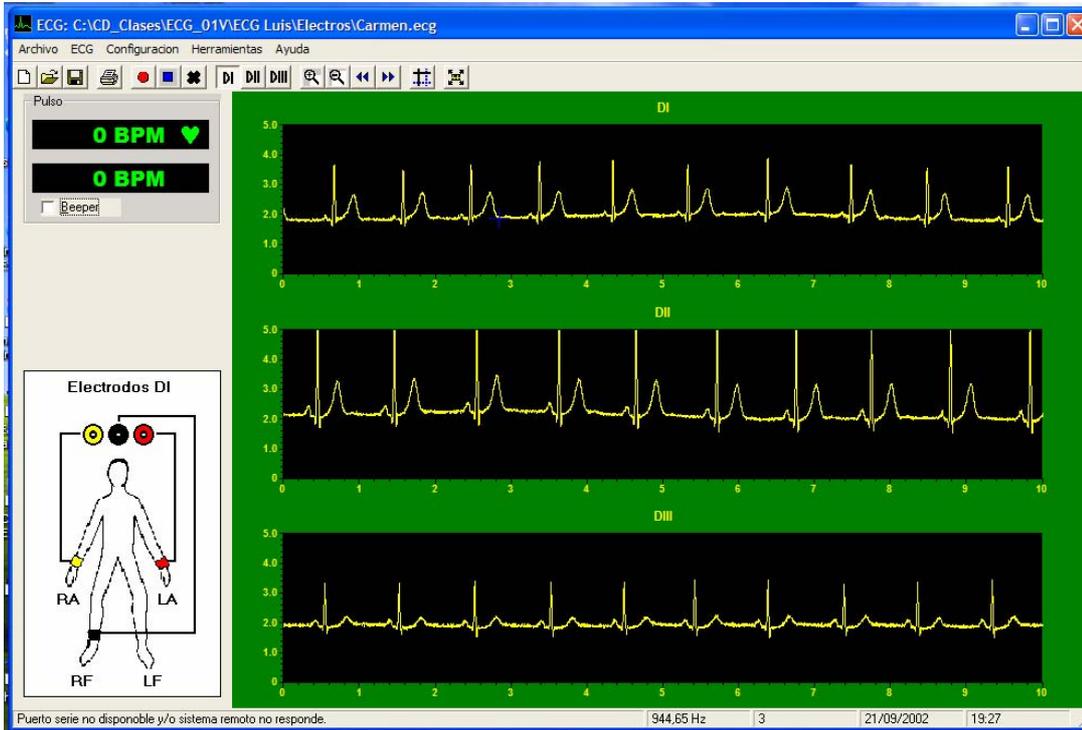


Figura 3.- Aspecto la pantalla del PC, una vez realizados los registros de las tres derivaciones bipolares.

Un resumen de las características técnicas se presenta a continuación:

Impedancia de entrada:	> 5 M Ω	
Frecuencia de corte inferior	0,05 H	f _H = - 3db
Frecuencia de corte superior:	55,5 Hz	f _H = - 3db
Rechazo en modo común (CMRR)	> 60 dB	
Filtro Notch de rechazo de banda de Amplificador	f ₀ = 50Hz	Q = 7,941
Consumo	x1000, x2000, x3000	

+9 V	37 mA reposo 45 mA funcionamiento
- 9V	39 mA reposo 39 mA funcionamiento

Software de control PC en castellano compatible Windows 95/98/2000/XP

ECG-2002B

Este tercer modelo, tiene una circuitería muy diferente a los anteriores (Figura 5 y fotografía 3). En el se ha querido llevar hasta el máximo, el aprovechamiento de la inteligencia interna que incorporan, un microcontrolador de la serie PIC16F876. En este caso se adquieren simultáneamente, las derivaciones bipolares y no de forma alternativa como en los anteriores.

Un resumen de las características técnicas se presenta a continuación:

Impedancia de entrada:	> 10 MΩ	
Frecuencia de corte inferior:	0,05 Hz	$f_H = -3\text{db}$
Frecuencia de corte superior:	55,5 Hz	$f_H = -3\text{db}$
Rechazo en modo común (CMRR)	> 100 dB	
Filtro Notch de rechazo de banda de Amplificador	$f_0 = 50\text{Hz}$	$Q = 7,941$
Consumo	+9 V	37 mA reposo 45 mA funcionamiento
	-9 V	39 mA reposo 39 mA funcionamiento

Software de control PC en castellano compatible Windows 95/98/2000/XP

Mientras que en los modelos anteriores, la ganancia o amplificación la realiza el usuario, mediante un conmutador manual a través de un botón del frontal de aparato (véase la Fotografía 2), en este caso como también puede ver en la fotografía 3, no existe ningún botón en el frontal del mismo. Se ha diseñado un sistema automático para el control de la ganancia que se realiza desde el programa que ejecuta el computador personal PC. Una muestra de la pantalla puede verla en la figura 6.

Lo mismo se ha hecho con la línea base y los filtros, es decir, todo el control electrónico se gobierna directamente desde el software que se ejecuta en el computador personal.

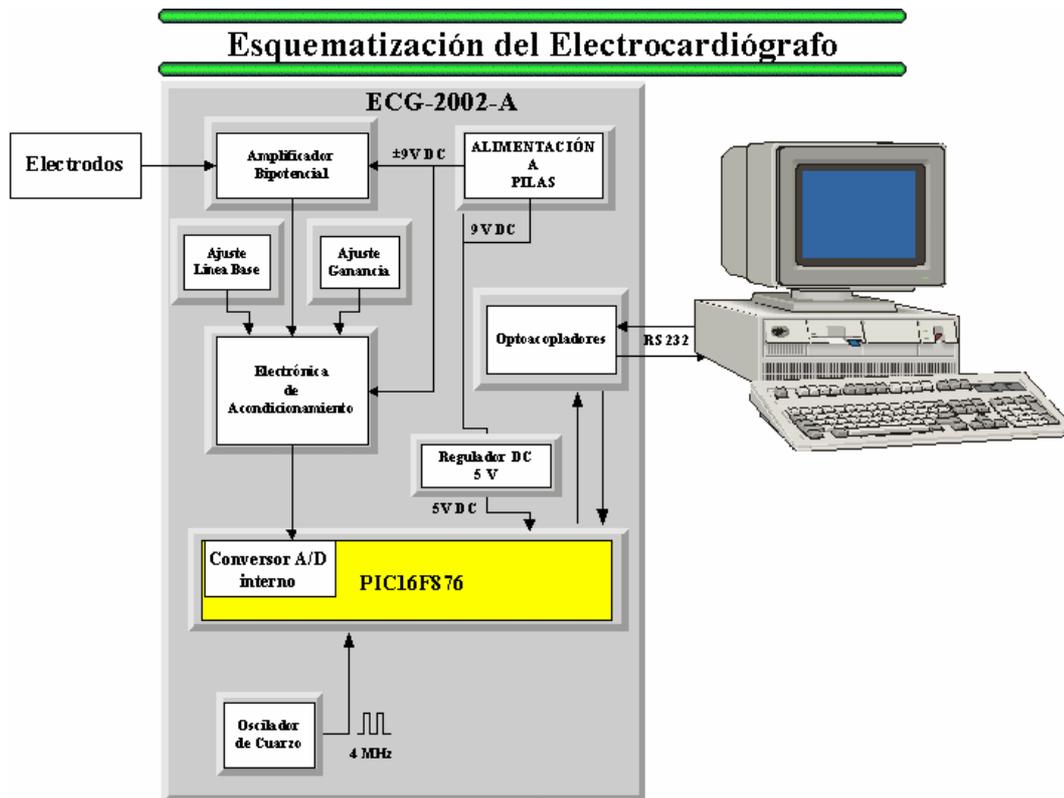


Figura 4.- Diagrama esquemático del ECG-2002-A.

CONCLUSIÓN.

El resultado conseguido, ha sido la obtención como producto final, *de un primer módulo* de un Sistema Computarizado de Enseñanza de Fisiología. Este primer módulo, son los tres modelos de *Electrocardiógrafo Educativo Microcontrolado*.

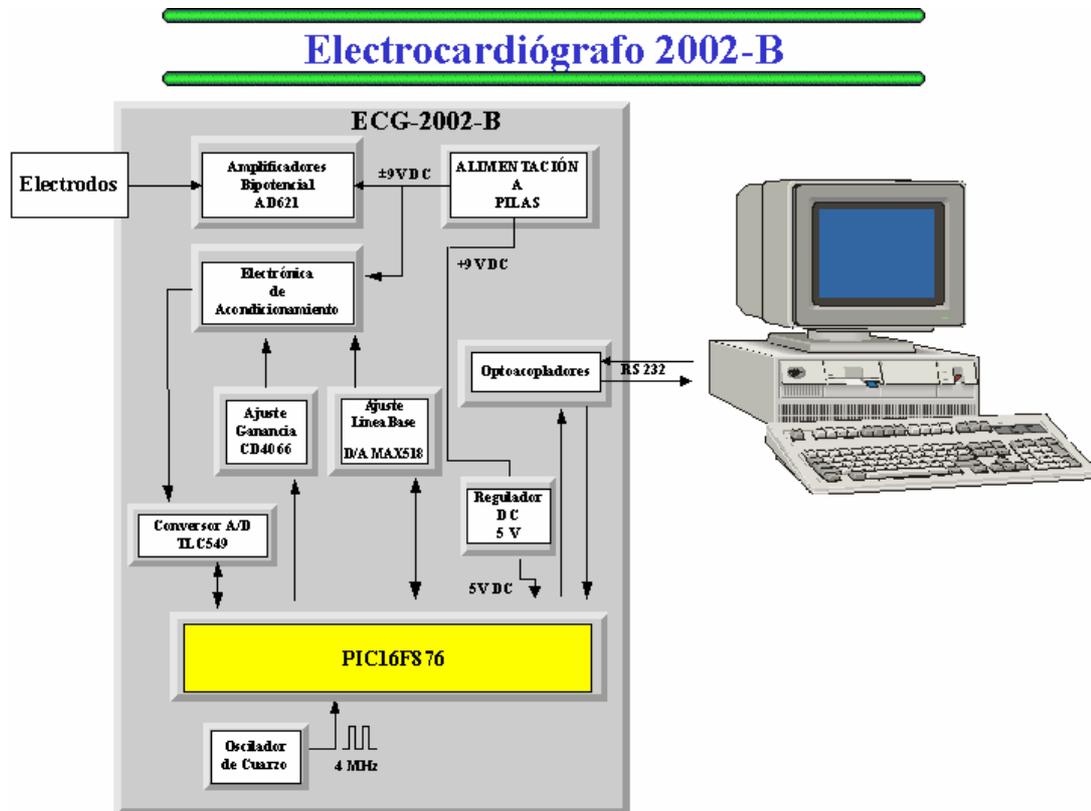


Figura 5.- Diagrama esquemático del ECG-2002-B.

El ámbito de aplicación, son todos aquellos alumnos que realizan estudios universitarios relacionados con las ciencias de la salud, Medicina, Enfermería, Farmacia, Biología y con los estudios en el deporte. También se pueden beneficiar todos los alumnos de los institutos o centros de formación profesional con ciclos formativos relacionados con las ciencias de la salud.

Se pueden ver nítidamente dos objetivos finales:

1.- Aumento de la calidad de la enseñanza en las disciplinas anteriormente mencionadas con la introducción de un sistema moderno, automatizado e incruento. Este sistema aporta:

- ❖ Solución óptima para la docencia.
- ❖ Fácil de usar con ayuda “*en línea*”.
- ❖ Máxima flexibilidad tanto en docencia como en investigación.
- ❖ Precio muy asequible para cualquier Departamento que necesite adquirirlo.

2.- La introducción de nuestro Sistema incrementa el desarrollo tecnológico nacional y regional, aportando tecnología propia a sectores punta, como la bioingeniería y la microinformática aplicada a la docencia de las ciencias de la vida y la salud. El sistema es totalmente patentable.

Dado que el sistema puede seguir ampliándose, en fases posteriores se iría completando con:

- ❖ EEG – Electroencefalografía
- ❖ EOG – Electrooculograma
- ❖ EMG – Electromiografía
- ❖ Audiometría
- ❖ Reflexometría

dejando prevista la posibilidad de ampliación futura del mismo para la realización de los siguientes tipos de prácticas:

- ❖ Estudio de la función pulmonar
- ❖ Hemodinámica cardiovascular
- ❖ Pletismografía
- ❖ Psicofisiología
- ❖ Monitorización remota
- ❖ Fisiología del Ejercicio y el Deporte
- ❖ Estudios del sueño
- ❖ Farmacología in Vitro

Electrocardiógrafo 2002-B



Fotografía 3.- Aspecto del ECG2002B. El frontal dispone de cuatro clavijas para la conexión de los electrodos y en la parte trasera, se encuentra el conector para el cable serie RS-232 que lo comunica con el ordenador personal. El filtro de red 50Hz, la ganancia y el ajuste de la línea base se realizan de forma automatizada desde el PC.

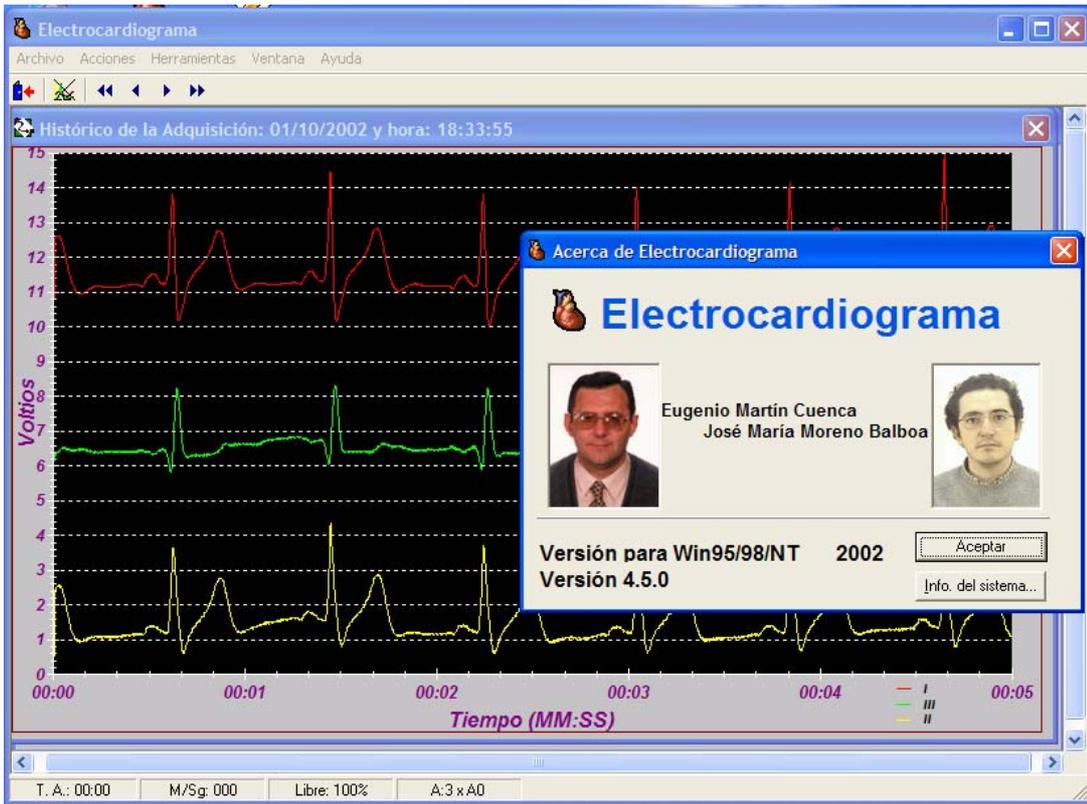


Figura 6.- Aspecto la pantalla del PC, una vez realizados los registros de las tres derivaciones bipolares simultáneamente.

SOFTWARE DE PRODUCCIÓN PROPIA.

Como ya se ha explicado en detalle que el software, tanto de los microcontroladores que aportan inteligencia a los electrocardiógrafos, como el de análisis de datos del PC, ha sido desarrollado por el equipo. Para su correcta utilización se ha escrito un manual de usuario que se adjunta con el guión de prácticas.

APÉNDICE 1. UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA.

Este capítulo se tratará a modo de manual de usuario del programa creado para el ordenador. Se incluirán descripciones detalladas del formato de los archivos de almacenamiento de datos y de algunos algoritmos desarrollados de forma específica para el programa.

Requisitos del sistema.

Los requerimientos mínimos para un funcionamiento apropiado del programa son los especificados a continuación.

- Procesador Intel Pentium a 150 MHz o superior.
- 32 Mbytes de memoria RAM.
- Sistema operativo Windows 98.
- Tarjeta gráfica SVGA con una resolución mínima de 800x600, aunque se recomienda una resolución de 1024x768. También se recomienda el usar fuentes pequeñas si se emplea una resolución de 800x600.
- Ratón compatible con Windows 98 (PS 2 o serie).
- Puerto serie de comunicaciones RS232 para adquisición de las señales.

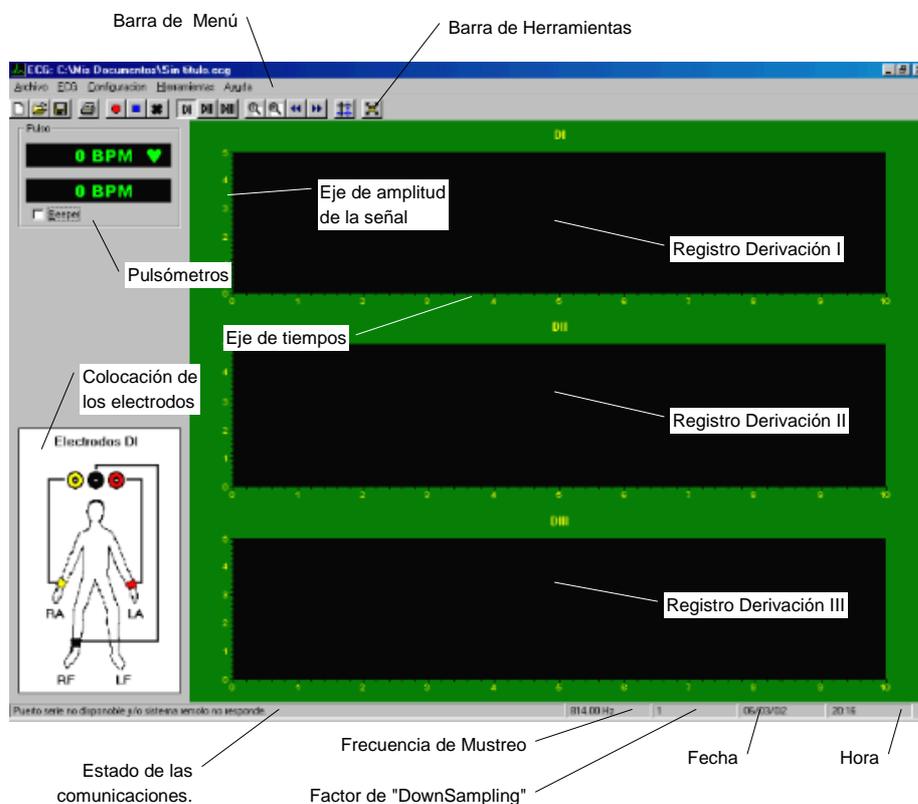


Figura 1.1.- Pantalla principal del programa.

FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA.

Interfase del usuario.

En la figura 1.1 se puede observar el esquema de la interfase del usuario. La misma se encuentra ordenada por zonas:

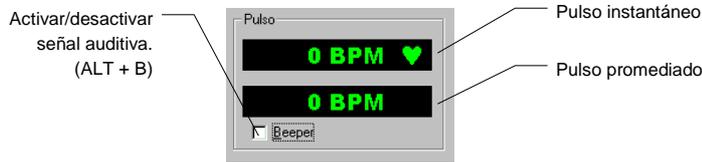


Figura 1.2.- Detalle de los visores de pulso, instantáneo y promediado.

- **Barra de menú:** situada en la parte superior, da acceso a todas las opciones que tiene el programa. Será explicada con más detalle a continuación.
- **Barra de herramientas:** situada justo debajo de la barra de menús. La funcionalidad de los botones se describe a continuación:

	Nuevo	Prepara un nuevo registro ECG. Borra toda las gráficas actuales. Establece como derivación activa la DI y muestra el formulario <i>Datos del sujeto</i> .
	Abrir	Abre un registro, salvado con anterioridad, desde un archivo. El registro que se haya adquirido se perderá si no se ha salvado previamente.
	Guardar	Guarda el registro actual en el mismo directorio y con el mismo nombre con el que se haya salvado con anterioridad. Si es la primera vez que se guarda, el programa abre el formulario correspondiente para que sea especificado el lugar y el nombre con el que se desea guardar el registro.
	Imprimir	Imprime las tres derivaciones del registro actual en formato estándar. También incluye en la copia impresa los datos del sujeto.
	Adquirir	Comienza la adquisición de en ECG. Los datos se registran el la derivación seleccionada. Se respetan los datos que estén en memoria hasta el momento.
	Parar	Para la adquisición de datos. El sistema espera hasta recibir todo el bloque de 4096 datos.
	Borrar	Borra completamente los datos adquiridos de la derivación que esté seleccionada.
	DI	Hace de la derivación I la derivación activa.
	DII	Hace de la derivación II la derivación activa.
	DIII	Hace de la derivación III la derivación activa.
	Zoom +	Amplía en un factor dos el eje de tiempos de la derivación activa.
	Zoom -	Reduce en un factor dos el eje de tiempos de la derivación activa.
	Retroceder	Retrocede, en el eje de tiempos, el registro de la derivación activa.
	Avanzar	Avanza, en el eje de tiempos, el registro de la derivación activa.
	Cursores	Muestra el visor de medidas. Únicamente válido cuando se está examinando un registro que se ha abierto desde un archivo. El visor de medidas será descrito más adelante.
	Ampliar	Hace que la gráfica activa se muestre ocupando todo el área de registros. Únicamente válido cuando se está examinando un registro que se ha abierto desde un archivo.

- *Barra de estado*: situada en la parte inferior de la pantalla. Muestra información sobre el estado de las comunicaciones con el sistema de adquisición de señales, parámetros importantes del programa, la fecha y la hora del sistema. Los diferentes campos serán explicados más adelante.
- *Pulsómetros*: muestran las pulsaciones por minuto tanto instantáneas como promediadas temporalmente. De ahí que puedan mostrar valores diferentes. Incluye una casilla de verificación para que el programa emita una señal sonora. La señal sonora se activa o desactiva sucesivamente haciendo click con el botón izquierdo del ratón sobre el mismo o pulsando la combinación de teclas ALT+B. El indicador superior muestra el pulso instantáneo. Para ello calcula el tiempo transcurrido entre dos pulsos y aplica la fórmula:

$$BPM = \frac{60}{\text{Tiempo entre dos pulsos}} \quad (1.1)$$

siendo el valor mostrado en pulsaciones por minuto. El visor inferior muestra un promedio de las pulsaciones instantáneas.

- *Colocación de los electrodos*: este gráfico muestra como deben de colocarse los electrodos en los miembros del sujeto para obtener el registro la de derivación deseada.
- *Registro Derivación I (II, III)*: en estas gráficas se representan las distintas derivaciones del registro electrocardiográfico dependiendo de cual esté seleccionada. El eje horizontal representa el tiempo y las unidades mostradas son segundos mientras que las marcas pequeñas representan intervalos de 0.20 segundos. El eje vertical representa la amplitud de la señal ECG. Está dividida en unidades de milivoltios, siendo las marcas pequeñas intervalos de 0.20 milivoltios. Para que la representación del eje vertical sea correcta la ganancia del aparato tiene que estar en la posición de 1000 (1 K). En caso de que esté seleccionada otra ganancia la amplitud real será:

$$\text{Amplitud} = \text{Amplitud en Pantalla} \cdot \frac{1000}{\text{Ganancia Seleccionada}} \quad (1.2)$$

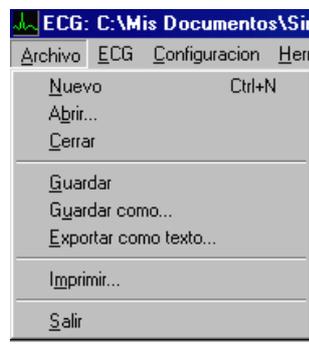


Figura 1.3.- Opciones del menú Archivo.

BARRA DE MENÚ.

Situada en la parte superior de la interfase, se divide en varios submenús. Cada uno de estos menús es accesible haciendo click con el botón izquierdo del ratón sobre el mismo o pulsando ALT + [Letra subrayada].

MENÚ ARCHIVO.

Accesible mediante la combinación de teclas Alt+A. Dentro del mismo se encuentran las siguientes opciones:

Nuevo	[Alt + N] [Ctrl.+N]	Prepara un nuevo registro ECG. Borra toda las gráficas actuales. Establece como derivación activa la DI y muestra el formulario Datos del sujeto.
Abrir	[Alt + B]	Abre un registro, salvado con anterioridad, desde un archivo. El registro que se haya adquirido se perderá si no se ha salvado.
Cerrar	[Alt + C]	Cierra el registro actual se haya salvado o no.
Guardar	[Alt + G]	Guarda el registro actual en el mismo directorio y con el mismo nombre con el que se haya salvado con anterioridad. Si es la primera vez que se guarda, el programa abre el formulario correspondiente para que sea especificado el lugar y el nombre con el que se desea guardar el registro.
Guardar Como...	[Alt + U]	Guarda el registro actual. El programa abre el formulario para especificar el nombre y la ubicación donde se desea guardar el registro; independientemente de si ya se especificó un nombre con anterioridad.
Exportar como texto	[Alt + E]	Permite guardar el registro como un archivo ASCII. Concretamente con el formato csv. El formato de este archivo explicará más adelante. El programa muestra el formulario para especificar la ubicación y el nombre del archivo.
Imprimir	[Alt + M]	Imprime las tres derivaciones del registro actual en formato estándar. También incluye en la copia impresa los datos del sujeto.
Salir	[Alt + S]	Cierra el programa.

MENÚ ECG.

Contiene las opciones básicas de la adquisición de registros. Es accesible mediante la combinación de teclas Alt+E. Las opciones disponibles dentro de este menú son:

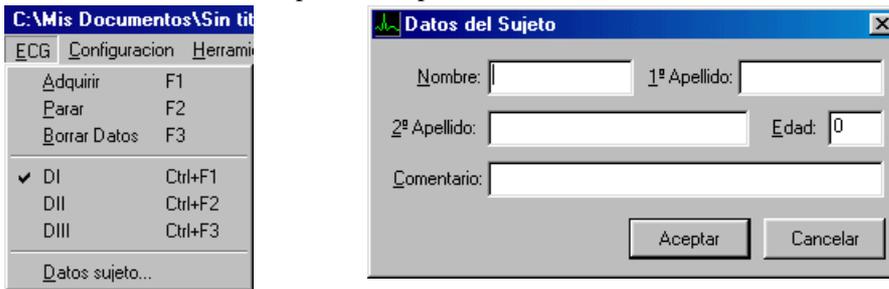


Figura 1.4.- Opciones del menú ECG y formulario para los datos del sujeto.

Adquirir	[Alt + A] F1	Comienza la adquisición de en ECG. Los datos se registran en la derivación seleccionada. Se respetan los datos que estén en memoria hasta el momento.
Parar	[Alt + P] F2	Para la adquisición de datos. El sistema espera hasta recibir todo el bloque de 4096 datos.
Borrar Datos	[Alt + B]	Borra completamente los datos adquiridos de la derivación que esté seleccionada.
DI	CTRL+F1	Hace de la derivación I la derivación activa.
DII	CTRL+F2	Hace de la derivación II la derivación activa.
DIII	CTRL+F3	Hace de la derivación III la derivación activa.
Datos del Sujeto...	[Alt + D]	Abre el formulario que permite introducir los datos el sujeto al cual se le hace el registro. (Ver figura 6.4). Los campos que se incluyen en el mismo son: nombre, primer, segundo apellido, edad y algún comentario sobre el registro.

MENÚ CONFIGURACIÓN.

Desde este menú se pueden configurar y/o determinar los parámetros fundamentales para el correcto funcionamiento del programa. Estos parámetros son:

- *Frecuencia de muestreo (Fs)*: es el número de muestras por segundo que el programa va a recibir del sistema de adquisición de datos. Es fundamental para que la escala de tiempos de la gráfica se correcta.
- *Puerto COM*: especifica a que puerto de comunicaciones serie del PC se conecta el ECG.
- *Factor de "DownSampling"*: este número entero indica que factor de muestras se muestran en las gráficas en tiempo real. Así por ejemplo si el *DownSampling* está a valor 3 indica que de cada 3 muestras que llegan al sistema únicamente se muestra en tiempo real 1. Esto permite que PC más lentos no se "retrasen" actualizando la gráfica. Aunque sólo se muestren una fracción de las muestras, internamente se almacenan todas las que se reciben.

Para cada uno de los parámetros se han implementado algoritmos para la determinación automática de los mismos, aunque el programa también permite que éstos sean especificados por el usuario. En general se recomienda que sea el programa el que los determine

El menú configuración es accesible mediante la combinación de teclas ALT+C. Las opciones dentro del mismo son las siguientes (ver figura 1.5).

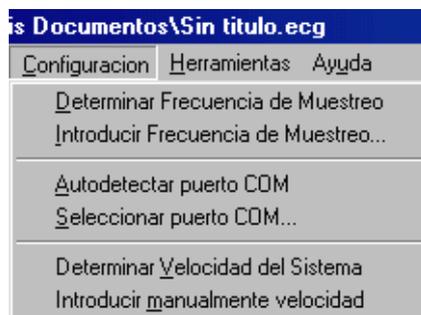


Figura 1.5.- Opciones del menú Configuración.

Determinar frecuencia de muestreo	[Alt + D]	Hace que el sistema determine de forma automática la frecuencia de muestreo del sistema de adquisición de datos.
Introducir frecuencia de muestreo	[Alt + I]	Abre un formulario que permite introducir de forma manual la frecuencia de muestreo. Esto no implica que el sistema de adquisición de datos se adapte al valor introducido.
Autodetectar puerto COM	[Alt + A]	Permite que el sistema autodetecte el puerto de comunicaciones serie al cual está conectado el ECG. Es necesario que el ECG esté encendido.
Seleccionar puerto COM	[Alt + S]	Permite seleccionar de forma manual el puerto de comunicaciones serie. Abre el correspondiente formulario.
Determinar velocidad del sistema	[Alt + V]	Permite al sistema determinar el factor óptimo de <i>DownSampling</i> que permite al PC mostrar el registro ECG en tiempo real.
Introducir Manualmente Velocidad	[Alt + M]	Abre un formulario para que el usuario introduzca el factor de <i>DownSampling</i> . Debe ser un número entero mayor o igual a 1.

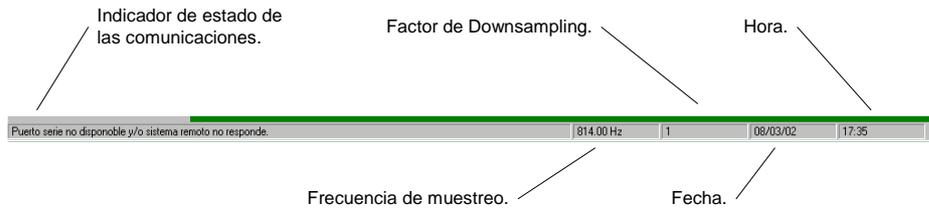


Figura 1.6.- Detalle de la barra de estado.

BARRA DE ESTADO.

Situada en la parte inferior de la pantalla, está dividida en 5 secciones. De izquierda a derecha tienen la siguiente función (ver figura 1.6).

- *Indicador del estado de comunicaciones:* mediante un mensaje se muestra el progreso de detección del sistema de adquisición (ECG). Los mensajes que puede mostrar el sistema son los siguientes:

Mensaje.	Significado.
COM X, Modo:9600 n, 8, 1. Detectando...	El sistema está intentando detectar el sistema remoto mirando el puerto serie número X, X es n valor entre 1 y 4.
COM X, Modo:9600 n, 8, 1. Enlace activo...	El ordenador a establecido comunicación con el sistema remoto.
COM X, Modo:9600 n, 8, 1. Puerto no disponible.	El puerto serie número X. No está disponible. Esto ocurre cuando el puerto no existe físicamente o está siendo usado por otra aplicación.
Puerto serie no disponible y/o sistema remoto no responde.	Este mensaje se visualiza cuando finaliza el proceso de detección automática y no se ha podido establecer conexión con el sistema remoto.
COM X, Modo:9600 n, 8, 1. Sin respuesta	Aparece cuando se fuerza un puerto en el modo de configuración manual.

- *Indicador de la frecuencia de muestreo:* en éste se visualiza la frecuencia de muestreo en hertzios, bien sea el valor obtenido por el sistema de forma automática o bien el introducido manualmente.
- *Indicador del Factor de downsampling:* se muestra el factor de *downsampling* seleccionado actualmente.
- *Indicador de fecha:* muestra la fecha del sistema.
- *Indicador de hora:* muestra la hora del sistema.

ADQUISICIÓN DE UN ELECTROCARDIOGRAMA.

En esta sección se explican los pasos necesarios para obtener, de forma correcta y sistemática, un registro electrocardiográfico de las tres derivaciones.

1. Conectar el ECG al PC a través de un puerto serie disponible. A continuación, encender el ECG.
2. Arrancar el programa del PC, para ello hacer doble clic sobre el icono del mismo:  Una vez arrancado el programa, éste autodetectará el puerto a donde se ha conectado el ECG. Si todo ha ido correctamente debe aparecer en la barra de estado el mensaje: "COM X, Modo:9600 n, 8, 1. Enlace activo...". Siendo X el número del puerto serie.
3. Aparecerá el formulario para introducir los datos del sujeto (ver figura 6.4 derecha). Rellenar los campos (no es obligatorio) y pulsar sobre el botón *Aceptar*.

4. Si es la primera vez que se ejecuta el programa, es conveniente determinar la frecuencia de muestreo a la cual trabaja el sistema de adquisición. Para ello hay que ir al menú *Configuración* y a continuación *Autodetectar frecuencia de muestreo*. Puede también pulsar la combinación de teclas [ALT+C] y luego [ALT+D]. Aparecerá un mensaje indicando que se está determinando la frecuencia de muestreo. Una vez acabado, aparecerá la frecuencia de muestreo en la barra de estado; en la parte inferior de la pantalla.
5. Una vez determinada la frecuencia de muestreo del sistema, y si es la primera vez que se ejecuta el programa, se debe determinar la velocidad del sistema. Para ello, hay que seleccionar la opción *Determinar velocidad del sistema* dentro del menú *Configuración*. Esta opción es también accesible a través de la combinación de teclas [ALT+C] seguido de [ALT+V].
6. Extender una capa delgada y homogénea de gel electrolítico sobre las láminas metálicas de los electrodos y colocarlos tal y como muestra la figura del programa para obtener el registro de la derivación I. Esto es: el electrodo amarillo en la muñeca derecha, el rojo en la muñeca izquierda y el negro en el pie derecho. En los electrodos de las extremidades superiores la lámina metálica debe estar tocando la parte posterior de la muñeca.
7. Una vez colocados los electrodos, pulsar el botón *Adquirir*  o bien [F1]. En la pantalla del ordenador, comenzará a verse el registro ECG correspondiente a la derivación I. Es posible que el registro no salga correctamente o bien éste sea oscilante. Si esto ocurre, seguir con la adquisición hasta que la gráfica se estabilice (línea base plana). Cuando el registro sea estable, parar la adquisición del mismo pulsando sobre el botón *Parar* . Esperar a que finalice la transmisión del bloque de datos y a continuación borrar el registro (botón  o [F3]). Volver a pulsar el botón  para adquirir la señal.
8. Una vez adquiridos unos segundos de señal (entre 10 y 20 segundos es suficiente), parar la adquisición haciendo clic sobre el botón *Parar*  o pulsando la tecla [F2].
9. Seleccionar la derivación II haciendo clic sobre el botón **DI** o bien pulsando la combinación de teclas [CTRL+F2]. Recolocar los electrodos como indica la figura. Es suficiente con cambiar el electrodo rojo (situado en la muñeca izquierda) a la pierna izquierda. Repetir los pasos indicados en el punto 7 y 8.
10. Seleccionar la derivación III haciendo clic sobre el botón **DI** o bien con la combinación de teclas [CTRL+F3]. Colocar ahora el electrodo amarillo que estaba en la muñeca derecha en la izquierda tal y como indica el gráfico. Volver a repetir los pasos de los puntos 7 y 8.
11. Una vez finalizada la adquisición de los tres registros se procederá guardar el ECG obtenido. Hacer clic sobre el botón *Guardar*  en la barra de herramientas. Aparecerá la ventana de la figura 6.7. Seleccionar la carpeta donde se desea guardar el registro y el nombre del archivo con el que se desea guardar. El programa almacena el registro con la extensión *.ecg* por defecto.

Comentario [L.J.A.M1]: Com probar como se "menciona" esa parte de la muñeca

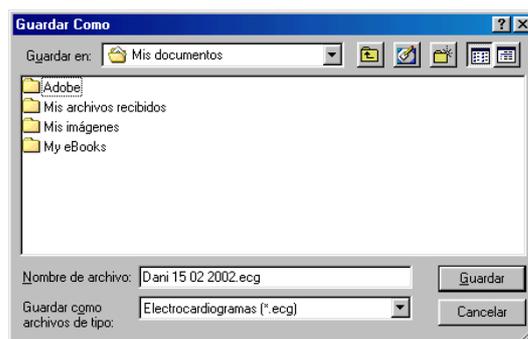


Figura 1.7.- Ventana Guardar.

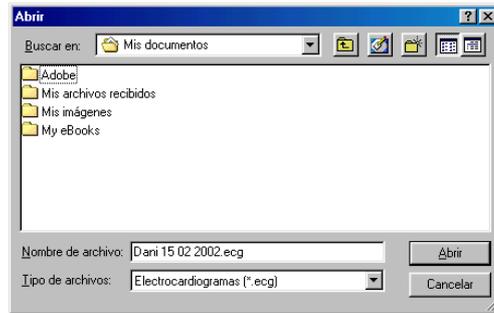


Figura 1.8.- Ventana Abrir.

REVISANDO UN REGISTRO ADQUIRIDO ANTERIORMENTE.

Para poder revisar un registro anteriormente guardado, no es necesario tener conectado el sistema de adquisición al ordenador. Una vez que se han tomado los registros de las tres derivaciones, para poder proceder a tomar medidas sobre el mismo es necesario que este sea salvado previamente [*Archivo -> Guardar*] o bien pulsando sobre el botón de la barra de herramientas . Una vez guardado, es necesario volver a abrirlo [*Archivo -> Abrir*] o bien se pulsa sobre el icono de la barra de tareas . Aparecerá la ventana de dialogo de Abrir (ver figura 1.8). Seleccionar el archivo que se desea revisar y pulsar sobre el botón *Abrir* en esta misma ventana.

En el modo de revisión, los botones DI, DII y DIII , seleccionan la derivación sobre la cual se desean tomar medidas y/o revisar. Todo lo que se diga a continuación, se refiere a la derivación que se tenga activa en ese momento.

Controles de zoom , de avance y retroceso.

Los controles de zoom son los botones  (aumentar zoom) y  (disminuir zoom). Pulsando sobre ellos varía el rango de la escala de tiempos del registro (eje horizontal). Pulsando sobre  el rango disminuye; es decir se representa menos tiempo de señal adquirida. Mientras que si se pulsa  aumenta el rango; se representa un más tiempo de la señal.

Pulsando sobre el botón  de la barra de herramientas, se retrocede en el eje temporal del ECG adquirido, mientras que si se hace clic sobre el botón  se avanza. En ambos casos, la escala (zoom) del eje horizontal permanece inalterada.

Cursores y visor de medidas.

El programa incluye una herramienta que permite hacer mediciones de los registros adquiridos por el sistema. Ésta consiste en dos cursores por derivación y un visor de medidas.

Colocando el puntero del ratón sobre la gráfica activa y pulsando sin soltar el botón izquierdo (derecho) del ratón, aparece una línea horizontal y otra vertical sobre el registro ECG. Soltando el botón izquierdo (derecho) del ratón, aparece un cursor azul (rojo) sobre el registro ECG, más concretamente, sobre el punto del registro más cercano a la intersección de las líneas horizontales y verticales mencionadas anteriormente.

Para que el programa muestre el visor de medidas, hay que pulsar el botón de la barra de herramientas *Cursores* , en ese momento aparecerá en pantalla el visor de medidas (ver figura 1.9). Éste está dividido en tres secciones, una para cada derivación. Dentro de cada derivación nos encontramos dos filas y tres columnas. En la primera columna, se muestran las medidas correspondientes al cursor azul o C1 (botón izquierdo del ratón). En la segunda columna se reflejan las medidas del cursor rojo o C2 (botón derecho del ratón). La tercera columna, denominada Δ muestra la diferencia en las medidas C2-C1. En la primera fila, se muestra la medida de tiempo en segundos, mientras que en la segunda fila, se aprecian el valor del voltaje en milivoltios. Ver figura 6.10. Para ocultar de nuevo el visor de medidas hay que volver a hacer clic sobre el botón *Cursores* .

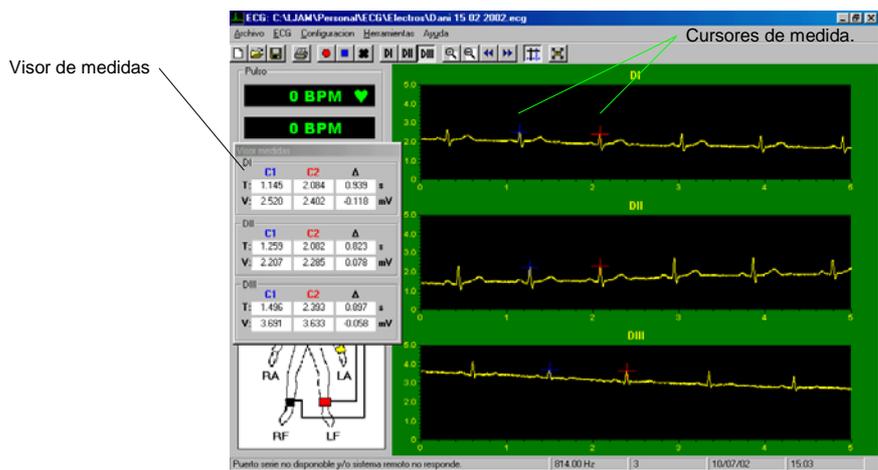


Figura 1.9.- Pantalla principal con cursores de medida y visor.

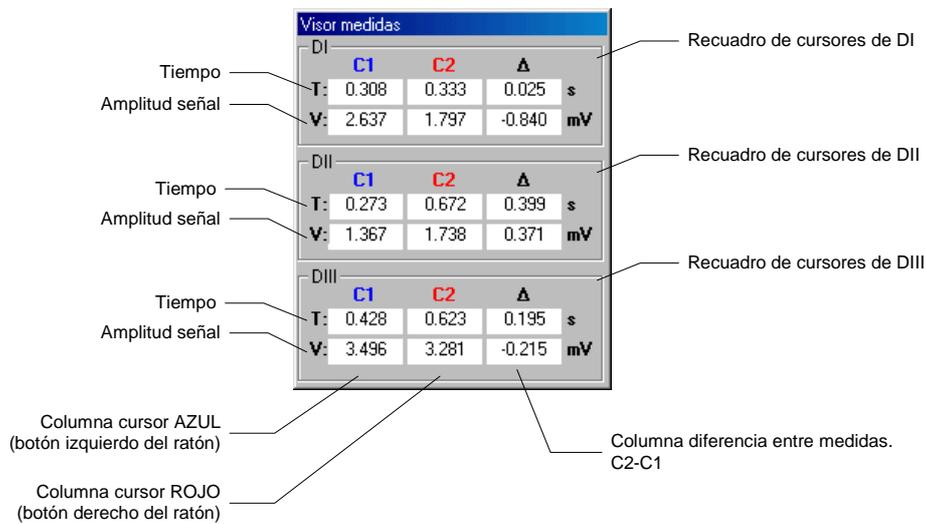


Figura 1.10.- Visor de medidas.

Expandir gráfica.

Si en cualquier momento se pulsa el botón de la barra de menú , entonces la el registro de la derivación que esté seleccionado en ese instante, se expandirá pasando a ocupar todo el espacio de los registros (Figura 1.11). Pulsando una vez más sobre el botón, la gráfica vuelve a su estado normal. Esto último también ocurre si se selecciona una derivación distinta a la actual.

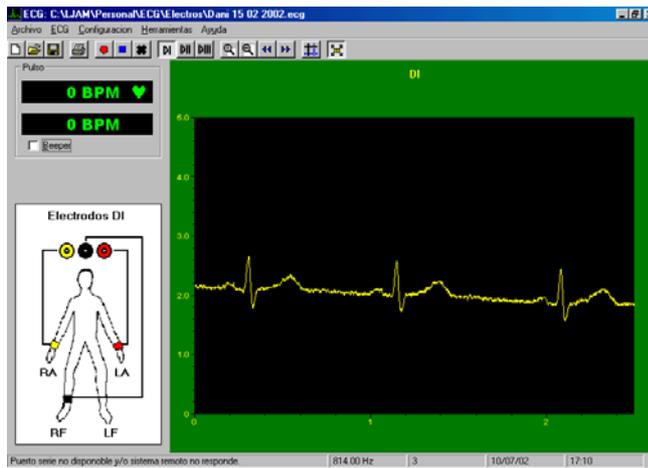


Figura 1.11.- Gráfica expandida.

Detección Manual del Puerto Serie

Esta opción es accesible a través del menú *Configuración* → *Seleccionar Puerto COM*. Una vez seleccionado, aparecerá en pantalla el formulario de la Figura 1.12.

En el formulario aparecen tres zonas diferenciadas. La primera, señalada en la figura como “*Selector de puerto serie*”, permite seleccionar el puerto COM. La segunda, marcada como “*Mensaje de estado de puerto*”, indica, mediante un mensaje, el resultado del intento de establecimiento de conexión con el sistema de adquisición de señales. Por último, está la casilla de verificación que obliga a admitir como válido el puerto seleccionado aún cuando el proceso de detección del sistema de adquisición no ha sido exitoso.



Figura 1.12.- Formulario de selección manual del puerto de comunicaciones serie.

Los diferentes mensajes que puede mostrar el formulario se resumen a continuación:

Mensaje.	Significado.
"El puerto seleccionado no está disponible y no se podrá forzar su selección."	El puerto de comunicaciones seleccionado, o bien no está instalado, o existe otro dispositivo y/o aplicación que esté haciendo uso de él. Como indica el mensaje, no podrá se podrá forzar al sistema a que emplee el puerto.
"El puerto seleccionado está disponible pero el sistema remoto no responde."	El puerto seleccionado está instalado en el sistema y no hay otro dispositivo y/o aplicación que esté haciendo uso de él, pero el sistema remoto no ha respondido correctamente. En este caso se podrá forzar la selección del puerto.
"El puerto seleccionado está disponible y el sistema remoto responde. Pulse ACEPTAR para configurar como puerto de comunicaciones."	El puerto seleccionado está instalado en el sistema y no hay otro dispositivo y/o aplicación que esté haciendo uso de él, Y el sistema remoto ha sido detectado correctamente.