



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA

---

TÍTULO DEL TRABAJO:

*Desarrollo de una interfaz gráfica de usuario (IGU-Cx) mediante  
Visual Basic 6.0 para adquirir y visualizar la señal  
electrocardiográfica del dispositivo de ECG DIN-1.*

INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR EN LA MODALIDAD DE:  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO BIOMÉDICO**

PRESENTA:

**LAURA OLIVIA GALATUART ALONSO**

ASESOR INTERNO: **Dr. Agustín I. Cabrera Llanos**

ASESOR EXTERNO: **Ing.Biom. Nadezhda Aguilar Blas**

EVALUADORES: **M. en C. Yolanda De Las Mercedes Gómez y Gómez**  
**M. en C. Decano Samuel Dorantes Álvarez**

México, D. F. 27 de MAYO del 2010



SECRETARÍA  
DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA



México., D. F., a 29 de abril 2010.  
Of. No. SA-UPIBI-592/10

**GALATUART ALONSO LAURA OLIVIA**  
**7º SEMESTRE DE LA CARRERA DE**  
**INGENIERÍA BIOMÉDICA**  
**Presente.**

Comunico a usted, que como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con esta fecha queda registrado su proyecto terminal en la modalidad de **“PROYECTO DE INVESTIGACIÓN”** denominada **“DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (IGU-Cx) MEDIANTE VISUAL BASIC 6.0 PARA ADQUIRIR Y VISUALIZAR LA SEÑAL ELECTROCARDIOGRÁFICA DEL DISPOSITIVO DE ECG-DIN-1”** bajo la dirección interna de Dr. Agustín Cabrera Llanos y la dirección externa de la Ing. Biomédico Nadezhda Aguilar Blas.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la opción curricular de titulación. Asimismo me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el Comité mencionado.

## **CONDICIONES**

1. Permanecer en la misma opción y actividad en el Proyecto Terminal I, II, III.
2. Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y Proyecto Terminal III.
3. Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas.
4. Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura.

**ATENTAMENTE.**  
**“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”**



**ING. YESICA MA. DOMÍNGUEZ GALICIA.**  
**SUBDIRECTORA ACADÉMICA.**

## ÍNDICE

Índice de figuras	iii
Índice de tablas	iv
Resumen	1
1) Introducción	2
1.1. Interfaces gráficas	2
1.1.1. El usuario	2
1.1.2. La computadora	3
1.1.3. Uso de las interfaces gráficas de usuario en aplicaciones clínicas	3
1.2. Visual Basic	4
1.3. Modelos animales en la investigación biomédica	9
1.3.1. Características de los animales de experimentación	10
1.3.2. Modelo porcino	11
1.3.3. Modelo Murino	11
1.3.4. Modelo Canino	12
1.3.5. Ética en el manejo de animales de experimentación	12
2) Objetivos	14
2.1. General	14
2.2. Particulares	14
3) Justificación	15
4) Metodología	16
4.1. Ventana de inicio de la aplicación	17
4.2. Ventana principal de la aplicación	19
4.2.1. Adquisición de datos	19
4.2.2. Implementación del trazo gráfico	22
4.2.3. Filtrado digital	26
4.2.4. Calculo de la frecuencia cardíaca	27
4.3. Ventana de la base de datos	28
5) Actividades y recursos	30
5.1. Recursos dentro del departamento de cirugía experimental y método para toma de muestras	30

5.2. Materiales	31
6) Resultados y discusión	33
6.1. Ventana de inicio de la aplicación	33
6.2. Ventana principal de la aplicación	33
6.3. Ventana de base de datos	40
6.4. Realización de un programa ejecutable	40
7) Discusión	41
8) Conclusiones	41
9) Recomendaciones para trabajos futuros	42
10) Referencias	43
11) Anexos	46
11.1. Validación (INCMNSZ)	46
11.1.1. El instituto	46
11.1.2. Breve Historia del INCMNSZ	46
11.1.3. Ubicación	47
11.1.4. Misión	47
11.1.5. Visión	47
11.2. Apéndice de Programas	49
11.2.1. Grafica dinámica en línea	49
11.2.2. Ventana de inicio de la IGU Cx	49
11.2.3. Ventana de base de datos	50
11.2.4. Ventana principal de la aplicación	51
11.2.5. Comunicación USB	52

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Comparación de los parámetros fisiológicos de frecuencia cardíaca y temperatura. Fuentes obtenidas de las universidades americanas de The American College // Stanford University // Western State College	11
Tabla 2 Principales especies utilizadas en cirugía experimental, y otras aplicaciones en otros ámbitos de la investigación médica	13
Tabla 3 Elementos utilizados para realizar la función de comunicación USB entre el dispositivo ECG DIN-1 con la interfaz diseñada	20
Tabla 4 Elementos del programa para graficar de forma dinámica una señal aleatoria, de modo dinámico.	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Barras de título, menús, herramientas de la ventana principal de Visual Basic	5
Figura 2	Ventana del formulario de Visual Basic	6
Figura 3	Caja de herramientas de la ventana principal de Visual Basic	6
Figura 4	Ventana de propiedades de Visual Basic	7
Figura 5	Ventana de Posición del formulario	7
Figura 6	Ventana del explorador de proyectos de Visual Basic	8
Figura 7	Boceto final realizado por el personal del departamento de Cirugía experimental del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ)	16
Figura 8	Arquitectura y funciones de las ventanas de la IGU-Cx	17
Figura 9	Diagrama de flujo del programa de la ventana de inicio de la interfaz diseñada.	18
Figura 10	Boceto de la ventana principal de la interfaz	19
Figura 11	Diagrama de flujo del programa para adquirir mediante el puerto USB	21
Figura 12	Vista de los datos transmitidos por el equipo de ECG-DIN1 a la computadora a través de una Hyper Terminal	22
Figura 13	Ventana de la aplicación para adquisición de datos diseñada en Visual Basic 6.0 modificada para admitir solo los datos numéricos para proceder a realizar el trazo grafico de los datos adquiridos.	23
Figura 14	Venta correspondiente a la primera fase de pruebas para graficar en Visual Basic 6.0 los datos recibidos a través del puerto USB	23
Figura 15	Diagrama de flujo para realizar una grafica estática.	24
Figura 16	Ventana de grafico en modo dinámico realizado en Visual Basic 6.0	25
Figura 17	Del programa diseñado para graficar de forma dinámica, se visualizan cuatro muestras tomadas durante la	26

	ejecución de la aplicación.	
Figura 18	Señal de ECG obtenida de una Rata wistar graficada fuera de línea en Matlab	27
Figura 19	Boceto del diseño para la base de datos de la interfaz.	28
Figura 20	Diagrama de flujo del programa para guardar los datos de un formulario.	29
Figura 21	Diagrama de las derivaciones de ECG de un individuo canino.	31
Figura 22	Ventana de inicio de la interfáz diseñada en Visual Basic 6.0	33
Figura 23	Ventana principal de la interfaz IGU Cx	34
Figura 24	Ventana de la aplicación de adquisición diseñada en Visual Basic 6.0 que emula las funciones de adquisición a través de una Hyper Terminal.	34
Figura 25	Actualización de la fecha y la hora dentro de la aplicación	35
Figura 26	Botón de Alarma y Vista del Modulo de Clase que controla al archivo de audio dentro de la aplicación.	35
Figura 27	Señal de ECG de rata wistar obtenida de la salida de la salida del filtro Notch del circuito.	36
Figura 28	Señal de ECG de rata wistar obtenida de la salida del Filtro Analogico de 0.03 Hz. Fragmento de 1 seg	36
Figura 29	Señal de ECG rata wistar filtrada por un filtro pasa- bajas con $F_c=60$ Hz. Fragmento 1 seg	37
Figura 30	Comportamiento del filtro pasa- bajas. Filtro FIR ventana Blackman- Harris, orden 20	37
Figura 31	Señal de ECG de rata wistar filtrada por filtro FIR, pasa- bajas. Fragmento de 1 seg	38
Figura 32	Respuesta del filtro pasa altas, FIR por ventana Bartlett- Haning. $F_c$ 5Hz	38
Figura 33	Señal de ECG de rata wistar filtrada por pasa altas FIR. $F_c=5$ Hz	39
Figura 34	Detección de la onda R de la señal de ECG de una rata wistar	39
Figura 35	Vista final de la ventana de la base de datos.	40

Figura 36	El instituto Nacional de ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán	46
Figura 37	Ubicación del INCMNSZ	47
Figura 38	Cirugía en perro. Departamento de Cirugía Experimental.	48



# Desarrollo de una interfaz gráfica de usuario (IGU-CX) mediante Visual Basic 6.0 para adquirir y visualizar la señal electrocardiográfica del dispositivo de ECG DIN-1.

Laura Olivia Galatuart Alonso<sup>1</sup>, Nadezhda Aguilar Blas<sup>2\*</sup>, Agustín Ignacio Cabrera Llanos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del IPN. Av. Acueducto s/n Barrio la Laguna Ticomán, México 07240, México.

<sup>2</sup>Departamento de Cirugía Experimental. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Vasco de Quiroga 15 Colonia Sección XVI, Tlalpan C.P.14000; México D.F., México

\*correo-e: crubskay@hotmail.com

Palabras clave: Electrocardiografía, Comunicación USB, Visual Basic 6.0

## Introducción:

### Interfaz gráfica de usuario

El concepto de interfaz es amplio, este ha sido definido, según el ámbito de conocimientos en que se aplique desde la electrónica y las telecomunicaciones, se ha definido como "puerto a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros" [1].

En el contexto de la interacción persona-maquina, hablamos de interfaz de usuario, para referirnos de forma genérica al espacio que media la relación de un sujeto y una máquina o sistema interactivo. [2].

### Señales electrocardiográficas en mamíferos.

El electrocardiograma (ECG), es una representación gráfica de la actividad del musculo cardiaco. [3]

Durante la despolarización y repolarización miocárdica, aparecen las ondas del ECG. Un periodo del ECG perteneciente a un individuo sano, consiste en una onda P, el complejo QRS, la onda T y la onda U, que están presentes en las señales de la mayoría de los mamíferos más comunes utilizados en la investigación y experimentación con animales. En las especies mamíferas, se tiene un trazo semejante al del humano, debido que la estructura del corazón muy similar, cambiando únicamente el tamaño del músculo cardiaco, modificándose entonces, las amplitudes y frecuencias de la señal de ECG. [4]

### Objetivo:

Desarrollar la interfaz grafica de usuario para computadoras laptop con soporte para la plataforma de Visual Basic 6.0, que permita la visualización y monitoreo de la señal electrocardiográfica en tiempo real, de las principales especies empleadas en el departamento de cirugía experimental del INCMNSZ.

### Metodología:

Para la realización del diseño de la interfaz grafica de usuario se emplearon dos herramientas principales, el equipo físico de programación fue una computadora Laptop Toshiba equipada con una maquina virtual en Windows XP; y el software de programación fue el paquete de Visual Basic 6.0 de Microsoft, La IGU-Cx es una interfaz que consta de tres ventanas principales, la ventana de inicio, en la que se realiza el enlace con la ventana principal del ECG, y con la ventana correspondiente a la base de datos, a continuación en la figura 1 se muestra el esquema general de la arquitectura diseñada de la interfaz motivo de este trabajo.

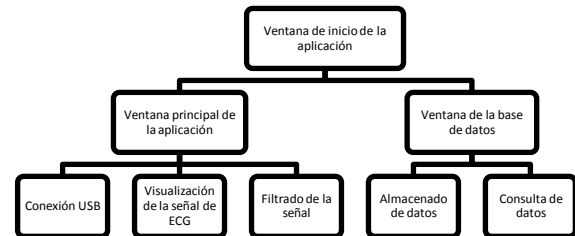


Fig. 1. Arquitectura y funciones de las ventanas de la IGU-Cx

**Resultados y discusión:** La interfaz de usuario IGU-CX fue diseñada para permitir la visualización de la señal electrocardiográfica, ofrece un sistema de gestión de datos, que permitirá al usuario, guardar y consultar la información, tanto de paciente como la señal de ECG. Esta última se almacenará de manera vectorial y se visualizará de forma gráfica.

La IGU-CX implementa una herramienta de filtrado digital correspondiente a las señales de ratas wistar y diferentes razas caninas. Esto permitirá que el dispositivo de adquisición ECG DIN-1 diseñado para señales humanas con comunicación USB a la computadora, sea útil en la adquisición de electrocardiografía veterinaria/humana.

**Conclusiones:** La programación para la adquisición y almacenamiento en línea ha sido completada usando los registros de una base de datos previa a este trabajo.

Esta aplicación puede ejecutarse sin causar errores en el sistema operativo de Windows XP, debido que es la plataforma en la que fue programado, y a las características del driver del equipo ECG DIN-1

### Referencias

1. Restrepo Jaramillo Juliana, El estudio de las interfaces gráficas de usuario desde el diseño gráfico. Universidad Pontificia Bolivariana, Revista Iconofacto vol.1 nro.3 2006 Medellín Colombia.
2. Marrero Expósito Carlos, Interfaz gráfica de usuario aproximación semiótica y cognitiva. Universidad de la Laguna España 2006.
3. Martin Mike, Small Animal ECG's, An Introductory guide, Second Edition, Ed. Blackwell Publishing 2007
4. Sáenz Medina J, Asuero de Lis MS, Correa Gorospe C, Modelos Experimentales para la investigación y el entrenamiento en trasplante. Actas experimentales Españolas, Madrid España, Enero 2008
5. Grupo Bucarely, Libro de oro de Visual basic 6.0 Orientado a bases de datos. Ed. DCLC, Segunda edición 1998



---

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 INTERFACES GRÁFICAS

El concepto de interfaz es amplio, este ha sido definido, según el ámbito de conocimientos en que se aplique desde la electrónica y las telecomunicaciones, se ha definido como “puerto a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros”.

Si vamos a la etimología de la palabra interfaz encontramos una palabra compuesta, por dos vocablos, *Inter* que de origen latino significa, “entre” o “en medio”, y *Faz* del latín facies, y significa “superficie, vista o lado de una cosa”. Por lo tanto, en general el concepto de interfaz atendiendo a su etimología, es “superficie, vista, o lado mediador” [5].

En el contexto de la interacción persona-maquina, hablamos de interfaz de usuario, para referirnos de forma genérica al espacio que media la relación de un sujeto y una máquina o sistema interactivo. Esta definición de interfaz gráfica introduce conceptos, como son los conceptos de manipulación directa, iconos, controles (widgets) y texto (tipografía) [28].

Para las interfaces graficas de usuario es de importancia definir el perfil de navegación, es decir la manera como el usuario se desenvuelve en la red, como se ubica dentro del contenido, que conocimientos previos tiene sobre el sistema, si es un usuario experto o novato. Por último es importante conocer el nivel de tecnología del cual disponen los usuarios: Software, hardware, periféricos, tipo de conexión etcétera [9].

#### 2.1.1 EL USUARIO

El usuario como tal, es la persona que determinará las características más específicas de una interfaz; y para ello, este debe ser analizar esencialmente desde tres aspectos: desde su capacidad cognitiva, su cultura y sus experiencias. Esta información es de suma importancia, debido que el usuario determinará si la interfaz (software) le es útil o no, y por consecuencia a este hecho la determinación del tamaño de un mercado para los sistemas diseñados.



---

Para poder satisfacer a los usuarios se deben reconocer los intereses, motivaciones, gustos, preferencias, valores estéticos y éticos, conocimientos derivados de la experiencia o de la educación, así también de lo que ellos esperan obtener de la interfaz.

### 2.1.2 LA COMPUTADORA

Cuando hablamos de computador no solo debemos referirnos a la PC o a la computadora laptop, debido a que en otra serie de aparatos que parecen características en común con ellas, como el microondas, el celular, la “Palm”, juegos de video y hasta algunos relojes.

Para que algo sea computador tiene que poseer las siguientes características que son la base común de todos:

- a) Poseen una unidad de memoria, que se encarga de almacenar los programas o “software”,
- b) Los circuitos y elementos que conforman al equipo “hardware”
- c) Comunicación con dispositivos de entrada que actúan como “perceptores” de la información que obtienen del usuario o del entorno en el caso de los sensores.
- d) Los dispositivos de salida a través de los cuales el usuario puede verificar las respuestas o resultados del sistema a sus acciones (como la impresora o la pantalla), además, el computador posee una unidad de procesamiento que es “el cerebro” del sistema. Este “cerebro” desarrolla tres acciones principales que son: buscar, decodificar y ejecutar.

### 2.1.3 USO DE LAS INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO EN APLICACIONES CLÍNICAS

Entendiendo lo anteriormente dicho, es totalmente seguro que los equipos empleados en las áreas clínicas y médicas posean todas las características mencionadas en los incisos del apartado anterior, es decir están conformados esencialmente por hardware y software.

Actualmente la demanda de tecnologías portátiles (hardware) de los aparatos y equipos médicos exigen un rediseño de los mismos, es decir, un equipo debe de aportar al usuario una opción práctica de transporte de sí mismo, a tal grado que pueda trasladarse grandes



---

distancias sin sufrir daños, este término también se refiere al sistema de alimentación y del empleo de baterías.

En cuanto al software, puede ser juzgado desde el aspecto de su capacidad de portabilidad, que hace referencia a las características de empleo sobre cualquier plataforma (existiendo límites de compatibilidad), si es que se trata de un equipo que se pueda conectar a un computador externo, como es el caso de este proyecto donde se diseñe debe generar un programa ejecutable que no presente problemas o conflictos al ser instalado en diferentes computadoras ello dependerá en parte de la plataforma en que sea programada y otra parte será determinada por las características técnicas del equipo anfitrión, (así también de la plataforma en la que trabajen, Linux, Windows, etcétera) [13].

## 2.2 VISUAL BASIC

Visual Basic (VB) es una herramienta software que permite desarrollar aplicaciones Microsoft Windows, es una plataforma con programación orientado a eventos/objetos es decir que el código no se activa hasta que se llama como respuesta a un evento, por ejemplo clic sobre un botón o la selección de las opciones de un menú; solo cuando se detecta un evento, el código correspondiente es ejecutado [11].

La programación orientada a objetos trabaja sobre objetos visibles, cada uno de los cuales posee sus propias características, métodos y eventos, toma como entidad principal los objetos de la naturaleza misma que contienen sus propias características y alguna función de utilidad, en computación, un objeto es todo lo que se ve en una aplicación típica de Windows, Linux, Beos, etc. Los objetos son, por ejemplo, un botón de comando, una caja de texto, una imagen, un botón de opción, en general todo objeto visible que usted puede observar en la pantalla [29] y que tienes características pertenece a una clase posee atributos y valores específicos.

Todas las aplicaciones creadas en un lenguaje de programación orientado a objetos serán por defecto un programa orientado a evento. Es un programa orientado a eventos, porque cuando este es cargado o ejecutado solo espera a que el usuario realice alguna acción sobre uno de los objetos que posee, y solo cuando esto suceda en programa ocurre un determinado tipo de evento. Mediante ese evento el programa realiza una

operación y luego notifica al usuario sobre los resultados de dicha operación. Visual Basic 6.0 es un sistema en el cual se programa en lenguaje orientado a eventos.

Los bloques básicos de construcción de una interfaz de usuario son los formularios y los controles [13]. VB utiliza técnicas de programación visual para diseñar las aplicaciones.

Para el desarrollo de un proyecto, en VB se contemplan tres pasos generales, primero, dibujar la interfaz de usuario, segundo, se asignan las propiedades de los controles y finalmente se escribe el código para los controles de la misma.

También se emplean tres modalidades de trabajo, el modo diseño, el modo ejecución y el de interrupción (la aplicación se detiene para poder depurar el programa) [17]. El modo de diseño, se tienen seis ventanas principales que aparecen al momento de arranque de VB, estas se describen a continuación.

- i. La Ventana Principal consiste en la barra de título, la barra de menús y la barra de herramientas. La barra de título indica el nombre del proyecto, el modo actual de operación de VB y el formulario actual. La barra de menú contiene las opciones desde las cuales se controlan las operaciones del entorno de VB. La barra de herramientas tiene botones para activar algunas opciones del menú.

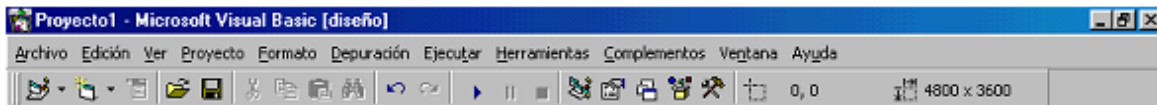


Figura 1 Barras de título, menús, herramientas de la ventana principal de Visual Basic

- ii. La Ventana del Formulario es fundamental para desarrollar las aplicaciones de VB es aquí donde se diseña la aplicación a programar.

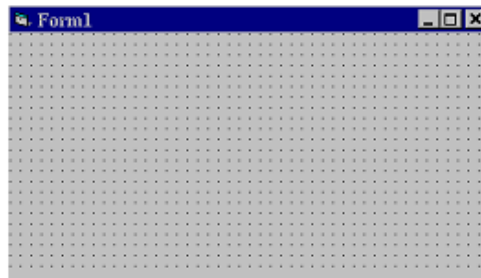


Figura 2 Ventana del formulario de Visual Basic

- iii. La Caja de Herramientas permite seleccionar los controles utilizados en la aplicación, al pulsar clic derecho sobre ella se despliega una pequeña ventana donde podemos elegir

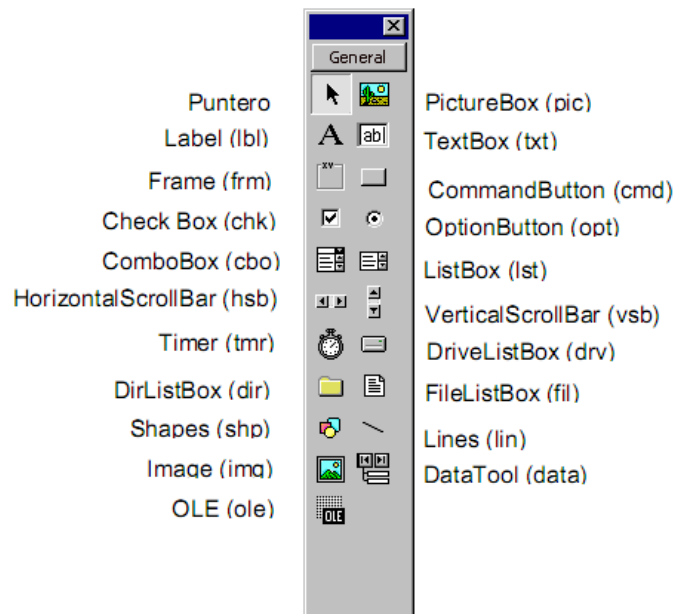


Figura 3 Caja de herramientas de la ventana principal de Visual Basic

- iv. La Ventana de Propiedades se utiliza para establecer los valores y las propiedades de los objetos dentro de un proyecto. Es en esta ventana donde podemos ejecutar de manera directa el paso dos del desarrollo de aplicaciones en VB, o bien se pueden asignar mediante código en el programa principal del objeto.

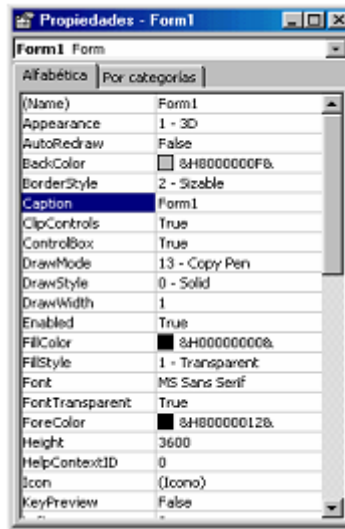


Figura 4 Ventana de propiedades de Visual Basic

- v. La Ventana Posición del Formulario muestra donde se verá el formulario dentro de la pantalla, en tiempo de ejecución.



Figura 5 Ventana de Posición del formulario

- vi. La Ventana del Explorador de Proyectos muestra una lista de todos los formularios y módulos que componen la aplicación. Desde esta ventana también se puede elegir entre ver el Código o el Formulario.

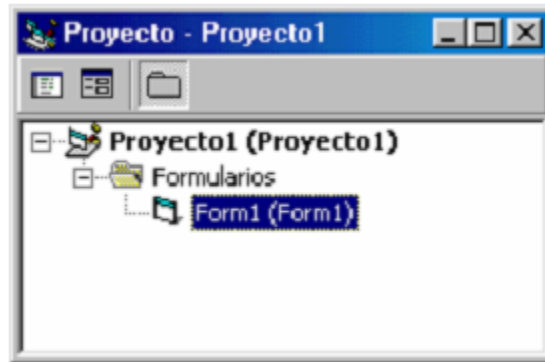


Figura 6 Ventana del explorador de proyectos de Visual Basic

En el tercer paso para desarrollo de una aplicación en VB, consiste en escribir el código para los controles contenidos dentro del diseño de un proyecto; esta acción se implementa a través de un programa, que consiste en una colección de colección de instrucciones. En VB las instrucciones se integran en procedimientos (aquellos que empiezan con Sub nombreProcedimiento y terminan con End Sub).

En VB se emplean entidades denominadas módulos, los cuales son ficheros independientes con la extensión .bas, que contienen trozos de código en los cuales normalmente se declaran variables globales del sistema [11].

Anteriormente, se había comentado que el momento en que se diseña la aplicación se le denomina modo de diseño, y cuando la aplicación se está ejecutando se le denomina modo de ejecución. Las aplicaciones en Visual Basic pueden trabajar en dos modos distintos, que son: modo de diseño y modo de ejecución. En modo de diseño, el programador construye interactivamente la aplicación, colocando controles en el formulario, definiendo sus propiedades y codificando los procedimientos para gestionar los eventos de cada control.

La aplicación se prueba en modo de ejecución. En este caso, el programador actúa sobre la aplicación produciendo los eventos codificados y obteniendo los valores proporcionados por dichos eventos. Hay algunas propiedades de los controles que solo pueden establecerse en modo de diseño, pero muchas otras pueden cambiarse en modo de ejecución. Para que una aplicación pase del modo de diseño al modo de ejecución simplemente hay que pulsar la tecla F5, o bien, hacer clic en el botón Iniciar (Start), de





---

la barra de herramientas estándar. Otra forma no muy utilizada, es haciendo clic en la opción Iniciar (Start) del menú Run (Ejecutar).

### 2.3 MODELOS ANIMALES EN LA EXPERIMENTACIÓN BIOMÉDICA

La medicina nace con la observación y experimentación en animales. Los datos obtenidos mediante experimentos en animales es tema permanente de interés científico, donde enfermedades humanas han sido inducidas en modelos animales para la investigación de las mismas desde hace muchos años en distintas áreas de la investigación como pruebas diagnósticas y terapéuticas en los controles de productos farmacológicos, constituyendo uno de los pasos fundamentales en la biomedicina.

Uno de los primeros médicos que se ocupó de comparar el latido cardíaco en distintas especies, fué William Harvey [30], que en 1628 publicó la obra “Ejercicio anatómico concerniente al movimiento del corazón y la sangre en los animales”, en la que expuso un modelo de circulación sanguínea, donde explicaba el papel de las válvulas y cavidades cardíacas en los procesos de succión y bombeo de la sangre, así como el mecanismo de intercambio entre sangre venosa y sangre arterial.

Los experimentos con animales tienen su fundamento en el hecho de considerar a otras especies animales como modelos en miniatura de la anatomía humana. Se realizan experimentos con animales básicamente en tres campos: la docencia, la industria y la investigación.

En docencia, las prácticas con animales tienen como objetivo aprender ciertos procesos fisiológicos, características anatómicas o adquirir habilidades clínicas y quirúrgicas como forma de entrenamiento, así como implementar nuevas técnicas de cirugía que deben ser probadas y estudiadas antes de pasar al campo humano, así como la manipulación y control de los signos vitales para diferentes fines clínicos. En la industria, la biotecnología animal ha experimentado un gran desarrollo en las últimas décadas con el uso de tecnologías reproductivas, la creación de organismos genéticamente modificados, la producción masiva de moléculas de interés y la prueba de productos de consumo para probar que no son dañinos. En investigación, se han desarrollado modelos de animales



---

para evaluar enfermedades genéticas humanas y producir drogas o vacunas, y como fuente donante de células y órganos, así como proteínas sanguíneas o anticuerpos.

En área de cirugía experimental, el uso de especies que presenten una anatomía y morfología lo más parecidas a la de seres humanos, uno de las características más determinantes es la manera en la que trabaja corazón, debido que este conocimiento es de gran ayuda para poder monitorear la actividad vital, niveles de anestesia, y otros parámetros de interés, del animal, esto es una fundamental para las buenas prácticas de las técnicas quirúrgicas.

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

El diseño de los experimentos que utilizan animales exige la definición detallada de las características genéticas y ambientales, es decir, del dramatis personae de los mismos. Sólo así, utilizando animales definidos y estandarizados, se obtendrán resultados reproducibles. En el caso de áreas como la cirugía experimental, es de interés las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de los animales que se usan para estos fines.

El mantenimiento de los animales en condiciones favorables durante los experimentos puede verse afectado si los mismos fueron previamente sometidos a agentes infecciosos, a nutrición inadecuada, estuvieron en contacto con agentes químicos perjudiciales o albergados en condiciones que alteraron sus características, fisiológicas y hasta anatómicas. Todo lo que acontezca en el desarrollo del animal y su evolución durante la fase experimental debe ser preocupación del investigador, pues durante todo este intervalo pueden introducirse variables que afecten adversamente los resultados experimentales.

En la tabla 1 se muestran las características de frecuencia cardíaca expresada en latidos por minuto de cada especie que se describirá en este documento, siendo estas las más empleadas dentro del departamento de cirugía experimental del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.



**Tabla 1 Comparación de los parámetros fisiológicos de frecuencia cardíaca. Fuentes obtenidas de las universidades americanas de The American College // Stanford University // Western State College**

<b>Parámetro</b>	<b>Rata</b>	<b>Perro</b>	<b>Cerdo</b>	<b>Humano</b>
<b>Frecuencia cardíaca [Lat/min ]</b>	Razas de tamaño medio 300-500	Adultos 60-160 Razas Toy 180 Cachorros 200-220	Razas grandes 55-86 Cerdos miniatura 68-98	Sedentario 70-90 Adulto en forma 60-80 Deportista 40-60

### 2.3.2 MODELO PORCINO.

El cerdo utilizado como animal de experimentación en el campo de la cirugía experimental es ideal por su anatomía y fisiología tan similar al humano. Es un animal domesticable, de crecimiento rápido y reproducción numerosa. Sin embargo, hay que tener en cuenta que es de naturaleza muy lábil y sensible a las situaciones de estrés, por lo que su manejo debe ser cuidadoso para evitar la muerte y el sufrimiento del animal durante su preparación para la intervención o durante ella.

El modelo experimental porcino simula fielmente el aparato cardiovascular humano tanto desde el punto de vista fisiológico como anatómico, dado que es similar en tamaño, distribución de la anatomía coronaria, y valores de presión arterial e índice cardíaco. [18]

### 2.3.3 MODELO MURINO

Los modelos murinos tienen la ventaja de ser animales de bajo costo, fácil cuidado y reproducción; presentan un tiempo generacional muy corto, son muy prolíficos y se adaptan fácilmente a la vida en los bioterios, lo que permite controlar las variables ambientales en las experimentaciones. Comparte con el hombre el privilegio de ser las especies de mamífero mejor estudiadas desde el punto de vista genético. Existe una cantidad enorme de líneas genéticamente definidas. Es el único animal que posee sistemas eficientes de cultivo de células embrionarias pluripotenciales para generar quimeras, lo que permite la realización de mutaciones.



---

Dentro de la cirugía experimental estos roedores son empleados para entrenar e implementar técnicas de laparoscopia y de la microcirugía como aplicaciones fundamentales. En cuanto al comportamiento del músculo cardíaco de las ratas puede observarse un nivel de frecuencia cardíaca muy elevada en comparación con la humana, sin embargo se ha encontrado que la presión sanguínea se mantiene en niveles considerablemente cercanos a los promedios registrados en humanos.

#### 2.3.4 MODELO CANINO

El uso de modelos caninos representa menos del 1% de la investigación en animales, si bien se han desarrollado modelos experimentales en esta especie en diferentes áreas a inicios de la investigación experimental dada la fácil accesibilidad de los mismos, actualmente se utilizan menos por su mayor coste. Presentan la ventaja de disfrutar de mayor longevidad que las especies de granja y de ser una especie muy cercana al hombre. La raza más utilizada para protocolos muy sofisticados de investigación es el “beagle”, debido a ser un perro de un tamaño intermedio, con carácter dulce, limpio, cuya crianza casi nunca presenta grandes dificultades. [18]

#### 2.3.5 ÉTICA EN EL MANEJO DE ANIMALES PARA EXPERIMENTACIÓN

Este tema compete a todos los individuos, pero con mayor razón, a aquellos involucrados en la investigación biológica; desde el técnico auxiliar que está a cargo del cuidado de los animales, hasta el más alto directivo. La primera condición del investigador que trabaja con animales de laboratorio es el respeto por la vida, por el dolor o el sufrimiento a que éstos pueden ser sometidos en los trabajos bajo su responsabilidad, dentro de la cual se incluye la búsqueda de alternativas al modelo experimental. [26]

Por ende la preocupación generalizada es encontrar las formas de minimizar el sufrimiento y sacrificio de animales en áreas de la ciencia y de mejorar en lo posible el trato de los animales, que inevitablemente deban ser usados durante la experimentación, procurando al máximo de evitar el sufrimiento especialmente en aquellos animales más evolucionados o dotados de un mayor grado de sensibilidad, y elevar su aprovechamiento. Como una consecuencia de todo lo anteriormente planteado, surge la BIOÉTICA ANIMAL como el conjunto de normas éticas que regulan el comportamiento y



las relaciones del hombre con los animales (CAPÓ, M.A. 1999). Siempre que se utilizan animales en investigación habremos de considerar que existen dos objetivos principales, el de obtener resultados experimentales válidos, y el de minimizar cualquier dolor que éstos puedan sufrir y evitar la pérdida de vidas innecesarias. Esto es importante tanto desde el punto de vista de la preocupación humanitaria como para cumplir con los requisitos de la legislación sobre animales de investigación, por rigor científico, y económico.

En la tabla 2 se enlistan las principales especies que se utilizan en la cirugía experimental, acompañados además de las principales líneas de investigación en las que se utilizan con mayor frecuencia, no solo dentro del departamento de cirugía experimental, sino también en otro tipo de centros de investigación y laboratorios.

**Tabla 2 Principales especies utilizadas en cirugía experimental, y otras aplicaciones en otros ámbitos de la investigación médica**

<b>Especie</b>	<b>Usos en investigación</b>
<b>Ratón</b>	Representa un 70% de los animales de investigación. Carcinogénesis Ratones SCID (inmunodeficiencia).
<b>Rata</b>	Representa un 22% de los animales utilizados en investigación. Toxicología, farmacología, neurología. Modelos de enfermedades humanas neurodegenerativas (Parkinson) y cardiovasculares (hipertensión). Traumatología médula espinal.
<b>Perro</b>	Representa un 1% de los animales en la investigación. Cirugía cardiovascular. Enfermedades autoinmunes. Representa hasta un 20% de los modelos animales de enfermedades humanas. Tiene más de 280 patologías congénitas similares a las humanas.
<b>Cerdo</b>	Representa un 3% de los animales empleados en la investigación. Cirugía cardiovascular, renal, de tórax Similitudes anatómicas y fisiológicas con el hombre Similitud en dermis y epidermis Similitud del tracto urinario y fisiología gastrointestinal. Trasplante de corazón. Efectos de infarto al miocardio agudo.



---

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 GENERAL

- Desarrollar la interfaz gráfica de usuario para computadoras laptop con soporte para la plataforma de Visual Basic 6.0, que permita la visualización y monitoreo de la señal electrocardiográfica en tiempo real, de las principales especies empleadas en el departamento de cirugía experimental del INCMNSZ.

### 2.2 PARTICULARES

- Conocer el comportamiento eléctrico de las señales de electrocardiografía de diferentes especies, esencialmente humanas, caninas, porcinas y de ratas wistar.
- Diseño de un padrón de selección de filtros digitales para cada una de las especies descritas.
- Emplear la plataforma de diseño de Microsoft Visual Basic 6.0 para desarrollar las funciones de visualización y gestión, para la interfaz de usuario diseñada.
- Realizar la conexión del puerto USB de la computadora Laptop con el dispositivo de ECG DIN-1 para la adquisición de datos.



---

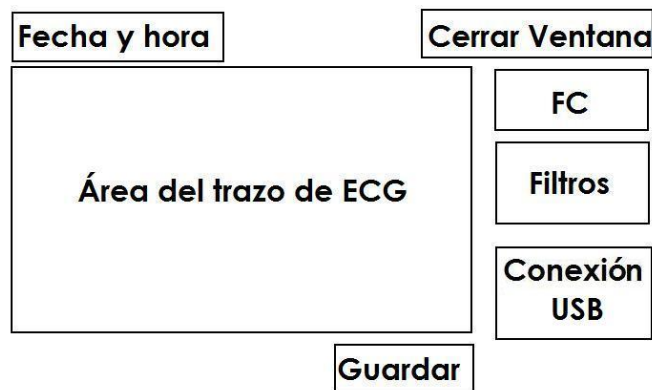
### 3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el mercado ya existen equipos que ofrecen dispositivos portátiles de adquisición de señales bioeléctricas que poseen interfaces de usuario, como el sistema AcqKnowledge, que tienen la capacidad de adquirir señales de electrocardiografía y electromiografía; o la interfaz Mónica VR, que es un dispositivo de monitoreo materno-fetal. Estos equipos ofrecen opciones de almacenamiento y despliegue los datos capturados, permiten asociar los datos demográficos del paciente y se han implementado herramientas de procesamiento y análisis de dichas señales. Cabe mencionar que estos no se ajustan a las aplicaciones que se realizan dentro del departamento de cirugía experimental, donde se necesita monitorear la actividad eléctrica cardíaca de los animales para fines clínicos y aplicaciones de investigación. Por lo que el desarrollo de la IGU-CX, asociado al ECG DIN-1 ofrecerá un sistema portátil y de uso sencillo, de adquisición, visualización y gestión de señales electrocardiográficas humanas y veterinarias.

## 4. METODOLOGÍA

La metodología se dividirá en dos bloques generales, uno contempla el diseño de los programas de la interfaz, y el segundo abarca el método de toma de muestras en los animales.

Para poder estructurar tanto el diseño como las funciones principales de la interfaz, como primera etapa se realizó un dialogo con los médicos del departamento de cirugía experimental, estos expresaron que las dos principales necesidades a cubrir son primero poder monitorear al corazón de los animales y segundo poder almacenar dichas señales en archivos que permitan su consulta. La figura 7 muestra un borrador realizado por el personal del departamento de cirugía experimental, en base a este boceto se tiene la apariencia de la ventana principal de la interfaz.



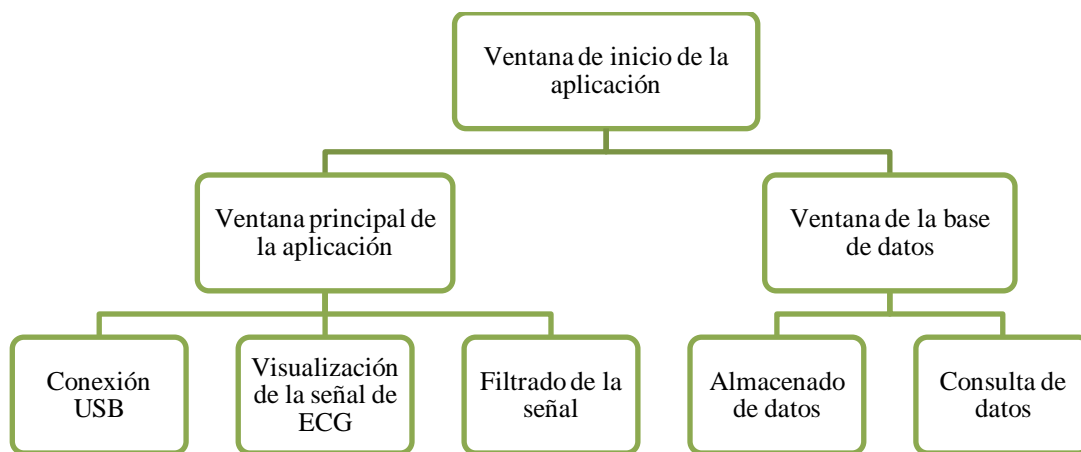
**Figura 7 Boceto final realizado por el personal del departamento de Cirugía experimental del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ)**

De esta etapa se obtuvieron datos importantes para establecer las funciones básicas, que constan de adquirir la señal enviada vía USB desde el dispositivo de electrocardiografía empleado, trazar la señal adquirida de manera gráfica, la realización del acondicionamiento de la señal de ECG de animales empleados en el departamento mediante filtraje digital y el conteo y despliegue de la frecuencia cardíaca; esto solo para las señales que se requiere visualizar en tiempo real, es decir, estas características son necesarias para poder monitorear la actividad del músculo cardíaco de los animales durante los procedimientos a los que son sometidos.



Para poder cubrir el segundo punto, se diseñó una base de datos dentro de la misma interfaz que permite guardar los registros de ECG y otros datos de interés.

En la figura 8 se muestra el diagrama de la estructura del software diseñado. Este consta de tres ventanas, la primera es la ventana de inicio de la aplicación que vincula a una de las siguientes dos ventanas de la interfaz; una de ellas, la ventana principal de la aplicación, posee la estructura y las funciones mostradas en la figura 7; y la segunda ventana corresponde a la base de datos.



**Figura 8** Arquitectura y funciones de las ventanas de la IGU-Cx

#### 4.1 VENTANA DE INICIO DE LA APLICACIÓN

Para comenzar a programar la interfaz, se necesita que una vez abierto el programa de visual basic 6.0, se cree un nuevo proyecto EXE estándar esta opción generará automáticamente un formulario en la pantalla, y lo ubicará en una carpeta correspondiente a formularios del nuevo proyecto mostrado en la ventana del explorador de proyectos, una vez hecho esto, se procede a dibujar un par de botones de comando (command button) sobre el formulario, esto se hace seleccionando el icono correspondiente ubicado en el cuadro de herramientas que se ubica de manera general del lado izquierdo de la ventana de visual basic, y colocando el cursor sobre el formulario se da tamaño y la ubicación deseada a los bloques.

Para poder escribir el código para programar las funciones de cada botón basta con dar doble clic sobre él e inmediatamente aparecerá la ventana de código, cabe destacar que

una de las ventajas de visual basic, es que la programación se codifica por bloques independientes, lo cual genera que se presenten errores menos frecuentes y fáciles de corregir. En el código de los botones se debe escribir el programa que genere el enlace ya sea con la ventana principal de la aplicación ECG o bien con la ventana de la base de datos (figura 9), según convenga al usuario de la interfaz. Cabe mencionar que al pulsar uno de los dos botones la ventana de inicio de la aplicación se cerrará tras haber llevado al usuario a la ventana seleccionada. Esto a través de la instrucción:

### *Unload.Me*

Con esto el formulario en el que se codifique, después de ejecutar una orden se descarga y se oculta. Para regresar a esta ventana, se colocaron vínculos hacia esta en las otras dos ventanas.

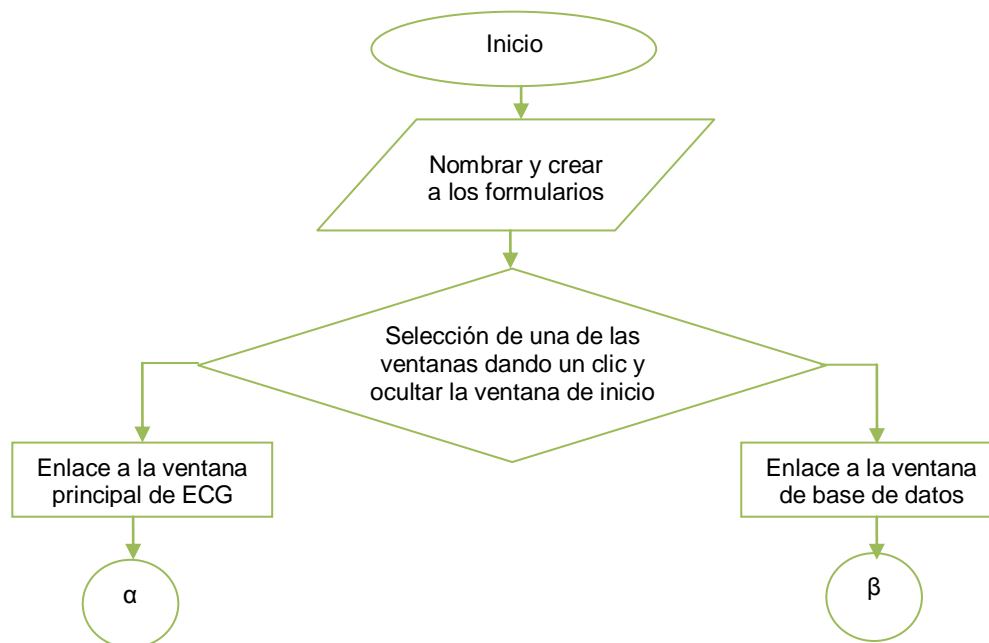


Figura 9 Diagrama de flujo del programa de la ventana de inicio de la interfaz diseñada.

En donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los diagramas de flujo de los programas respectivos de las ventanas de la interfaz, los cuales serán expuestos más adelante. En el siguiente esquema se representa un borrador de la vista de esta ventana de inicio.

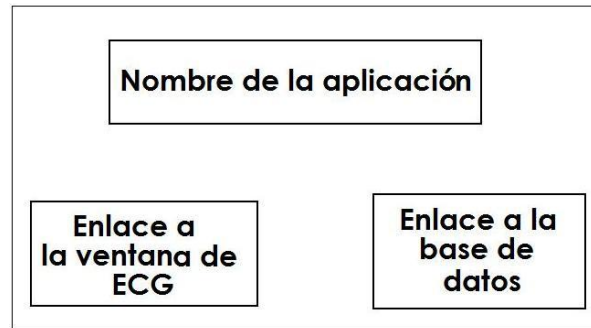


Figura 10 Boceto de la ventana principal de la interfaz

## 4.2 VENTANA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN

Esta ventana contendrá tres funciones principales, para poder diseñarla, debe tomarse uno de los formularios creados y vinculados a la ventana de inicio en el mismo proyecto, esto puede hacerse dando clic derecho sobre el explorador de proyectos y eligiendo la opción de agregar un nuevo formulario con ello se abrirá un espacio nuevo para diseño de esta ventana.

### 4.2.1 ADQUISICIÓN DATOS

Como se mencionó anteriormente deben de crearse tres principales funciones de la ventana, la primera es entablar comunicación con el dispositivo ECG DIN-1 mediante el empleo del puerto USB de la computadora, este objetivo se puede lograr de diferentes formas, una de ellas es introduciendo los siguientes bloques en el formulario; cabe destacar que para la programación de estas funciones se realizó un programa independiente para cada una. En la tabla 2 se encuentran contenidos los elementos que se emplearon en primera estancia para realizar el programa que lograra adquirir los datos enviados por el equipo de electrocardiografía ECG DIN-1.

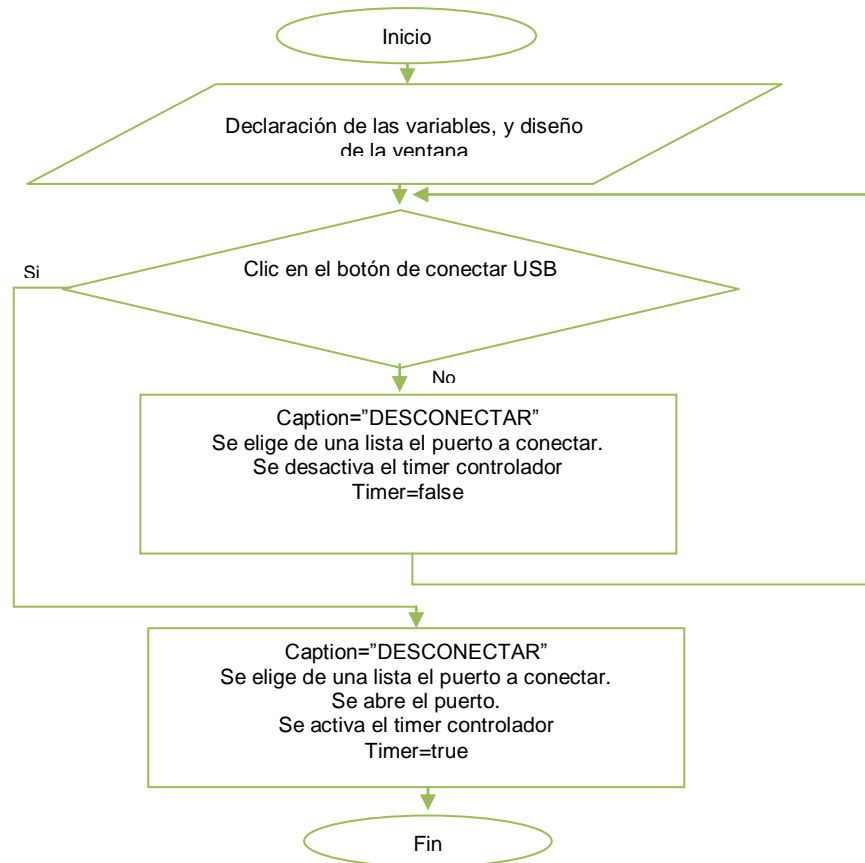
Esto se logró utilizando el protocolo RS232, el puerto serial de las computadoras es conocido como puerto RS-232, la ventaja de este puerto es que todas las computadoras traen al menos un puerto serial, este permite la comunicaciones entre otros dispositivos tales como otra computadora, el mouse, impresora y para nuestro caso con el equipo ECG DIN-1; que está estructurado en una comunicación asíncrona, es decir que no emplea pulsos de reloj y por lo tanto la duración de cada bit está determinada por la



velocidad con la cual se realiza la transferencia de datos. En la figura 10 se muestra el diagrama de flujo empleado para establecer la fase de comunicación serial.

**Tabla 3 Elementos utilizados para realizar la función de comunicación USB entre el dispositivo ECG DIN-1 con la interfaz diseñada**

Elemento	Nombre en el código	Función
<b>Command Button</b>	cmdConectar	Una vez detectado el uso de un puerto en la computadora, al hacer un click sobre el permite que se conecte a la interfaz y comienza la adquisición de los datos.
<b>Command Button</b>	cmdDesconectar	Al dar un click sobre el detiene la adquisición de los datos.
<b>Text Box</b>	texto	Sobre este cuadro de texto se colocará el bloque correspondiente al comm y se escribirá en el los valores numéricos adquiridos
<b>Combo Box</b>	Combo1	Permite seleccionar de manera manual el puerto en el que se realizará la captura de los datos enviados por el dispositivo ECG DIN-1
<b>MSComm</b>	MSComm1	Este bloque liga al proyecto una librería de hyperterminal y permite su uso para adquirir los datos entrantes a la computadora por cualquier puerto USB o RS232.



**Figura 11 Diagrama de flujo del programa para adquirir mediante el puerto USB**

En la figura 12 se muestra una toma de muestras a través de una hyper terminal, esto se hizo para comprobar que el equipo electrónico de comunicación funcionaba de manera correcta; a demás de que de este modo también podemos visualizar el tipo de datos enviados por el equipo, en este caso se contemplan caracteres alfanuméricos; este hecho no es relevante para la adquisición diseñada, debido que este programa captará los datos que se le envíen sin distinción alguna, es decir no produce conflictos el tipo de dato recibido ni su tamaño; el inconveniente radica en el momento de realizar el trazo del gráfico de ECG debido que para ello solo se emplean datos del tipo numérico.

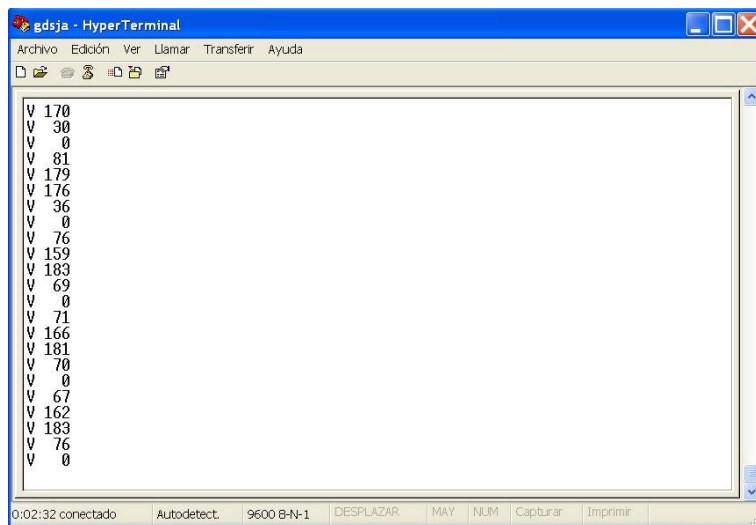


Figura 12 Vista de los datos transmitidos por el equipo de ECG-DIN1 a la computadora a través de una Hyper Terminal

#### 4.2 2 IMPLEMENTACIÓN DEL TRAZO GRÁFICO

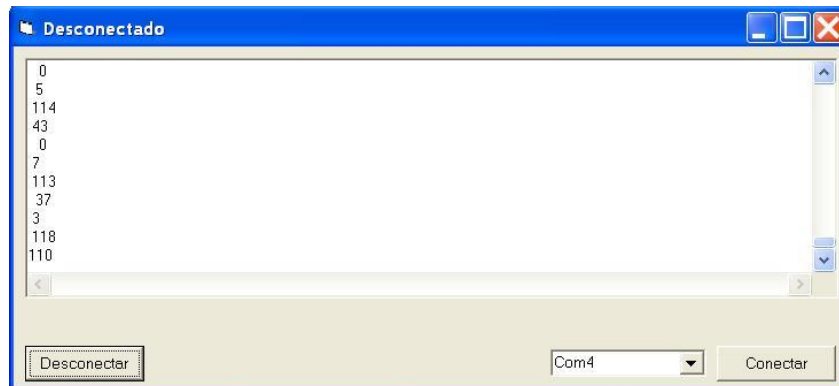
Retomando el planteamiento del tipo de datos recibidos por el puerto USB, se empleo dentro del código del programa la instrucción “Mid” denotada como:

*Mid(Dato, inicio, fin)*

Donde “Dato” es el nombre de una cadena de datos tipo STRING que indica que se podrá admitir texto y números a la vez, el inicio y el fin indican la posición inicial y final de la sección de la cadena que se desea admitir en adelante. De este modo denotando:

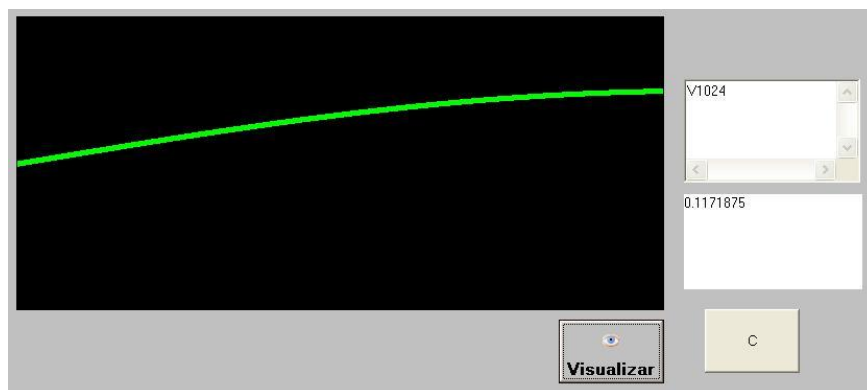
*Mid(textin, 2, 4)*

Con ello admitimos desde la posición 2 hasta la cuatro de la cadena (la letra “V” se ubica en la posición 1 de la cadena, y tomando desde la posición 2 esta queda descartada). La imagen de la figura 15 muestra el resultado de realizar esta operación



**Figura 13** Ventana de la aplicación para adquisición de datos diseñada en Visual Basic 6.0 modificada para admitir solo los datos numéricos para proceder a realizar el trazo gráfico de los datos adquiridos.

Como primer ejercicio se ha graficado una señal senoidal dentro de la aplicación para familiarizarse y comprobar los métodos empleados, así como seleccionar el que ofrezca mejores resultados. Una vez teniendo la conversión de los datos a únicamente numéricos, modificamos el diseño formulario para colocar el Picture box sobre el cual se graficaran los datos. En esta primera fase de graficado se ha estructurado un programa que trace una sección de onda senoidal cuya pendiente es el dato recibido por el puerto de comunicación, cabe destacar que en este programa las operaciones de conversión de los datos y la acción de graficado son controladas a través de botones que el usuario debe pulsar por lo que se considera que es una grafica del tipo estática, debido que se realiza una ejecución a la vez por dato introducido; en la interfaz final esto es de manera automática y la grafica por lo tanto es del tipo dinámica.



**Figura 14** Venta correspondiente a la primera fase de pruebas para graficar en Visual Basic 6.0 los datos recibidos a través del puerto USB.

En este ejercicio se empleo la siguiente estructura en el código, Figura 16.

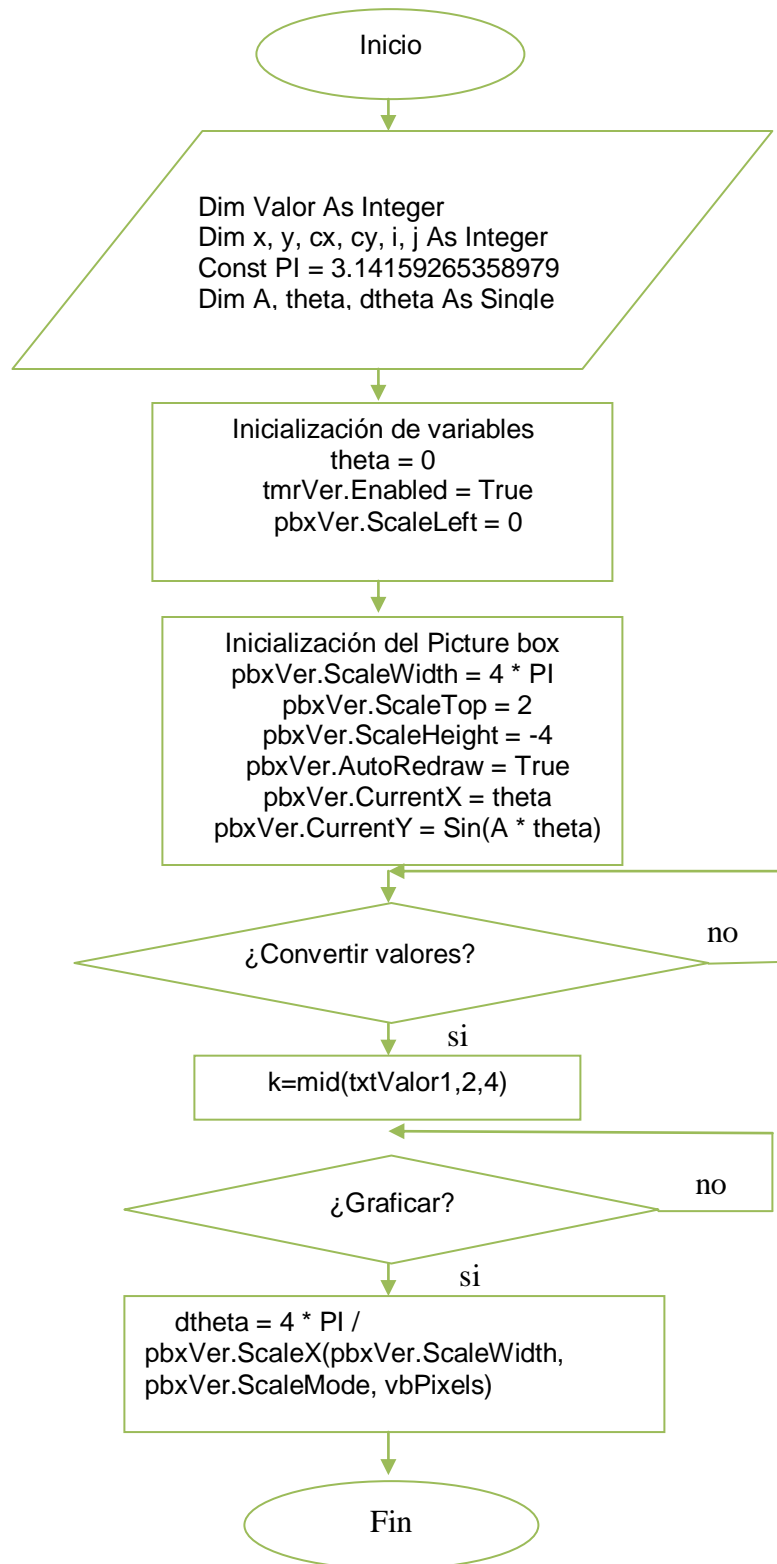


Figura 15 Diagrama de flujo para realizar una grafica estática.





Para realizar el gráfico dinámico de la señal de ECG se emplearon dos timers para lograr ciclos continuos de datos. En la tabla 2 se describen los elementos que se emplearon para realizar el programa que solo grafica una serie de datos aleatorios.

**Tabla 4 Elementos del programa para graficar de forma dinámica una señal aleatoria, de modo dinámico.**

<b>Elemento</b>	<b>Nombre en el código</b>	<b>Función</b>
<b>Command Button</b>	Command1	Este despliega la palabra "EXIT" y su función es salir de la aplicación que se está ejecutando.
<b>Label1</b>	Label1	Despliega el valor numérico del punto que se está graficando actualmente.
<b>Picture Box</b>	Picture1	Es el espacio en el cual se desplegará la gráfica.
<b>Timer</b>	Timer1	Desde este timer se genera un ciclo que comprueba en que región del Picture Box se encuentra el último punto graficado y si ha llegado al final de la longitud total del lienzo, si esto ha sucedido reinicia el valor de todas las variables a cero para iniciar un nuevo trazo.
<b>Timer</b>	Timer2	En este timer se generan los datos de la señal a graficar, es desde este timer donde posteriormente se incrustarán los valores enviados desde el dispositivo de adquisición de ECG

El diseño correspondiente para el gráfico dinámico es el mostrado en la figura 16, que consta de los elementos contenidos en la tabla 3, y también se muestran cuatro imágenes en diferentes tiempos de graficado (figura 17)

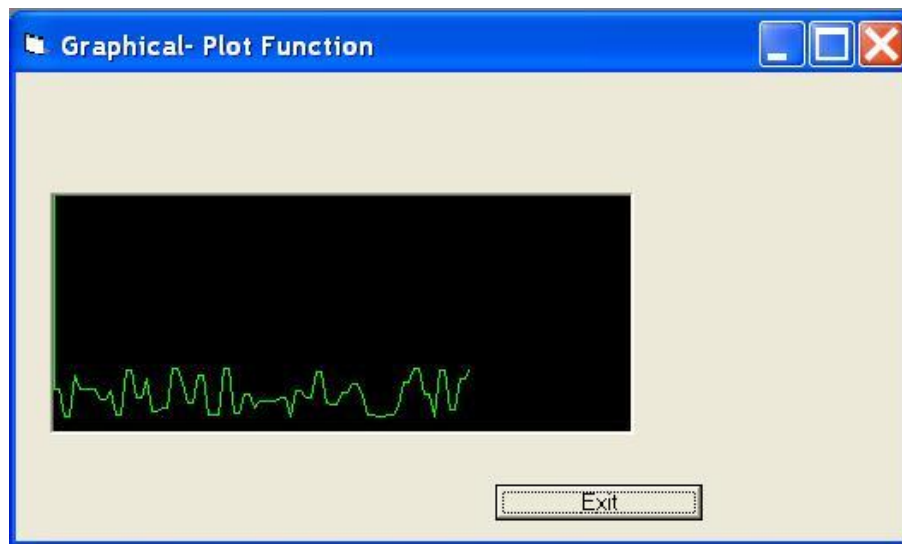


Figura 16 Ventana de grafico en modo dinámico realizado en Visual Basic 6.0

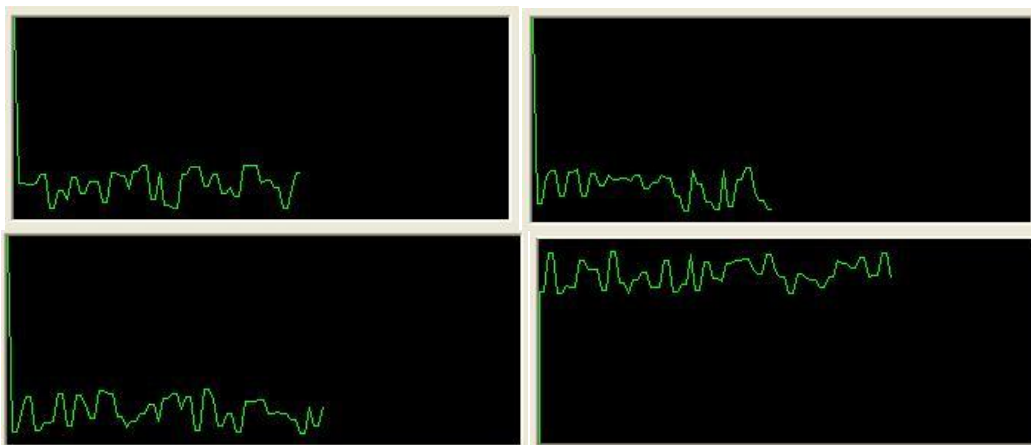


Figura 17 Del programa diseñado para graficar de forma dinámica, se visualizan cuatro muestras tomadas durante la ejecución de la aplicación.

#### 4.2.3 FILTRADO DIGITAL

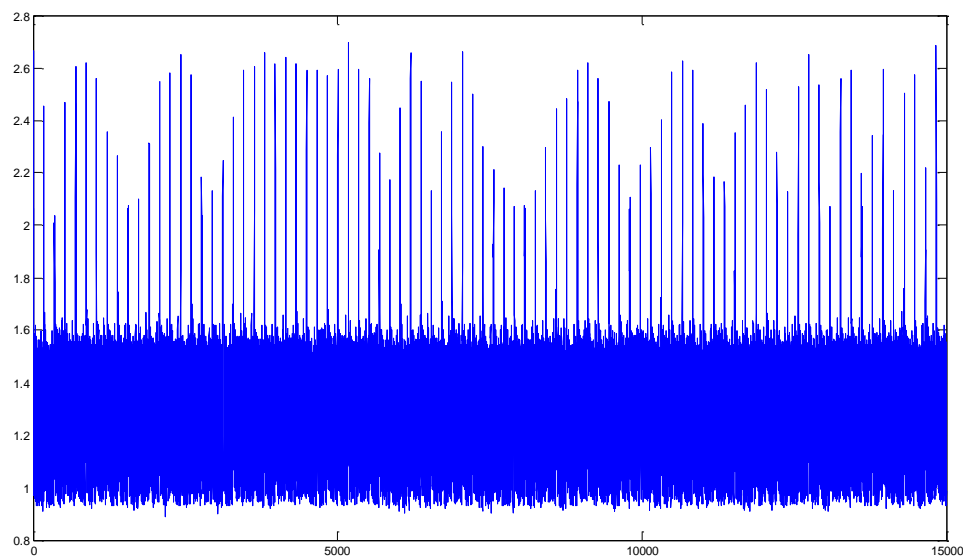
La tercera función principal es generar un panel de filtros que el usuario podrá seleccionar según la especie a registrar; dichos filtros corresponde a las características de la señal de electrocardiografía de las especies humana, canina y roedor (rata wistar).

Su presentación en la pantalla será a través de un conjunto de botones de opción enmarcados en una caja que indique que se trata de filtros seleccionables por el usuario.

Esta etapa presenta dificultades que están relacionadas directamente con las características de las señales de ECG, especialmente con las especies pequeñas

principalmente con las ratas wistar; debido a el equipo de adquisición (ECG DIN-1) posee en su estructura electrónica un filtro Notch a 60Hz para rechazar el ruido de la línea de suministro eléctrico, generando que la señal de ECG de las ratas wistar (que poseen componentes en este espectro de frecuencia) se corten a 60Hz.

A continuación se despliega una muestra de señal de ECG de una rata wistar graficada en Matlab, esta señal no tiene ningún tipo de filtrado. Debido a que la señal de ECG de la rata se veía recortada por el filtro Analógico de 60 Hz (Figura 18) la salida que se tomo fue la filtrada a 0.03 Hz, sin embargo la señal se veía afectada por diferentes frecuencias y no era posible visualizar la morfología correcta de la señal, por este motivo se procede a filtrar digitalmente. Los filtros fueron diseñados en Matlab debido a su alta capacidad de realizar este tipo de procedimientos matemáticos robustos.



**Figura 18** Señal de ECG obtenida de una Rata wistar graficada fuera de línea en Matlab

#### 4.2.4 CALCULO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

La detección del complejo QRS en el ECG, ha sido usado por muchos años en el área cardiológica, así mismo con el estudio de la profundidad anestésica, se sabe que la frecuencia cardíaca está íntimamente ligada al grado de conciencia del paciente. Debido a esto se han realizado un gran número de estudios que intentan calcular la frecuencia

cardíaca de forma exacta. La detección del complejo QRS o de la onda R no es un trabajo sencillo, debido a la no estacionaridad de la señal, la variación de la morfología del ECG en el tiempo y por algunas patologías. La señal ECG es altamente susceptible al ruido provocado por movimientos del paciente y factores relacionados con el lugar y el momento en el que se lleva a cabo el registro. En pequeñas especies o animales, la señal de ECG puede no diferir demasiado en morfología con respecto a la de un humano, sin embargo hay que reconocer que tanto su amplitud, como su frecuencia, son parámetros que influyen en gran cantidad en el procesamiento de dicha señal. En ratas o roedores la literatura describe que la frecuencia cardíaca normal puede encontrarse desde los 100 hasta los 350 latidos por minuto.

Para el cálculo de la frecuencia cardíaca se empleó el método Pan & Tomkins [21], [6]; el cual consta de los siguientes pasos: Filtrado digital, pasa banda que se divide en pasa bajas en cascada con el pasa altas; filtro derivativo; filtro función al cuadrado y un filtraje de integración por ventana móvil; esto con el objetivo de resaltar la onda R.

Posteriormente se emplea un programa que realice el conteo de los picos de la señal para obtener la frecuencia cardíaca.

#### 4.3 VENTANA DE BASE DE DATOS

Como base para esta ventana se tiene el siguiente borrador planteado por el personal del departamento de cirugía experimental.

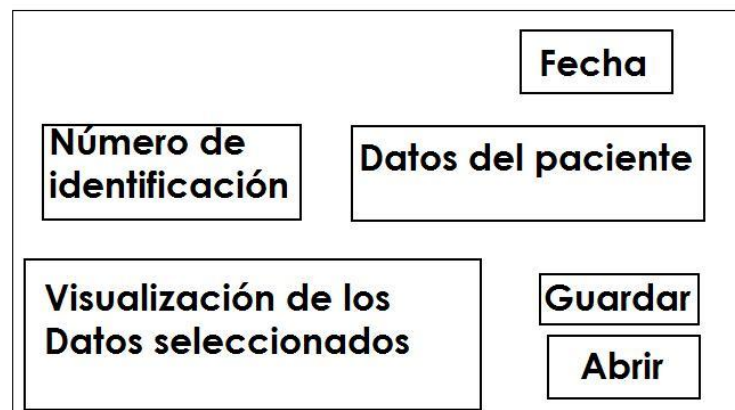


Figura 19 Boceto del diseño para la base de datos de la interfaz.

En la sección de visualización de los datos es a modo de graficado estático. Para guardar los datos de la señal adquirida se emplea un programa que tiene como base el siguiente diagrama de flujo. (figura 20).

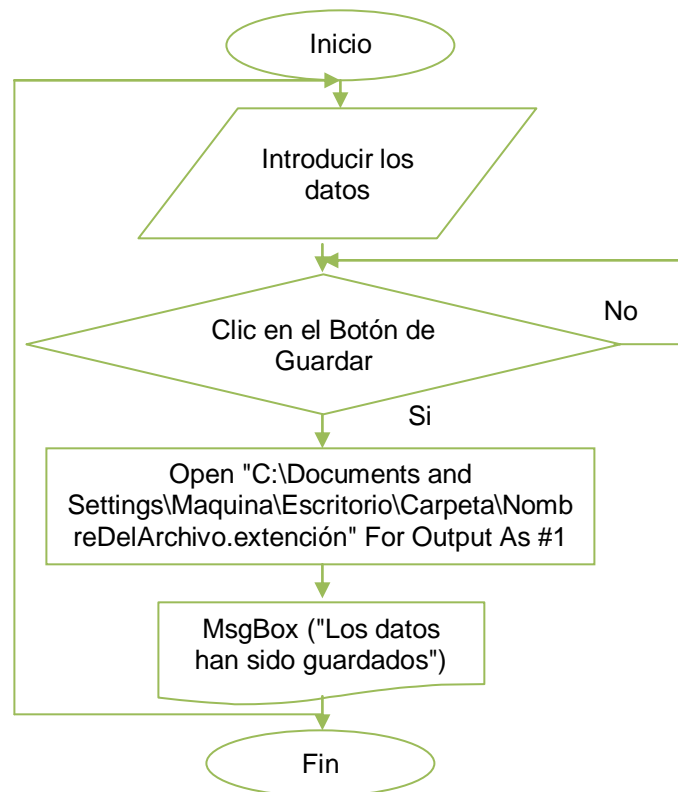


Figura 20 Diagrama de flujo del programa para guardar los datos de un formulario.



---

## 5. ACTIVIDADES Y RECURSOS

### 5.1 RECURSOS DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA EXPERIMENTAL Y MÉTODO PARA TOMA DE MUESTRAS.

Dentro del departamento de cirugía experimental se tiene un pequeño bioterio, donde el principal recurso son las ratas wistar. Dichos roedores son utilizados para la experimentación debido a las características de conducta y aspectos reproductivos; los individuos de esta especie son muy sociables, y su periodo de gestación es corto, durando de 19 a 21 días, el número promedio de crías varía de 4 a 12 individuos.

Los principales usos en investigación de este tipo de roedores dentro del departamento de cirugía experimental son en prácticas de microcirugía.

Los individuos caninos que son tratados en el departamento de cirugía experimental, son de diferentes razas y son traídos eventualmente a dicho departamento. Comúnmente en perro y gato se hacen las lecturas de las derivaciones I,II,III,aVR,aVL,aVF. Para hacerlo los electrodos no se pegan a la piel como en humanos, si no q se usan pinzas q se pellizcan a la piel (no aprietan mucho, así que no provocan dolor). No es necesario cortar el pelo, simplemente se enganchan los electrodos y se pone alcohol en esas zonas, para aumentar la conducción eléctrica.

Se registran todas las derivaciones a una velocidad del papel de 25mm/s y a una intensidad de 10mV, considerando que 1cm de papel se corresponde con 1mV.

Los electrodos no se colocan en muñecas ni en tobillos, se colocan; un electrodo en el pliegue de la axila derecha, otro en el pliegue de la axila izquierda; y el tercero en el pliegue de la ingle derecho. Con estos tres es suficiente.

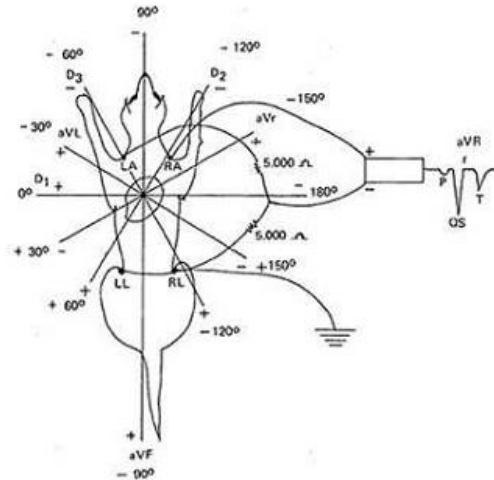


Figura 21 Diagrama de las derivaciones de ECG de un individuo canino.

Las ondas y complejos son similares en todos los animales (onda P, complejo QRS, onda T, también son similares los segmentos (la distancia) entre ondas.

## 5.2 MATERIALES

Para la realización del diseño de la interfaz grafica de usuario para monitoreo electrocardiográfico (IGU-Cx), se emplearon dos herramientas principales, el equipo físico de programación fue una computadora laptop Toshiba equipada con una maquina virtual en Windows Xp; y el software de programación fue el paquete de Visual Basic 6.0 de Microsoft.

Como equipo de adquisición se empleo el dispositivo de electrocardiografía ECG DIN-1 que presenta las siguientes etapas:

- Etapa de adquisición de la señal de electrocardiografía mediante un amplificador de instrumentación
- Etapa de aislamiento eléctrico y protección al paciente contra corrientes de fuga.
- Filtro Notch para eliminar el ruido armónico a 60 Hz generado por la alimentación de línea
- Comunicación USB

Teniendo como principales características:



- 
- a. Conversión analógica-digital de 10 bits.
  - b. Frecuencia de muestreo de 250 Hz.
  - c. Envío de datos a la PC a través de un puerto de comunicaciones.

Para poder utilizar este dispositivo es necesario realizar la instalación del driver correspondiente (mchpcdc.inf), para el sistema operativo Windows XP en el cual se realizaron las pruebas.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 VENTANA DE INICIO DE LA APLICACIÓN

Para ilustrar el resultado en de esta sección de la interfaz se muestra la figura 23 donde se observa la vista final de la ventana de inicio de la aplicación, que tiene como objetivo permitir al usuario la entrada directa a la ventana principal de la aplicación donde se podrá hacer una nueva adquisición de ECG, o bien simplemente acceder a la ventana de la base de datos y en ella realizar tareas como consulta.



Figura 22 Ventana de inicio de la interfáz diseñada en Visual Basic 6.0

### 6.2 VENTANA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN

En la figura 23 se muestra el diseño de la ventana principal de la aplicación, pueden observarse las tres secciones principales de esta ventana, el espacio negro que ocupa la mayor parte de la pantalla corresponde al lienzo donde se visualizará la señal adquirida, debajo de este, se encuentran los botones que deberán permitir al usuario manipular la señal que se está visualizando; en la parte inferior derecha de la imagen se visualiza la sección correspondiente a la comunicación con los puertos USB de la computadora e inmediatamente sobre ella se encuentra el cuadro de selección de los filtros digitales, y en la sección superior derecha se observan los controles de fecha y hora, el despliegue del conteo de la frecuencia cardíaca y un botón de alarma.

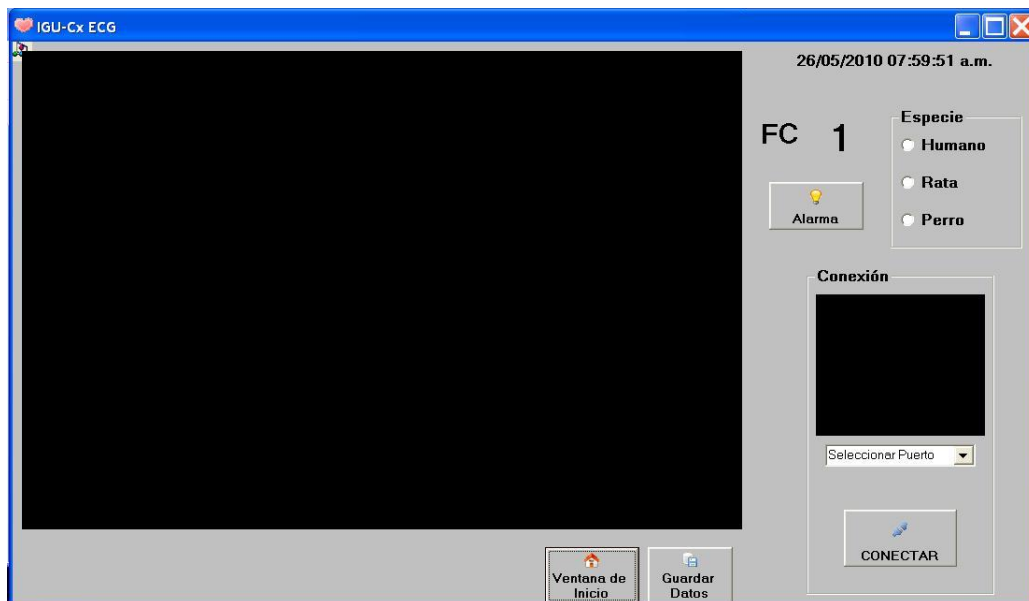


Figura 23 Ventana principal de la interfaz IGU Cx

A continuación se muestra una imagen de la ventana que en el bloque de diseño de un programa que pudiese adquirir los datos enviados por el equipo de ECG, haciendo las veces de una aplicación de una hyper terminal común; se logró establecer la comunicación entre el dispositivo de adquisición empleado ECG DIN-1, y la computadora usando Visual Basic 6.0

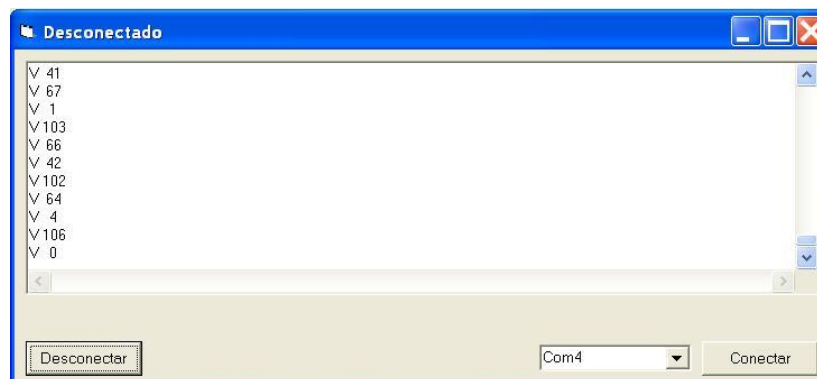


Figura 24 Ventana de la aplicación de adquisición diseñada en Visual Basic 6.0 que emula las funciones de adquisición a través de una Hyper Terminal.

Todos los bloques (programas individuales), se implementaron dentro de la venta mostrada en la figura 23, dentro de los bloques más sencillos se encuentra el despliegue de la fecha y la hora, esta se operó mediante la instrucción:

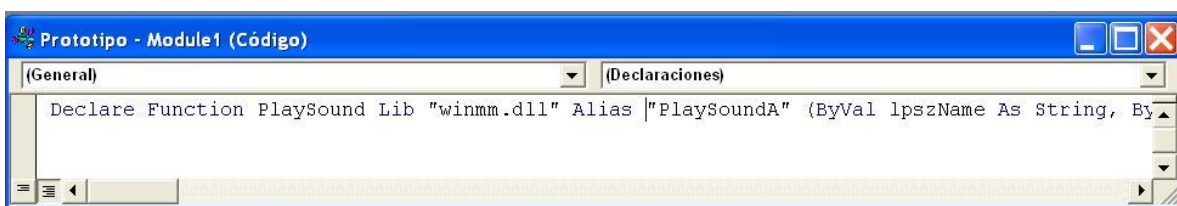
*Now*

Esta instrucción hace uso de los datos de fecha y hora del sistema, hace una lectura inicial y a través de un timer se actualiza cada segundo.



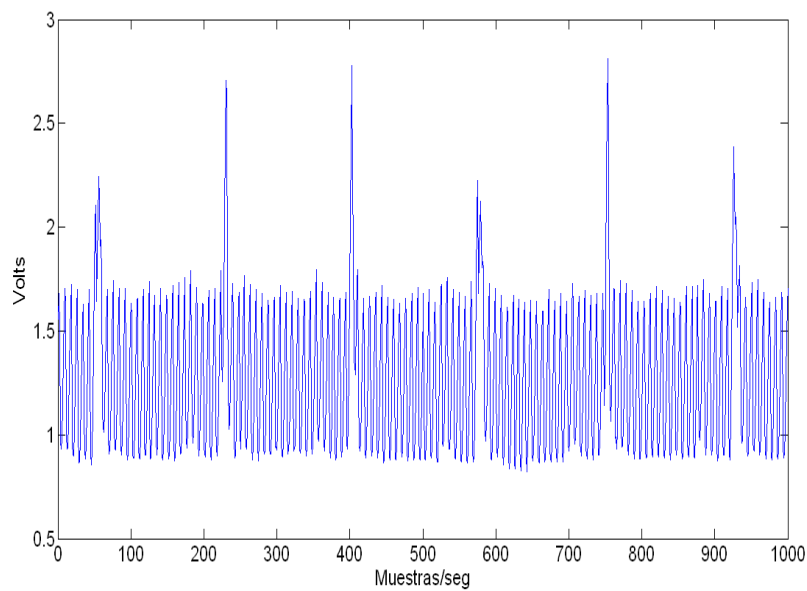
**Figura 25 Actualización de la fecha y la hora dentro de la aplicación**

En el botón de alarma de esta ventana se implementó un programa que es ejecutado solo cuando el usuario lo acciona. Esto se logró implementando dentro del proyecto de la interfaz IGU Cx un modulo de clase para declarar la función

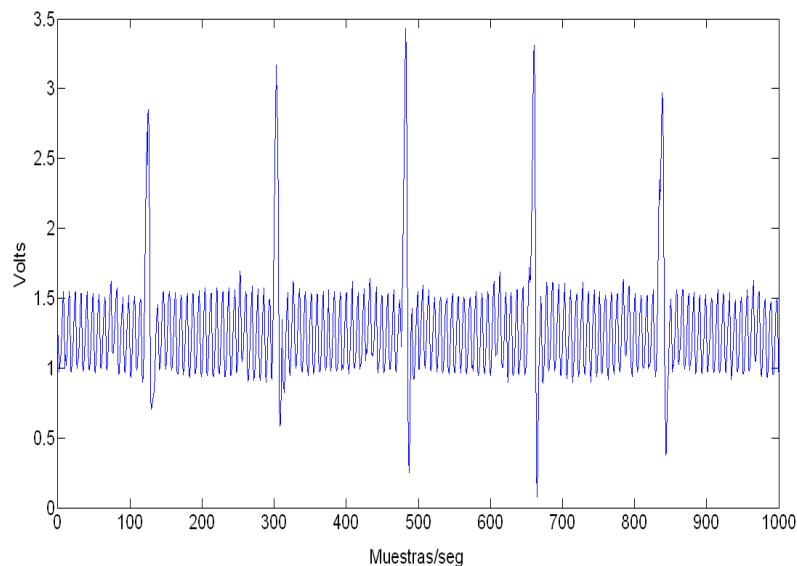


**Figura 26 Botón de Alarma y Vista del Modulo de Clase que controla al archivo de audio dentro de la aplicación.**

Para el conteo de la frecuencia cardíaca en pequeñas especies y de los filtros digitales se obtuvieron los siguientes resultados debido a que la señal de ECG de la rata se veía recortada por el filtro Analógico de 60 Hz (Figura 27) la salida se tomo fue la filtrada a 0.03 Hz, sin embargo la señal se veía afectada por diferentes frecuencias y no era posible visualizar la morfología correcta de la señal, por este motivo se realizo el filtrado de dicha señal en forma digital. (Figura.28)



**Figura 27 Señal de ECG de rata wistar obtenida de la salida de la salida del filtro Notch del circuito.**



**Figura 28 Señal de ECG de rata wistar obtenida de la salida del Filtro Analógico de 0.03 Hz. Fragmento de 1 seg**

Primera Etapa del método del cálculo de la frecuencia cardíaca constó de un filtro digital pasabajas. Previo al filtrado Digital se hizo el análisis de los componentes en frecuencia de la señal mediante la transformada discreta de Fourier, posterior a ello se uso un filtro pasa bajas a diferentes frecuencias de corte (120, 70, 60 Hz), se comparo el desempeño,

encontrando que el filtro que mostraba mejores resultados era 60Hz. Se aplicó un filtro FIR de ventana Bartlett- Hanning de orden 10.

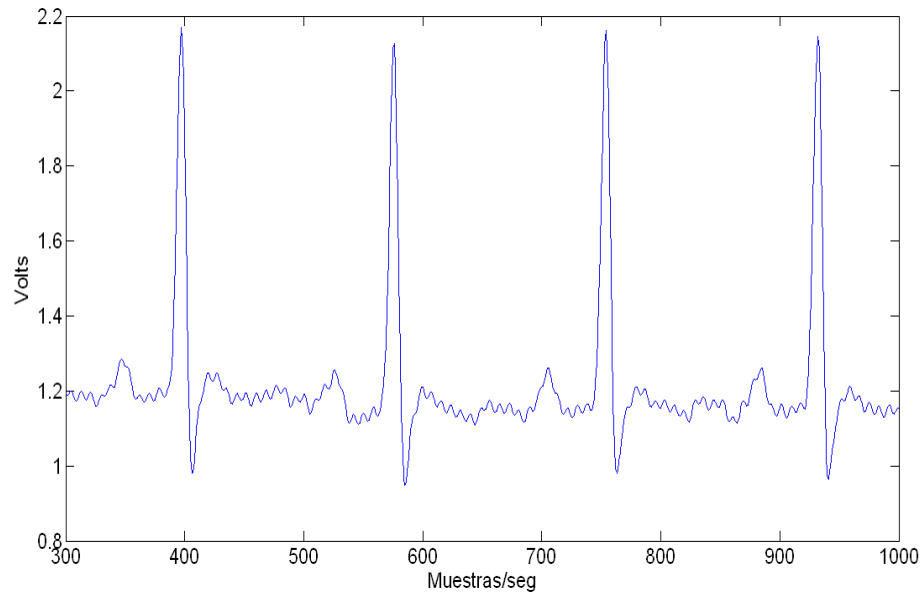


Figura 29 Señal de ECG rata wistar filtrada por un filtro pasa-bajas con  $F_c=60$  Hz. Fragmento 1 seg

Filtro Pasa-Bajas: se diseñó un filtro con frecuencia de corte de 11Hz. Se usó un filtro FIR, con ventana Blackman- Harris, orden 20

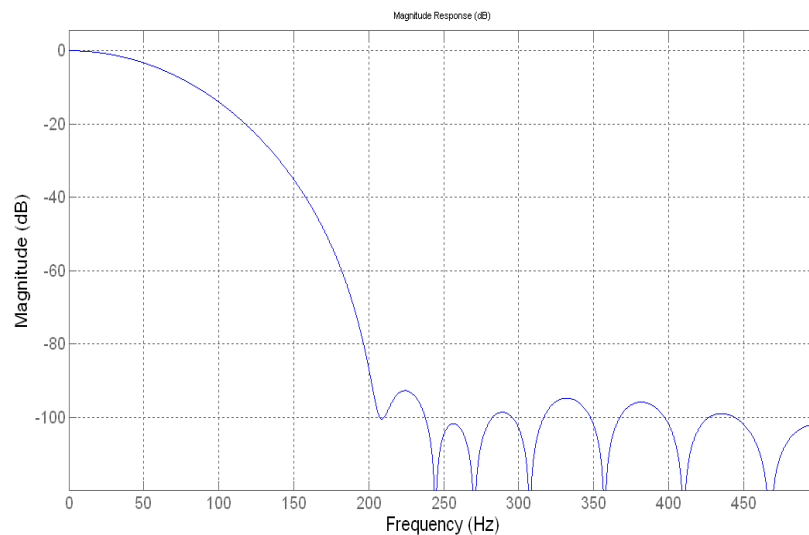


Figura 30 Comportamiento del filtro pasa-bajas. Filtro FIR ventana Blackman- Harris, orden 20

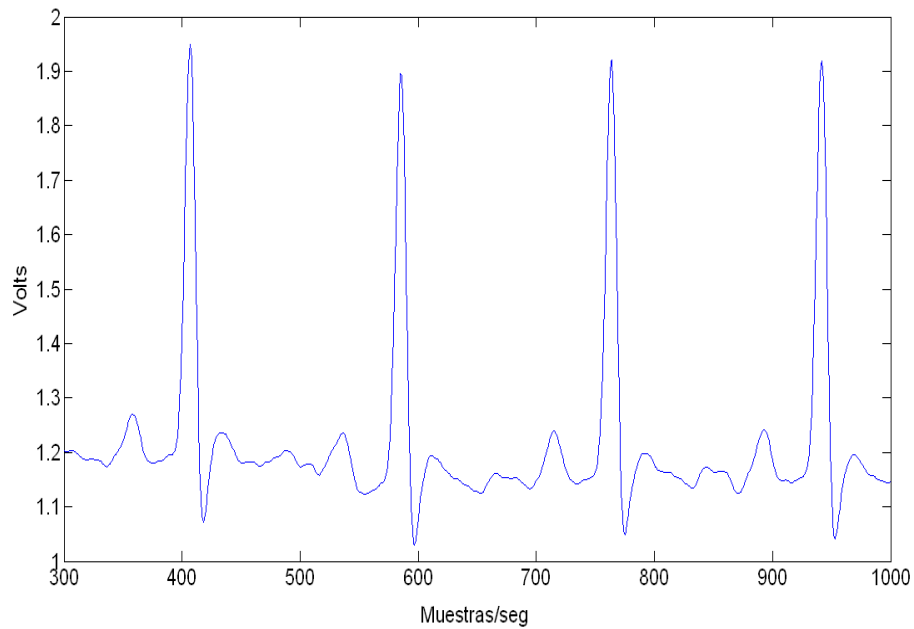


Figura 31 Señal de ECG de rata wistar filtrada por filtro FIR, pasa- bajas. Fragmento de 1 seg

Como segunda etapa se implemento un filtro pasa altas: se diseño un filtro con frecuencia de corte de 5Hz. Se uso un filtro FIR, con ventana Blackman- Harris, orden 30

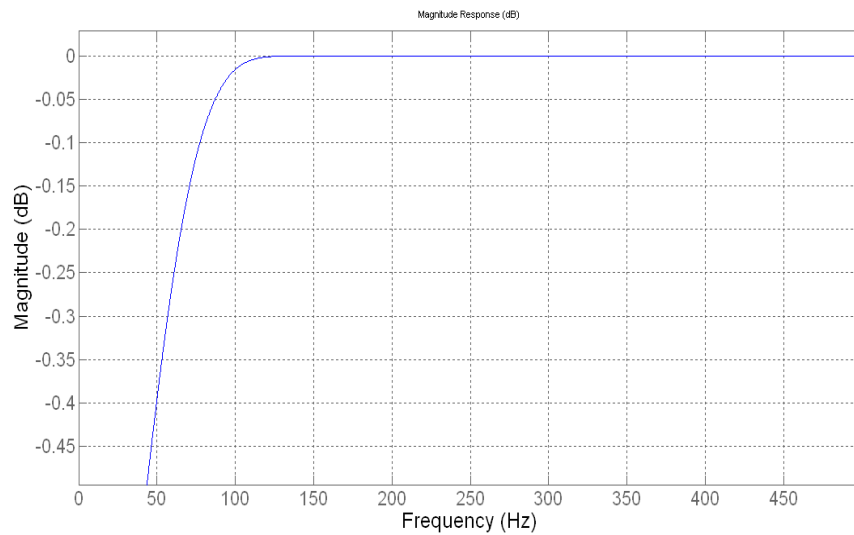


Figura 32 Respuesta del filtro pasa altas, FIR por ventana Bartlet- Haning. Fc 5Hz

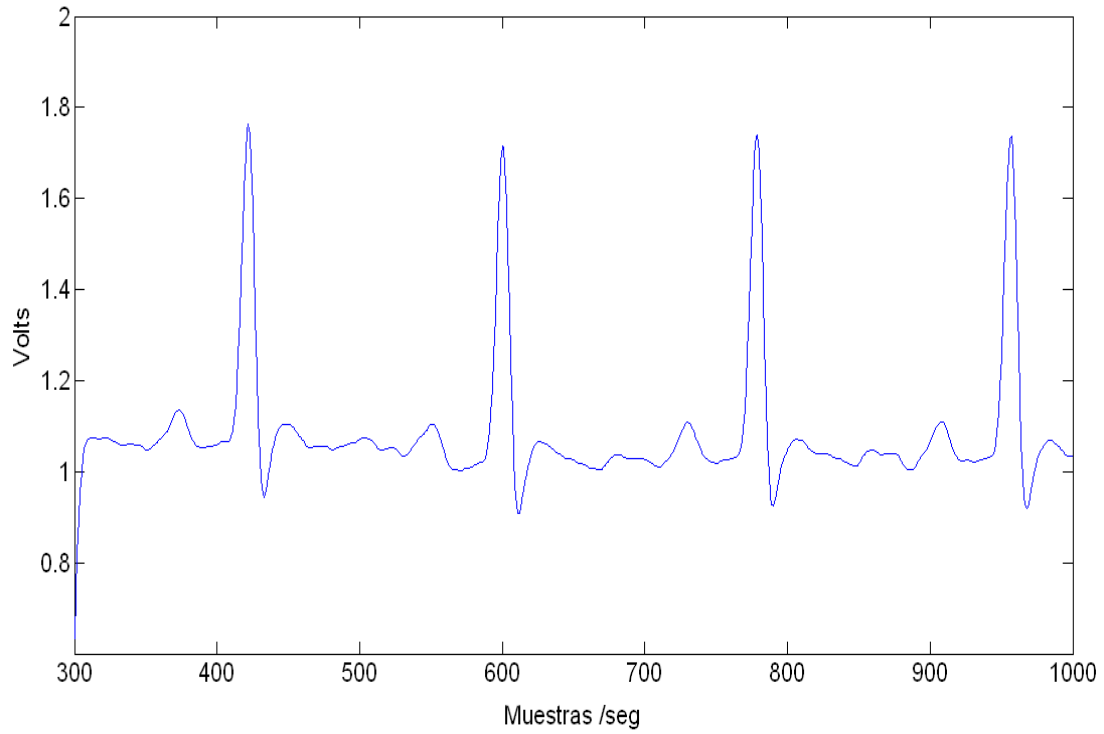


Figura 33 Señal de ECG de rata wistar filtrada por pasa altas FIR.  $F_c=5$  Hz

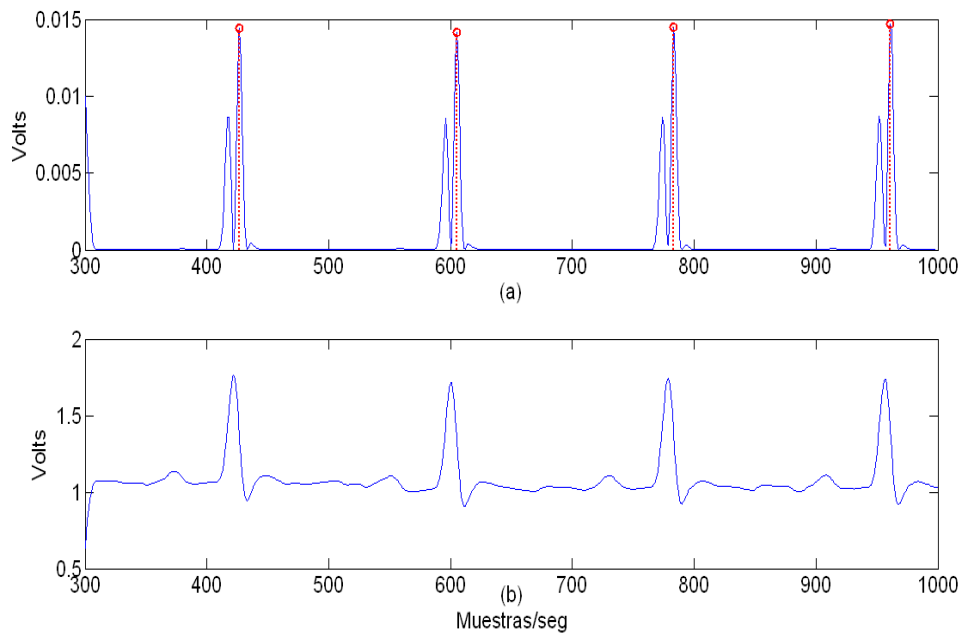


Figura 34 Detección de la onda R de la señal de ECG de una rata wistar

### 6.3 VENTANA DE BASE DE DATOS

Para la base de datos, el diseño final de la ventana se muestra en la figura 35

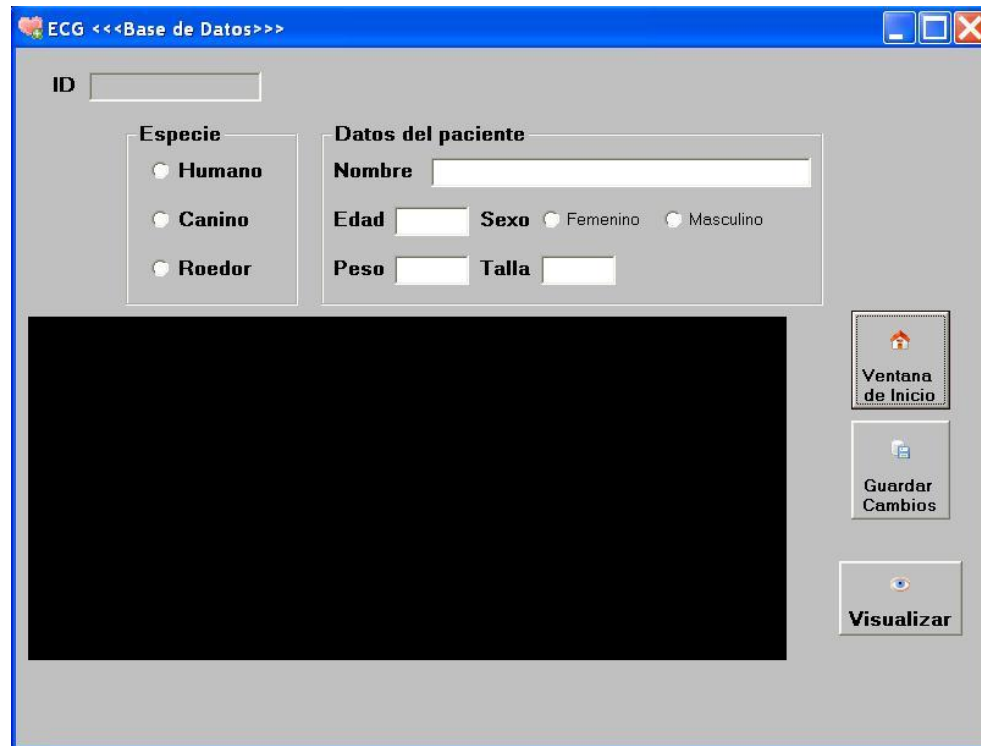


Figura 35 Vista final de la ventana de la base de datos.

Dentro de la imagen se observa la existencia de las áreas propuestas por el personal del departamento de cirugía experimental. En esta se pueden almacenar los datos del paciente, y se puede visualizar una señal que se despliega mediante el empleo del método de gráficos fuera de línea.

De esta ventana el usuario se puede trasladar a la ventana de inicio de la aplicación y cambiar a la ventana principal para realizar una nueva lectura de electrocardiografía.

### 6.4 REALIZACIÓN DE UN PROGRAMA EJECUTABLE

Con la finalidad de brindar al usuario la posibilidad de instalar esta interfaz en cualquier computadora, hacemos uso de la opción de creación de versiones ejecutables de los proyectos creados en Visual Basic 6.0





---

## 7. DISCUSIÓN

Se realizaron programas para las funciones más robustas como la comunicación USB también en el entorno de VB, sin embargo, para el diseño de los filtros digitales, y del conteo de la frecuencia cardíaca fue necesario el uso de Matlab, por lo tanto esta función no fue implementada directamente en la aplicación motivo de este proyecto, esto debido a que para poder implementarlo de manera total es necesario ampliar los conocimientos sobre el lenguaje de programación robusta en la plataforma de VB.

En cuanto a la parte planteada de obtener como resultado final una aplicación ejecutable en cualquier computadora, se encontró que para ser posible este objetivo, es necesario, primero, delimitar su aplicación a solo equipos con sistema operativo Windows XP, y de ser necesario trabajar en la creación de un programa adicional que se encargue de instalar las librerías que la aplicación utiliza para funcionar de manera correcta sin generar errores en el tiempo de ejecución, por ejemplo, el driver del dispositivo ECG DIN-1, librerías de MySQL para la implementación de la base de datos, librerías para el control del audio.

## 8. CONCLUSIONES

El diseño de las vistas de las ventanas ha sido concluido en su totalidad. En cuanto a los bloques de las funciones más sencillas, estas fueron programadas totalmente en VB, tales como el despliegue de la fecha y hora actuales, la función del graficado en línea y fuera de línea.

Los resultados del conteo de la frecuencia cardíaca y el empleo de filtros digitales tipo FIR diseñados en Matlab son satisfactorios, debido a que pudimos contabilizar los latidos del corazón en una señal de rata wistar por medio de la técnica de Pan & Tomkins; la señal final (Figura 34) comparada con la señal inicial (Figura 27) es una señal libre de ruido y es calificada por los médicos e investigadores del departamento de cirugía experimental como una señal útil a sus propósitos.



---

## 9. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

Este proyecto es solo una parte de la creación de un monitor de signos vitales para especies animales utilizadas dentro de las áreas de investigación biológicas y biomédicas.

Para poder continuar trabajando sobre esta línea, es necesario construir los dispositivos necesarios para las siguientes etapas, (saturación de oxígeno, presión arterial, frecuencia respiratoria y temperatura); se recomienda iniciar con el trabajo de presión arterial, debido que en durante las intervenciones quirúrgicas y en otros procedimientos en los que se emplean fármacos y otros medicamentos, la presión arterial es el segundo parámetro de mayor importancia de los efectos que estos tienen sobre un organismo.

Este trabajo fue desarrollado en VB 6.0, sin embargo, cambiar el entorno de programación por una versión más avanzada de Visual mejorará el rendimiento de los diseños y de los programas.



---

## 10. REFERENCIAS

- [1] Aguilar Blas Nadezdha, Cálculo de la Frecuencia Cardíaca de Ratas Wistar Mediante Filtros Digitales, Universidad Autonoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa
- [2] Ana M. Echenique et al; Experiencia de aprendizaje de bajo costo para la adquisición y distribución de señales biomédicas, Gabinete de Tecnología Médica, Universidad Nacional de San Juan
- [3] Andrés Escobar Duque, Programando en serio con Visual Basic 6.0, segunda edición, Ed. DAED
- [4] BDO, Crear una base de datos con Access y Visual Basic 6.0
- [5] Carlos Marrero Expósito, Interfaz Gráfica De Usuario Aproximación semiótica y cognitiva, Diseño Gráfico Y Comunicación Visual Universidad De La Laguna Tenerife 2006
- [6] Christos Pavlatos\*, Alexandros Dimopoulos\*, G. Manis\*\* and G. Papakonstantin, HARDWARE IMPLEMENTATION OF PAN & TOMPKINS QRS DETECTION ALGORITHM1
- [7] Claudio Casares, Tutorial de SQL
- [8] De Jalón Javier, Rodríguez José, Brazaléz Alfonso, Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Navarra
- [9] De Juan Herráez Victoria et al; ¿Qué es un modelo animal?, Gaceta Óptica No.382 Mayo 2004
- [10] De Osorio A. fe Mrad, Ética en la investigación con modelos animales experimentales. Alternativas y las 3 RS de Russel. Una responsabilidad y un compromiso ético que nos compete a todos, Universidad Nacional de Colombia.
- [11] Departamento LSI (Lenguajes y Sistemas Informáticos), Fundamentos de programación Visual Basic, Escuela Universitaria de Ingeniería Vitoria- Gasteiz Curso Académico 2.007-2.008
- [12] Eduardo Rodríguez Yunta, Ética de la investigación en modelos Animales de enfermedades humanas, Acta Bioethica 2007; 13
- [13] Grupo EIDOS, Programación con Visual Basic, Versión 1.0.0, 2000
- [14] [http://www.monogra.asveterinaria.uchile.cl/CDA/mon\\_vet\\_simple/0,1420,SCID%253D7551%2526ISIDElectrocardiograma canino](http://www.monogra.asveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_simple/0,1420,SCID%253D7551%2526ISIDElectrocardiograma%20canino)



- 
- [15] [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pdvedado/franco\\_02.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pdvedado/franco_02.pdf), Las derivaciones del electrocardiograma
- [16] <http://www.svnp.es/Documen/ecg.htm>, A B C del Electrocardiograma
- [17] Información Técnica del Electrocardiógrafo PageWriter Trim II, Funciones prácticas para conseguir ECGs de calidad sin comprometer el rendimiento
- [18] Ing. Marek HUMHAL, Doctoral Degree Programme FILTER BANK-BASED QRS COMPLEX DETECTORS,”
- [19] Irene Niubió, Angel Cruz, Evaluación de un monitor de paciente, Instituto central de investigación digital
- [20] Jesús Rosa, Bioética Animal en Venezuela- Revista de la Facultad de Farmacia, Vol 43, 2002
- [21] Jiapu Pan & Willis J. Tompkins, “A Real Time QRS Detection Algorithm”. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. No.3 Marzo 1985.
- [22] José Luis Fuertes Castro y Loïc Martínez Normand, Accesibilidad a Interfaces Gráficas, Facultad de Informática. UPM. CETTICO
- [23] Juan Carlos Ramirez G., CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE BIOINSTRUMENTACIÓN.
- [24] Miguel Yapur et al; Monitor de Electrocardiografía a través de una Computadora Personal, Revista Tecnológica ESPOL, Vol. 18, N. 1, 53-59, (Octubre, 2005), ISSN : 0257-1749
- [25] Programación en Visual Basic 6.0 Orientado A Sistemas De Control Automático, Procesamiento Digital De Señales Y Matemáticas2
- [26] Pulgarín Giraldo Juan Diego, Regularización Engineering Applications, Second ed.
- [27] Ramírez G. Juan Carlos, Conceptos Básicos de Bioinstrumentación
- [28] Restrepo Jaramillo Juliana, El estudio de las interfaces gráficas de usuario desde el diseño gráfico, Iconofacto vol.1 nro.3 2006 Medellín Colombia
- [29] Rodríguez Bucarely Carlos, Visual Basic 6.0 Orientado a Bases de Datos, segunda edición 1
- [30] Sáenz Medina J. et al; Modelos experimentales para la investigación y el entrenamiento en trasplante renal, Actas Urológicas Españolas Enero 2008
-



- 
- [31] Urszula Markowska-Kaczmar and Bartosz, Mining of an electrocardiogram. XXI Autumn Meeting of Polish Information Processing Society, Conference Proceedings pp. 169–175
- [32] Vela Paul, De Jesús Maldonado Mario, Diseño e implementación de un ekg con salida a Pantalla de televisor
- [33] Vidal Silva C, Pavesi Farriol Leopoldo, Desarrollo de un Sistema De Adquisición Y Tratamiento De Señales Electrocardiográficas, Rev. Fac. Ing. Univ. Tarapacá, Vol 13 no 1, 2005, pp. 39-46
- [34] Wilmer H. Rojas et al; Analysis and supervision of the cardiac signal with wireless transmission of information, Scientia et Technica Año XIII, No 35, Agosto de 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

---

## 11. ANEXOS

### 11.1 VALIDACIÓN

#### 11.1.1 EL INSTITUTO

El Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ, INNSZ) es uno de los Institutos Nacionales de Salud dependientes de la Secretaría de Salud.



**Figura 36** El instituto Nacional de ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

#### 11.1.2 BREVE HISTORIA DEL INCMNSZ

Se inauguró el 12 de octubre de 1946 con el nombre de Hospital de Enfermedades de la Nutrición, en junio de 2000 se le dio el nombre actual. El Director actual del INNCMSZ es el Dr. Fernando Gabilondo Navarro.

Desde el inicio Instituto se planeó como una institución médica modelo en que las actividades asistenciales sirvieran como sustento de las educativas y de investigación, pensando que sólo se puede dar buena asistencia en un ambiente académico que propicie la enseñanza e investigación científica.

El Instituto, a través de su Dirección de Enseñanza, ofrece en la actualidad 20 cursos de posgrado avalados por la Universidad Nacional Autónoma de México, en que se forman especialistas en distintos campos de la medicina y cirugía.

Es la institución médica con mayor número de investigadores y con mayor producción científica en el país; esta actividad está coordinada por la Dirección de Investigación de la que dependen los departamentos de investigación básica y de investigación médica.

### 1 1. 1.3 UBICACIÓN

Está ubicado en la Delegación Tlalpan entre las calles de Vasco de Quiroga, San Fernando, Lateral de Viaducto Tlalpan y Martín de la Cruz. La dirección oficial del Instituto es la siguiente:

Vasco de Quiroga 15 Colonia Sección XVI, Tlalpan C.P.14000; México D.F., México



Figura 37 Ubicación del INCMNSZ

### 1 1. 1.4 MISIÓN

Somos una institución nacional de salud que realiza investigación, docencia y asistencia de alta calidad, con honestidad, responsabilidad y compromiso social, en un marco de libertad y lealtad, al servicio del ser humano y su entorno.

### 1 1. 1.5 VISIÓN

Ser una institución de salud líder nacional e internacional por la excelencia en la asistencia, docencia e investigación con una red de centros afiliados que apliquen el mismo modelo integrador.

En el año 2007 se redefinió el Plan estratégico del Instituto estableciéndose los siguientes objetivos:

- a. Proporcionar atención médica especializada, integral y de alta calidad a población adulta.
- b. Ampliar la participación y repercusión de las actividades sustantivas a nivel nacional.
- c. Formar recursos humanos al más alto nivel científico y técnico, con actitud ética y responsabilidad social.
- d. Proporcionar asesoría a los sectores públicos, social y privado, en las áreas de su competencia.
- e. Fortalecer la participación del Instituto en la educación continua para profesionales de la salud y en la educación para la salud de la población.
- f. Fortalecer los programas de investigación y de innovación tecnológica que contribuyan al desarrollo del conocimiento o al bienestar social.
- g. Desarrollar un modelo de administración integral innovador que fortalezca las actividades sustantivas.
- h. Impulsar un modelo de desarrollo organizacional innovador que favorezca el desempeño óptimo de las actividades institucionales.

El departamento de cirugía experimental es uno de las áreas que llevan a cabo actividades de investigación médica dentro del Instituto. En la figura 38 se ilustra una práctica de cirugía en perro.



Figura 38 Cirugía en perro. Departamento de Cirugía Experimental.





## 1 1.2 APÉNDICE DE PROGRAMAS

### 1 1.2.1 GRAFICA DINÁMICA EN LÍNEA

```
Dim Start_Pos
Dim End_Pos
Dim X
Dim A, B

Private Sub Command1_Click()
Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
Start_Pos = 0
End_Pos = 0
Randomize
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
X = X + 1
If X = 90 Then
Picture1.Cls
X = 0
Start_Pos = 0
End_Pos = 0
B = 0
A = 3
Else
Picture1.ScaleMode = 3
Picture1.Line (Start_Pos, B)-(End_Pos, A)
B = A
Start_Pos = End_Pos
End_Pos = End_Pos + 3
End If
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
A = Int((30 * Rnd) + 100)
End Sub
```

### 1 1.2.2 VENTANA DE INICIO DE LA IGU CX

```
Option Explicit

Private Sub cmdBase_Click()
frmBaseDatos.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub cmdNuevo_Click()
frmVentanaECG.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()

End Sub
```



### 1 1.2.3 VENTANA DE BASE DE DATOS

```
'para comunicación o equivalente
Dim k As String
'para graficar
Dim Valor, Ver As Integer
Dim x, y, cx, cy, i, j As Integer
Const PI = 3.14159265358979
Dim A, theta, dtheta As Single
Option Explicit
Private Sub cmdGuardar1_Click()
    On Error GoTo ErrorDesconocido
    Open "C:\Documents and Settings\Chocolate Brasil\Escritorio\Cosas de Lau\DATOS.XLS" For Output As #1
    Print #1, txtVer.Text
    Close #1
    MsgBox ("Los datos han sido guardados")
    'Exitsub
End Sub
Private Sub cmdVentanaInicio_Click()
    frmBienvenida.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub Picture1_Click()
End Sub
Private Sub txtFecha_Change()
txtFecha.Text = Format(Date, "Long Date")
End Sub
Private Sub txtHora_Change()
txtHora.Text = Format(Time, "hh:mm:ss AMPM")
End Sub
Private Sub cmdVisualizar_Click()
    theta = 0
    tmrVer.Enabled = True
    pbxVer.ScaleLeft = 0
    pbxVer.ScaleWidth = 4 * PI
    pbxVer.ScaleTop = 2
    pbxVer.ScaleHeight = -4
    pbxVer.AutoRedraw = True
    pbxVer.CurrentX = theta
    pbxVer.CurrentY = Sin(A * theta)
    A = CSng(lblValor2.Caption)
    dtheta = 4 * PI / pbxVer.ScaleX(pbxVer.ScaleWidth, pbxVer.ScaleMode, vbPixels)
    Do While theta <= 4 * PI + dtheta / 2
        pbxVer.Line -(theta, Sin(A * theta))
        theta = theta + dtheta
    Loop
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    k = Right(txtValor1.Text, 2)
    lblValor2.Caption = k * 5 / 1024
End Sub
Private Sub Form_Load()
    cy = pbxVer.ScaleHeight
    cx = pbxVer.ScaleWidth
    tmrVer.Interval = 1
    tmrVer.Enabled = False
End Sub
```



## 1.1.2.4 VENTANA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN

```
Option Explicit
Dim desplazar As Long
'para comunicación
Dim textout, textin As String
Dim k, n As Integer
Dim Valor, Cadena As String
'para sonido
Dim nombre, sonido, flag
sonido = 1
flag = 1
Private Sub cmdDetener_Click()
    pbxECG.Line (x, y)-(i, j), (&HFFFFFF / (i + 1))
    i = i + 10 ' incrementa i
End Sub
Private Sub cmdInicio_Click()
    pbxECG.Line (x, y)-(i, j), (&HFFFFFF / (i + 1))
    i = i + 1 ' incrementa i
End Sub
Private Sub cmdAlarma_Click()
    nombre = "C:\Documents and Settings\lala\Escritorio\Proto\alarma.wav"
    Call PlaySound(nombre, sonido, flag)
End Sub
Private Sub cmdUSB_Click()
If cmdUSB.Caption = "CONECTAR" Then
    puerto.CommPort = Val(cmbsele.ListIndex + 1)
    puerto.PortOpen = True
    tmrComunicación.Enabled = True
    cmdcon.Caption = "DESCONECTAR"
Else
If cmdUSB.Caption = "DESCONECTAR" Then
    tmrComunicación.Enabled = False
    puerto.PortOpen = False
    cmdcon.Caption = "CONECTAR"
End If
End If
End Sub
Private Sub cmdVentanaInicio_Click()
    frmBienvenida.Show
    Unload Me
End Sub
Private Sub optConsultas_Click(Index As Integer)
    frmBaseDatos.Show
    Unload Me
End Sub
```



```
Private Sub Form_Load()  
'Establecemos el intervalo cada segundo  
tmrFechayHora.Interval = 1000  
'Ponemos los datos en la etiqueta  
lblFechayHora = Now  
End Sub  
Private Sub Text2_Change()  
k = Right(Texto.Text, 2)  
lblValor.Caption = k * 5 / 1024  
End Sub  
Private Sub tmrComunicación_Timer()  
textin = puerto.Input  
A = Mid(textin, 2, 4)  
If textin <> "" Then  
lblmostrar.Caption = A  
End If  
End Sub  
Private Sub Texto_Change()  
End Sub  
  
Private Sub tmrFechayHora_Timer()  
'Actualizamos la hora cada segundo.  
lblFechayHora = Now  
End Sub
```

### 1 1.2.5 COMUNICACIÓN USB

```
Option Explicit  
Dim Cadena As String  
Private Sub Conectar_Click()  
'comprueba que el puerto este cerrado para poder abrirlo  
If MSComm.PortOpen = False Then  
'determina el puerto que hemos seleccionado  
If Combo1.ListIndex = 0 Then  
MSComm.CommPort = 4  
Else  
MSComm.CommPort = 3  
End If  
'determina: 9600-Velocidad en Baudios, N-No utiliza ninguna paridad,  
'8-Cantidad de bits de envio y recepcion por paquete,  
'1-Determina los bits de parada  
MSComm.Settings = "9600,N,8,1"  
'lee todo el buffer de entrada para que quede vacio  
MSComm.InputLen = 0  
'Abre el puerto seleccionado  
MSComm.PortOpen = True  
'Me.Caption = "Conectado por el puerto " & MSComm.CommPort  
End If  
End Sub  
Private Sub Desconectar_Click()  
If MSComm.PortOpen Then  
'cierra el puerto  
MSComm.PortOpen = False  
Me.Caption = "Desconectado"  
End If  
End Sub  
Private Sub Enviar_Click()  
'envia el texto escrito.  
' MSComm1.Output = TextoEnviar.Text & vbCr  
'coloca el texto que enviamos en la pantalla  
' Texto.Text = Texto.Text & vbCrLf & "<Ordenador 1>" & TextoEnviar.Text  
' TextoEnviar.SetFocus  
End Sub
```



```
Private Sub Form_Load()
    Combo1.AddItem "Com1"
    Combo1.AddItem "Com2"
    Combo1.AddItem "Com3"
    Combo1.AddItem "Com4"
    Combo1.AddItem "Com5"
    Combo1.ListIndex = 0
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Desconectar_Click
End Sub
'El evento OnComm se genera siempre que cambia el valor de la propiedad
'CommEvent e indica que se ha producido un evento o un error en la comunicación.
Private Sub MSComm_OnComm()
    Dim i As Integer
    Dim Valor As String
    'recoge el valor de entrada
    Valor = MSComm.Input
    'busca la posición del carácter de salto de línea
    i = InStr(Valor, Chr(13))
    'si no hay ningún salto de línea, quiere decir que la información que recibe
    'es parte de una cadena recibida con anterioridad.
    If i = 0 Then
        Cadena = Cadena & Valor
    Else
        Cadena = Cadena & Left(Valor, i - 1)
        Texto.Text = Texto.Text & vbCrLf & "<Ordenador 2>" & Cadena
        Texto.SelStart = Len(Texto.Text)
        Cadena = ""
    End If
End Sub
```