



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA  
TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN  
TERMINAL MÓVIL**

REALIZADO POR

Menéndez, Adriana

Potenza, Sylvia

PROFESOR GUIA

Pirrone, José

FECHA

15 de Julio de 2011



## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este Trabajo Especial de Grado en primer lugar, a mis padres, Silvia y Antonio, sin ustedes jamás hubiese llegado este día. Han sido siempre mi apoyo en cada paso que he dado y me han alentado siempre a seguir adelante, por levantarme cuando caí y por permitirme estudiar esta carrera en esta gran Universidad. Para ustedes las palabras de agradecimiento jamás serán suficientes. Los amo demasiado.

En segundo lugar, a mi compañera de tesis, Adriana, mi mejor amiga, mi hermana, la mejor compañía que pude conseguir para transitar este camino y cruzar juntas la meta. Gracias por ser la persona que eres y por haberme brindado la amistad tan sincera que hoy nos une. Te amo amiga.

A mi hermana, Stefania, por ser siempre capaz de arrancarme una sonrisa, por apoyarme. Por comprenderme y aceptarme como soy y haber sufrido conmigo cada día de esta carrera. Por ser mi alma gemela y mi enana por siempre. Te amo hermana.

A mi abuela Carmen, por consentirme siempre, por seguirme considerando una niña y por apoyarme cada segundo, gracias por tanto, gran parte de lo que soy te lo debo a ti. Eres una parte muy importante de mi vida y te amo con todo mi corazón.

A mis tíos, Beatriz, Marco y Rafael; que me ayudaron a seguir en el camino, que me apoyaron y me ayudaron a sonreír cuando tuve ganas de llorar, por ser como mis segundos padres y estar a mi lado en esta carrera de resistencia. Los amo.

Finalmente, a mis Ángeles de la Guarda, Gustavo y Gabriel, dos personas que marcaron mi vida y que hoy no tengo a mi lado físicamente, sé que desde el cielo me ayudaron a alcanzar esta meta y que estuvieron presentes. Hoy espero llenarlos de orgullo y lograr que sonrían desde donde estén.

Para todos ustedes, con todo mi amor.

Sylvia Gabriella Potenza Monteagudo



Quiero, en primer lugar, dedicar este trabajo especial de grado, a mis padres Gladys y Manuel, porque sin su amor, tolerancia, y apoyo, jamás hubiera sido posible nada de esto. Por llevarme de la mano en esta experiencia, por alentarme cuando pensé en desistir, por levantarme cuando caí y por ser siempre mi suelo y mi cielo, hoy estamos viviendo esta satisfactoria experiencia. Papá y mamá, los amo profundamente.

A mi compañera, amiga y confidente Sylvia Potenza, por compartir conmigo lágrimas y risas desde el primer día en ingeniería. No puedo pensar en otra persona con la cual hubiera preferido jugarme el último set de este partido el cual hoy hemos ganado amiga. Gracias por tanto

A mi hermanito Víctor por ser la chispa en mi vida, por darme siempre una razón para reírme cuando lo más normal probablemente hubiera sido llorar.

A mi Yayita querida por consentirme todos los días, por sus mimos, cariños y su infinito amor.

A mis hermanas de la vida, Mari, Carla, Mayela, Claudia, Gloriana, Bárbara, Verónica, Ivette y Ariana, por ser siempre las primeras y las últimas. Aseguro sin lugar a dudas que este logro es en parte, o mucho, de todas ustedes.

Adriana



## **Agradecimientos**

Primeramente damos gracias a Dios, a María Auxiliadora, a la Virgen del Valle y la Covadonga por darnos la fuerza para lograr nuestras metas, por alumbrar nuestro camino y concedernos la dicha de haber conseguido este logro.

A nuestros padres y respectivas familias, por abrirnos siempre las puertas de sus casas y sus vidas y haber compartido junto a nosotras cada trago, dulce o amargo, que trajo esta carrea. Sin su apoyo jamás hubiésemos llegado hasta aquí.

A Irianta y Christian por su amistad incondicional, frase que resume todo, sin ellos este camino no hubiese sido lo mismo.

Le agradecemos a nuestro tutor académico Ing. José Pirrone. Además queremos agradecer a nuestro amigo y compañero de estudios Ing. Iñaki Asunción por brindarnos su apoyo y sus conocimientos para desarrollar este proyecto.

También agradecemos la asesoría de la Profesora María Gabriela Rodríguez y al Profesor José Javier Barrios, por su gran disposición para guiarnos a lo largo de este proyecto, compartiendo sus amplios conocimientos y estudios realizados en el área de procesamiento de señales.

A ITMS TELEMEDICINA DE VENEZUELA, por permitirnos el acceso a su centro de conexiones y enseñarnos su forma de trabajo.

Por último le agradecemos muy especialmente al Dr. José Andrés Octavio, Médico Cardiólogo y Profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, por habernos aportado sus valiosos conocimientos en el área médica, totalmente desconocidos por nosotras y muy necesarios para la exitosa culminación de este Trabajo Especial de Grado.

A todos, de corazón, Gracias.



## Resumen

Considerando la existencia del grave problema en la red médica y hospitalaria venezolana, se planteó un proyecto, utilizando un electrocardiógrafo portátil, para en primer lugar evaluar teóricamente las señales electrocardiográficas (ECG) y determinar que se requiere para procesarlas correctamente.

Se debió indagar los parámetros que deben estar presentes en el electrocardiograma para que el especialista sea capaz de realizar un informe completo del mismo, determinar la información relevante del paciente que debe asociarse al ECG, identificar las características técnicas del electrocardiógrafo móvil utilizado y finalmente implementar un servidor que reciba y transmita los ECG desde la *Web*, logrando así crear una solución remota y efectiva para este problema.

Para alcanzar los objetivos planteados, se utilizó una metodología que consta de seis fases principales, y que incluyen la documentación; la adquisición de las señales de muestra; el procesamiento de las señales ECG; la configuración de *LABVIEW Server*, la instalación de *APACHE HTTP Server*; o lo que es lo mismo, *Hypertext Transfer Protocol*, que corre sobre el servidor *APACHE*, y la integración mediante una interfaz *web* de estos dos servidores.

Como resultados de lo antes descrito se logró la creación exitosa del sistema de procesamiento, que toma una señal audible y lo transforma a un electrocardiograma gráfico de 12 derivaciones. La interfaz *web* diseñada permite la adquisición de dichos tonos, su correspondiente procesamiento y obtención de datos asociados.

Para finalmente concluir que, el sistema diseñado facilita la comunicación paciente – médico especialista, dicho sistema es una herramienta útil y necesaria, considerando la situación hospitalaria que atraviesa Venezuela.

**Palabras Clave:** Telemedicina, Electrocardiograma, Telecardiología, Servidor, Imágenes Médicas.



## Índice General

Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos .....	vii
Resumen .....	ix
Introducción.....	xix
Capítulo I.....	1
Planteamiento del Proyecto.....	1
I.1 Planteamiento del Problema .....	2
I.2 Objetivos.....	2
I.2.1 Objetivo General.....	2
I.2.2 Objetivos Específicos.....	3
I.3 Justificación .....	3
I.4 Alcances y Limitaciones.....	4
Capítulo II .....	7
Marco Teórico .....	7
II.1 Electrocardiograma .....	8
II.2 Sistema de conducción cardíaco .....	10
II.2.1 Derivaciones.....	10
II.2.2 Ondas .....	13
II.3 Parámetros esenciales para la interpretación de un ECG.....	18
II.3.1 Principales cardiopatías detectadas mediante un ECG anormal. ....	21
II.4 Creación del servidor. ....	22
II.4.1 Servicio de Archivo Estáticos. ....	23
II.4.2 Seguridad y Autenticación.....	23
II.4.3 Servidores Virtuales .....	23
II.5 APACHE HTTP Server .....	23

II.6 XAMPP .....	24
II.7 Editor WEB PAGE MAKER .....	25
II.8 Instrumentación Virtual con LABVIEW .....	25
II.8.1 Panel Frontal .....	27
II.8.2 Diagrama de Bloques.....	27
II.8.3 Paletas .....	27
II.8.4 LABVIEW como servidor.....	28
II.9 Grabador de Audio WebPad Sound Editor .....	28
Capítulo III .....	31
Metodología y Desarrollo.....	31
III.1 Documentación.....	31
III.2 Adquisición de las señales .....	33
III.3 Procesamiento de la señal electrocardiográfica.....	38
III.4 Asociación de datos de paciente a ECG .....	51
III.5 Configuración de LABVIEW server .....	52
III.6 Instalación de XAMPP y configuración de APACHE http Server .....	58
III.7 Creación de la página web con WEB PAGE MAKER .....	61
III.8 Redacción y Elaboración del Tomo.....	66
Capítulo IV .....	67
Resultados .....	67
IV.1 Resultados de la Documentación .....	67
IV.2 Resultados Procesamiento de ECG .....	68
IV.3 Resultados de la página <i>web</i> .....	73
Capítulo V .....	79
Conclusiones y Recomendaciones.....	79
V.1 Conclusiones .....	79
V.2 Recomendaciones .....	80
Bibliografía.....	83

## Índice de Figuras

Figura 1 Esquema Planteamiento del Proyecto. Fuente: Elaboración propia .....	1
Figura 2 Esquema Contenido Marco Teórico. Fuente: Elaboración propia.....	8
Figura 3. Tabla de colores estándar para la colocación de los electrodos. Fuente: Elaboración propia. ....	9
Figura 4. Derivaciones de las extremidades en el plano frontal del electrocardiograma. Fuente: ABC del Electrocardiograma .....	11
Figura 5. Derivaciones unipolares de las extremidades (plano frontal). Fuente: Dalcame.....	11
Figura 6. Derivaciones Bipolares de las extremidades (plano frontal). Fuente: Dalcame.....	12
Figura 7. Derivaciones precordiales, ubicación de los espacios precordiales. Fuente ABC del Electrocardiograma .....	13
Figura 8. Grafoelementos de las ondas cardíacas. Fuente: Grupo13.....	14
Figura 9. Definición de los intervalos RR y QT, junto con el complejo QRS en un latido de ECG. Fuente: Congreso Argentino de Bioingeniería. ....	17
Figura 10. ECG en espectro de frecuencia. Fuente: Infomed .....	18
Figura 11. Ambiente de desarrollo de LABVIEW. Fuente: Elaboración propia .....	26
Figura 12 Consola Principal de WavePad Sound Editor. Fuente: Elaboración propia .....	29
Figura 13 Esquema Metodología y Desarrollo. Fuente: Elaboración propia. ....	31
Figura 14. Consola principal de WavePad Sound Editor. Fuente: Elaboración propia. .....	35
Figura 15. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 1. Fuente: Elaboración propia. ....	35
Figura 16. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 2. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 17. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 3. Fuente: Elaboración propia. ....	36

Figura 18. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 4. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 19. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 5. Fuente: Elaboración propia.....	37
Figura 20. Librerías de funciones disponibles en LABVIEW. Fuente: Elaboración propia .....	39
Figura 21. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 1. Fuente: Elaboración propia .....	40
Figura 22. Configuración filtro 1. Fuente: Elaboración propia .....	41
Figura 23. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 2. Fuente: Elaboración propia .....	42
Figura 24. Modulación AM DSBFC. Fuente: tomada de <a href="http://fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt">fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt</a> .....	43
Figura 25. Señal modulada en AM y su envolvente. Fuente: Wikipedia.....	44
Figura 26. Señal con su envolvente. Fuente: Tomada de <a href="http://fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt">fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt</a> .....	44
Figura 27. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 3. Fuente: Elaboración propia .....	45
Figura 28. Configuración filtro 2. Fuente: Elaboración propia .....	46
Figura 29. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 4. Fuente: Elaboración propia .....	47
Figura 30. Configuración filtro 3. Fuente: Elaboración propia .....	48
Figura 31. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 5. Fuente: Elaboración propia .....	49
Figura 32. Disposición prefijada para las derivaciones cardiacas en el ECG. Fuente: Elaboración propia .....	49
Figura 33. Distribución del ECG en derivaciones. Fuente: Elaboración propia .....	50
Figura 34. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 6. Fuente: Elaboración propia .....	51

Figura 35. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 7. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 36. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 1. Fuente: Elaboración propia .....	54
Figura 37. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 2. Fuente: Elaboración propia .....	55
Figura 38. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 3. Fuente: Elaboración propia .....	56
Figura 39. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 4. Fuente: Elaboración propia .....	57
Figura 40. Servidor web LABVIEW, parte 5. Fuente: Elaboración propia .....	57
Figura 41. Consola principal de la aplicación XAMPP. Fuente: Elaboración propia	59
Figura 42. Consola principal de la aplicación XAMPP, con el servidor APACHE corriendo. Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura 43. Navegador web, XAMPP. Fuente: Elaboración propia .....	61
Figura 44. Consola principal de WEB PAGE MAKER. Fuente: Elaboración propia .....	62
Figura 45. Página web principal. Fuente: Elaboración propia .....	63
Figura 46. Página web 2. Fuente: Elaboración propia .....	63
Figura 47. Página web 3. Fuente: Elaboración propia .....	64
Figura 48. Página web para procesamiento de la señal. Fuente: Elaboración propia.	65
Figura 49. Publicación de página web en servidor APACHE. Fuente: Elaboración propia .....	66
Figura 50 Esquema de la Presentación de Resultados. Fuente: Elaboración propia ..	67
Figura 51. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	68
Figura 52. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	69
Figura 53. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 3. Fuente: Elaboración propia.....	69

Figura 54. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 4. Fuente: Elaboración propia. ....	70
Figura 55. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 5. Fuente: Elaboración propia. ....	70
Figura 56. ECG Referencia. Fuente: Elaboración propia. ....	71
Figura 57. Interfaz web, parte 1. Fuente: Elaboración propia. ....	73
Figura 58. Dirección de la interfaz web, parte 1. Fuente: Elaboración propia. ....	73
Figura 59. Interfaz web, parte 2. Fuente: Elaboración propia. ....	74
Figura 60. Dirección de la interfaz web, parte 2. Fuente: Elaboración propia. ....	74
Figura 61. Interfaz web, parte 3. Fuente: Elaboración propia. ....	75
Figura 62. Dirección de la interfaz web, parte 3. Fuente: Elaboración propia. ....	75
Figura 63. Interfaz web, parte 4. Fuente: Elaboración propia. ....	76
Figura 64. Dirección de la interfaz web, parte 4. Fuente: Elaboración propia. ....	76
Figura 65. Interfaz web, parte 5. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Figura 66. Dirección de la interfaz web, parte 5. Fuente: Elaboración propia. ....	77

## Índice de Tablas

Tabla 1. Pacientes a los que se les aplicó el estudio electrocardiográfico. Fuente:  
Elaboración propia. .... 72



## Introducción

Para los pacientes con deficiencias cardíacas es estrictamente necesario llevar una serie de controles frecuentes que deben realizarse mediante un estudio denominado electrocardiograma (ECG). Existen empresas especializadas en la fabricación de dispositivos móviles para telemedicina, diseñados especialmente para transferir datos médicos a través de las líneas telefónicas, o plataformas inalámbricas. Algunos han desarrollado sistemas de transmisión de datos cardíacos, que permiten a los pacientes realizar chequeos y monitoreos a distancia. (1)

La empresa ITMS Telemedicina de Venezuela, empresa que nos facilitó el electrocardiógrafo, y en la cual nos apoyamos para este proyecto, ha desarrollado un sistema de Telecardiología, la información de dicho sistema se encuentra ampliada en un folleto explicativo ubicado en el Anexo C.

Es importante destacar que, estas aplicaciones no funcionan en tiempo real, por lo tanto no son útiles en casos de emergencia, únicamente en casos de control y prevención.

Algunas universidades han realizado investigaciones, y convenios con instituciones del área de la salud para implementar proyectos pilotos en el área de la telemedicina. En 1984 surge la idea de crear una red de centros venezolanos de bioingeniería y telemedicina y estuvo conformada desde sus inicios por la Universidad Simón Bolívar (USB), La Universidad de Los Andes (ULA) y La Universidad de Carabobo (UC). Desde 1995 estas universidades han logrado formar una red de personal altamente capacitado en el área de la telemedicina.

Basados en estos precedentes, y tomando como punto de partida el diseño de una aplicación que funcione sobre un servidor *web*, con bajos costos de implementación y alta precisión y fidelidad en los resultados, surge este Trabajo Especial de Grado que plantea la implementación de dicha aplicación. La cual pretende registrar un ECG de doce derivaciones para mostrarlo y procesarlo en un servidor *web*. Para llevar a

cabo este proyecto, se siguió una metodología de trabajo que permitió diseñar y luego implementar, un *software* que cumple con las necesidades planteadas al inicio de esta investigación.

Este trabajo consta de cinco capítulos en los que se presentan todos los factores concernientes al desarrollo de una plataforma para transmisión y recepción de ECG desde un terminal móvil. En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema, donde se explica el por qué es necesario el desarrollo de esta plataforma, y los objetivos fijados para la realización de la misma.

El segundo capítulo presenta los conocimientos teóricos que deben considerarse, tanto en el sentido técnico como médico, ya que fue necesario estudiar en profundidad la señal cardíaca para conocer con exactitud su comportamiento, y procesarla adecuadamente, para así poder llevar a cabo exitosamente este proyecto.

En el tercer capítulo se encuentra el cuerpo central del estudio, en el que se explica cuál fue la metodología de trabajo utilizada y cómo se desarrolló cada una de las fases del proyecto, desde la documentación inicial en la que se basó el marco referencial, pasando por la creación y diseño de la solución hasta llegar a la implementación y pruebas que sustentan el funcionamiento adecuado de la aplicación.

En principio se realizó una investigación sobre qué parámetros deben ser considerados al realizar un estudio electrocardiográfico. Sabiendo qué características describen a los fenómenos eléctricos cardíacos, se procedió a seleccionar los métodos adecuados de procesamiento para la señal producida al tomar el ECG, así como también el tipo de servidor y de *software* adecuado para lograr con éxito los objetivos planteados inicialmente.

Partiendo de un diseño inicial considerando los conocimientos teóricos adquiridos y, habiendo estudiado todas las opciones, gracias a la fase de investigación, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento para determinar los ajustes necesarios y obtener los valores prácticos que avalan nuestra documentación. De esta manera se

logró perfeccionar el diseño y se llevó a cabo la construcción de la solución final propuesta. Dicha solución es capaz de registrar un ECG de 12 derivaciones, mostrando en la pantalla de un servidor web todas las ondas cardíacas típicas tal como se vería en un electrocardiograma tradicional.

En el capítulo cuatro se muestran concretamente los resultados obtenidos durante el desarrollo de la plataforma y, por último, en el capítulo cinco se exponen las conclusiones que se obtuvieron del proyecto, las recomendaciones en cuanto al funcionamiento de la solución desarrollada y las posibles funciones que pueden integrarse para futuras implementaciones.



## Capítulo I

### Planteamiento del Proyecto

En este capítulo se describen todos los puntos relacionados con la problemática planteada, se establecieron los objetivos, se plantea una justificación y se definen los alcances y limitaciones que tendrá el proyecto, de esta forma se logra enmarcar con precisión y exactitud el Trabajo Especial de Grado.

Bajo el marco definido se sentaron las bases para el diseño y desarrollo de la totalidad del proyecto, permitiendo así mantener claros los objetos del estudio y las metas que se debían alcanzar con cada una de las fases que se derivaron a partir de esta etapa de delimitación y planteamiento del problema



**Figura 1** Esquema Planteamiento del Proyecto. *Fuente: Elaboración propia*

## **I.1 Planteamiento del Problema**

Actualmente, se presenta en Venezuela un grave problema en la red médica y hospitalaria, falta de especialistas que han salido del país, dejándolo un vacío en algunas áreas de la medicina, fenómeno mejor conocido como “fuga de talentos”. En las áreas remotas de nuestro país, los especialistas son escasos, por no decir inexistentes, condición que obliga a los médicos generales a realizar informes y manejar casos que muchas veces van más allá de sus conocimientos.

Los resultados satisfactorios obtenidos en proyectos pilotos anteriores en el área de telemedicina, para el manejo de especialidades cardiológicas en centros remotos, han impulsado la innovación en la búsqueda de soluciones tecnológicas que acerquen virtualmente a los cardiólogos y a los médicos generales, los primeros ubicados en las clínicas y hospitales y los segundos en ambulatorios alejados de las capitales.

A fin de conseguir soluciones, se quieren diseñar servicios de diagnóstico y seguimiento cardiológico que permitan a especialistas en los grandes centros urbanos realizar un informe y consulta a pacientes geográficamente alejados. Se quiere implementar una plataforma que permita registrar las señales ECG, tomadas por algún dispositivo móvil, la cual sería enviada a un servidor, que la procesa y presenta en formato *web* a un cardiólogo de guardia, quien, una vez realizado un diagnóstico, devuelve a la estación móvil el respectivo informe y recomendaciones.

## **I.2 Objetivos**

### **I.2.1 Objetivo General**

Implementar una plataforma para aplicación en el área de cardiología, que permita la recepción, almacenamiento y envío de un ECG desde y hacia un terminal móvil.

### **I.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar teóricamente las señales ECG, para poder procesarlas correctamente, sin perder información y evitar el solapamiento de las mismas.
- Indagar acerca de los parámetros que deben estar presentes en el electrocardiograma para que el especialista sea capaz de realizar un informe completo del mismo
- Determinar la información relevante del paciente que debe asociarse al ECG.
- Identificar las características técnicas del electrocardiógrafo móvil utilizado para este sistema.
- Determinar el ancho de banda necesario para envío de datos sobre la plataforma móvil a utilizar
- Implementar un servidor para cardiología que reciba y transmita los ECG desde la *web*.
- Implementar un piloto del sistema diseñado utilizando una aplicación en MICROSOFT VISUAL BASIC para simular el teléfono móvil.

### **I.3 Justificación**

Este trabajo de investigación tiene como principal objetivo dar solución a una realidad que enfrenta el sistema de salud venezolano, como lo es la escasez de profesionales de la medicina, y que afecta seriamente a las personas que sufren específicamente de síndromes cardíacos y que pertenecen a bajos estratos de la sociedad o que se encuentran geográficamente ubicados en zonas rurales, donde la presencia de un especialista en cardiología se hace prácticamente imposible.

Lo que se plantea es la implementación de un servidor que permita, a través del uso de la telemedicina, atender a estos pacientes, aislados de cierta manera, por su ubicación geográfica o su condición social, de manera que no tengan que trasladarse a las grandes ciudades o centros de salud para poder ser evaluados, lo cual, generaría un gasto que no podrían cubrir, con lo cual, finalmente, deciden no realizarse un estudio, que en muchos casos, podría salvar sus vidas.

La aplicación de este proyecto no pretende atender casos de emergencia, ya que no se puede transmitir y diagnosticar en tiempo real, el diagnóstico depende de la rapidez del médico especialista en responder y hacer una evaluación del caso, una vez que se le ha enviado el electrocardiograma; pero sí busca solucionar la falla existente en el seguimiento y control de los pacientes con afecciones cardíacas, ya que la prevención es la mejor manera de asegurar el bienestar del mismo, y de evitar un posible colapso, como podría ser un infarto, o un accidente cerebro vascular, causado por patologías existentes en el corazón..

#### **I.4 Alcances y Limitaciones**

- Este proyecto incluye un estudio para la implementación de un sistema de comunicación entre médicos especialistas y médicos generales, que se encuentran geográficamente separados. Este diseño podrá ser adaptado a otras ramas de la medicina.
- Este trabajo plantea la necesidad de desarrollar una interfaz *web* amigable para el usuario, que no requiera conocimientos avanzados de telecomunicaciones e informática, esta interfaz permite la comunicación entre una estación remota y una estación PC, sea cual sea la ubicación de la misma, para que el cardiólogo pueda informar los exámenes enviados desde la estación móvil.
- Con la intención que no sea necesario la instalación del software de instrumentación LABVIEW en la estación PC donde se encuentre informando el especialista, se sube el sistema en *web* por completo, permitiendo de esta manera un control total del mismo simplemente disponiendo de acceso a INTERNET.
- Este trabajo fue realizado con la asesoría de un médico cardiólogo, cuya orientación resultó fundamental para el desarrollo de la aplicación.
- Como limitación de este trabajo debe destacarse que no es parte de su objeto de estudio definir cómo llegan los tonos audibles provenientes del

electrocardiógrafo ni los datos asociados a cada paciente, al servidor donde va a operar la interfaz



## Capítulo II

### Marco Teórico

En este capítulo se da forma a toda la investigación realizada con el objetivo de comprender a profundidad el funcionamiento de los registros cardiacos y toda la operación requerida para efectuar un diagnostico cardiológico, actividad que comprende desde la toma de la muestra con un electrocardiógrafo hasta la interpretación de las ondas del electrocardiograma para el futuro diagnóstico.

Se mencionan los parámetros de los métodos de modelación matemática asociados a los electrocardiogramas, que permitirán el procesamiento de la señal audible emitida por el electrocardiógrafo *CARDIETTE* hasta convertirla en una representación gráfica de los impulsos cardiacos.

Se explican los conceptos más importantes de un servidor *web*, su funcionamiento, sus características y las herramientas necesarias para establecer la interfaz que permitirá comunicar al cardiólogo con el paciente, al cual le fue practicado el electrocardiograma.

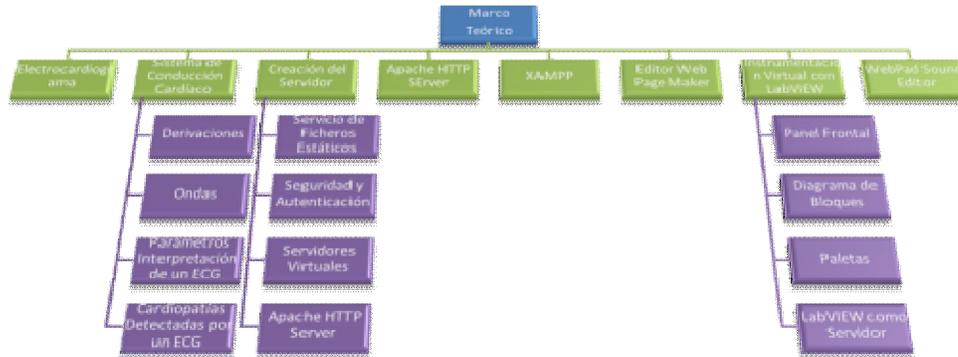


Figura 2 Esquema Contenido Marco Teórico. Fuente: Elaboración propia

## II.1 Electrocardiograma

Un electrocardiograma es un rápido y sencillo procedimiento, totalmente indoloro, que detecta la actividad eléctrica del corazón, es un registro gráfico de la diferencia de potencial entre dos puntos del músculo cardíaco, estos cambios llegan a la superficie del cuerpo, donde son detectados por los electrodos del electrocardiógrafo y se presentan en un gráfico de Voltaje vs. Tiempo. (2)

No es necesaria ningún tipo de preparación antes de someterse a un ECG, el paciente estará acostado sobre una camilla mientras el doctor limpia las zonas del tórax donde deben ir los parches y procederá a colocar los electrodos (3), por estándar internacional el color de los electrodos va asociado a la posición del parche en el cuerpo de la siguiente manera:

Posición Electrodo	Color
Muñeca Derecha	Rojo
Pie Derecho	Negro
Muñeca Izquierda	Amarillo
Pie Izquierdo	Verde
V1	Rojo
V2	Amarillo
V3	Verde
V4	Marrón
V5	Negro
V6	Morado

**Figura 3. Tabla de colores estándar para la colocación de los electrodos.** Fuente: *Elaboración propia.*

En el anexo D se encuentra el manual del electrocardiógrafo *CARDIETTE* y en el Anexo E todas las partes y componentes de dicho aparato.

Para entender el registro arrojado por el electrocardiograma se debe estar familiarizado con el fenómeno de polarización de las membranas, que son cambios rápidos de polaridad entre dos superficies celulares, este cambio está originado por la diferencia en la concentración iónica a ambos lados de la membrana, esta es la base de la propagación del impulso nervioso en el cuerpo humano. La despolarización es cuando el potencial de la membrana cambia de negativo a positivo, esta fase dura aproximadamente de 1 a 2 milisegundos. La repolarización es cuando el potencial es aun más negativo que cuando la membrana esta en reposo, esta fase dura aproximadamente de 3 a 4 milisegundos.

Un electrocardiógrafo no es más que un galvanómetro que registra las diferencias de potencial entre dos superficies, siendo una de ellas la “tierra” de referencia, capta las variaciones eléctricas mediante electrodos localizados en las cuatro extremidades y en seis posiciones precordiales. Es importante destacar que el espectro de frecuencias de una señal electrocardiográfica no tiene componentes significativos por arriba de los 60 Hz. La separación entre líneas es de 1 milímetro cuando el equipo está adecuadamente estandarizado, cada milímetro en el eje vertical representa un cambio

de voltaje de 0.1 mili voltios, y en el eje horizontal un intervalo de 4 milisegundos.  
(2)

## **II.2 Sistema de conducción cardíaco**

Para poder interpretar los resultados en el ECG debemos conocer el sistema de conducción del músculo cardíaco, sus ondas, intervalos y segmentos.

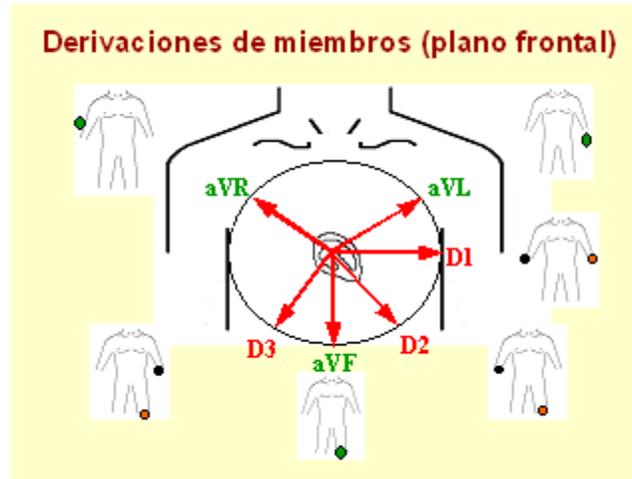
### **II.2.1 Derivaciones.**

Las conexiones eléctricas convencionalmente usadas para registrar el electrocardiograma son llamadas derivaciones y se clasifican en: derivaciones de extremidades, derivaciones de extremidades aumentadas y derivaciones precordiales. En conjunto, todas ellas nos permiten registrar la actividad eléctrica del corazón desde 12 puntos de vista diferentes y complementarios, seis de miembros y seis precordiales. (2)

Las primeras derivaciones son aquellas donde los electrodos se colocan en las extremidades del paciente para registrar aquellos eventos que ocurren en plano frontal. Las segundas, corresponden a los electrodos colocados en el precordio (región frontal del tórax que se sitúa sobre el corazón) del paciente, con el fin de registrar los eventos que ocurren en el plano horizontal. (4)

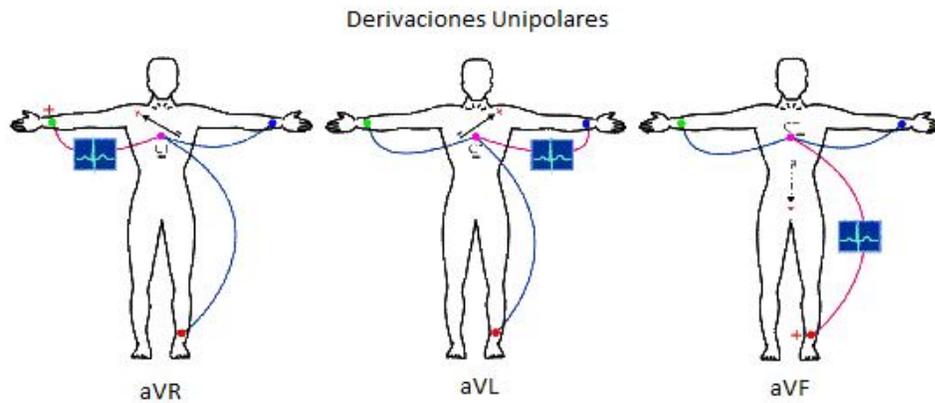
Las derivaciones de extremidades a su vez se dividen en dos grupos: bipolares y unipolares. Las bipolares registran la diferencia de potencial entre dos miembros, por eso en cada uno de ellos se coloca un electrodo de polaridad opuesta, se nombran I, II y III. Las unipolares registran únicamente el potencial de una extremidad, aunque se emplean dos electrodos, solo uno de ellos (el positivo) va a ostentar polaridad, el otro electrodo representa un terminal de referencia o tierra, y se nombran aVR, aVL y aVF. (5)

- Derivaciones Frontales:



**Figura 4.** Derivaciones de las extremidades en el plano frontal del electrocardiograma. *Fuente:* ABC del Electrocardiograma

Las derivaciones unipolares, es decir las verdes, que se observan en la Figura 4, captan el potencial del brazo derecho (aVR), brazo izquierdo (aVL) y pierna izquierda (aVF) (5)



**Figura 5.** Derivaciones unipolares de las extremidades (plano frontal). *Fuente:* Dalcame

Las derivaciones bipolares, señalizadas en rojo, captan la diferencia de potencial entre brazo izquierdo y el derecho (I), brazo derecho y pierna izquierda (II) y brazo izquierdo y pierna izquierda (III) (5)

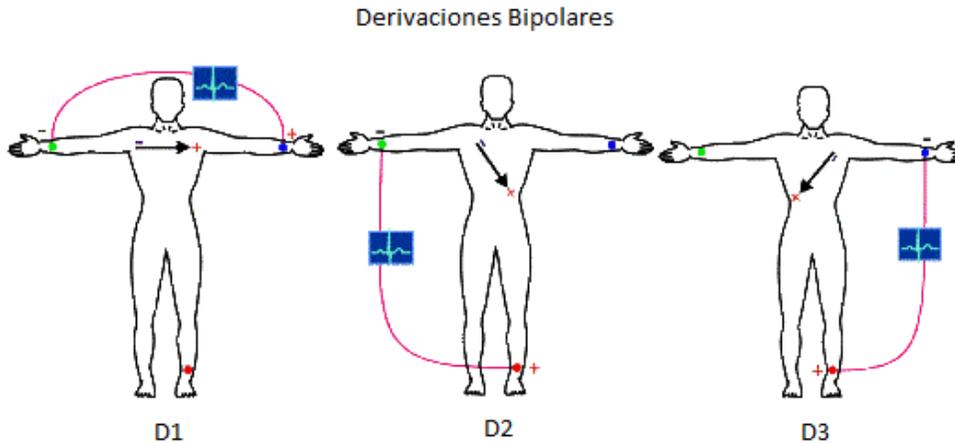
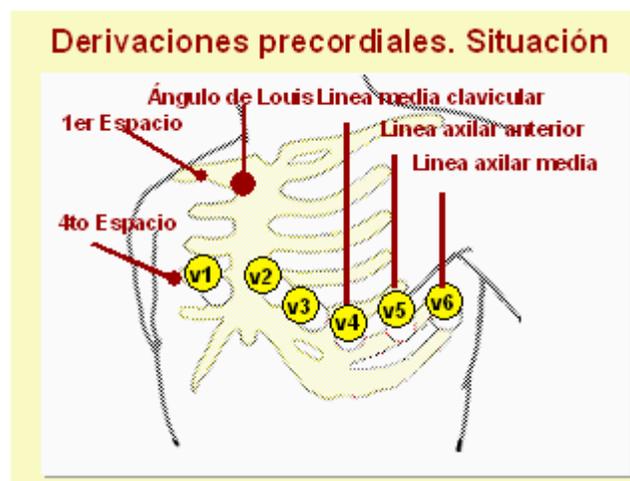


Figura 6. Derivaciones Bipolares de las extremidades (plano frontal). Fuente: Dalcame

- Derivaciones Precordiales:

Las derivaciones precordiales, son todas unipolares y se denominan V1, V2, V3, V4, V5, V6. (5)



**Figura 7. Derivaciones precordiales, ubicación de los espacios precordiales.** *Fuente ABC del Electrocardiograma*

Se observa que el ángulo de Louis (saliente perteneciente al hueso del esternón), sirve como referencia para ubicar los espacios intercostales donde deben colocarse los electrodos. (5)

- V1: 4to espacio intercostal a la derecha del esternón.
- V2: 4to espacio intercostal a la izquierda del esternón.
- V3: Entre la derivación V2 y V4.
- V4: 5to espacio intercostal a nivel de la línea media clavicular (LMC)
- V5: A la misma altura que V4, pero a nivel de la línea axilar anterior.
- V6: A la misma altura que V5, pero a nivel de la línea axilar media.

### **II.2.2 Ondas**

Las ondas del ECG son denominadas P, Q, R, S, T, U y pueden ser de forma:

- Unimodales: una sola dirección de oscilación
- Bimodales: oscila en los valores positivos hasta el cero (en forma de joroba de camello)
- Bifásicas: una oscilación positiva y una negativa
- Melladas

En la Figura 8 se representan todos los grafoelementos que pueden inscribirse en un ciclo cardíaco normal. Ellos son: 6 ondas (P, Q, R, S, T y U); 3 segmentos (PR, ST y TP); y 2 intervalos (PR y QT). (5)

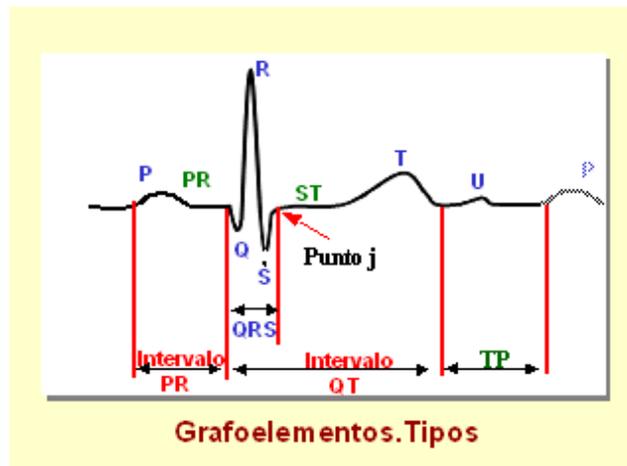


Figura 8. Grafoelementos de las ondas cardíacas. Fuente: Grupo13

La onda P es el resultado de la despolarización auricular, ambas aurículas, derecha e izquierda se contraen simultáneamente para bombear sangre hasta los ventrículos. Ocurre a los 6 milisegundos de la activación celular, es generalmente mejor visualizada en I – II- V1. Es simétrica en I , II y puede ser unimodal o bifásica (siendo normal , siempre que la deflexión negativa no dure más de 0,04 segundos, ni tenga más de 1 milímetro ) en V1. (5)

La amplitud de la onda P es menor a 2.5 milímetros en todas las edades, y la duración aumenta con la edad, desde 8 milisegundos en bebés recién nacidos hasta 10 milisegundos en adultos.

El eje de la onda P en condiciones normales será positiva en I y positiva en aVF.

El intervalo P-R, que comprende la onda P más el segmento P-R, representa el tiempo que media entre el comienzo de la despolarización auricular y el comienzo de la ventricular.

El complejo QRS es el resultado de la activación de las fibras musculares de los ventrículos del corazón.

Si la onda es negativa se denomina onda Q, y es la primera deflexión hacia abajo del complejo QRS, y representa la despolarización del septum interventricular, la pared que divide los dos ventrículos. Si la onda es positiva se denomina onda R, es la primera deflexión hacia arriba del complejo QRS, y es debida a la despolarización de la punta del ventrículo izquierdo.

Por su parte, la onda S es la primera deflexión negativa que sigue a la onda R, y representa la despolarización de la base del ventrículo izquierdo. La onda T representa la repolarización ventricular.

Tanto las ondas positivas (ondas R ), como las negativas (ondas S), cuando tienen una amplitud mayor a 5 milímetros se reflejarán con letras mayúsculas ( R , S ), en caso contrario con minúsculas ( r , s )

La duración del QRS se mide desde el inicio del QRS hasta el final del QRS, se medirá en una derivación en la que haya onda "q" (generalmente en V5 - V6), la duración del QRS es variable, aumenta con la edad y pasa de un valor medio de 6 a 12 milisegundos.

La morfología de QRS también varía con la edad, en las primeras semanas de vida las ondas S dominan en las derivaciones izquierdas y las R dominan en las derechas, esto cambia progresivamente hasta el patrón adulto donde predominan ondas rS en el precordio derecho y ondas qR y qRs en el precordio izquierdo. El cambio en las precordiales izquierdas es más rápido que en las derechas por lo que se alcanzan patrones de adulto en el primer año de vida, mientras que en precordio derecho los patrones de adulto se alcanzan en la edad escolar.

La onda Q suele estar presente en I- II-III, aVF y casi siempre en V5-V6.

Su amplitud es menor a 5 milímetros, menos en III donde puede alcanzar los 8 milímetros, en cuanto a su duración nunca supera los 0.30 segundos.

La determinación del eje QRS corresponde a la suma de corrientes generadas durante la sístole eléctrica de los ventrículos, lo que permite diferenciar la forma en que estos se activan, el eje depende de la posición y orientación anatómica del corazón, del sistema de conducción cardiaca y de la activación y recuperación del miocardio.

La onda T está generada por la repolarización del miocardio ventricular. Es normalmente asimétrica, con un ascenso más gradual que el descenso.

La onda T puede ser negativa en I y positiva en aVR durante los primeros días de vida. Por encima de 1 mes de edad siempre es positiva en I – II - aVF y negativa en aVR , pudiendo ser bifásica en III - aVL.

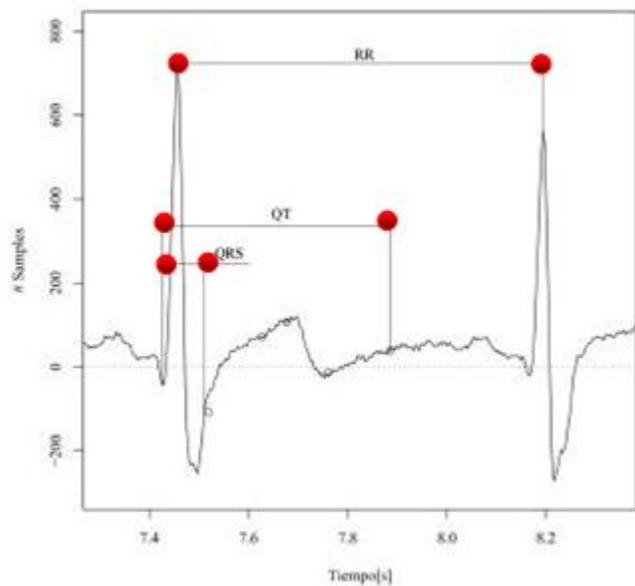
Su amplitud generalmente no se mide, ya que es muy variable, sin embargo, las ondas T de bajos voltajes o planas, en varias derivaciones, pueden indicar una anormalidad.

La repolarización es un proceso opuesto a la despolarización, pero como se realiza de epicardio a endocardio, al final el vector resultante de la onda T es paralelo al del QRS. El intervalo QT se mide desde el inicio del QRS hasta el final de la onda T. Indica la duración total de la despolarización y repolarización del miocardio ventricular.

La onda U en ocasiones puede ser visible detrás de la onda T. Se piensa que es producida por la repolarización ventricular de las células de Purkinje.

En general, cada una de las ondas del electrocardiograma, tiene rangos específicos de tamaño, tanto de altura o profundidad, como de duración en el tiempo, permitiéndolo detectar, luego de su análisis, la presencia de una cardiopatía que requiera tratamiento. (6)

Las medidas sobre el ECG y su futuro diagnóstico están en su mayoría determinadas por intervalos de tiempo comprendidos entre puntos fiduciales o referenciales (Figura 9), y por amplitudes, o morfologías, de las ondas electrocardiográficas.



**Figura 9.** Definición de los intervalos RR y QT, junto con el complejo QRS en un latido de ECG. *Fuente: Congreso Argentino de Bioingeniería.*

Es por esta razón que una incorrecta elección de frecuencia de muestreo introduce errores al medir los puntos fiduciales del ECG, y por tanto, en el cálculo de los intervalos o segmentos determinados por estos puntos. (7)

El Ancho del banda normalizado para el ECG es de 0-60 Hz, como es portadora de una variada y notable información puede ser estudiada por métodos de modelación matemática, las señales usualmente son representadas en el dominio del tiempo, pero también puede ser representada en el dominio de la frecuencia, como se observa en la Figura 10, haciendo uso de los espectrogramas calculados a partir de la serie de Fourier. Gracias al teorema de Nyquist, o teorema de muestreo, se puede determinar que la frecuencia óptima, para evitar el fenómeno conocido como *aliasing* o superposición, debe ser el doble, o un poco más del doble del componente frecuencial más alto dentro del ECG, por lo tanto debe ser de 150 Hz (4)

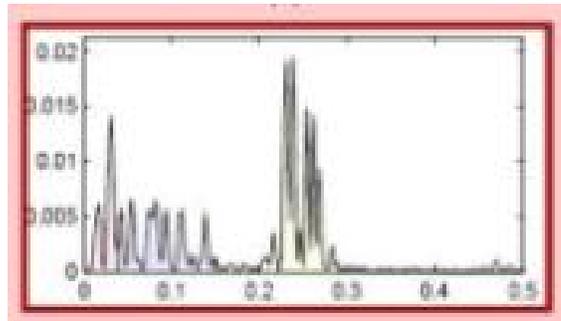


Figura 10. ECG en espectro de frecuencia. Fuente: Infomed

### II.3 Parámetros esenciales para la interpretación de un ECG.

A la hora de interpretar un ECG se debe tener en cuenta una serie de medidas básicas que siempre deberán ser obtenidas y consideradas, con estos parámetros se detectará prácticamente cualquier alteración electrocardiográfica y por lo tanto, las anomalías cardíacas. Estas mediciones son:

- Frecuencia cardíaca:

En la práctica electrocardiográfica de rutina, la velocidad del registro es de 25 mm por segundo. Por tanto, 1 milímetro es igual a 4 milisegundos. Para determinar la frecuencia cardíaca hay diferentes métodos. La frecuencia cardíaca varía con la edad, con la situación emocional al momento de obtener el ECG, así como físicos como la fiebre, indisposición estomacal, etc. (3)

- Ritmo:

El ritmo normal en cualquier edad es el ritmo sinusal, en el que el nodo sinusal es el marcapasos del corazón. Delante de cada complejo QRS ha de haber una onda P (sólo una) y el eje de P debe estar entre  $0^\circ$  y  $+90^\circ$ . Por tanto, las ondas P son positivas en II y generalmente en I y aVF. Un eje de P mayor a  $90^\circ$  puede indicar inversión auricular o derivaciones de los brazos mal colocadas. Es importante también valorar si el ritmo cardíaco es Regular o Irregular, es decir si la distancia R-R permanece constante o existen variaciones significativas (arritmia). La arritmia más frecuente es la

respiratoria, donde observamos una disminución de la frecuencia cardiaca durante la respiración, sin embargo, en este tipo de arritmia no cambia el eje de la onda P ni del QRS. (3)

- Eje del QRS:

El eje medio de QRS en el RN está a  $+125^\circ$ , pero se considera normal hasta  $+180^\circ$ . La desviación del eje a la izquierda existirá cuando el eje de QRS esté por debajo del límite inferior de la normalidad para la edad y la desviación del eje a la derecha existirá cuando el eje de QRS sea mayor que el límite superior de la normalidad para esa edad. (6)

- Intervalo PR:

La prolongación del intervalo por encima de los 20 milisegundos, y la disminución por debajo de los 8 milisegundos, son indicios de cardiopatías. (6)

- Duración del QRS:

Cuando la duración del QRS es mayor que el límite superior para la edad, existe una alteración en la conducción ventricular y sus impulsos ventriculares. (6)

- Intervalo QTc:

El intervalo QT varía con la frecuencia cardíaca, por tanto debe interpretarse en relación a la frecuencia cardiaca, no debe superar los 44 milisegundos excepto en los lactantes. El síndrome conocido como “QTc alargado” es la mayor causa de muerte súbita en deportistas de alto rendimiento (6)

- Hipertrofias auriculares y ventriculares:

Las derivaciones en las que mejor se observan son II - V1. Si la onda P es mayor a 2.5 milímetros se habla de una hipertrofia auricular derecha y si está entre 1 milímetro y 2.5 milímetros se habla de una hipertrofia auricular izquierda. También se considera anormal que dure más de 8 milisegundos en niños menores de 3 años y mayor a 10 milisegundos en adultos. Las hipertrofias ventriculares producen

alteraciones en una o más de las siguientes áreas: eje del QRS, voltajes del QRS, relación R/S, repolarización ventricular, duración del QRS, cambios inespecíficos. (3)

- Repolarización (onda T) y segmento ST:

En los ECG de los adultos no es raro encontrar cambios en el ST, y la onda T, debido a la gran incidencia de cardiopatías isquémicas, pero en los niños es inusual. La elevación, o descenso, del ST de hasta 1mm en las derivaciones de los miembros, y de hasta 2 mm en las precordiales, entran dentro de lo normal (6)

- Cambios "Funcionales" de la onda T:

Tras 10-15 segundos de hiperventilación, un 10% de los adolescentes invierten la onda T en una derivación; y hasta un 70% tras 45 segundos de hiperventilación. Si un niño tiene ondas T planas o invertidas sin causa conocida, deberá repetirse el ECG en un estado de reposo, tranquilidad, etc. (6)

Hay 2 cambios "funcionales" de la onda T que son más frecuentes en la adolescencia.

1). El Sd. de Repolarización Precoz: se reconoce por una elevación del punto J en varias derivaciones, la onda T generalmente es muy grande. Este patrón es debido a la aparición precoz de la onda T mientras los ventrículos todavía están despolarizándose, esto elimina el segmento ST. La estimulación simpática (ejemplo: ejercicio) generalmente normaliza la elevación del punto J. Ante una elevación del punto J en un paciente asintomático, podemos esperar varios días y repetir el ECG: en el Sd. de Repolarización Precoz persistirá la elevación del punto J, mientras que en la Pericarditis (la otra causa común de elevación del segmento ST en niños) se habrán producido cambios. 2). El segundo cambio "funcional" de la onda T en la adolescencia es: la onda T invertida "aislada" en las precordiales medias con unas ondas T altas en las otras derivaciones. (6)

- Cambios Patológicos de la onda T:

Pueden ser debidos a: Isquemia, Lesión, Infarto. I).Isquemia: Se manifiesta en el ECG por distorsión de la amplitud, configuración y vector medio de la onda T. En la isquemia subendocárdica las ondas T son simétricas y picudas con un incremento en la amplitud y duración en las derivaciones que registran las áreas isquémicas. En la isquemia "transmural" las ondas T están invertidas en las derivaciones que registran dichas áreas. En la isquemia subepicárdica las ondas T estarán invertidas. La isquemia subendocárdica puede ocurrir en: Estenosis Aórtica o Pulmonar. La isquemia "transmural" (miocárdica) puede ocurrir en: coronaria anómala saliendo de la arteria pulmonar, en la Enfermedad de Kawasaki. (6)

### **II.3.1 Principales cardiopatías detectadas mediante un ECG anormal.**

Si estos parámetros resultan anormales en el ECG, generalmente arrojan como diagnóstico la presencia de una de las siguientes cardiopatías: (3)

- Arritmias
- Defecto miocárdico o cardiopatía congénita
- Arteriopatía coronaria
- Latidos cardíacos ectópicos
- Agrandamiento del corazón
- Taquicardia
- Enfermedad de válvula cardíaca
- Miocarditis
- Cambios en la cantidad de electrolitos (químicos en la sangre)
- Un ataque cardíaco anterior
- Un ataque cardíaco en evolución o inminente
- Bradicardia

El ECG resulta una herramienta invaluable a la hora de diagnosticar y supervisar irregularidades cardíacas, para llegar a un diagnóstico correcto es necesario un ECG de 12 derivaciones de buena calidad.

## II.4 Creación del servidor.

Un servidor *web* es el corazón de INTERNET, es un programa diseñado para transferir hipertextos, páginas *web* o páginas HTML, depende de la complejidad del servidor se puede manejar contenido como enlaces, figuras, formularios, botones, y aplicaciones incrustadas. Estos servidores se implementan en el protocolo *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)*, el cual pertenece a la capa de aplicación del *Open System Interconnection (OSI)*. (8)

Se encuentra a la espera de peticiones de ejecución que le hará un usuario de INTERNET, el servidor se encargará de responder a estas peticiones de manera correcta, entregando como resultado una página *web*, una aplicación o información de cualquier tipo solicitada mediante comandos específicos. Debe aclararse que la palabra servidor no se refiere estrictamente a un computador con un *software* servidor instalado, sino es un *software* que permite la realización de las tareas solicitadas. (9)

Los sitios de INTERNET se encuentran alojados en computadores con servidores instalados y cuando, el usuario solicita el ingreso, son estos computadores los encargados de realizar la interacción con el sitio. (9)

Un servidor debe cumplir con el siguiente bucle:

1. Esperar peticiones en el puerto HTTP, por defecto el puerto 80
2. Recibe petición
3. Busca el recurso solicitado
4. Envía el recurso por medio de la misma conexión por donde fue solicitado
5. Vuelve al punto 2

A partir de este bucle se han diseñado todos los servidores *web*, realizando modificaciones en el tipo de peticiones que pueden atender. (9)

### **II.4.1 Servicio de Archivo Estáticos.**

Los servidores deben incluir la capacidad de servir archivos estáticos que se encuentren en alguna parte del disco, uno de los requisitos básicos es la capacidad de localizar archivos dentro del disco, no es recomendable especificar una carpeta única por defecto (9)

### **II.4.2 Seguridad y Autenticación**

Los programas para servidores permiten modificar los archivos referentes a la seguridad, de manera de hacerla más eficiente y mas adaptada a las necesidades, también permiten otorgar permisos y denegarlos dentro de las comunidades especificadas en el servidor (9)

### **II.4.3 Servidores Virtuales**

Algunos servidores tienen la capacidad de facilitar múltiples dominios con una sola IP, discriminando los dominios con un control en la cabecera HTTP, esta prestación permite ahorrar un bien escaso como son las direcciones *INTERNET Protocol* (IP). (9)

Gracias a los avances en la conectividad y la banda ancha disponible, se hace más común alojar los servidores dentro de las empresas, sin tener que recurrir a costosos servicios de “alojamiento *web*” en proveedores externos. Esto es posible gracias a APACHE, uno de los mejores y más avanzados protocolos de servidores *web*. APACHE se ha construido una excelente reputación por su estabilidad y confiabilidad. (10)

## **II.5 APACHE HTTP Server**

El servidor APACHE es un servidor de código abierto para las plataformas UNIX, MICROSOFT WINDOWS, MACINTOSH, el código abierto facilita la oportunidad de modificar archivos, lo que lo hace altamente configurable, también cuenta con

bases de datos de autenticación, lo que lo hace confiable y seguro, lo más criticado de APACHE es la falta de una interfaz gráfica amigable que facilite la interacción entre el usuario y el servidor. Las únicas vulnerabilidades detectadas han sido dentro de las redes locales, por lo que usuarios maliciosos se ven imposibilitados de acceder a la red de manera remota. Se usa principalmente para alojar páginas *web* en la *World Wide Web* (WWW). (10) (11)

Este servidor de código abierto es redistribuido como parte de varios paquetes propietarios de *software*, los cuales integran APACHE como parte de su propio servidor *web*, y como soporte de aplicaciones orientadas a objetos, es utilizado en numerosas tareas donde el contenido necesita ser distribuido en forma confiable y segura. (10)

## **II.6 XAMPP**

En ocasiones, la instalación y configuración de un servidor APACHE se dificulta por la falta de interfaz gráfica, y se complica aún más cuando queremos instalar herramientas como MySQL y PHP. (12)

XAMPP es una forma fácil y gratuita de instalar la distribución APACHE que contiene MySQL, PHP y PERL, es realmente fácil de usar, simplemente descargar, extraer y comenzar a utilizar. No requiere cambios en el registro de WINDOWS y no es necesario editar ningún archivo de configuración. (12)

La filosofía detrás de XAMPP es la construcción de una versión fácil de instalar para desarrolladores de *software* que recién comienzan, para hacerla más conveniente para los desarrolladores vienen por defecto otorgados todos los permisos y todas las funciones se encuentran activadas. (12)

## II.7 Editor WEB PAGE MAKER

WEB PAGE MAKER es una herramienta simple de usar que permite crear y subir una página *web* profesional sin tener que conocer lenguajes de programación. Simplemente agregando textos, imágenes, fotos, animaciones, barras de navegación, botones *flash* y logos, todo esto a “golpe de ratón”, es decir, sin programar siquiera una línea de código. Es una excelente opción para todos aquellos que desconocen códigos de programación. (13)

## II.8 Instrumentación Virtual con LABVIEW

LABVIEW es una herramienta gráfica basada en programación a bloques, ideal para la automatización e instrumentación de procesos de medición. LABVIEW ha logrado convertirse en un estándar en pruebas y mediciones de señales en el ámbito universitario, y próximamente lo será en mercados de instrumentación industrial. (14)

Este programa fue desarrollado por NATIONAL INSTRUMENTS en 1976 para operar en la plataforma MAC, saliendo al mercado en 1986. En la actualidad está disponible para WINDOWS, UNIX, MAC y LINUX. La compañía NATIONAL INSTRUMENTS busca que este *software* sea compatible y pueda ser combinado con todo tipo de *hardware* como tarjetas de adquisición de datos y circuitos PLC (14)

Es el único *software* de diseño de sistemas de control que proporciona a ingenieros y científicos las herramientas necesarias para construir cualquier sistema de medidas y control. Combina la flexibilidad de un lenguaje de programación con el poder de una herramienta avanzada de ingeniería, lo cual permite al usuario desarrollar cualquier proyecto con requerimientos personalizados (15)

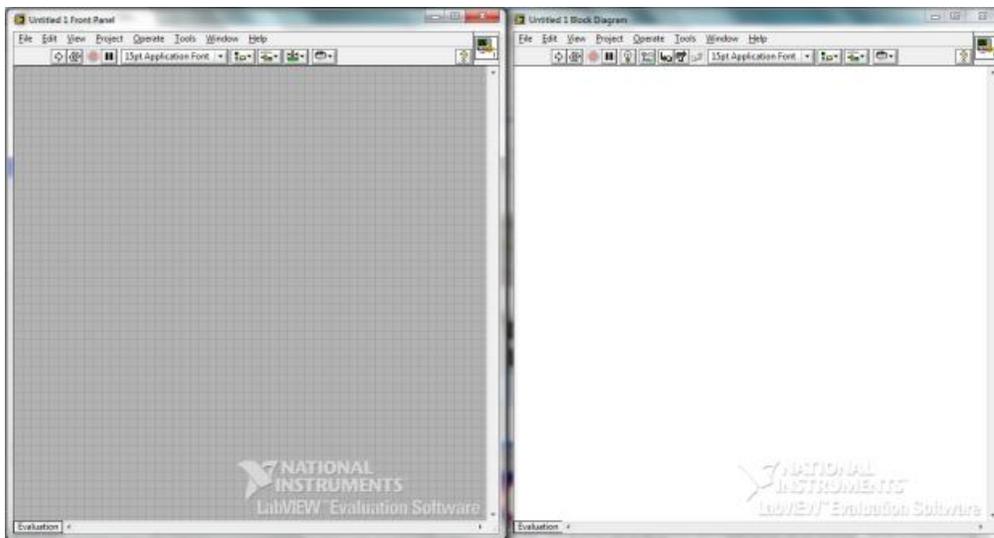
Los programas desarrollados por el usuario en LABVIEW se llaman instrumentos virtuales, o VI's, lo que da una idea de su función principal: el control de instrumentos. La generación de un sistema automático de medida, usando VI's, debe permitir al usuario:

- Facilidad de uso
- Definir procesos de prueba
- Seleccionar los instrumentos virtuales involucrados
- Una interfaz de usuario agradable
- Proporcionar valores de inicialización

Para el empleo de LABVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que utiliza el lenguaje gráfico o lenguaje G que emplea iconos, términos familiares en ingenieros y científicos, y se apoya sobre símbolos gráficos, en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Esta característica lo hace más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales. (16)

LABVIEW posee extensas librerías de rutinas, funciones y subrutinas, además de todas las funciones básicas de cualquier lenguaje de programación, también incluye librerías para la adquisición de datos, control de instrumentación, análisis, presentación y almacenamiento de datos.

Todos los VI's están conformados por un panel frontal y un diagrama de bloques, tal como se observa en la Figura 11.



**Figura 11.** Ambiente de desarrollo de LABVIEW. Fuente: *Elaboración propia*

### **II.8.1 Panel Frontal**

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario, recoge los datos suministrados por el usuario y representa las salidas enviadas por el programa. Está conformado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros y gráficos que pueden estar definidos como controles o indicadores. Los primeros introducen parámetros al VI, y los segundos arrojan los resultados obtenidos (16)

### **II.8.2 Diagrama de Bloques**

Constituye el código fuente del VI, es donde se realiza la implementación del programa para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas creadas en el panel frontal.

Incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que utiliza LABVIEW.

Los controles e indicadores creados previamente en el panel frontal se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales.

El diagrama de bloques se construye conectando todos los elementos entre si, como si de circuitos se tratara, los cables son la trayectoria que siguen los datos desde su origen hasta su destino. Cada cable tiene un estilo y color diferente para diferenciar un tipo de dato de otro. (16)

### **II.8.3 Paletas**

Las paletas proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques

- Paleta de Herramientas

Se utiliza únicamente en el panel frontal, contiene todos los controles e indicadores que se emplearan en la interfaz del VI con el usuario.

- Paleta de funciones

Se emplea en el diseño del diagrama de bloques y contiene todos los elementos de las librerías que se implementaran en el diseño del programa

#### **II.8.4 LABVIEW como servidor**

LABVIEW ya cuenta con su propio servidor *web* que hace posible que los instrumentos virtuales se suban a INTERNET asignando una dirección URL al sistema IP del computador. Antes de activar el servidor deben activarse los puertos de acceso al instrumento virtual, es decir, el puerto mediante el cual se tendrá acceso al programa. Mediante el explorador de INTERNET se accede a los paneles frontales publicados, pero el diagrama de bloques, y todos los subVI's, permanecen en el servidor de la computadora, por lo tanto, se puede interactuar recíprocamente con el panel frontal de la misma manera como si estuviera operando en el cliente. (16)

#### **II.9 Grabador de Audio WebPad Sound Editor**

Es un completo editor de audio que permite trabajar con archivos en los formatos más populares, creando y editando grabaciones, así como aplicar filtros y efectos especiales.

El programa pone a disposición del usuario comandos básicos de edición con los que se pueden mezclar fragmentos de audio o insertar unos dentro de otros. Todas las operaciones se realizan de forma muy sencilla gracias a una intuitiva interfaz, totalmente visual, en la que además se muestra el espectro gráfico de onda del archivo que se encuentre abierto, en la Figura 12 se muestra la consola principal de la herramienta.

## DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL



**Figura 12** Consola Principal de WavePad Sound Editor. *Fuente: Elaboración propia*



## Capítulo III

### Metodología y Desarrollo

El tipo de investigación de este Trabajo Especial de Grado se considera proyectiva, ya que consiste en la elaboración de una propuesta para solucionar un problema. Adicionalmente es considerada también descriptiva, porque se busca desarrollar una fiel descripción del fenómeno estudiado, en este caso el electrocardiograma, a partir de sus características. Finalmente, se apoya en una investigación documental que se realiza a través de la consulta de diferentes textos, libros, artículos, manuales, publicaciones *web* y entrevistas con expertos en las áreas de Ingeniería y Medicina. (17)

Para hacer más sencillo el entendimiento del proyecto y el desarrollo de los objetivos que se pretenden lograr, se decidió dividir la metodología y el desarrollo en siete fases, las cuales corresponden a etapas bien delimitadas y específicas de la realización del proyecto. A continuación se encuentran desarrolladas en forma ordenada cada una de dichas etapas o fases.



**Figura 13 Esquema Metodología y Desarrollo.** Fuente: *Elaboración propia.*

#### III.1 Documentación

La documentación de este proyecto incluyó varias fuentes para la obtención de la información, tanto teórica como práctica, necesaria para su desarrollo.

En primer lugar, se realizó un estudio y discusión con especialistas médicos acerca de los parámetros que deben caracterizar un electrocardiograma de 12 derivaciones para que los especialistas en cardiología, encargados de su interpretación, puedan hacerlo de la forma correcta. Para esto, se contó con la ayuda y el apoyo del Médico Cardiólogo Dr. José Andrés Octavio, profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela y se realizaron visitas al centro de operaciones de ITMS Venezuela. En el Anexo F se puede observar una fotografía de dicho centro y un electrocardiograma de referencia que facilitaron para el proyecto.

A través de varias reuniones, se pudieron concretar los parámetros que se esperan, ya que se obtuvieron de forma clara y precisa, a través de un posible usuario directo y real de la plataforma que se diseñó. De igual manera, se tuvo conocimiento de cuáles son los datos innecesarios que se pueden omitir para asegurar la fidelidad en la transmisión y la recepción de los datos que realmente no son de interés.

Adicionalmente a este conocimiento, se realizó un estudio teórico y práctico del archivo de audio que se recibe en el servidor de cardiología proveniente del electrocardiógrafo. Para esto, se utilizó un tono proveniente de un electrocardiógrafo marca *CARDIETTE*. Este electrocardiógrafo arroja un sonido de altas frecuencias que posee la información de las señales electrocardiográficas, las doce derivaciones se encuentran una a continuación de la otra en esta muestra, separadas entre sí por una señal de calibración.

Dicho archivo presenta un patrón de datos que tuvo que ser acondicionado para enviarlo, recuperarlo y recibirlo correctamente. Todo el basamento teórico en cuanto al estudio, caracterización y delimitación de las señales que se reciben en el archivo, se realizó a través de la consulta en libros de texto tanto del área de la medicina, como del área de la ingeniería y el procesamiento de señales específicamente, así como también de la consulta a expertos en esta área, los cuales fueron la Ing. María Gabriela Rodríguez y el Ing. José Javier Barrios, ambos profesores de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello.

Por otro lado, se realizó una investigación exhaustiva sobre las aplicaciones de *software* libre disponibles para telemedicina, para determinar si existía alguna que se acoplara a las necesidades particulares del servidor que se propone en este Trabajo Especial de Grado, sin embargo, no se localizó ninguna que tuviese compatibilidad con el electrocardiógrafo utilizado y estudiado, por lo cual se decidió trabajar, en cuanto al procesamiento, utilizando como base, e incluso como servidor, el programa de NATIONAL INSTRUMENTS LABVIEW 8.5.

A través de este programa, todos los elementos y fases del procesamiento pudieron ser controlados y diseñados directamente para responder a las necesidades, previamente establecidas por el profesional de la medicina que nos orientó durante el proceso de interpretación.

Para completar todas estas informaciones, se consultaron manuales, artículos publicados en la *web* y otras lecturas complementarias que se reflejan en la bibliografía de este proyecto, entre los materiales consultados, cabe destacar un artículo realizado por el Dr. José Andrés Octavio en referencia a estudios previos en el área específica de este proyecto, dicho artículo se encuentra en el Anexo A.

### **III.2 Adquisición de las señales**

La señal audible emitida por el electrocardiógrafo *CARDIETTE* debe ser acondicionada para su procesamiento, el cual, se realiza con el *software* de instrumentación LABVIEW, para esto se requiere que dicha señal sea adquirida y almacenada con determinados parámetros que garanticen la calidad de la muestra electrocardiográfica. Se determinó que dichos parámetros deben ser:

Una tasa de muestreo de 44.100, o más, muestras por segundo y el archivo debe encontrarse en formato\*.wav.

En audio, la máxima audiofrecuencia perceptible para el oído humano joven y sano está en torno a los 20KHz, por lo que teóricamente, una frecuencia de muestreo de

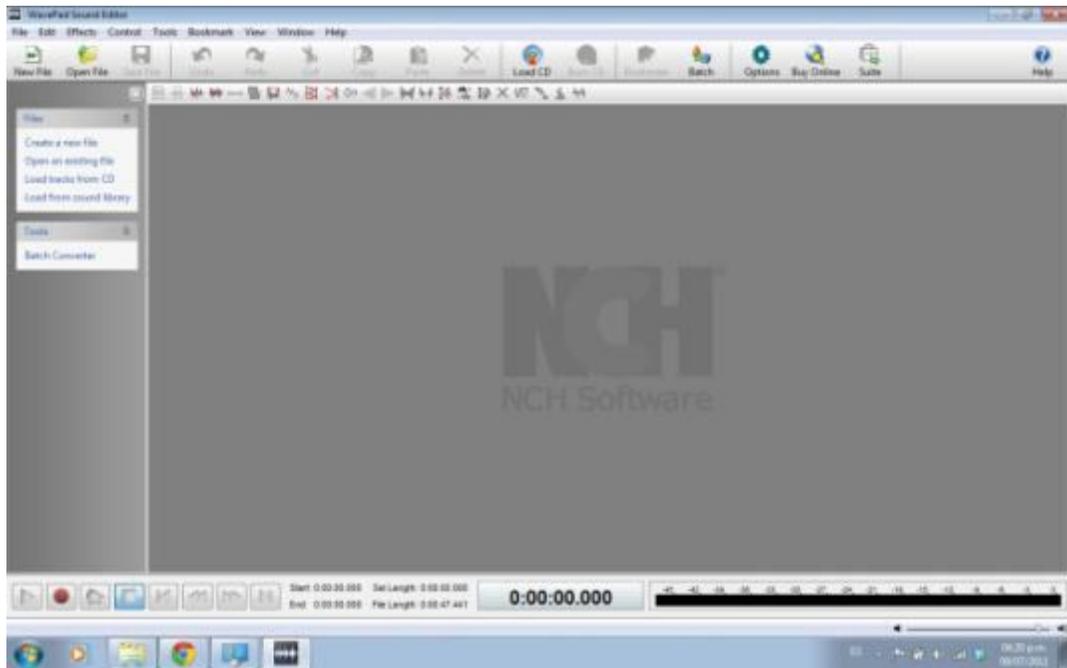
40.000 sería suficiente para una buena calidad de señal, no obstante el estándar introducido con la aparición del Compact Disk (CD) se estableció en 44.100 muestras por segundo. Este estándar garantiza la mejor calidad en las muestras de audio asegurándose de no perder información durante el proceso de muestreo.

Para adquirir la señal se utilizó la tarjeta de sonido integrada en la computadora, en este caso, marca TOSHIBA, modelo *Satellite L655D*. Se decide utilizar la tarjeta de sonido ya que, ésta no requiere programación adicional para realizar la adquisición, dicha tarjeta solo lee señales analógicas, lo cual es ideal en este caso. También es importante destacar que éstas, cuentan con dos canales de audio para sonido estéreo, estos canales son capturados simultáneamente y posee convertidores analógico/digital para cada canal. Como información complementaria se aclara que la principal desventaja de uso de la tarjeta de sonido como interfaz de entrada es que la entrada *plug* del micrófono es extremadamente sensible, lo cual podría aportar ruido añadido a la señal.

Para realizar la grabación de las muestras se utilizó el *software* de adquisición de audio WAVEPAD SOUND EDITOR, que permite definir los parámetros de calidad en la señal.

En el Anexo G pueden encontrar fotografías del proceso de grabación de la señal audible proveniente del electrocardiógrafo *CARDIETTE*.

El programa fue descargado del link <http://www.nch.com.au/wavepad/index.html>, en su versión 4.59, se instaló sin realizar cambios en los registros de WINDOWS, solo fue necesario ejecutar el archivo de instalación. Al correr el programa se despliega la consola principal de la Figura 14



**Figura 14.** Consola principal de WavePad Sound Editor. *Fuente: Elaboración propia.*

Para grabar y almacenar las muestras se seleccionó “*New File*” y se establecen los parámetros iniciales de tasa de muestreo y número de canales.

- *Sample Rate*: 48.000 muestras por Segundo
- Número de canales: *Stereo (Dual)*



**Figura 15.** Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 1. *Fuente: Elaboración propia.*

Se decidió grabar a 48.000 muestras por segundo, ya que una frecuencia de muestreo un poco superior al estándar convencional para audio, de 44.100 muestras por segundo, permite compensar los filtros utilizados durante el procesamiento de la señal.

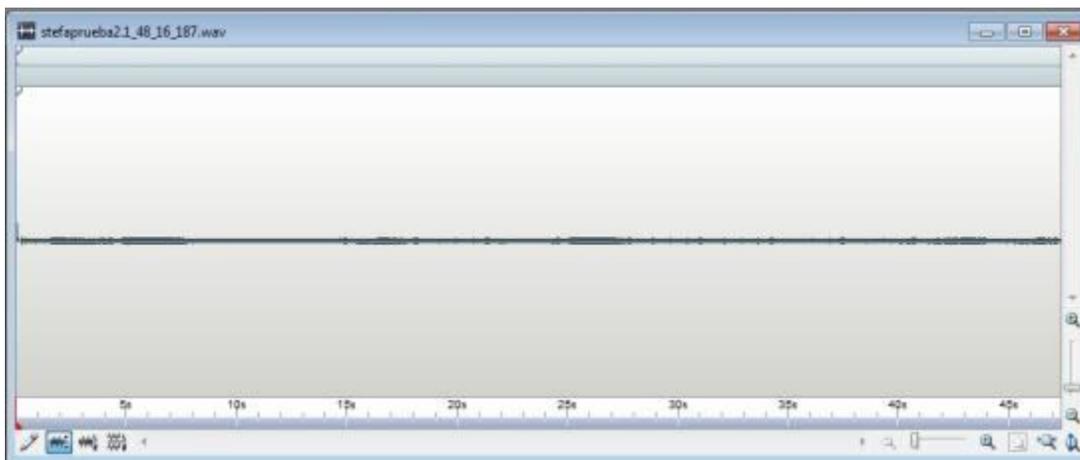
Se hizo *click* en el ícono de grabar y el *software* pide seleccionar ciertas características necesarias para adquirir y almacenar la muestra.



**Figura 16.** Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 2. Fuente: Elaboración propia.

- Nombre
- Tipo de dispositivo de adquisición de audio
- Volumen

En la Figura 17 se despliega la muestra de la señal electrocardiográfica obtenida por WAVEPAD SOUND EDITOR.



**Figura 17.** Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 3. Fuente: Elaboración propia.

Del menú en la barra superior se seleccionó “*File > Save File As...*” y posteriormente se especificó la ruta donde se van a almacenar las muestras electrocardiográficas.

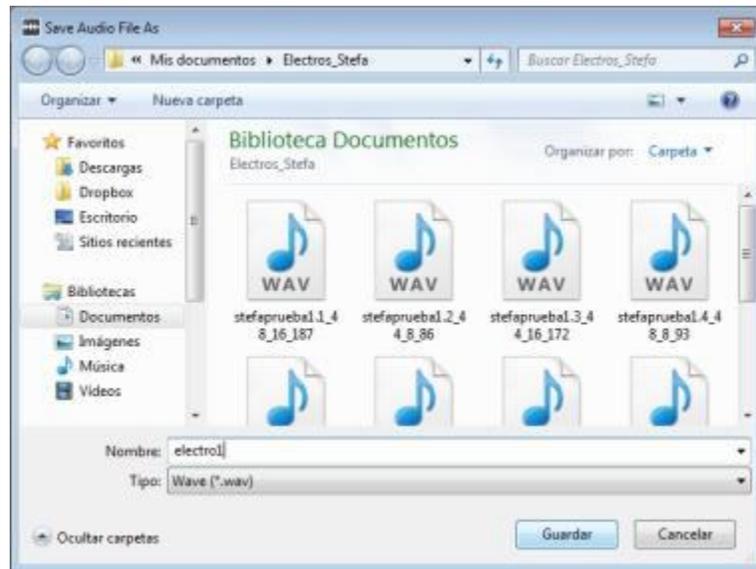


Figura 18. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 4. Fuente: Elaboración propia.

Como último paso para almacenar las señales, se definieron las siguientes configuraciones, mostradas en la Figura 19.

- Formato: PCM descomprimido.
- Atributos: 48.000 Hz  
32 bits  
Estéreo

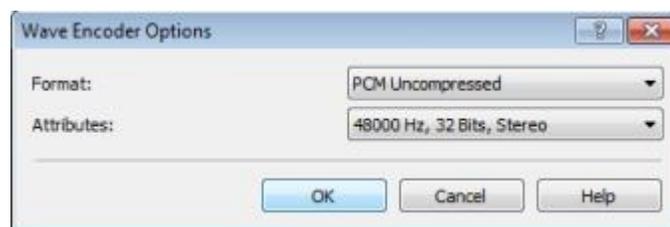


Figura 19. Grabación de audio en WavePad Sound Editor, parte 5. Fuente: Elaboración propia.

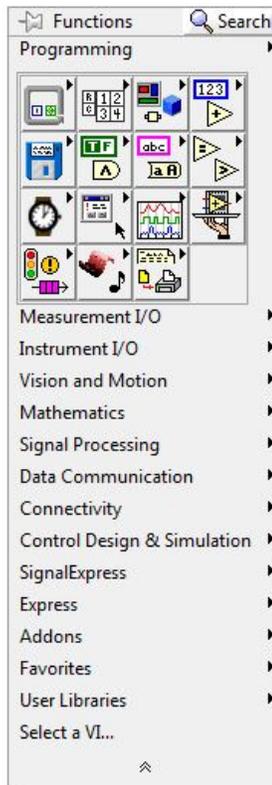
A pesar de que el formato \*.wav resulta ser compatible con cualquier codificador de audio, se utilizó el formato PCM descomprimido, dicho formato es el predeterminado por el software de grabación WAVEPAD SOUND EDITOR.

Al utilizar un método de compresión de alta calidad se garantiza la fidelidad de la muestra reduciendo el volumen de datos, empleando una menor cantidad de espacio, pero sería necesaria la utilización de un algoritmo de descompresión al final del proceso. Al utilizar un formato descomprimido este algoritmo no es requerido. Por eso se decidió almacenar la muestra con dicho formato.

Para contar con una muestra significativa de electrocardiogramas, se procedió a practicarle el examen a 10 sujetos.

### **III.3 Procesamiento de la señal electrocardiográfica**

LABVIEW ofrece una programación modular que descansa sobre el elemento función. Estas funciones son proporcionadas por el fabricante del *software* y se presentan ordenadas por tipos de librerías de funciones. Estas librerías son vistas si se pulsa con el botón derecho del ratón sobre cualquier lugar en blanco del diagrama de bloques, esto despliega todas las librerías disponibles para el desarrollo del sistema de procesamiento.



**Figura 20. Librerías de funciones disponibles en LABVIEW.** Fuente: *Elaboración propia*

Para procesar el electrocardiograma es necesario conocer todas las características de la señal electrocardiográfica recibida, por lo tanto se utiliza el SubVI. “*Sound File Read Simple*” para tomar la señal de audio especificada en la ruta y convertirla en un arreglo de formas de onda. Después de realizar esta operación, se graficó en tiempo y frecuencia, de esta manera se pudo conocer su comportamiento en el tiempo y sus componentes espectrales. En la Figura 21 se muestra el diagrama de bloques correspondiente al primer paso del procesamiento.

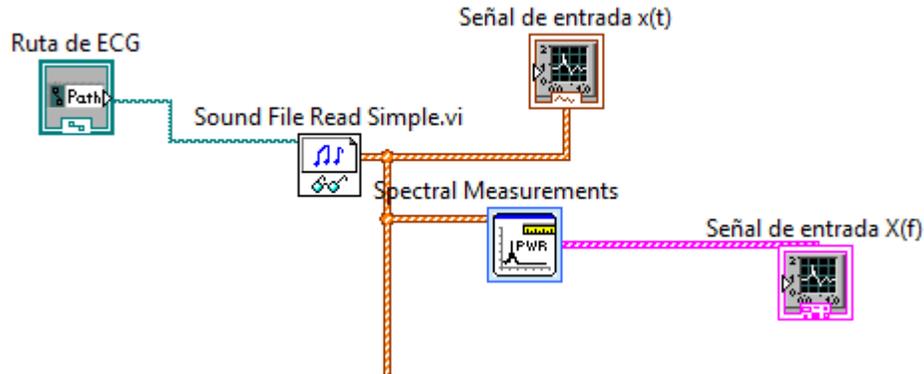


Figura 21. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 1. Fuente: Elaboración propia

Los componentes espectrales de la señal, es decir la portadora sobre la cual se encuentran los datos de la señal electrocardiográfica, se encuentra entre los 1750 Hz y 2025 Hz. El restante espacio espectral está prácticamente inutilizado y no hay otras portadoras que posean ninguna información importante asociada, por lo tanto, se filtró la señal, para trabajar solo con la banda antes mencionada.

Para realizar este procedimiento se utilizó un filtro, configurado con los siguientes parámetros (Figura 22):

- Tipo de filtro: Pasa-banda
- Frecuencia de corte inferior: 1750 Hz
- Frecuencia de corte superior: 2025 Hz
- Topología: Butterworth
- Orden: 3

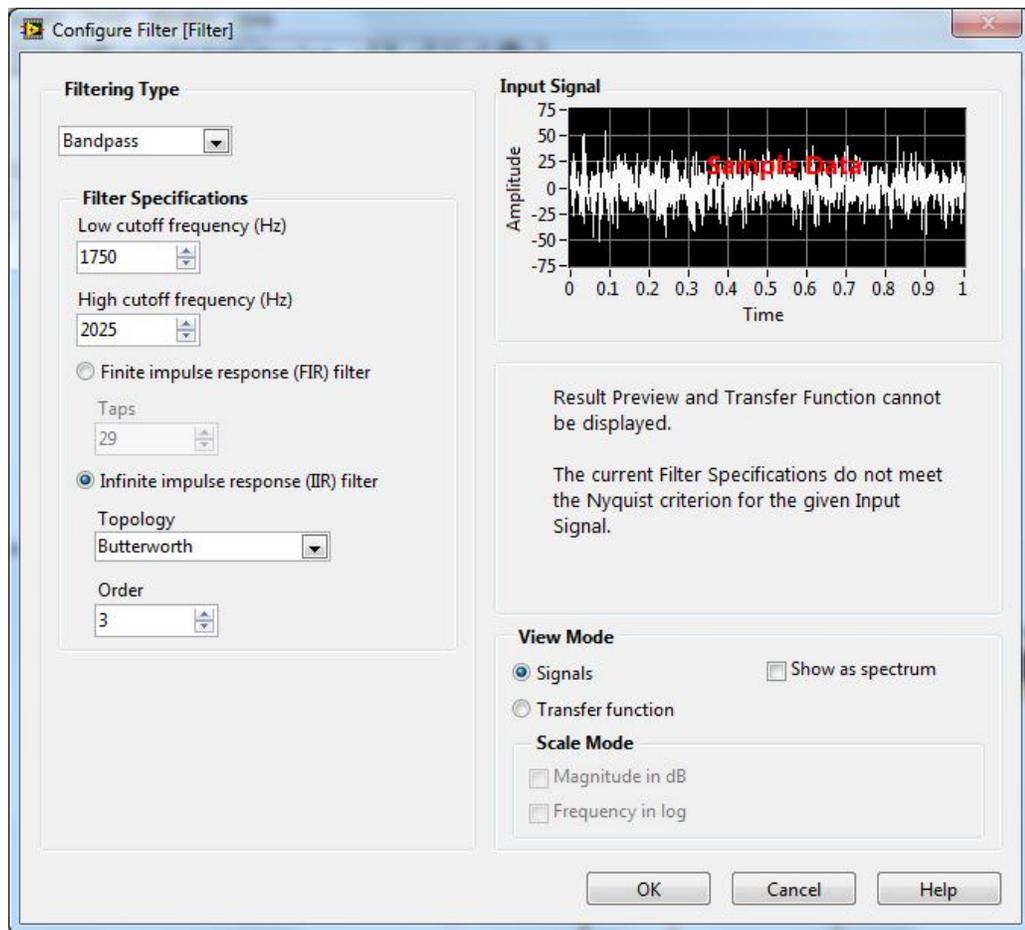


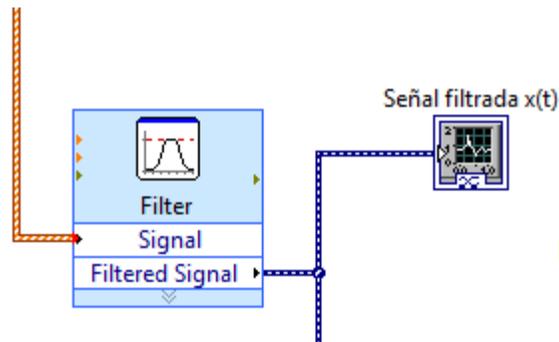
Figura 22. Configuración filtro 1. Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que el orden de los filtros describe el grado de aceptación de las frecuencias por arriba o debajo de la frecuencia de corte, y el orden se define según el número de elementos reactivos que lo componen. Un filtro de primer orden está constituido por un solo elemento reactivo, un inductor, un filtro de segundo orden estará conformado por un inductor y un capacitor, es decir, dos elementos reactivos, y así sucesivamente. Cada orden está caracterizado por una pendiente de atenuación específica, la cual se representa en decibelios por octava (dB/oct) y se refiere al “ritmo” con el cual el filtro rechazará las frecuencias.

A la porción de frecuencia que el filtro dejará pasar se le asigna el valor convencional de 0 dB de atenuación, las frecuencias de corte presentan una atenuación de 3 dB y más allá de las frecuencias de corte la señal será atenuada gradualmente, tanto, cuanto

más alto sea el orden del filtro. Un filtro de orden 3, genera una atenuación de 18 dB, aportando la precisión suficiente requerida para este tipo de señales.

Para comprobar el comportamiento de la señal filtrada fue necesario graficar en tiempo, donde se observó la pérdida de ruido y componentes externos que estaban deteriorando la calidad de la señal, sin que estos aportaran ninguna información relevante.



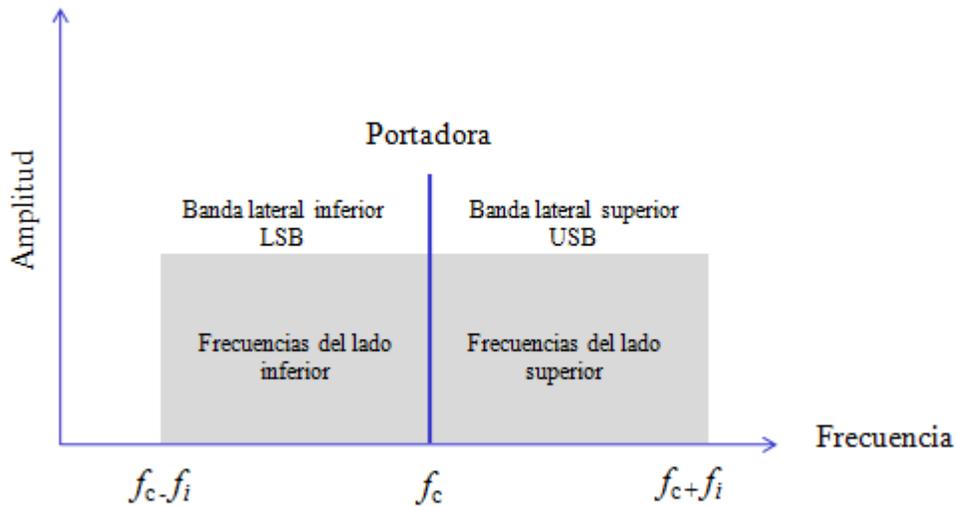
**Figura 23. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 2.** Fuente: *Elaboración propia*

Al estudiar a fondo el comportamiento de la señal, se logró determinar que el ECG se encontraba modulado en amplitud, o lo que es lo mismo, modulación AM.

Con esta modulación, la información se imprime sobre la portadora en forma de cambios de amplitud, esta es una modulación relativamente barata y de baja calidad y es empleada muy comúnmente en la transmisión de señales de audio. Esta información corresponde a las ondas pertenecientes a las doce derivaciones del electrocardiograma.

Aun cuando se pueden generar varias formas de modulación en amplitud, la modulación AM de doble banda lateral (AM DSBFC) es la comúnmente utilizada, de hecho, también es conocida como AM convencional. Al aplicar esta modulación, la onda de salida contiene todas las frecuencias que componen la señal AM y que son utilizadas para llevar información a través del sistema. A la forma de onda modulada se le conoce como envoltente.

Un modulador AM es un dispositivo no lineal, por lo que ocurre una mezcla no lineal, y la envolvente de salida será una onda compleja compuesta de un voltaje DC, la frecuencia portadora, y las frecuencias de suma y diferencia entre portadora y moduladora. La envolvente AM contiene componentes de frecuencia en cualquiera de los lados de la portadora. (18)

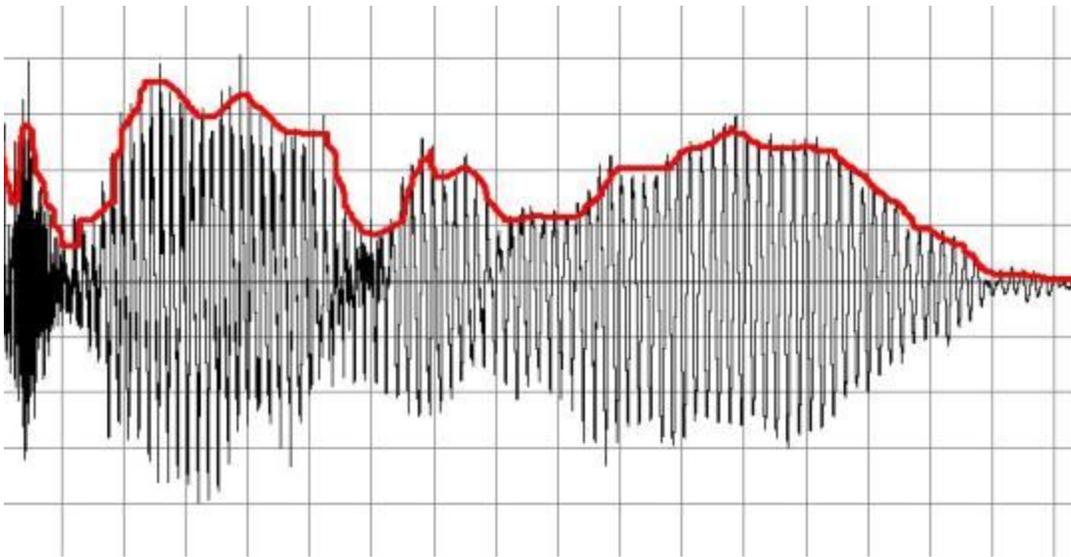


**Figura 24. Modulación AM DSBFC.** Fuente: tomada de [fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt](http://fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt)

Siendo  $f_c$  la frecuencia de la portadora y  $f_c \pm f_i$  las frecuencias más alta y más baja de la señal modulante.

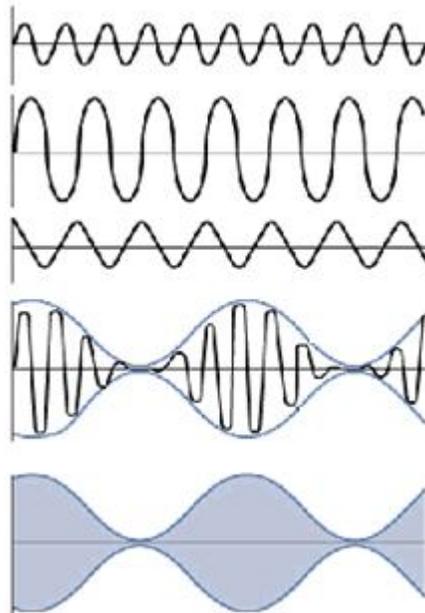
La banda de frecuencias entre  $f_c - f_i$  y  $f_c$  se llama banda lateral inferior (LSB), y cualquier frecuencia dentro de esta banda se llama frecuencia lateral inferior (LSF).

La banda de frecuencias entre  $f_c$  y  $f_c + f_i$  se llama banda lateral superior (USB) y cualquier frecuencia dentro de esta banda se llama frecuencia lateral superior (USF).



**Figura 25. Señal modulada en AM y su envolvente.** Fuente: Wikipedia

Se puede concluir que tanto la parte superior como la inferior de la envolvente es una réplica en amplitud y frecuencia de la señal inteligente, donde está contenida toda la información de la señal transmitida, es decir, el electrocardiograma de doce derivaciones. Es importante notar que entre ambas hay una alteración de fase de  $180^\circ$ .



**Figura 26. Señal con su envolvente.** Fuente: Tomada de [fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt](http://fit.um.edu.mx/jorgemp/clases/teleco1/diapositivas/telecoUnidad2.ppt)

Para obtener la muestra electrocardiográfica fue indispensable detectar la envolvente en la señal, el detector de envolvente más sencillo es el diodo detector, el cual no es más que un diodo entre la entrada y la salida del circuito virtual que limita la amplitud.

Es necesario conocer la máxima amplitud presente en la señal, para conocer dicho máximo se introdujo al diagrama de bloques el subVI. “*Extract Single Tone Information*”, el cual, toma una señal y busca en un rango de frecuencias especificado para devolver un solo tono en amplitud y fase, para conocer el valor de mayor amplitud, se crea un indicador, como se muestra en Figura 27.

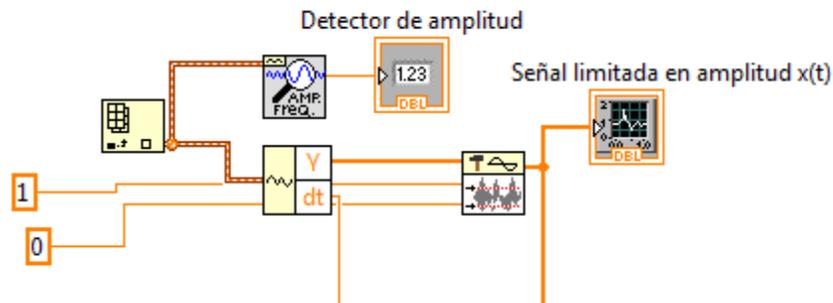


Figura 27. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 3. Fuente: Elaboración propia

Las funciones de diodo en el *software* LABVIEW están constituidas por el subVI.  $Y[i]=\text{Clip}\{X[i]\}$ , el cual, arregla los elementos de la matriz de entrada y la enmarca dentro del rango especificado por los límites superiores e inferiores.

Se conoce que las señales electrocardiográficas son de baja frecuencia, el máximo componente frecuencial está en el orden de los 60 Hz, por lo tanto, cumpliendo el criterio de Nyquist que establece que para la reconstrucción de una señal periódica continua en banda base, es necesario que la tasa de muestreo sea superior al doble de su ancho de banda  $F_s \geq 2F_{max}$ , se pasó la señal por un filtro configurado con los siguientes parámetros:

- Tipo de filtro: Pasa-bajo

- Frecuencia de corte superior: 150 Hz.
- Topología: Butterworth
- Orden: 3

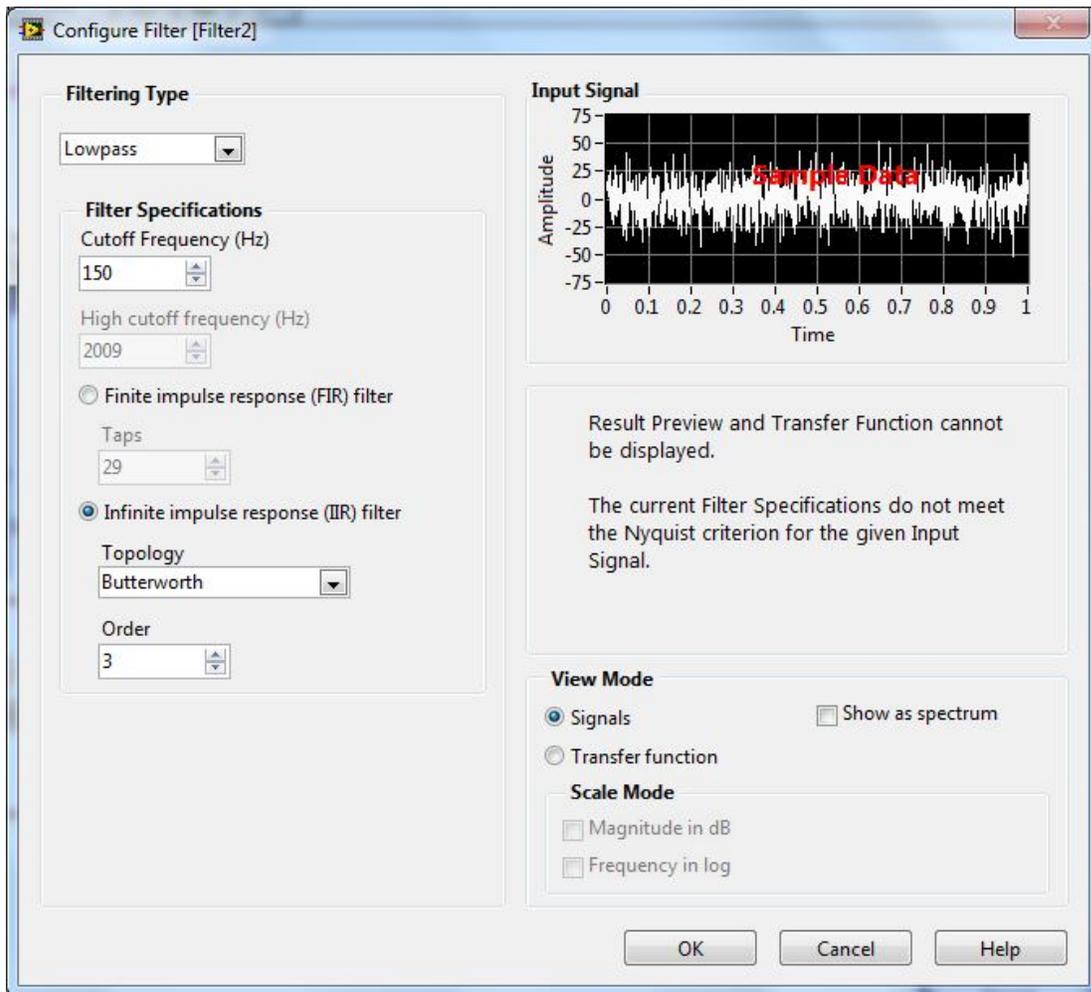
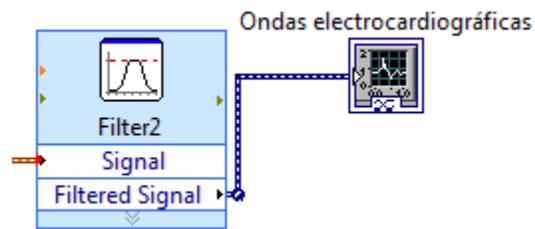


Figura 28. Configuración filtro 2. Fuente: Elaboración propia

Se graficó la señal a la salida del filtro, tal como se muestra en la Figura 29, y se detectó la presencia de un piso de ruido distorsionando la señal.



**Figura 29. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 4.** Fuente: *Elaboración propia*

Este tipo de ruido corresponde al ruido producido por los espasmos musculares, bien sean voluntarios o involuntarios, producidos al momento de la toma del examen. Es necesario eliminar este factor de distorsión por lo cual se aplica un filtro configurado con los siguientes parámetros:

- Tipo de filtro: Pasa-alto
- Frecuencia de corte inferior: 0.5 Hz.
- Topología: Inverse Chebyshev
- Orden: 5

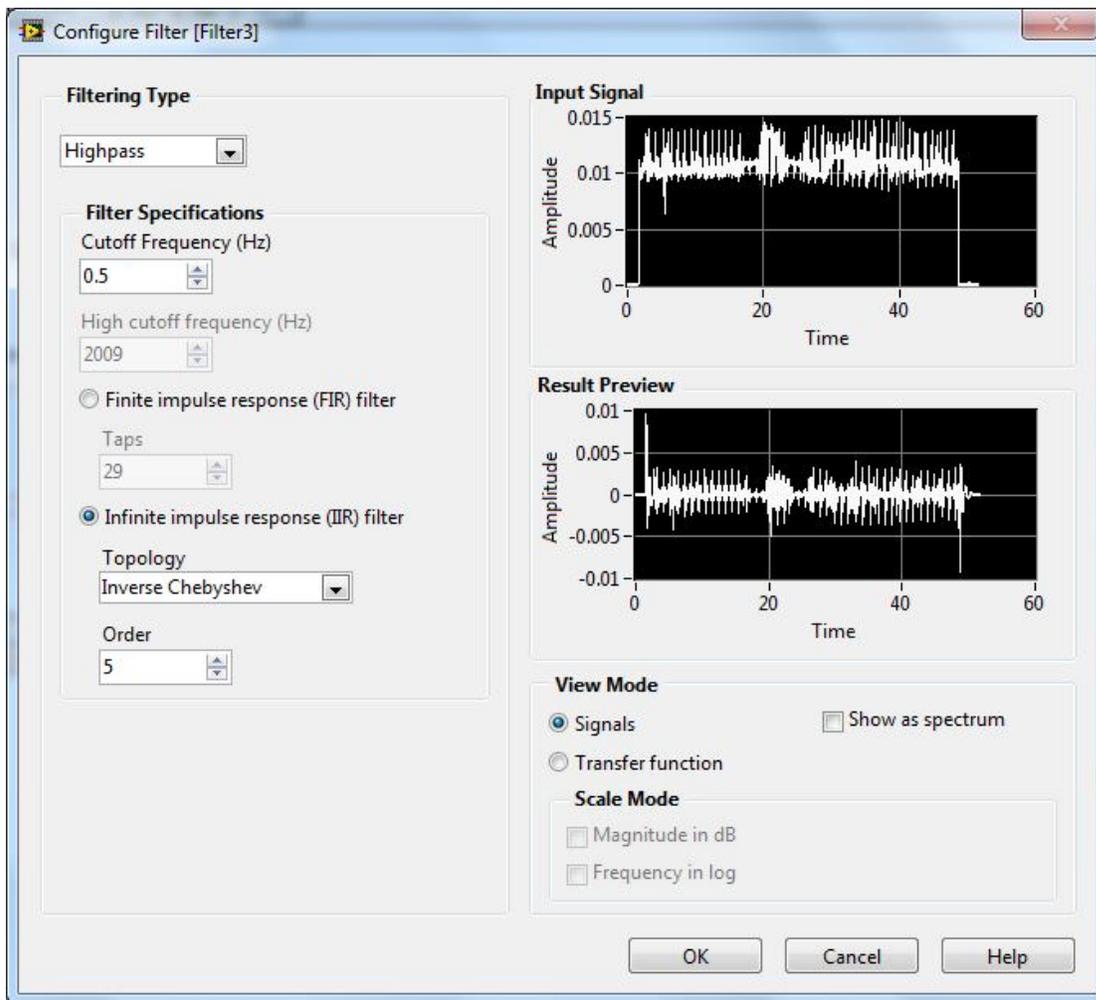
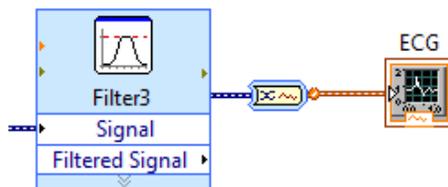


Figura 30. Configuración filtro 3. Fuente: Elaboración propia

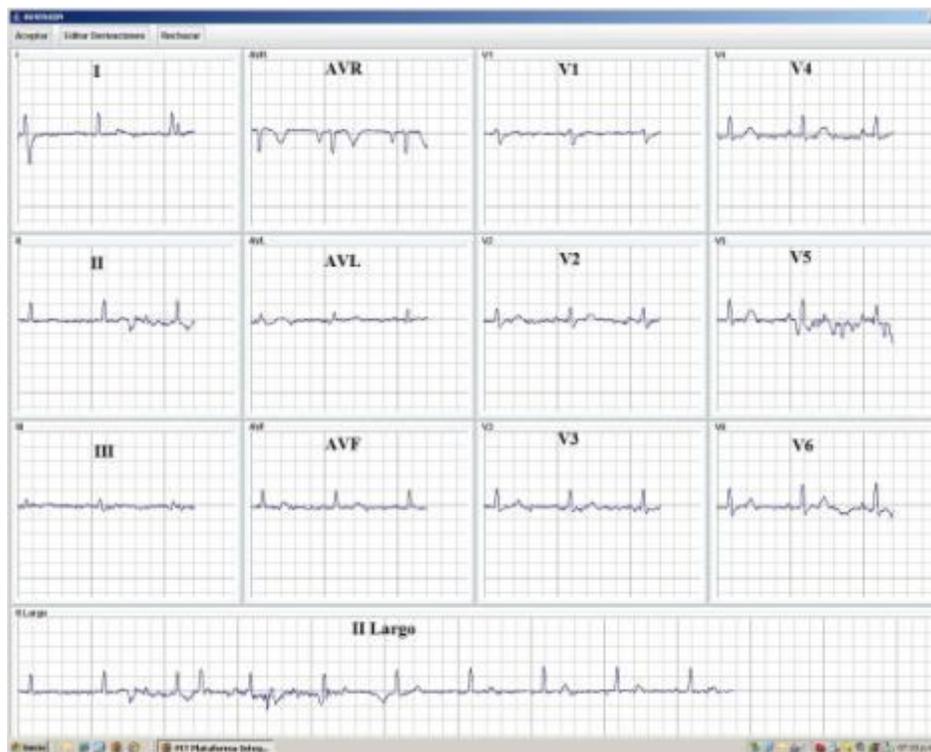
Resulta importante destacar que un filtro de orden 5, aporta una atenuación a la señal de 30 dB.

Al graficar la señal obtenida a la salida del filtro, se obtiene la señal electrocardiográfica, conformada de las doce derivaciones, una a continuación de la otra, en una señal continua de 46,5 segundos de duración.



**Figura 31. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 5.** Fuente: *Elaboración propia*

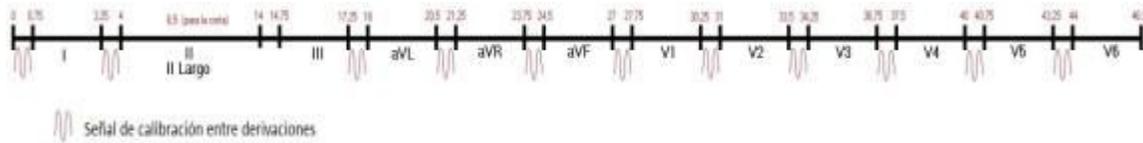
Es necesario, para la correcta interpretación del ECG por parte de un especialista, dividir la señal electrocardiográfica en sus derivaciones y organizarlas de la siguiente manera:



**Figura 32. Disposición prefijada para las derivaciones cardíacas en el ECG.** Fuente: *Elaboración propia.*

Se conoce que todos los electrocardiógrafos actuales registran las derivaciones en orden, según la configuración prefijada, la cual es: I, II largo, III, AVR, AVL, AVF, V1, V2, V3, V4, V5 y V6. Se sabe también que la derivación II larga contiene, en sus primeros 2.5 segundos, a la derivación II.

A continuación, en la Figura 33 se presenta la distribución en tiempo de los 46,5 segundos totales de la muestra electrocardiográfica, en las doce derivaciones.



**Figura 33. Distribución del ECG en derivaciones.** Fuente: *Elaboración propia*

Se separó la señal electrocardiográfica en sus derivaciones, utilizando el subVI. “*Get Waveform Subset*”, el cual recupera un subconjunto de una forma de onda. Se alimentó con los siguientes parámetros:

- Señal electrocardiográfica total.
- Tiempo de inicio de la derivación.
- Duración de la derivación.
- Formato de la data: *Relative Time*.

A las salidas de dichos arreglos, se graficó, tal como se muestra en la Figura 34. De esta manera se tienen las derivaciones por separado.

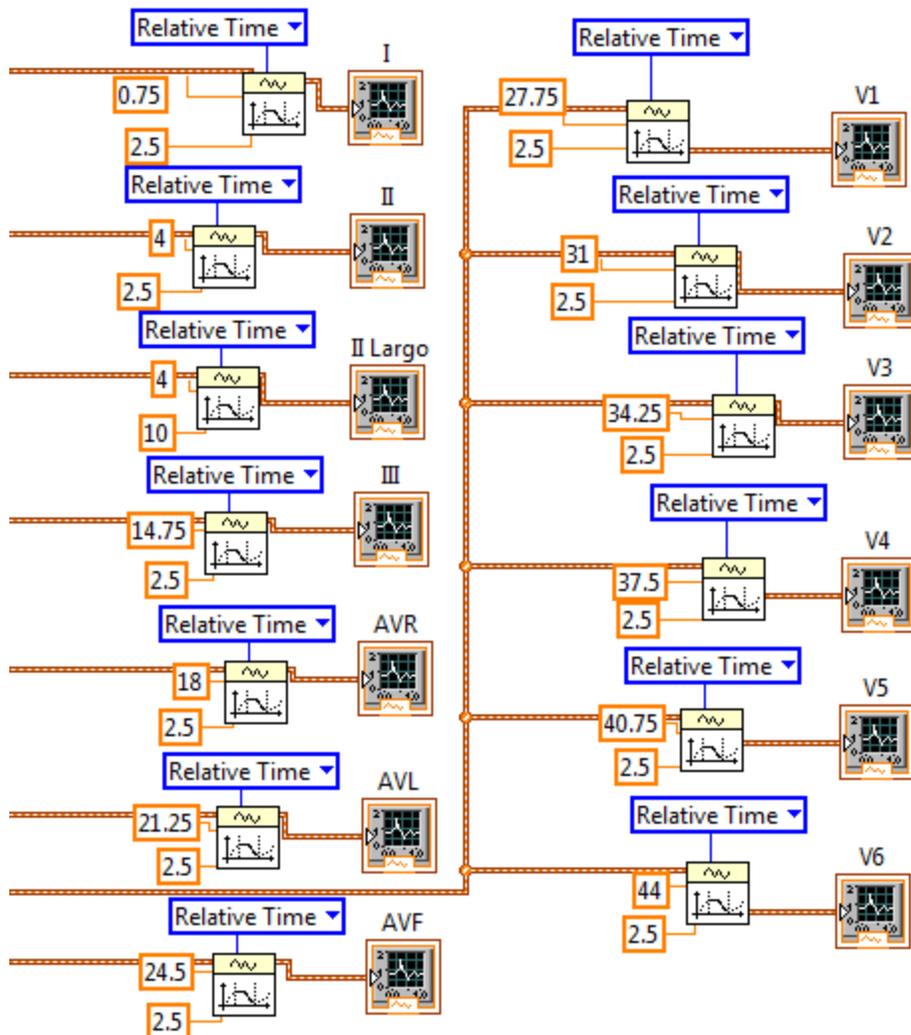


Figura 34. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 6. Fuente: Elaboración propia

### III.4 Asociación de datos de paciente a ECG

De forma de garantizar una interpretación apegada a la realidad del paciente, es necesario e indispensable para el médico especialista que realizará los diagnósticos contar con la siguiente información de cada paciente:

- Nombre
- Sexo

- Edad
- Constitución física
- Fecha y hora de realización del examen
- Tensión arterial
- Patologías cardíacas
- Motivo de la petición
- Fármacos tomados por el paciente

Es por esto que deben asociarse dichos datos a la interpretación gráfica del ECG procesado. Para esto, se diseñó un código en LABVIEW que permite leer archivos de texto, del tipo \*.txt, para incluirlos en el *front panel* del procesamiento.

Se utilizaron los subVI. “*Open/Create/Replace File*”, “*Get File Size*”, “*Read from Text File*” y “*Close File*”. El primero abre el archivo previamente creado, posteriormente se obtiene el tamaño de dicho archivo, para leerlo por último y plasmarlo en un arreglo *string* localizado en el *front panel*, tal como se muestra en la Figura 35.

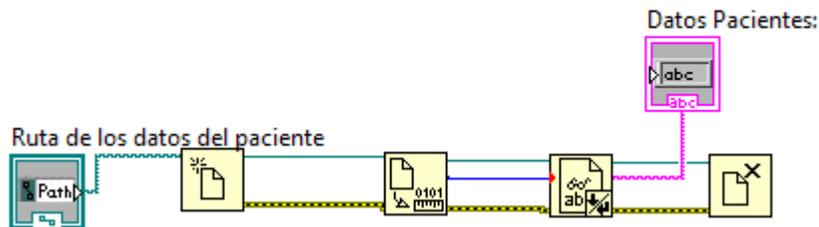


Figura 35. Procesamiento de la señal electrocardiográfica, parte 7. Fuente: Elaboración propia

### III.5 Configuración de LABVIEW server

Cualquier aplicación de LABVIEW, sin tiempo de desarrollo adicional, puede convertirse en una aplicación remota accesible a través de un navegador *web*. Esta herramienta proporcionada por LABVIEW *server* permitió que el *software*

desarrollado para el procesamiento de la señal fuera subido a la *web*, para visualizar de esa manera el panel frontal del subprograma donde se encuentran representadas las derivaciones electrocardiográficas desplegadas gráficamente.

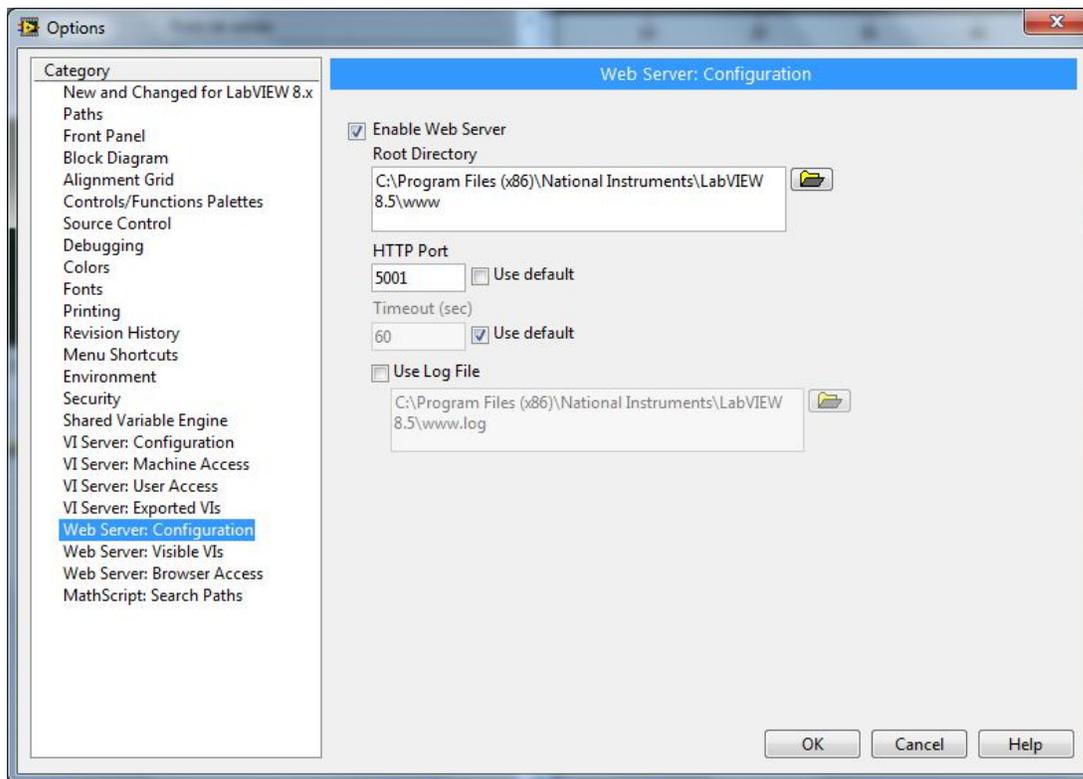
Antes de activar el servidor *web* deben configurarse los puertos de acceso al instrumento virtual, es decir, especificar el puerto a través del cual se tendrá acceso al programa. Es importante destacar que tanto el servidor APACHE como LABVIEW utilizan el puerto 80 como puerto predeterminado. Por lo tanto, al ejecutar los servidores de LABVIEW y APACHE al mismo tiempo, como es requerido, se presentarán problemas al tratar de acceder al mismo puerto. Debido a lo anterior, se modificó el puerto predeterminado en LABVIEW, teniendo cuidado de no especificar un puerto reservado en el estándar ETHERNET, dejando así APACHE en el puerto 80.

La IANA (*INTERNET Assigned Number Authority*) es una organización que agrupó la asignación de los puertos estándar en tres categorías:

- Puertos bien conocidos, los cuales van del 0 al 1023 y son reservados para servicios ya conocidos.
- Puertos registrados, comprendidos entre 1024 y 49151.
- Puertos dinámicos y privados comprendidos entre los números 49152 y 65535

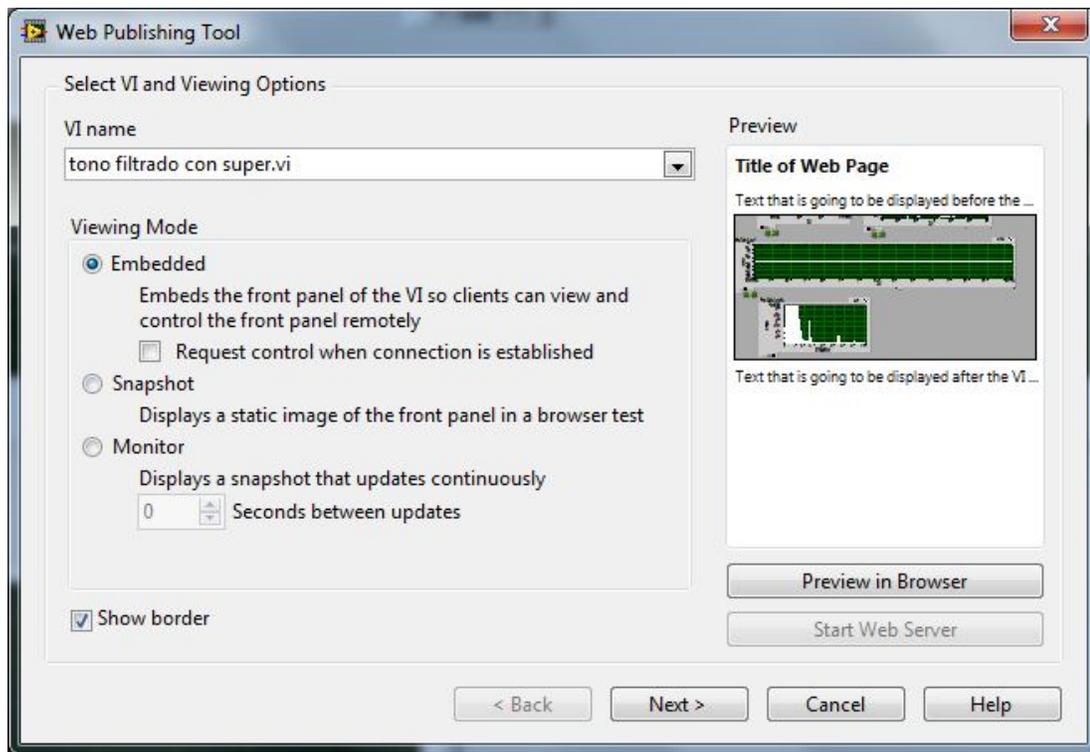
El puerto se escoge entre los puertos registrados porque sirve como puerto de contacto con clientes desconocidos. En este caso se seleccionó el puerto 5001 porque no tiene servicio asignado.

Para asignar el puerto 5001 al servidor *web* de LABVIEW, se seleccionó en la barra de menú la opción “*Tools*”, y posteriormente la casilla “*Options*”, aparece una ventana, como la de la Figura 36, donde se seleccionó la casilla “*Web Server: configuration*”, y ahí se configuró el puerto HTTP que otorga el acceso al sistema.



**Figura 36. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 1.** Fuente: *Elaboración propia*

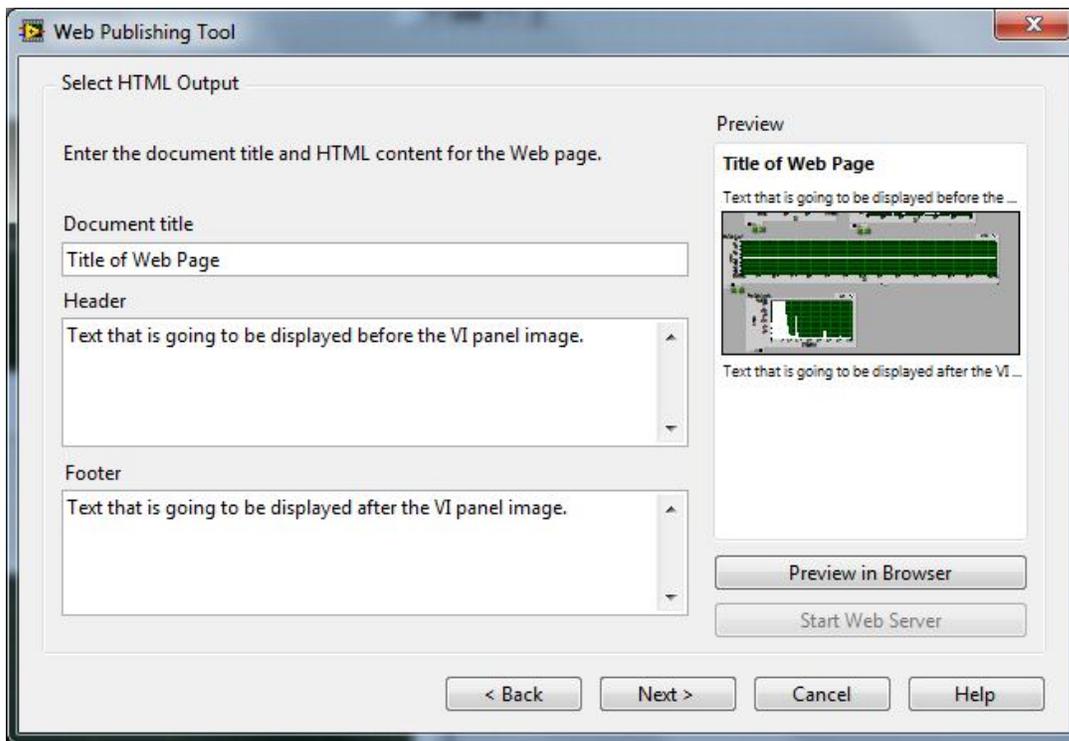
Para conocer la dirección URL por la cual se tendrá acceso al *software* de procesamiento del ECG mediante el navegador, es necesario habilitar el servidor *web* de LABVIEW; para esto primero hay que acceder en el servidor *web* del instrumento virtual desde el cual se está trabajando, esto se realizó desde el *Front Panel*, se seleccionó en la barra de herramientas la opción “*Tools*” y se seleccionó “*Web Publishing Tool*”, como se muestra en la Figura 37.



**Figura 37. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 2.** Fuente: *Elaboración propia*

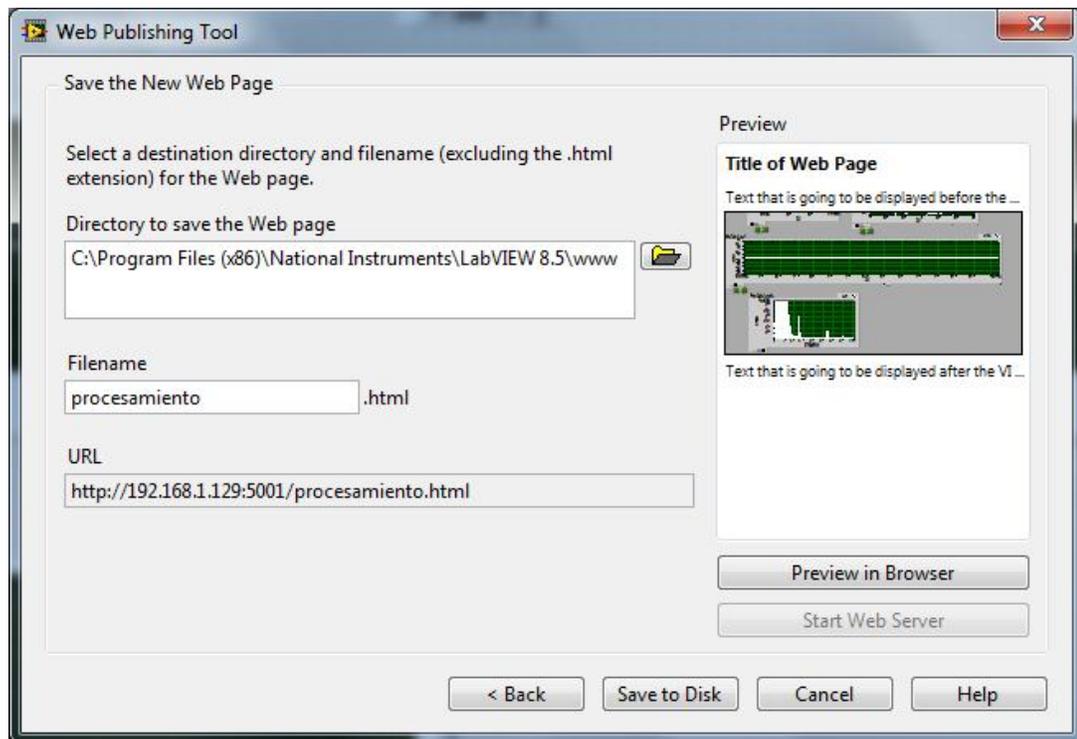
Se seleccionó en el menú desplegable el instrumento virtual que quiere compartirse en la *web* mediante el servidor de LABVIEW. Se pide también especificar el modo de visualización, por motivos de seguridad se seleccionó la casilla “*Embedded*”, que quiere decir embebido, esto para que los usuarios solo tengan acceso al panel frontal, y no puedan acceder al diagrama de bloques, evitando así la modificación del código del programa.

Al dar *click* al botón “*next*” se obtiene la pantalla de la Figura 38, donde se puede dar título a la página *web*, encabezado y pie de página.



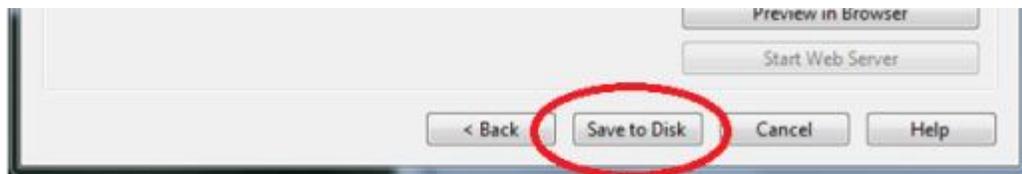
**Figura 38. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 3.** Fuente: *Elaboración propia*

Al hacer *click* en “*next*” se obtuvo la pantalla de la Figura 39, este es el último paso para terminar de habilitar el servidor de LABVIEW, en esta ventana se puede modificar la ubicación, dentro del computador, de la página *web* con el instrumento virtual creado por LABVIEW; también se puede especificar un nombre para el archivo de la página que tendrá extensión \*.html y la URL por la cual se tendrá acceso a la página *web* desde el navegador.



**Figura 39. Habilitando servidor web LABVIEW, parte 4.** Fuente: *Elaboración propia*

Para salvar los cambios y habilitar final y definitivamente la página, se hizo *click* en “*Save to Disk*”.



**Figura 40. Servidor web LABVIEW, parte 5.** Fuente: *Elaboración propia*

Es importante destacar que la dirección URL arrojada por el servidor *web* de LABVIEW solo sirve para usuarios que estén conectados dentro de la misma red, debido a que la IP utilizada es solo la dirección de la computadora dentro de esa red, y no para usuarios de otras computadoras que estén conectadas en otras redes, para crear la posibilidad de que el monitoreo remoto pueda realizarse desde cualquier punto y pueda accederse a la página *web* del sistema de procesamiento es necesario

crear un camino, a través del *router*, que permita llegar a la computadora donde se aloja el sistema.

### **III.6 Instalación de XAMPP y configuración de APACHE http Server**

XAMPP es la forma fácil de instalar la base de datos MySQL, el servidor *web* APACHE y los intérpretes para lenguajes de *script*: PHP y PERL, este programa está liberado bajo la licencia GNU y actúa como un servidor *web* libre, fácil de usar, y capaz de interpretar páginas dinámicas. Tomando en cuenta estos factores que simplifican la instalación y utilización del servidor APACHE, se instaló la distribución XAMPP de la siguiente manera.

Al ser un programa liberado o de código abierto, se encuentra el enlace de la descarga, gratuitamente, en muchos enlaces de INTERNET, por lo cual, se realizó la descarga directamente de la página oficial [www.APACHEfriends.org](http://www.APACHEfriends.org). Para instalar XAMPP solo fue necesario esperar a que se completara la descarga y extraer los archivos. No fue necesario realizar cambios en los registros de WINDOWS y tampoco editar ningún archivo de configuración. Por *default* XAMPP viene configurado con todas las funciones activadas.

Se extrajeron los archivos en el disco “C:” y se ejecuta el archivo “C:/xampp/xampp-control.exe”, así aparecerá la consola de la Figura 41.

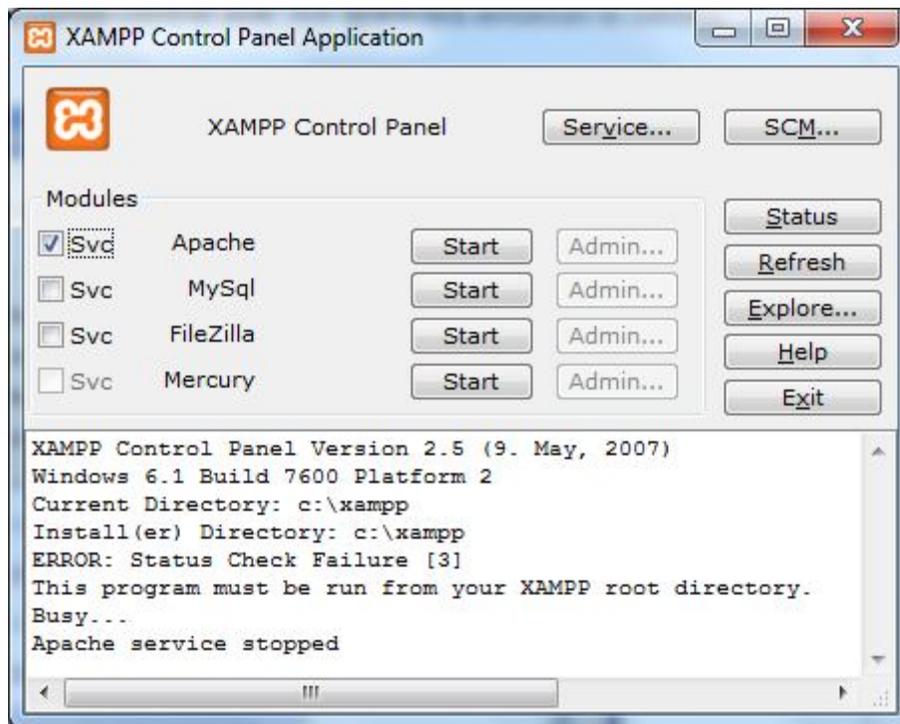


Figura 41. Consola principal de la aplicación XAMPP. Fuente: Elaboración propia

Los módulos que XAMPP permite poner en marcha o detener son APACHE, MySQL, FILEZILLA y MERCURY. Como solo fue necesario instalar el servidor APACHE, es el único modulo que se seleccionó y se instaló como aplicación y no como servicio, de esta manera se evita la sobrecarga del computador con la ejecución de servicios innecesarios al arrancar WINDOWS. Al realizar *click* en “Start” se obtiene el mensaje *Running* tal como se muestra en la Figura 42, que indica que el servidor *web* se encuentra operativo.

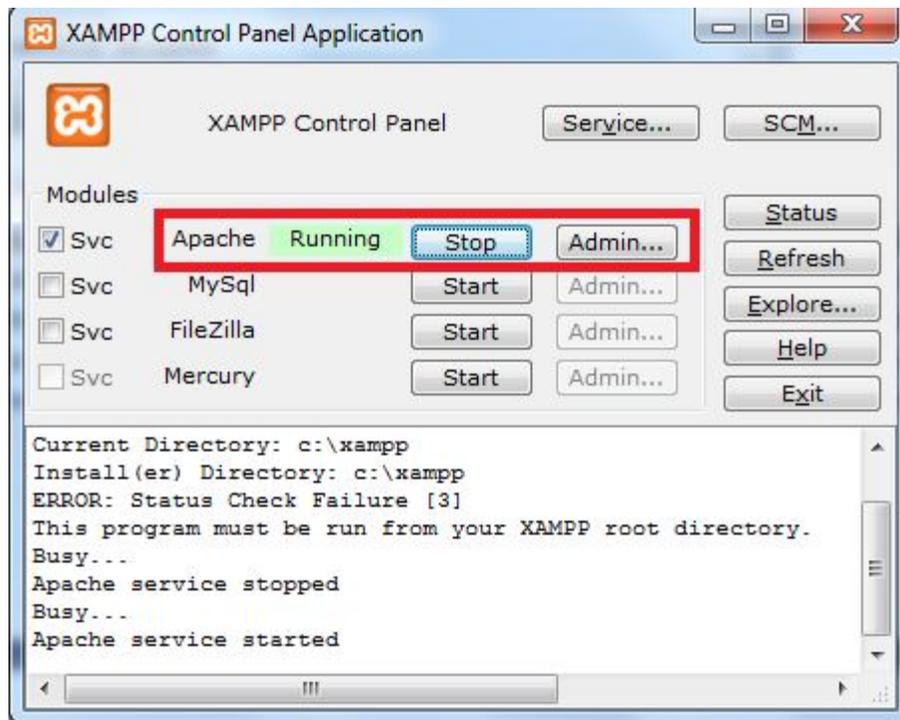


Figura 42. Consola principal de la aplicación XAMPP, con el servidor APACHE corriendo. Fuente: *Elaboración propia*

Para comprobar que el servidor se encontraba instalado correctamente, fue suficiente hacer *click* en “Admin” y verificar que desde el navegador *web* del computador se accediera a la página de configuración y documentación para XAMPP, como se muestra en la Figura 43, y en la barra de direcciones se visualizará la dirección <http://localhost/xampp/> o <http://127.0.0.1/xampp/> lo cual indica que el servidor APACHE se encuentra configurado como un servidor local.



Figura 43. Navegador web, XAMPP. Fuente: Elaboración propia

Al ver esta pantalla se concluye exitosamente el proceso de instalación del servidor APACHE, valiéndose de la aplicación XAMPP.

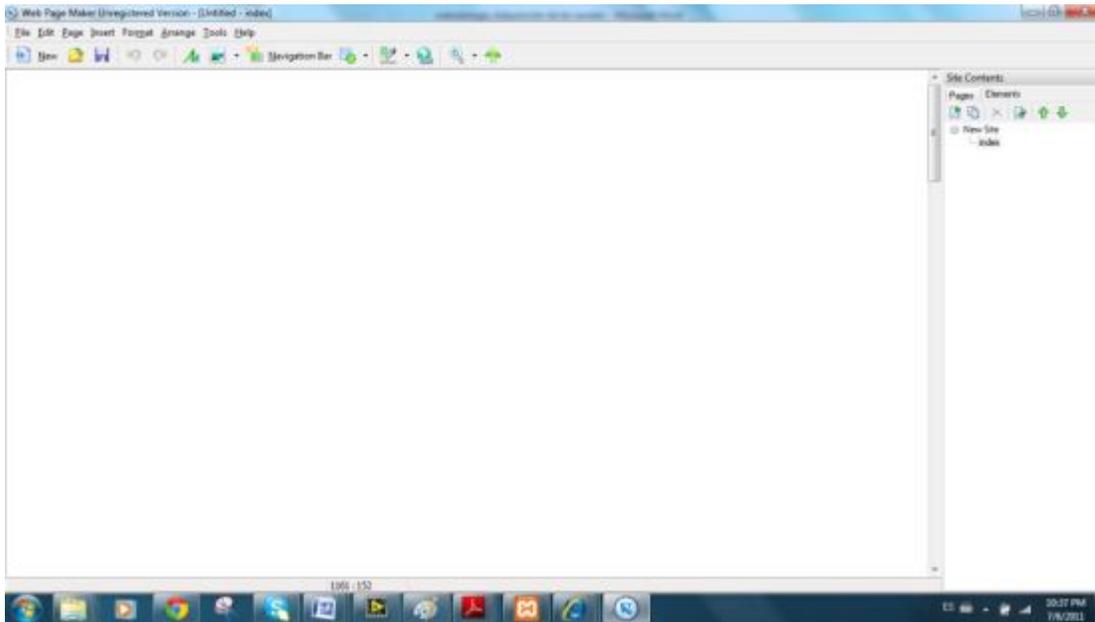
Es importante especificar que la raíz del servidor APACHE se encuentra en el directorio “C:\xampp\htdocs” y todos los archivos que se encuentren dentro de este directorio serán procesados por APACHE cuando se acceda mediante la URL <http://127.0.0.1/xampp/>.

En esta carpeta pública “C:\xampp\htdocs”, proporcionada por el servidor APACHE, se almacenarán los tonos procedentes del electrocardiógrafo que el médico especialista deberá procesar.

### III.7 Creación de la página web con WEB PAGE MAKER

WEB PAGE MAKER es una herramienta que permite la creación de páginas *web* sin tener amplios conocimientos de programación, en un entorno bastante intuitivo y gráfico.

Se descargó la versión de prueba del programa, en su versión 3.11, la descarga se realizó directamente del sitio web oficial <http://www.webpage-maker.com/> y se ejecutó el archivo de instalación “unins000.exe”, de esta manera al finalizar la instalación se puede acceder a la consola principal de WEB PAGE MAKER



**Figura 44. Consola principal de WEB PAGE MAKER.** Fuente: *Elaboración propia*

Con la barra de herramientas y el menú es posible insertar imágenes, textos, galerías, barras de navegación, botones *flash*, etc.

Se procedió a realizar una página *web* principal (Figura 45), en ella se configura un *slideshow* de imágenes dinámicas alusivas a servicios de telemedicina, y botones *flash* que llevan a las páginas 2, 3 y la página de procesamiento que posee un enlace al servidor *web* de LABVIEW donde se realiza el procesamiento del ECG y se visualizan los datos del paciente.

## DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL



Figura 45. Página web principal. Fuente: Elaboración propia

En la página 2, se explicó brevemente lo que es la telemedicina y se anexó un diagrama explicativo del funcionamiento del proyecto de Telecardiología desarrollado en este Trabajo Especial de Grado.



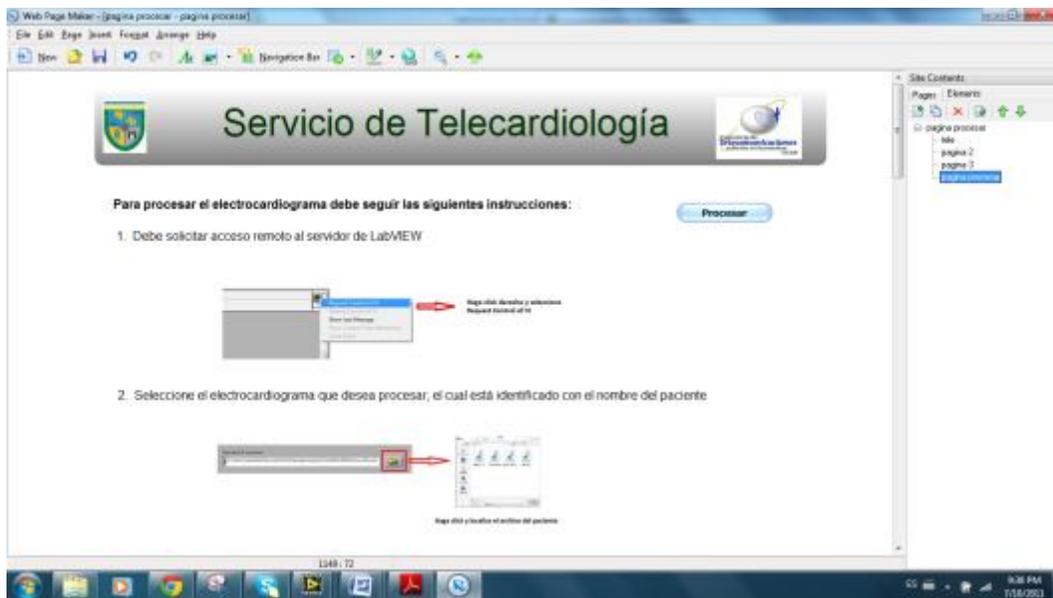
Figura 46. Página web 2. Fuente: Elaboración propia

En la página 3, se explicó lo que es un electrocardiógrafo y su funcionamiento, se anexó una foto del modelo *CARDIETTE* utilizado, se colocó una imagen de lo que debería observarse en un ECG, y por último, se insertó un archivo de audio obtenido del electrocardiógrafo *CARDIETTE* en cuestión.



**Figura 47. Página web 3.** Fuente: *Elaboración propia*

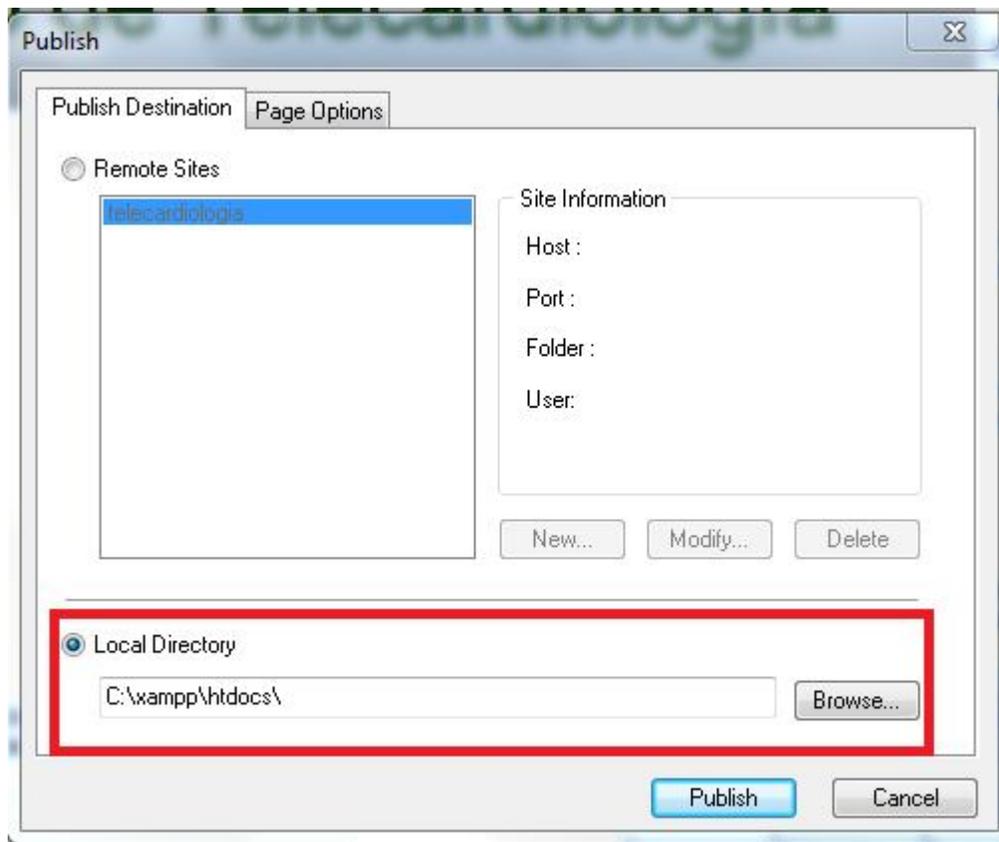
En la página para el procesamiento de la señal, se presentó un corto instructivo, con fotos explicativas para controlar el servidor de LABVIEW donde se realizará el procesamiento del ECG.



**Figura 48. Página web para procesamiento de la señal.** Fuente: *Elaboración propia.*

En el servidor de LABVIEW se observa y se controla el *Front Panel* del sistema de procesamiento del ECG.

Ahora bien, sabiendo que en la computadora se encuentra corriendo un servidor local configurado en APACHE, se subió, haciendo *click* en “*Publish*” en la barra superior de herramientas, este enlazado de páginas *web* a la carpeta raíz del servidor, la cual es “*C:\xampp\htdocs*”, para esto se especificó la ruta como local, como se muestra en la Figura 49.



**Figura 49. Publicación de página web en servidor APACHE.** Fuente: Elaboración propia

De esta manera es posible el acceso a la página *web* principal, desde el navegador, simplemente colocando la dirección <http://127.0.0.1/tele.html>

### **III.8 Redacción y Elaboración del Tomo**

Para la redacción se seleccionó, organizó y representó en palabras el proceso de investigación y experimentación de tal forma que resulte fácil de interpretar y entender al lector. Para esto se abordó el Trabajo Especial de Grado de manera de delimitar la investigación para su fácil comprensión teniendo siempre en cuenta los objetivos y sin dejar de emplear el lenguaje técnico adecuado.

Para el formato del tomo y el artículo se utilizaron las normas APA y para las citas se utilizó el formato correspondiente a las normas IEEE.

## Capítulo IV

### Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cada una de las fases que componen la metodología y el desarrollo, estructuradas y presentadas en el capítulo anterior. Se decidió colocar los resultados por fases para poder asociar con facilidad cómo se obtuvieron a partir del capítulo anterior.



Figura 50 Esquema de la Presentación de Resultados. Fuente: Elaboración propia

#### IV.1 Resultados de la Documentación

En primer lugar, se determinaron los parámetros de calidad necesarios que debe poseer la muestra electrocardiográfica, en su tono audible, para que pueda ser procesada sin perder información y garantizando la calidad del resultado final, el cual será la interpretación gráfica del electrocardiograma de 12 derivaciones, es necesario destacar que se consultó con el Dr. José Andrés Octavio acerca de las características de las ondas cardiacas, lo cual permitió interpretar los resultados obtenidos en la fase de procesamiento.

Se decidió que la mejor opción para desarrollar el sistema de procesamiento de la señal es el *software* LABVIEW, ya que además de ser una herramienta ideal para el manejo de señales posee la gran ventaja de un servidor *web* que permite el

procesamiento remoto, sin necesidad de contar con el *software* en la estación donde se encuentra la computadora personal de escritorio, o lo que es lo mismo, estación PC donde se ingrese a la herramienta *web*.

Se diseñó la interfaz *web* con el *software* WEB PAGE MAKER ya que se definió como una herramienta fácil, dinámica e intuitiva para desarrollar programación HTML.

Adicionalmente, se obtuvieron los conocimientos necesarios para la configuración de APACHE HTTP *Server*, el cual alojaría como servidor local a la herramienta *web*, dando también soporte al servidor *web* de LABVIEW.

## IV.2 Resultados Procesamiento de ECG

Tomando como referencia la muestra audible correspondiente a una señal electrocardiográfica, adquirida por medio del Dr. José Andrés Octavio, se presentan los resultados obtenidos en cada punto de la instrumentación diseñada en LABVIEW.

En la entrada al sistema, como resultado de graficar la señal en tiempo y frecuencia se obtienen los resultados de la Figura 51

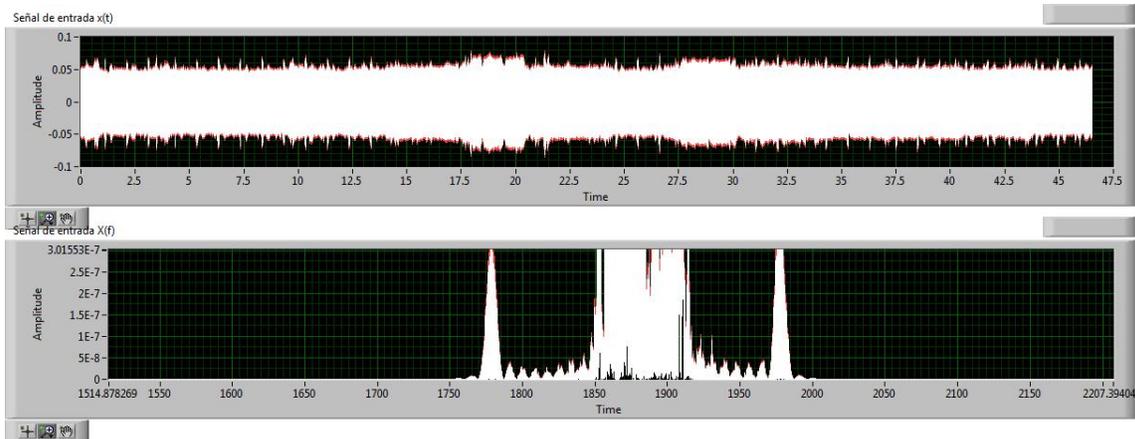
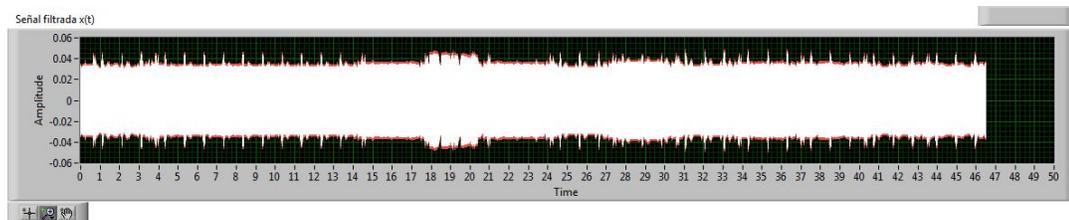


Figura 51. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 1. Fuente: Elaboración propia.

Se observó en tiempo una señal estéreo, es decir, que posee dos canales de audio embutidos en la misma señal. En la envolvente se encuentran las ondas electrocardiográficas, que posteriormente serán detectadas.

El espectro de frecuencia de la portadora que transporta los datos va desde los 1750 hasta los 2025 Hz, lo que significa que el ancho de banda es de 275 Hz.

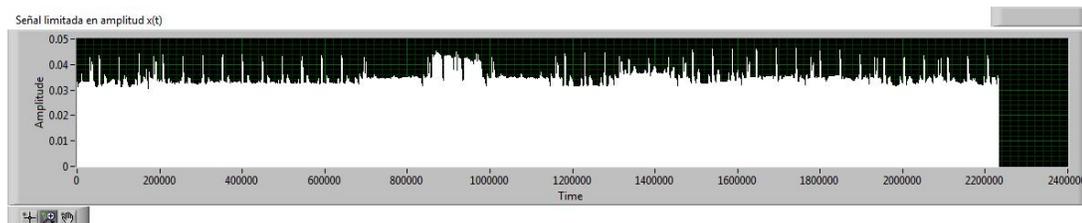
Siendo despreciable la información contenida en el resto del espectro, se filtra la señal en esa banda de frecuencia, obteniendo el siguiente resultado:



**Figura 52. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 2.** Fuente: *Elaboración propia.*

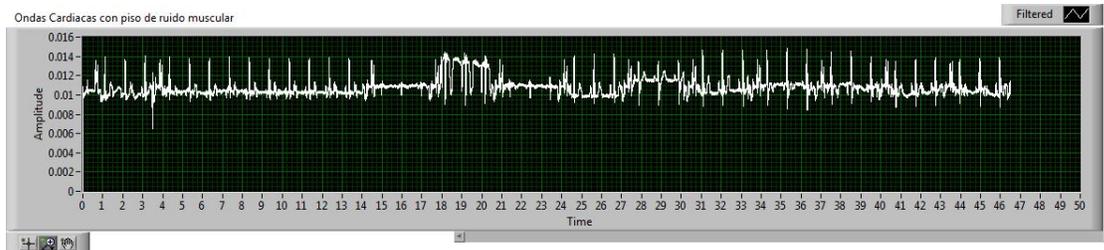
Al eliminar factores de ruido que no aportaban información a la señal, sino que por el contrario la distorsionaban, se observó que el comportamiento de la señal a la salida del filtro es más limpio. Permitiendo así precisar al máximo los parámetros de procesamiento.

Para realizar la detección de envolvente, se agregó un diodo al diseño que enmarca la señal en un rango de amplitud. La señal obtenida a la salida de ese diodo es la presentada en la Figura 53



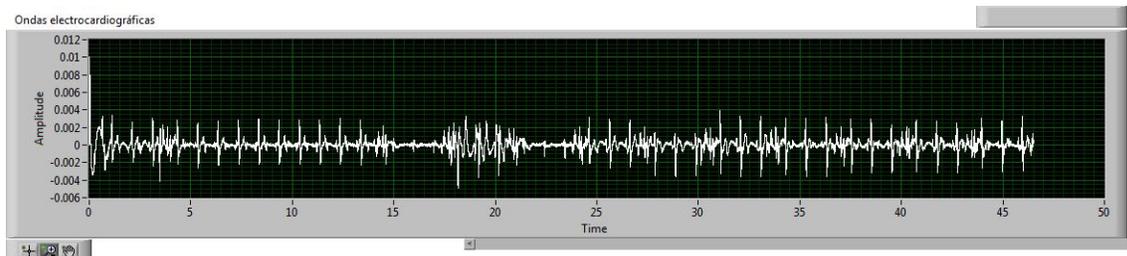
**Figura 53. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 3.** Fuente: *Elaboración propia.*

Esta señal, luego de ser filtrada a bajas frecuencias, por criterios definidos y explicados en el Capítulo III, presentó el siguiente comportamiento en tiempo.



**Figura 54. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 4.** Fuente: *Elaboración propia.*

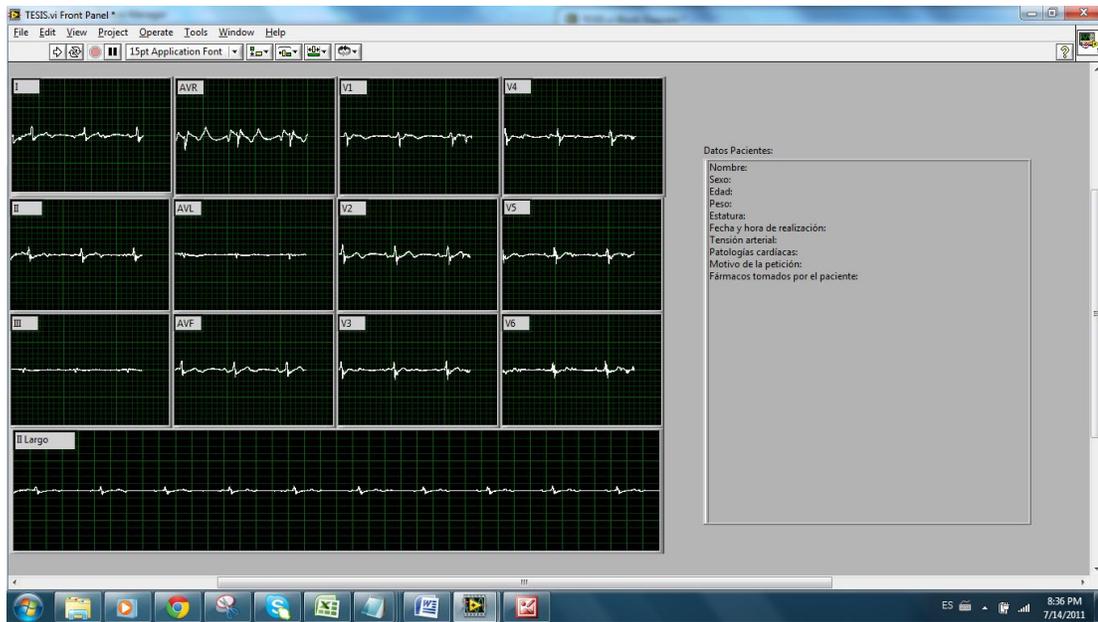
Al eliminar el ruido producto de espasmos musculares, se consiguió la señal electrocardiográfica, constituida por las 12 derivaciones, una seguida de la otra, tal como se muestra en la Figura 55.



**Figura 55. Resultados de la fase de procesamiento de la señal ECG, parte 5.** Fuente: *Elaboración propia.*

Al separar la señal en derivaciones y procesar la muestra de referencia se obtuvo la imagen correspondiente al resultado final que interpretará y diagnosticará el cardiólogo. Dicha imagen, tiene asociados los datos del paciente, y se presenta en la Figura 56.

## DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL



**Figura 56. ECG Referencia.** Fuente: *Elaboración propia.*

A continuación se presentará, en la tabla 1, un cuadro donde se enumera cada paciente a los que se les aplicó el estudio electrocardiográfico, para procesar las muestras y obtener los respectivos ECGs de doce derivaciones, en su presentación gráfica. Dichas representaciones gráficas se encuentran en el Anexo B

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG  
DESDE UN TERMINAL MÓVIL

---

Paciente	Datos asociados al paciente
Sujeto 1	Sexo: M Edad: 52 Peso: 85 Kg. Estatura: 1.88 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 2:30 pm.
Sujeto 2	Sexo: F Edad: 75 Peso: 78 Kg. Estatura: 1.68 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 9:00 am.
Sujeto 3	Sexo: F Edad: 25 Peso: 63 Kg. Estatura: 1.68 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 10:00 pm.
Sujeto 4	Sexo: F Edad: 50 Peso: 68 Kg. Estatura: 1.73 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 8:10 pm.
Sujeto 5	Sexo: F Edad: 19 Peso: 56 Kg. Estatura: 1.58 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 3:00 pm.
Sujeto 6	Sexo: M Edad: 58 Peso: 87 Kg. Estatura: 1.84 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 7:40 pm.
Sujeto 7	Sexo: F Edad: 52 Peso: 63 Kg. Estatura: 1.65 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 4:00 pm.
Sujeto 8	Sexo: F Edad: 22 Peso: 56 Kg. Estatura: 1.62 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 2:48 pm.
Sujeto 9	Sexo: F Edad: 25 Peso: 55 Kg. Estatura: 1.65 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 4:18 pm.
Sujeto 10	Sexo: M Edad: 19 Peso: 89 Kg. Estatura: 1.89 m. Fecha y hora de realización: 01/jun/2011, 8:40 pm.

**Tabla 1. Pacientes a los que se les aplicó el estudio electrocardiográfico.** Fuente: *Elaboración propia.*

Cada resultado fue validado por el cardiólogo Dr. José Andrés Octavio, quien confirmó que las interpretaciones obtenidas se encontraban perfectamente aptas para ser informadas y emitirse el diagnóstico pertinente.

### IV.3 Resultados de la página web

Se creó una página web para el sistema diseñado, dicha página se encuentra alojada en el servidor local APACHE que se configuró con la herramienta XAMPP.

Se observan los resultados de la interfaz web que utilizará el cardiólogo para interpretar e informar el examen a continuación:



Figura 57. Interfaz web, parte 1. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Figura 58, se muestra la barra de direcciones del explorador web con la intención de demostrar que la página principal de la interfaz se encuentra corriendo sobre el servido APACHE.



Figura 58. Dirección de la interfaz web, parte 1. Fuente: Elaboración propia.

Al hacer *click* en el botón “Concepto”, la página principal redirecciona a la siguiente página, Figura 59, la cual contiene material informativo acerca de telemedicina, y el sistema diseñado.



Figura 59. Interfaz web, parte 2. Fuente: *Elaboración propia.*

En la siguiente figura se observa la dirección del explorador *web* cuando se hace *click* al botón “Concepto”.

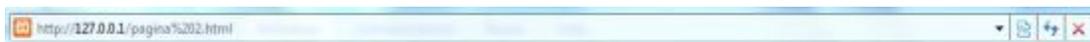


Figura 60. Dirección de la interfaz web, parte 2. Fuente: *Elaboración propia.*

La página principal tiene un enlace que redirecciona a otra página creada con la intención que el médico o todo aquel usuario que utilice el sistema se familiarice de alguna manera con el equipo *CARDIETTE* y conozca su diseño, estructura y funcionamiento. En la Figura 61 se muestra dicho enlace



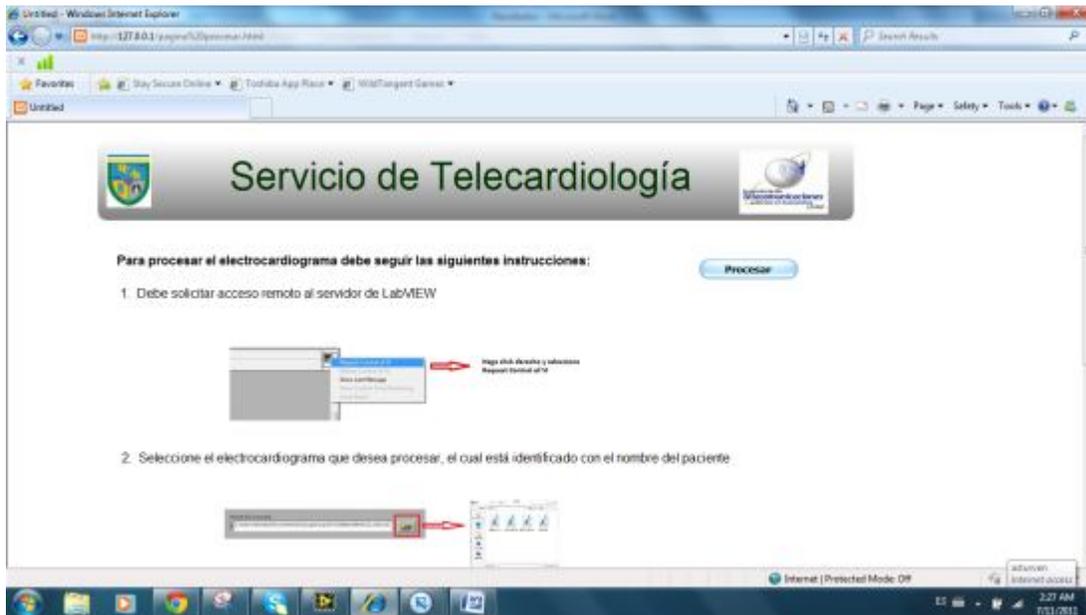
Figura 61. Interfaz web, parte 3. Fuente: Elaboración propia.

La dirección adquirida por el servidor cuando el usuario visita el *link* para conocer el funcionamiento del electrocardiógrafo *CARDIETTE*, se encuentra en la siguiente figura:



Figura 62. Dirección de la interfaz web, parte 3. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el procesamiento de la señal electrocardiográfica la interfaz dispone de un botón llamado “Procesar” que enlaza con una página instructiva sobre cómo controlar el servidor LABVIEW remotamente y como especificar tanto el archivo del ECG que se quiere procesar como el archivo de datos asociados al paciente.



**Figura 63. Interfaz web, parte 4.** Fuente: *Elaboración propia.*

La Figura 64 muestra la barra de direcciones del explorador al ingresar a la página del instructivo del procesamiento.



**Figura 64. Dirección de la interfaz web, parte 4.** Fuente: *Elaboración propia.*

En esa página de instrucciones para controlar el sistema de procesamiento, se encuentra otro botón, el cual enlaza directamente con el servidor de LABVIEW, el cual se puede observar en la siguiente figura:



Figura 65. Interfaz web, parte 5. Fuente: Elaboración propia.

La dirección asignada por el LABVIEW *web server*, mediante la cual se tiene acceso al procesamiento de la señal remotamente, mediante un botón en la interfaz *web*, es la mostrada en la Figura 66



Figura 66. Dirección de la interfaz web, parte 5. Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo H se presenta un manual instructivo de la herramienta *web*.



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se presentan todas las conclusiones obtenidas, las mismas no son más que, declaraciones cortas y concisas de las inferencias obtenidas como producto del desarrollo de este Trabajo Especial de Grado. También se destacan las recomendaciones que tendrán como resultado, a largo plazo, la mejora del servicio de telecardiología propuesto.

#### V.1 Conclusiones

El proyecto a lo largo de los diferentes capítulos presenta el prototipo para un sistema de monitoreo de signos cardiacos, destinado a pacientes ubicados en zonas remotas, donde se dificulta o imposibilita la atención por parte de un especialista. Este prototipo permite que, aun cuando dichos pacientes no se trasladen a las ciudades y permanezcan en sus hogares, puedan ser diagnosticados por un cardiólogo; esto a través del uso de herramientas *web*, *software* de instrumentación virtual y por supuesto INTERNET.

De la investigación y trabajo previo se desprenden una serie de conclusiones como son:

- Con los parámetros medidos por el sistema de procesamiento de la señal electrocardiográfica se puede realizar un estudio a largo plazo para determinar cómo puede automatizarse aun más el servicio de Telecardiología, de manera de acercarse cada vez más al paciente con el cardiólogo, venciendo las barreras geográficas. Además, utilizando como recurso la *web* entre la estación y el servidor, se tiene un rango de despliegue mayor y menos costoso, ya que no se necesita la utilización de cables. Mediante la implementación de un servidor público se puede disponer de los datos de la estación desde cualquier lugar con conexión, lo que aumenta el rango de acción. Con lo que se tienen todos

los parámetros de medición y comunicación que serán necesarios para desplegar un sistema de estaciones electrocardiográficas de bajo costo que cubrirá una necesidad tan importante como la salud.

- Como la solución desarrollada es una estación móvil que puede ser implementada en áreas aisladas, donde normalmente no se despliegan estaciones fijas, esto puede brindar información valiosa sobre las condiciones del sistema de salud en dichas regiones, y al ser estaciones de bajo costo se aumenta el rango de operación de la red.
- La interfaz *web* desarrollada en este proyecto permite presentar de forma clara los resultados de las mediciones cardiacas, brindando a los médicos especialistas la posibilidad de consultar los datos de forma rápida desde cualquier computadora conectada a la red, o si se implementa el servidor *web* público, se puede acceder a los datos desde cualquier computadora con conexión a INTERNET. Es importante destacar que no debe asumirse que los cardiólogos poseen conocimientos en el área de las telecomunicaciones, o la informática, es por esto que la interfaz diseñada, se realizó con la idea de lograr un ambiente intuitivo y gráfico, que permitiera al usuario interactuar de forma rápida y sencilla con el sistema de procesamiento, de manera de emitir un diagnóstico lo antes posible.
- Una estación PC puede manejar varias estaciones remotas, reduciendo costos y optimizando el proceso de envío, recepción e informe de ECG.

## V.2 Recomendaciones

- Se recomienda desarrollar una mejora que permita la comunicación bidireccional entre la estación móvil y la estación PC, con esto se puede lograr que el médico informe el examen directamente sobre el *front panel* de LABVIEW que fue accedido mediante el uso de la herramienta *web*, esto simplificaría el sistema y ahorraría tiempos de espera.

- Se recomienda utilizar el navegador de “INTERNET EXPLORER”, ya que la herramienta que posee LABVIEW para sus servidores necesita un *plug-in*, que EXPLORER descarga automáticamente, en caso de otros navegadores como CHROME y MOZILLA FIREFOX debe ser descargado e instalado.
- Se recomienda implementar un sistema de almacenamiento interno a la estación portátil, para prevenir la pérdida de datos cuando se pierda la conexión a INTERNET.
- Para futuros implementaciones que tomen como base este trabajo, se recomienda ampliar los conocimientos sobre los tipos de filtros involucrados en el procesamiento de la señal, sería importante comprobar que los filtros planteados y utilizados en este trabajo realmente sean los más indicados para la aplicación desarrollada, no debe descartarse que puedan aplicarse filtros más adecuados que mejoren, aun mas, la calidad del resultado final.
- Se recomienda considerar la posibilidad de aplicar formatos de compresión para las señales audibles obtenidas del electrocardiógrafo, con el fin de economizar capacidad de almacenamiento.
- Para comunicar varias estaciones ubicadas en redes inalámbricas diferentes se recomienda enviar los datos al servidor utilizando VPN (*Virtual Private Network*), que enruten los datos encriptados a través de INTERNET de manera segura y a un bajo costo.



## Bibliografía

1. **ITMS.** ITMS Perú. [En línea] [Citado el: 1 de Febrero de 2011.] [www.itms.com.pe](http://www.itms.com.pe).
2. **Pasquier, Dr. Rigoberto J. Marcano.** Centro Médico Santa Fé. [En línea] [Citado el: 17 de Noviembre de 2010.] <http://www.medicinapreventiva.com.ve/ekg.htm>.
3. **Dr. David C. Dugdale.** Mediline Plus. [En línea] [Citado el: 20 de Noviembre de 2010.] <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003868.htm>.
4. **Vedado, Dr. Franco.** Infomed, red de salud de Cuba. [En línea] [Citado el: 11 de Mayo de 2011.] [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pdvedado/franco\\_02.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pdvedado/franco_02.pdf).
5. **Dalcame.** Dalcame, Grupo de Investigación Biomédica. [En línea] [Citado el: 27 de Enero de 2011.] <http://www.dalcame.com/wdescarga/ecg12.pdf>.
6. **orriara, Itzuli lehenengo.** A B C del Electrocardiograma. [En línea] [Citado el: 2 de Noviembre de 2010.] <http://www.svnp.es/Documen/ecg.htm>.
7. **Sociedad Argentina de Bioingeniería.** Sabi. [En línea] [Citado el: 22 de Mayo de 2011.] [http://www.sabi.org.ar/anales/cd\\_2005/pdf/100PS.pdf](http://www.sabi.org.ar/anales/cd_2005/pdf/100PS.pdf).
8. **Ordenadores y Portátiles.** Ordenadores y Portátiles. [En línea] [Citado el: 27 de Enero de 2011.] <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/servidor-web.html>.
9. **Piñol, Carles Mateu.** Cibernetia. [En línea] [Citado el: 27 de Enero de 2011.] [http://www.cibernetia.com/manuales/instalacion\\_servidor\\_web/1\\_conceptos\\_basicos.php](http://www.cibernetia.com/manuales/instalacion_servidor_web/1_conceptos_basicos.php).
10. **Desarrollo Web .** Todo lo que necesitar conocer de APACHE. [En línea] [Citado el: 2 de Febrero de 2011.] <http://www.desarrolloweb.com/directorio/sistemas/apache/>.
11. Apache SOftware Foundation. [En línea] [Citado el: 18 de Enero de 2011.] <http://www.apache.org/>.
12. **Friends, Apache.** [En línea] [Citado el: 18 de Enero de 2011.] <http://www.apachefriends.org>.

13. **Page Maker Web.** Page Maker Web. [En línea] [Citado el: 22 de Abril de 2011.]  
<http://www.pagemakerweb.com.mx/>.

14. **Lazaro, Antonio Manuel.** LabVIEW 6I Programación Gráfica Para el Control de Instrumentación . España : s.n., 2001.

15. **National Instruments.** National Instruments . [En línea] [Citado el: 14 de Abril de 2011.] <http://www.ni.com/labview/esa/>.

16. **GTE.** Grupo de Tecnología Electrónica. [En línea] [Citado el: 22 de abril de 2011.] [http://www.gte.us.es/ASIGN/IE\\_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf](http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf).

17. **Barrera, Jacqueline Hurtado de.** Investigación y Metodología. [En línea] [Citado el: 2 de Diciembre de 2010.]  
<http://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacin-proyectiva.html>.

18. **López, Mario Alberto Angiano.** Tipos de modulación. [En línea] [Citado el: 3 de Junio de 2011.]  
[http://docente.ucol.mx/abeto/public\\_html/pag/primer.htm#\\_MODULACION\\_DE\\_AMPLITUD](http://docente.ucol.mx/abeto/public_html/pag/primer.htm#_MODULACION_DE_AMPLITUD).

## ANEXO A

### ARTÍCULO ORIGINAL

Avances Cardiol 2008;28(2):73-80

## El asesoramiento cardiológico a través de la telemedicina. Experiencia en el Estado Lara, Venezuela

Drs. José A Octavio, Dinora Castellanos, Luis Díaz Oyarzun, Yuli Kertzus, Nelson Leal, Pedro Pablo Pina, Ignacio Valecillos

ITMS Telemedicina de Venezuela. Caracas, Venezuela

### RESUMEN

**Introducción:** La transmisión de electrocardiogramas por vía telefónica es una técnica ampliamente difundida en el mundo. Se describe la experiencia de 17 meses (marzo 2006-agosto 2007) de utilización de un sistema de transmisión de electrocardiogramas, desde 23 centros urbanos y suburbanos ubicados en el Estado Lara. **Métodos:** Los electrocardiogramas son tomados y transmitidos por los médicos generales mediante equipos Aerote<sup>®</sup>, ubicados en los hospitales o ambulatorios, a la central de llamadas ubicada en Caracas. El cardiólogo de guardia transmite el electrocardiograma el cual es recibido e interpretado por el especialista de guardia de telemedicina. El trazo electrocardiográfico, interpretado es enviado en pocos minutos al médico referente vía Fax. **Resultados:** Se realizaron 3 690 electrocardiogramas a 3 104 pacientes. El motivo de la realización del electrocardiograma fue en la mayoría de los casos, dolor torácico (25 %) o hipertensión arterial (26 %). Los electrocardiogramas con anomalías alcanzaron el 65 %. Los trastornos isquémicos representaron el porcentaje mayor de anomalías (32 %). De las arritmias, la de mayor frecuencia la fibrilación y el "flutter" auricular (43 %). Los trastornos de conducción el bloqueo de rama derecha y el hemibloqueo anterior izquierdo ocuparon la mayor frecuencia

(23 % y 35 % respectivamente). Los electrocardiogramas cuyo diagnóstico requirió una conducta inmediata alcanzaron a 428 electrocardiogramas, siendo los más frecuentes la fibrilación auricular y la lesión subepicárdica: 203 (47 %) y 161 (38 %) respectivamente. **Conclusión.** Este estudio muestra la utilidad de un sistema de tele-electrocardiografía, que presta asesoramiento cardiológico a centros urbanos y suburbanos en los cuales no existen especialistas de manera permanente.

**Palabras clave:** Telemedicina, tele-electrocardiografía, electrocardiógrafo.

### Cardiologic support by telemedicine. Experience in Lara State, Venezuela

#### ABSTRACT

**Introduction:** Telephone transmission of electrocardiograms is widely practiced around the world. This study describes the experience with a tele-electrocardiography system, over 17 months (March, 2006 - August, 2007), in 23 urban and suburban centers located in Lara State. **Methods:** Electrocardiograms were obtained by general practitioners using Aerote<sup>®</sup> devices located in clinics and hospitals and transmitted to a call center located in Caracas. There a receiving cardiologist interpreted the tracings. Within a few minutes the interpretation was sent back to the referring physician. **Results:** A total of 3 690 electrocardiograms were obtained from 3 104 patients. The reason for obtaining an electrocardiogram in these patients was, in most cases, a presenting history of chest pain (25 %) or a finding of arterial hypertension (26 %). An abnormality was found in 65 % of the tracings. Conduction disturbances accounted for the highest percentage (32 %). Among rhythm disturbances, atrial fibrillation and flutter were present in 43 % of the electrocardiograms. Right bundle branch block and left anterior hemiblock were the most frequent conduction

### CORRESPONDENCIA

Dr. José A. Octavio  
ITMS Telemedicina de Venezuela 6ª Avenida, Altamira, Quinta La Asunción Caracas, Venezuela. E-Mail: [joseandres.octavio@gmail.com](mailto:joseandres.octavio@gmail.com)  
Tel: +58-212-263.62.14 - +58-412-321.12.86

### DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS DE LOS AUTORES

Los autores del estudio pertenecen en su totalidad al personal de ITMS, Telemedicina de Venezuela.

Recibido en: febrero 20, 2008  
Aceptado en: mayo 28, 2008

*abnormalities (23 % and 35 % respectively). There were 428 electrocardiographic diagnoses, resulting in an immediate intervention, of which atrial fibrillation and a subepicardial lesion accounted for 203 (47 %) and 161 (38 %) cases respectively. Conclusion: This study shows the utility of a tele-electrocardiography system, which provides cardiologic support to urban and suburban centers, where specialists are not available.*

**Keywords:** *Telemedicine, tele-electrocardiography, electrocardiograph.*

## INTRODUCCIÓN

La telemedicina, en sus diferentes modalidades, ha permitido en los últimos años el asesoramiento a médicos generales por especialistas, mediante la transmisión de señales de diferente tipo, desde los sitios de atención primaria y aquellos no dotados de especialistas, o con especialistas solamente en algunas horas del día o la semana. En los centros de recepción de telemedicina, la información es recibida, interpretada por expertos, para ser retransmitida a los centros de origen. Esta transmisión, con frecuencia va acompañada del asesoramiento que realizan los especialistas al médico general, para un mejor manejo y orientación del paciente.

En el caso específico de la electrocardiografía, una de las áreas donde la teletransmisión está más desarrollada, este beneficio no solo se refiere a la interpretación del electrocardiograma (ECG) y el asesoramiento correspondiente, sino que además ella se realiza en tiempos muy breves, de manera que situaciones de emergencia puedan ser aclaradas y orientadas en pocos minutos, desde el momento en que el médico general realiza la transmisión.

Existen en el mundo, innumerables experiencias de electrocardiografía tele transmitida<sup>(1-4)</sup>, sea en Europa, Asia y en Norteamérica, así como en Latinoamérica. En este último caso, existe una formidable experiencia chilena de casi cinco años<sup>(4)</sup>, que ha permitido que la mayoría de la población ubicada en centros rurales, o centros urbanos no dotados de especialistas, puedan beneficiarse de un ECG interpretado por un experto, en pocos minutos, y

del asesoramiento cardiológico correspondiente.

En nuestro medio, aunque ha habido intentos de transmisión de ECGs, estas no han continuado en el tiempo. En el caso específico del Estado Lara, se realizó hace cerca de dos décadas, una experiencia de transmisión de ECGs (una derivación), para el diagnóstico de arritmias, lo que se utilizó durante varios años. Sin embargo, esa experiencia se detuvo, posiblemente por razones de dificultad tecnológica. No existen en nuestro medio, experiencias establecidas, de transmisión de ECG de 12 derivaciones.

El presente estudio describe la experiencia de la utilización de la tele-electrocardiografía en su modalidad de 12 derivaciones en el período comprendido entre marzo de 2006 y agosto de 2007 en diferentes centros urbanos y rurales del Estado Lara.

## MÉTODOS

Se han dotado progresivamente, desde marzo de 2006, a 23 centros ubicados en el Estado Lara con 24 equipos portátiles de toma y transmisión de electrocardiogramas de la marca Aerotel®. Estos sistemas permiten la transmisión de una señal acústica, que el programa transforma en una señal analógica (ECG) en la pantalla del centro de transmisiones. Estos equipos permiten la toma de las doce derivaciones electrocardiográficas clásicas, en modo de obtener un ECG del todo similar a los que se obtienen con los equipos convencionales. Esta similitud ha sido mostrada en estudios realizados en los centros donde estos equipos son utilizados<sup>(3)</sup>. En el caso específico de Venezuela, se realizó hace 2 años un estudio de validación<sup>(5)</sup>, el cual mostró que tanto los intervalos, como la magnitud de las ondas del ECG obtenidas con el equipo Aerotel® no difieren significativamente de las obtenidas por el electrocardiógrafo convencional, y que por tanto la señal de los equipos de teletransmisión son equivalente a aquellas.

**Procedimiento:** Una vez tomado el ECG por el médico general, este realiza una llamada al centro de

telemedicina, a través de una línea telefónica 0800, sin costo para el usuario, e informa al operador en la central de telemedicina, el código del equipo, lo cual provee inmediatamente la ubicación del centro donde se generó el estudio. El médico general informa los datos personales del paciente, nombre, cédula de identidad, fecha de nacimiento, sexo. Por último, el médico general informa sobre los motivos de la toma del electrocardiograma y los síntomas o signos del paciente, lo cual también queda consignado en el programa de la central de telemedicina. Una vez realizado este paso, el médico general procede a la transmisión del registro, con la misma línea telefónica y la misma llamada.

El operador en la central de telemedicina observa el trazado e informa al médico referente sobre la calidad del estudio, si la señal se transmitió sin artefactos, o errores. Asimismo, si hubo algún error en la colocación de los electrodos, el operador lo indica al médico referente. En caso de que sea necesario se le indica a este último que el estudio debe ser repetido.

Una vez aceptado por el operador el trazado, este lo envía al cardiólogo, ubicado en la oficina contigua de la central de telemedicina para su medición e interpretación de acuerdo con un programa ad Hoc, el cual realiza las medidas de los intervalos. El cardiólogo de guardia revisa el trazado, verifica y en caso de necesidad modifica las mediciones realizadas por el programa y procede a la interpretación del estudio, escogiendo los diferentes diagnósticos, de una lista codificada que posee el programa. Una vez realizado este paso, el especialista de guardia procede a la firma electrónica del estudio para su envío, sea vía internet, o más comúnmente mediante la transmisión vía Fax del estudio impreso e interpretado.

En caso de que el operador o el médico observen una alteración electrocardiográfica significativa, que requiera una decisión médica inmediata, el especialista se comunica directamente con el médico referente para informarle sobre la alteración encontrada y sus posibles implicaciones, e incluso sugerir una conducta inmediata para el manejo del paciente (tratamiento de una arritmia o traslado del paciente a un centro de referencia). De la misma

forma, cuando se trata de un paciente con dolor torácico u otra sintomatología potencialmente severa, el especialista se comunica directamente con el médico, con el objeto de relacionar las alteraciones electrocardiográficas con el cuadro clínico y orientar la conducta más adecuada. El proceso completo, recepción, interpretación y retransmisión del estudio generalmente no sobrepasa los diez minutos.

## RESULTADOS

En el período señalado (marzo 2006-agosto 2007), se ha dotado de equipos de tele-ECG a 23 centros del estado Lara con 24 equipos de tele-electrocardiografía, la mayoría de ellos ubicados en ambulatorios y algunos en hospitales regionales. La Tabla 1 muestra los centros de ubicación de los equipos. Se practicaron 3.690 ECGs a 3 104 pacientes con edades comprendidas entre 0 y 106 años. Promedio  $50,7 \pm 19,5$  años. El 50,7 % de los pacientes fueron del sexo masculino.

La Figura 1 muestra el desempeño de la actividad en el período considerado. Se observa un incremento progresivo del número de ECGs transmitidos hasta el mes de agosto de 2007. Este ascenso coincide con el incremento en la dotación de los centros con equipos, la cual alcanzó el valor de 24 equipos para el mes de octubre de 2006. De allí en adelante, el volumen de transmisiones ha sido estable con un promedio desde ese momento de 313 estudios mensuales.

El análisis que se hace a continuación se realizó sobre 3 105 ECGs de ese período. El resto (586 ECGs) de los estudios realizados correspondió a pruebas, ECGs con artefactos, o algunos estudios que el sistema no permitió su tabulación.

Los motivos de la toma de los ECG se muestran en la Figura 2. Como se observa los motivos más frecuentes para la toma de un ECG transmitido fueron: dolor torácico referido por el paciente (28 %) y el hallazgo de hipertensión arterial encontrado por el médico (26 %), los cuales representan en conjunto más de la mitad de las causas de toma de ECG. Se observa que solo en porcentaje muy bajo

# DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL

## ASESORAMIENTO CARDIOLÓGICO A TRAVÉS DE LA TELEMEDICINA

Tabla 1

Distribución de los equipos de telemedicina en los diferentes localidades urbanas y suburbanas del estado Lara

Hospital De Quibor Hospital De Tocuyo Hospital De Sanare Hospital De Duaca Hospital De Carrusieña Hospital De Siquisique Hospital De Carora Dr Pastor Oropeza Hospital Dr. Antonio Maria Pineda Hospital Pediatrico Dr Agustin Zubillaga Ambulatorio De Cabudare Ambulatorio Tipo Iii Daniel Camejo Acosta Ambulatorio Tipo Iii Carora	Ambulatorio De Sarare Ambulatorio Bobare Ambulatorio Cubiro Ambulatorio Eneal Ambulatorio Santa Ines Ambulatorio Atarigua Ambulatorio La Miel Ambulatorio Rio Claro Ambulatorio Humocaro Alto Ambulatorio Humocaro Bajo Ambulatorio Guárico
---	---

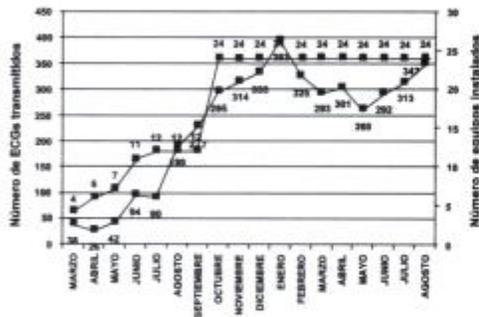


Figura 1. Desempeño y curso temporal de la trasmisión de ECGs y de la dotación de equipos en los 23 centros del Estado Lara, en el período marzo 2006-agosto 2007.

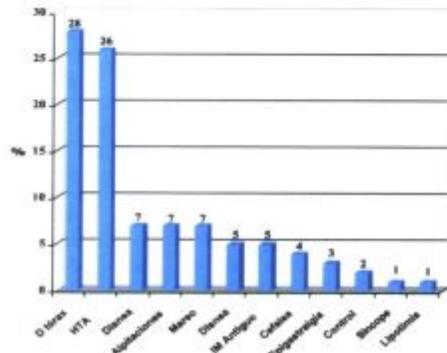


Figura 2. Motivo de la toma de los ECGs en los casos analizados. Los motivos de la toma de ECGs con frecuencia fueron más de uno. D Tórax: dolor torácico; HTA: Hipertensión arterial; IM antiguo: Infarto del miocardio antiguo.

(9 %) los ECGs se tomaron como un estudio de control de pacientes sin síntomas para el momento del registro.

El 65 % de los ECGs presentaron alguna anomalía. En esta categoría no se incluyen los ECG que presentaba taquicardia o bradicardia sinusal como única alteración.

La Figura 3 muestra que los trastornos más frecuentemente encontrados corresponden a trastornos de la conducción en todos sus grados 28 %, crecimiento de cavidades 22 %, alteraciones de tipo isquémico 21 % y trastornos del ritmo 19 %. Dentro de los trastornos del ritmo, el hallazgo más frecuente encontrado fue la fibrilación auricular

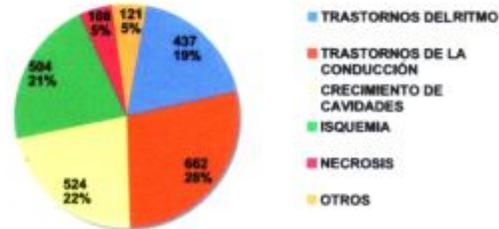


Figura 3. Prevalencia de las diferentes alteraciones encontradas en los 2 022 ECGs que presentaban anomalías. Se excluyeron del análisis el diagnóstico de bloqueo de rama derecha incompleto o de bajo grado.

(34 %), la cual, en conjunto con el "flutter" auricular (6 %), representa el 40 % de los trastornos del ritmo encontrados, como se observa en la Tabla 2. En el caso de los trastornos de conducción, el más frecuente encontrado fue el hemibloqueo anterior izquierdo (35 %), seguido del bloqueo completo de rama derecha (23 %).

La Figura 4 muestra los crecimientos de cavidades encontrados en esta población. Se observa que más de la mitad de las alteraciones estuvo constituida por crecimiento del ventrículo izquierdo

(61 %), sea por alteraciones solo del voltaje o por alteraciones del voltaje y la repolarización.

La Figura 5 describe la frecuencia de alteraciones electrocardiográficas que implicaron una actuación inmediata por parte del médico tratante, por tratarse de cuadros paroxísticos, agudos o de gravedad. Dentro de ellos, la más frecuente fue la presencia de signos de isquemia miocárdica aguda sugestiva de un accidente coronario agudo (47 %) seguida por la fibrilación auricular (38 %).

Tabla 2

Trastornos del ritmo y trastornos de la conducción, encontrados en la muestra analizada. Se excluyeron los casos de bloqueo de rama derecha de bajo grado o incompletos

Trastornos del ritmo	%	Trastornos de la Conducción	%
Fibrilación auricular	34	BSARIHH	35
Extrasístoles ventriculares	21	BCRDHH	23
Extrasístoles auriculares	14	BCRIHH	19
Flutter auricular	6	BAV de 1er Grado	17
Arritmia sinusal	6	BAV de 3er Grado	2
Taquicardia supra paroxística	5	Bloqueo intraventricular	1
Ritmo auricular ectópico	3	PR corto	1
Marcapaso auricular variable	3	Wolf Parkinson White	1
Fibrilación ventricular	1	Pausa o paro sinusal	1
Taquic. supra no especificada	1	BSPHH	<1
Otros ritmos	6	Síndrome de Brugada	<1
		BCRD sugestivos de Brugada	<1

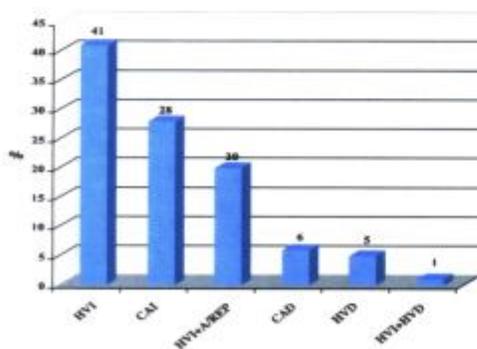


Figura 4. Crecimiento de cavidades cardíacas encontrado en la muestra analizada. Los ECGs con crecimiento del ventrículo izquierdo están desglosados en los que tiene solamente criterios de voltaje y los que además tienen alteraciones de la repolarización.

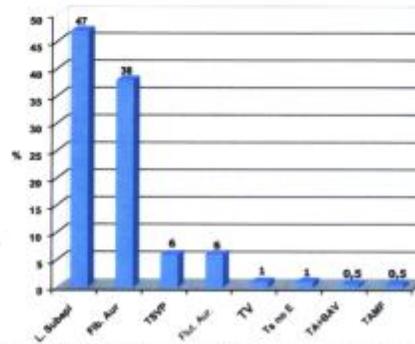


Figura 5. ECGs en los que el diagnóstico electrocardiográfico implicó una conducta o recomendación terapéutica inmediata. L. Subepi: lesión subepicárdica; Fib. Aur: fibrilación auricular; Flut. Aur: flutter auricular; TV: taquicardia ventricular; Taquicardia supraventricular no especificada; TA+BAV: taquicardia auricular + bloqueo AV; TAMF: taquicardia auricular multifocal.

## DISCUSIÓN

La transmisión de ECGs por vía telefónica es una técnica usada desde hace casi tres décadas en el mundo. Sin embargo, en nuestro medio, esta técnica ha tenido un uso muy limitado. Como el ejemplo más notable está el desarrollo que se realizara hace casi dos décadas en el Centro Cardiovascular del Estado Lara (Ascardio). Con un sistema diseñado en ese mismo centro, se transmitían ECGs con el objeto de realizar el diagnóstico de arritmias, mediante la transmisión de los trazados a la central de Ascardio. Esta práctica duró algún tiempo y no se utilizó más. Es de señalar que el sistema permitía el diagnóstico de arritmias solamente, porque no era un sistema de transmisión de las 12 derivaciones del ECG. Más recientemente ha habido otros intentos similares, que aún persisten, sobre todo para la detección de arritmias. Existen otras experiencias en el país muy limitadas.

A nuestro conocer, el sistema empleado por nosotros constituye el primero, y el que ha tendido más difusión hasta el momento, de transmisión de ECGs con las 12 derivaciones, de manera que permite no sólo la detección de arritmias, sino también de modificaciones morfológicas, orientando el diagnóstico de crecimientos de cavidades, alteraciones de tipo isquémico que permiten diagnosticar la presencia de un episodio de infarto agudo del miocardio, así como también, bloqueos de rama, disturbios hidroelectrolíticos, sospecha de síndrome de Brugada o funcionamiento notoriamente inadecuado de un marcapaso implantado.

Cuando se analiza el motivo por el cual se realizaron las transmisiones, se observa un predominio muy marcado de alteraciones como hipertensión arterial, dolor torácico y palpitaciones. Es de recordar que estos estudios se han realizado en pacientes que acuden a los centros urbanos o rurales, con alguna sintomatología. En pocas ocasiones, en nuestra casuística, los ECGs fueron tomados en pacientes que no tenían síntomas y que acudían al ambulatorio u hospital para un control.

Cuando se analiza las características de los

ECGs tomados, se observa que la mayoría de ellos presentaba alguna alteración y los ECGs normales eran menos frecuentes. Este hecho obedece a varias razones. En primer lugar, como ya se señaló, los ECGs eran tomados a pacientes que acudían con algún síntoma o eran cardiopatas conocidos. En segundo lugar, en muchos de los centros que transmiten ECGs, existen equipos convencionales, por lo cual con frecuencia se toman ECGs a pacientes con estos, y de resultar ellos absolutamente normales, no se toma un ECG para transmitir. Este último con frecuencia se realiza sólo en el caso que en médico general observe alguna alteración que requiere, a juicio de él, la intervención de un especialista.

Las alteraciones más frecuentemente encontradas corresponden a trastornos del ritmo y de la conducción, que en conjunto llegan casi al 50 % del total de alteraciones. Dentro de los trastornos del ritmo aparecen la fibrilación auricular y el "flutter auricular" como las condiciones más frecuentemente encontradas, alcanzando ellas prácticamente el 40 % de los trastornos del ritmo. Este hecho es de interés, pues aunque este estudio no constituye una muestra poblacional, que permita evaluar la prevalencia de determinada patología, pone en evidencia lo frecuente que estas entidades se presentan, lo cual coincide con lo reportado en la literatura<sup>(6)</sup>. Tratándose de alteraciones que requieren una conducta terapéutica, muchas veces inmediata, es importante el hallazgo de una arritmia con una prevalencia tan elevada en la población que acude a control en el Estado Lara. Este hecho debería alertar a las autoridades sobre la importancia del conocimiento por parte de los médicos generales y la existencia de recursos adecuados para el manejo de esta condición en los centros urbanos y rurales del estado.

Dentro de los trastornos de conducción, se excluyeron los ECGs con bloqueo de rama derecha de bajo grado, complejos polifásicos en derivación V1, no claramente diagnósticos de bloqueo de rama derecha. El bloqueo completo de rama derecha, aislado o con hemibloqueo anterior se presenta con una alta frecuencia en la muestra actual. En este punto debemos recordar que el Estado

Lara constituye una zona de alta prevalencia de enfermedad de Chagas que como se sabe, con frecuencia se acompaña de este tipo de trastorno de la conducción<sup>(7)</sup>.

En lo que se refiere a la presencia de crecimiento de cavidades, es importante señalar que el crecimiento de ventrículo izquierdo se presentó con gran frecuencia (más de la mitad de los ECGs analizados), al igual que el crecimiento de aurícula izquierda. Es de recordar que estas alteraciones se presentan en la cardiopatía chagásica, pero también en pacientes con hipertensión arterial y cardiopatía isquémica. En el caso específico de la hipertensión arterial, se sabe que la prevalencia de ella en el estado Lara está alrededor del 20 %<sup>(8)</sup>, lo cual pudiera ser un factor importante para la alta frecuencia de alteración de las cavidades izquierdas encontrada en nuestra muestra.

Un punto importante a señalar es el volumen de pacientes en los cuales el diagnóstico electrocardiográfico realizado acarrea una conducta inmediata, sea una acción terapéutica, a la mano del médico general o un traslado inmediato del paciente. En la muestra esta situación se presentó en 433 pacientes. Como se mostró en los resultados la mayoría de estos casos correspondieron a isquemia aguda y fibrilación auricular. En este contexto, es importante recordar, que la asistencia que la telemedicina da a los médicos generales, no solo se refiere al diagnóstico electrocardiográfico, sino que en los casos que requieren una conducta inmediata, hubo intervención de los especialistas de telemedicina, mediante la conversación directa con los médicos tratantes, a los cuales se les hicieron sugerencias y se les dio orientación sobre la conducta más conveniente a seguir. Este asesoramiento constituye a nuestro entender, el valor agregado fundamental de la actividad de telemedicina que se está practicando, pues se da al médico general la oportunidad de discutir el caso con el especialista y asesorarlo sobre la toma de decisiones más adecuadas en la situación de emergencia.

Este asesoramiento, ha redundado seguramente en una más rápida atención o solución de los problemas de los pacientes, sea cuando se sugiere una terapia determinada, como cuando se toma la

decisión de no referir algún paciente a un centro dotado de especialistas, lo cual seguramente ha contribuido en alguna medida a evitar la afluencia exagerada y muchas veces innecesaria a los centros urbanos.

Por último, la recepción de los ECG diagnosticados por parte de los médicos generales desde un centro especializado, y eventualmente acompañado de sugerencias de conducta y enseñanza de las implicaciones del estudio, representa un procedimiento de aprendizaje continuo en electrocardiografía y en atención cardiológica para este personal, que en su mayoría se encuentra en período de formación.

#### CONCLUSIONES

El presente estudio muestra la factibilidad de la realización de un programa de transmisión de electrocardiogramas en áreas urbanas y suburbanas. El material obtenido y transmitido ha permitido el apoyo a los médicos generales en el manejo y orientación de los pacientes, mediante el asesoramiento de los especialistas en cardiología, tanto en caso de requerirse una conducta inmediata, como en la orientación de los pacientes a quienes electivamente se les realiza un ECG como parte de su evaluación médica. El sistema permite además una enseñanza continua de la electrocardiografía a los médicos generales a cargo de los centros de medicina general.

#### LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio no permite realizar un análisis de prevalencia de las diferentes alteraciones o trastornos encontrados en el ECG pues se trata de una muestra de personas que acudieron a los centros, la mayoría con alguna sintomatología y no de una muestra poblacional. La alta frecuencia de presentación de algunas alteraciones, tales como la fibrilación auricular, sugiere sin embargo, una alta prevalencia de esta entidad, lo cual se corresponde a lo reportado en la literatura.

#### LIMITACIONES DEL SISTEMA

El sistema de ECG tele transmitido depende críticamente de la existencia de un sistema de comunicación adecuado y de la existencia de un sistema de recepción dotado de fax o internet. Con frecuencia los estudios deben ser repetidos por problemas en la transmisión telefónica de la señal. Esto explica en buena medida la lentitud que ha habido en la implementación del sistema en el estado Lara como la utilización del mismo muy por debajo de las capacidades del sistema.

Otra limitación de este sistema es la dificultad o casi imposibilidad que existe para hacer un seguimiento de los pacientes una vez que se realiza el ECG, se hace el diagnóstico y se sugiere una conducta determinada. El seguimiento sería útil, tanto para enriquecer la base de datos, como para suministrar información al médico referente sobre el destino final del paciente al cual se le practicó el ECG.

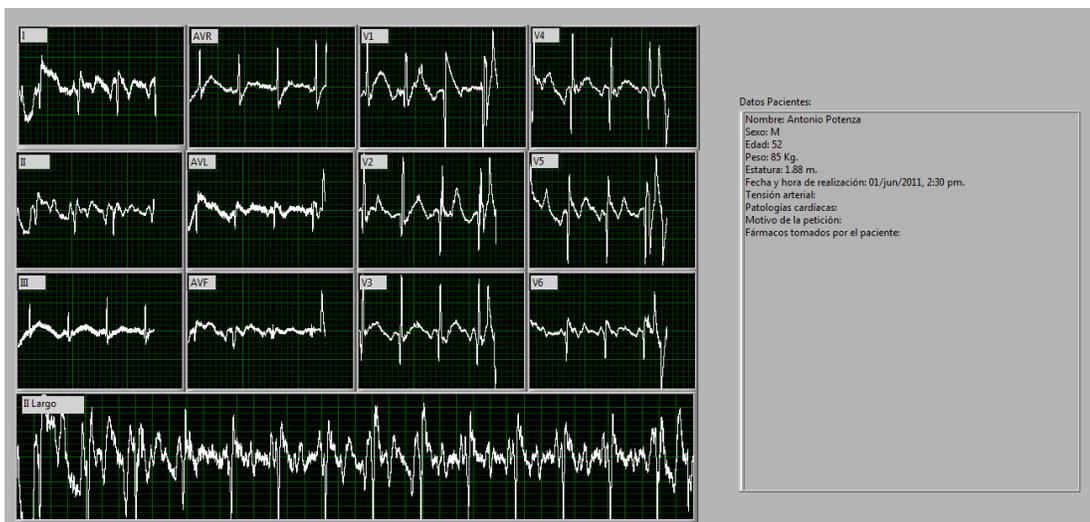
#### REFERENCIAS

1. Lang R, David D, Sareli P, Klein OH, Di Segni E, Kaplinsky E. Transtelephone electrocardiogram transmission in the management of arrhythmias outside the hospital. *Procedente del VII European Congress of Cardiology*; París: 1980.
2. Shanit D, Cheng A, Greenbaum RA. Telecardiology: Supporting the decision-making process in general practice. *J Telemed Telecare*. 1996;2:7-13.
3. Reifart DN, Weil J, Gohring S. Transtelephonic 12 lead-EKG device for EKG monitoring, recording and transmission. Red-cross Hospital in Frankfurt/Mainz and the Airport Medical Center Munich Airport. <http://www.aerotel.com/en/images/products/Publications/CardioSafe%20Prof.D.N..PDF>
4. ITMS Telemedicina de Chile [homepage de Internet] [Citada 2008 Feb 15] Disponible en: <http://www.itms.cl>
5. Octavio JA, López A, Reyes Y, Castellanos D, Linares G, Aguirre D, et al. Un estudio de validación del equipo de teletransmisión de ECG de 12 derivaciones Aerotel Heart-View P12/8. *Avances Cardiológicos*. 2005;25(Supl 1):27-28.
6. Fuster V, Rydén LE, Cannom DS, Crijns HJ, Curtis AB, Ellenbogen KA, et al. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation-executive summary. *Rev Port Cardiol*. 2007;26:383-446.
7. Quiroz, F, Morillo C, Casas JP, Cubillos LA, Chinchilla M, Silva FA. Clinical, electrocardiographic and echocardiographic characteristics of Chagas cardiomyopathy in Santander's State (Colombia) population. *Rev Colomb Cardiol*. 2006;13:149-153.
8. Schargrodsky H, Hernández-Hernández R, Champagne BM, Silva H, Vinuesa R, Silva Aycaguer LC, et al. CARMELA: Assessment of cardiovascular risk in seven Latin American cities. *Am J Med*. 2008;121:58-65.

## ANEXO B

Electrocardiogramas de doce derivaciones obtenidos al procesar las muestras de los diez pacientes sujetos a estudio.

- **Sujeto 1:**



- **Sujeto 2:**

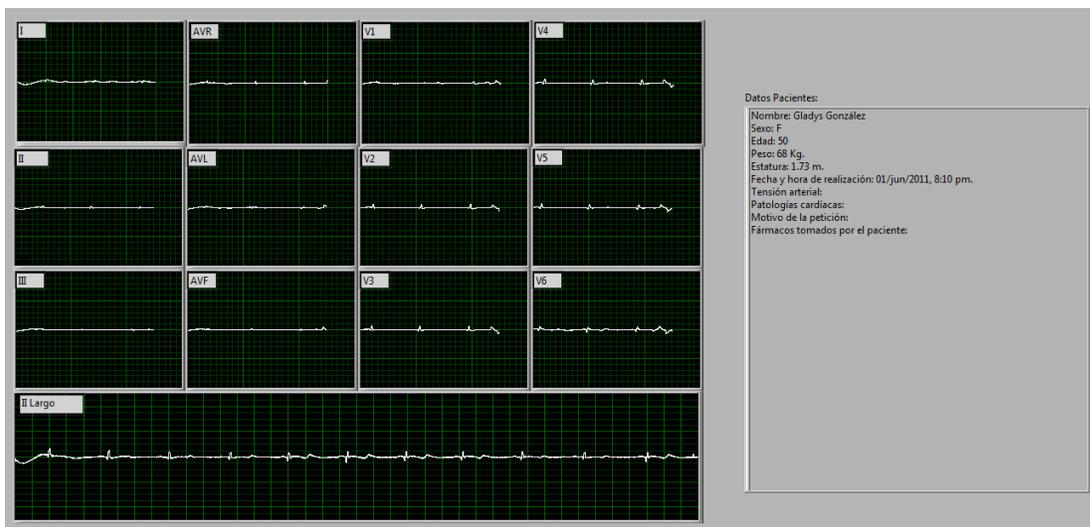


- **Sujeto 3:**

## DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL



- **Sujeto 4:**

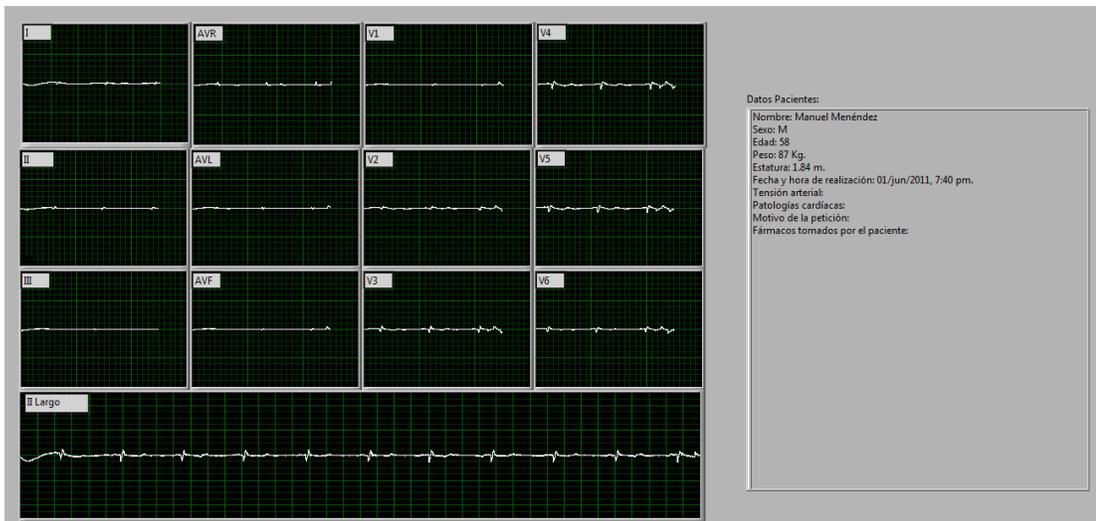


- **Sujeto 5:**

## DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL

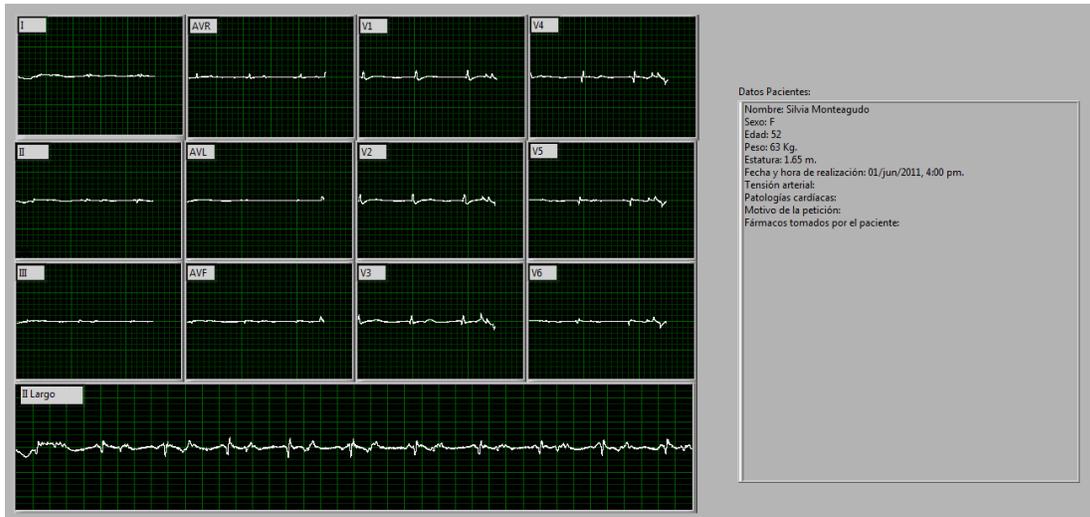


### • Sujeto 6:

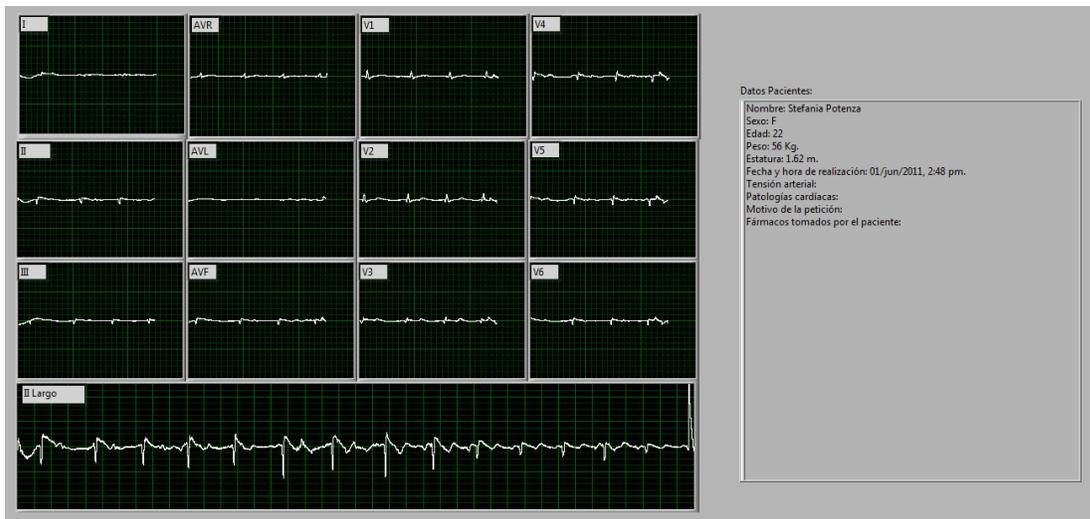


### • Sujeto 7:

# DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL

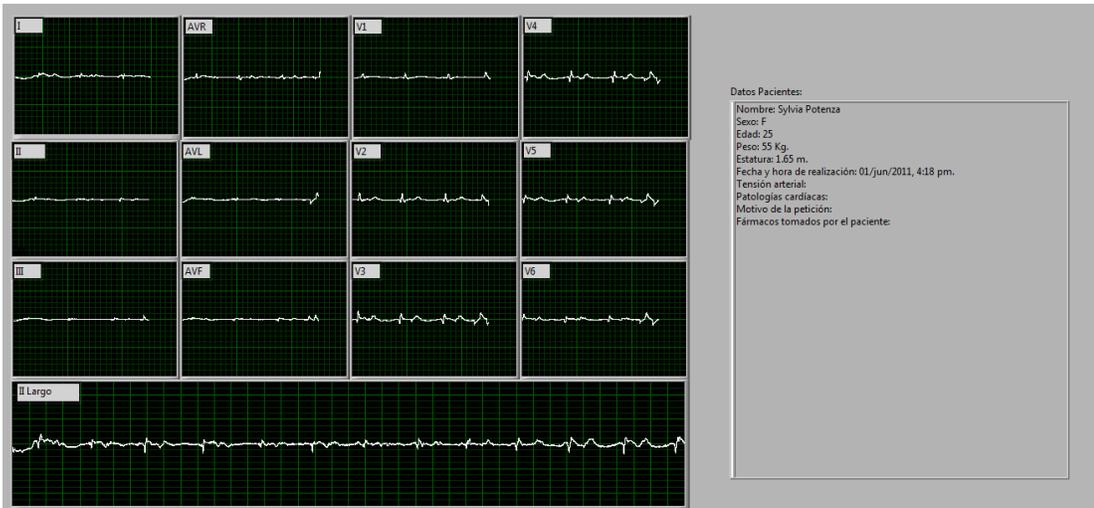


## • Sujeto 8:



## • Sujeto 9:

## DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA PARA TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE ECG DESDE UN TERMINAL MÓVIL



- **Sujeto 10:**



## ANEXO C

### Tele-Electrocardiografía

Tele-electrocardiografía al alcance de todos.

Durante el Siglo XX la tecnología evolucionó de forma hasta llegar a la portabilidad total de los dispositivos médicos y lograr equipos de reducido tamaño que posibilitan la conexión del paciente, el registro y la transmisión de un ECG a cualquier lugar, sin restricción de distancia ni tiempo.

La tecnología que emplea ITMS Venezuela corresponde a los últimos avances disponibles en el campo de la electrocardiografía y permite al médico tratante obtener en minutos el resultado de un ECG informado por un cardiólogo y dispone de interconsulta a requerimiento; así el paciente obtiene de inmediato el complemento a su diagnóstico y el médico tratante evita la inter-consulta a terceros, entregando a su paciente un servicio integral.



Cómo funciona la Tele-Electrocardiografía

El sistema opera en forma simple: cuando el médico tratante plantea una hipótesis de cardiopatía, registra en el dispositivo el ECG del paciente, luego transmite, la señal acústica al Centro Telemédico de ITMS, donde el trazado es evaluado por el medico especialista y posteriormente recibe el resultado, el que complementa los datos clínicos, obteniendo así el cuadro completo para realizar un diagnóstico integral.

Flujograma Tele-Electrocardiografía



## Tele-Electrocardiografía

### Ventajas del Sistema de Tele-Electrocardiografía

La amplia aceptación de nuestro servicio está sustentado en sus principales atributos: "confianza del sistema", "tecnología de vanguardia", "apoyo de médico especialista", oportunidad del informe", "calidad del informe", "innovación", "bajos costos de operación", control del riesgo de mal praxis" y facilidad de uso del equipo". En estas características se sustenta el modelo de servicios que le permite a las instituciones de salud dar un paso cualitativo en la atención de sus pacientes.

En la Práctica, sin importar en el lugar donde se encuentre, el paciente puede contar con el apoyo de un médico especialistas de primer nivel para el diagnóstico o monitoreo de las cardiopatías o controles médicos, urgencias, exámenes pre-quirúrgicos, etc.

El equipo está garantizado contra fallas técnicas y, por tratarse de una unidad integrada y sellada, no requiere de mantención especial. Frente a una falla técnica, el equipo no se repara, ITMS lo reemplaza por una unidad operativa, sin costo para el usuario.

### Disponibilidad del servicio

El equipo médico está disponible de lunes a viernes de 7:00 a 19:00 horas para entregar, a requerimiento médico tratante, segunda opinión o interconsulta con objeto de precisar el diagnóstico o aportar mayores antecedentes para optimizar los tiempos de decisión y tratamiento del paciente.

Entre otras características, ITMS entrega análisis comparativo para pacientes con más de un ECG registrado en la base de datos de ITMS; el servicio contempla el análisis comparativo por derivación seleccionada, entre los dos últimos ECG o entre uno anterior y el último. Esta técnica es útil tratándose de monitorear la evolución de un paciente para pesquisar cambios en ECG.

Calibración automática del dispositivo. A diferencia de los equipos tradicionales, el dispositivo que emplea ITMS no necesita calibración periódica, el sistema la efectúa automáticamente, previa a la transmisión y recepción de un nuevo trazado.

### Informe Tele-Electrocardiografía

ITMS TELEMEDICINA DE VENEZUELA					
Compañía	IDM	Nombre	Apellido	Sexo	Edad
ITMS Venezuela	1.111.111.7	Test	Test	Hombre	33
Respuesta ECG médico que hace de intérprete					
Trazado Normal		Dr. José Andrés Octavio			
1	aVR	V1	V4		
2	aVL	V2	V5		
3	aVF	V3	V6		
4					
5					



Qta. Asunción, Planta Alta  
6ª Avenida entre 6ª y 7ª Transversal  
Altamira, Caracas - Venezuela.  
Teléfono: (0212) 263. 62. 14/ 57. 86  
Fax: (0212) 263. 82.09  
email: itmsvenezuela@cantv.net

The virtual lifeline

## ANEXO D



### 5. PROCEDIMIENTO RESUMIDO PARA TOMAR UN ECG

#### Electrocardiógrafo Cardiette®

El Electrocardiógrafo, es un equipo digital portátil que permite registrar un trazado electrocardiográfico de 12 derivaciones con la misma confiabilidad de un equipo electrocardiográfico tradicional.

#### **Los Cables**

El Electrocardiógrafo Cardiette posee 10 cables. La colocación de los electrodos se identifica fácilmente por su color y código. El conector de los cables al equipo tiene una posición de conexión única. Limpiar las ventosas y brazaletes con alcohol y algodón diariamente.



#### **Las Luces**

El equipo tiene cinco luces, que indican; selección de tiempo (usar 2.5 segundos), trazado en memoria, trazado fibrilado o con artefactos, electrodo desconectado y batería que tiene baja su carga.

#### **Los Botones**

Este modelo tiene cuatro botones con cuatro funciones:

1. Interruptor principal y además sirve para borrar el trazado
2. Transmitir al registro vía telefónica una vez que el auricular está sobre el parlante del equipo.
3. Encendido y apagado
4. Registro de trazado



### **El Parlante**

El dispositivo posee un parlante que se encuentra ubicado en la parte frontal.

### **Alimentación Eléctrica**

El equipo utiliza 8 pilas AA alcalina, recomendamos la marca Duracell, ya que es blindada, y evita que se sulfaten los contactos.

### **Electrocardiógrafo Cardiette - Paso 1: Ubicar los Puntos**

Marcamos con un lápiz o plumón en el paciente los puntos V1, V2, V3, V4, V5 y V6 sobre los cuales ubicaremos el equipo. Esto facilitará la toma del examen y nos evitará tener que repetirlo. Con la práctica ya no será necesario tener que marcar al paciente y nos resultará más reconocible la ubicación de dichos puntos.

Para determinar V1 y V2, ubicamos el cuarto espacio intercostal, y marcamos un punto a cada lado de la línea del esternón, de manera simétrica. (V1 derecha y V2 izquierda)

Para determinar V3 y V4, primero ubicamos V4, para ello seguimos la línea media claviclar hasta llegar inmediatamente bajo la zona mamaria. En la mitad de este punto, y el punto V2 que marcamos anteriormente está V3. Finalmente para determinar los puntos V5 y V6: El punto V5 lo localizamos siguiendo la línea axilar anterior, inmediatamente bajo el músculo del pecho. El punto V6 lo localizamos en la parte superior de la línea axilar media.

### **Posición de los Electrodo**

Los electrodos se humedecen con gel y se adhieren a la piel del paciente para que permita un buen contacto. Posteriormente debemos iniciar el registro de las precordiales.

Ubicamos el electrodo ROJO en la muñeca derecha.

Ubicamos el electrodo AMARILLO, en la muñeca izquierda.

Ubicamos el electrodo VERDE en el tobillo izquierdo.

Ubicamos el electrodo NEGRO en el tobillo derecho.



**RECUERDE:** antes de fijar los electrodos, ubique los puntos, márquelos con un lápiz y humidézcalos con gel.

EU	
■ Rojo	muñeca Derecha
■ Amarillo	muñeca Izquierda
■ Negro	tobillo Derecho
■ Verde	tobillo Izquierdo
■ Rojo	Precordial V1
■ Amarillo	Precordial V2
■ Verde	Precordial V3
■ Café	Precordial V4
■ Negro	Precordial V5
■ Morado	Precordial V6

### Electrocardiógrafo Cardiette - Paso 2: Posición de los Electroodos

**C1 y C2:** Están ubicados en el cuarto espacio intercostal, a cada lado de la línea del esternón, de manera simétrica.

**C3 y C4:** primero ubicamos C4, para ello seguimos la línea media claviclar hasta llegar inmediatamente bajo la zona mamaria a la altura del 5to espacio intercostal. C3 se ubica entre los puntos C2 y C4.

**C5:** se localiza en el 5to espacio intercostal siguiendo la línea axilar anterior, inmediatamente bajo el músculo del pecho.

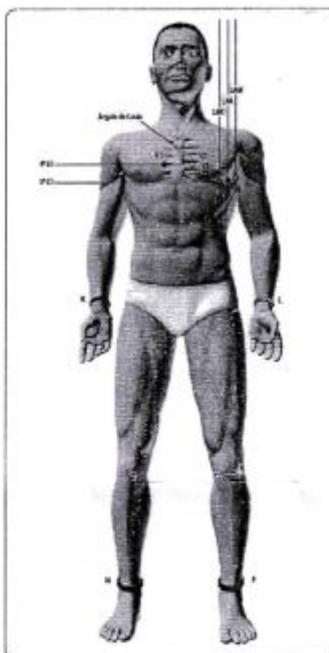
**C6:** se lo localiza a la altura del 5to espacio intercostal en la línea Axilar Media.

**R:** se ubica en la muñeca derecha.

**L:** se ubica en la muñeca izquierda.

**N:** se ubica en el tobillo derecho.

**F:** se ubica en el tobillo izquierdo.



### Electrocardiógrafo Cardiette - Paso 3: Lectura de las Precordiales

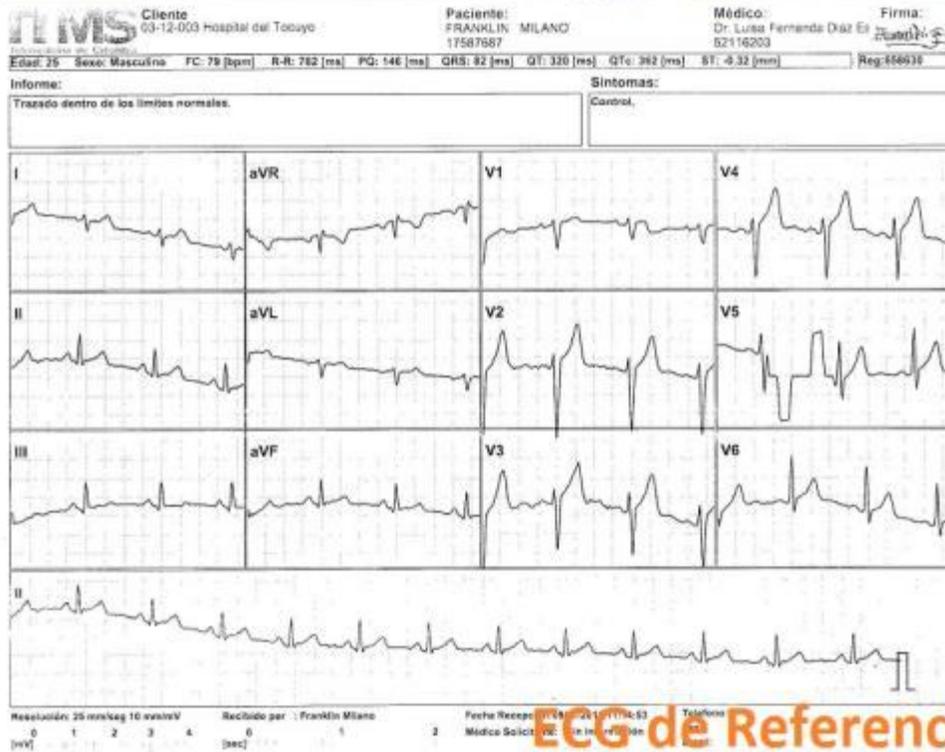
**NOTA IMPORTANTE:** Antes de tomar el registro verifique que la luz verde de trazado en memoria en el equipo, no este encendida, de ser así antes de tomar el nuevo registro debe borrarlo apagando y prendiendo el interruptor principal (botón lateral).

1. Presione el botón Encendido del equipo
2. Seleccione el valor del tiempo (2,5 segundos)
3. Presione botón de registro de trazado, quedando encendida una vez terminado la luz de trazado en memoria
4. Colocar el teléfono sobre el parlante del equipo y presione el botón de Inicio de transmisión telefónica.

## ANEXO E



## ANEXO F



## ANEXO G



## ANEXO H:



### Página Principal:

En la siguiente imagen se enumeran los elementos presentes en la página web principal.



**1:** Botón flash que posee un vínculo con una página introductoria que brinda al usuario una breve explicación sobre la telemedicina. Posee, además, un gráfico acerca del sistema de adquisición, procesamiento y diagnóstico desarrollado en la plataforma.

**2:** Botón flash que enlaza con el sistema de procesamiento remoto de la señal audible, diseñado en LabVIEW.

**3:** Botón flash que vincula con una página diseñada con la intención de que el usuario conozca el dispositivo Cardiette desde el cual se adquieren las muestras electrocardiográficas.

**4:** Tira de imágenes flash.



MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA WEB

Página introductoria del sistema de Telecardiología:

Se accede haciendo *click* en el botón **1** ubicado en la página principal.



Conoce tu ritmo, conoce tu riesgo



La telemedicina es la prestación de servicios de medicina a distancia. Esta incluye diagnóstico y tratamiento, además de educación médica. Es un recurso tecnológico que aplica conocimientos en las áreas de la medicina y las telecomunicaciones, permite la optimización de los servicios de atención en salud, disminuyendo tiempo y costo. Acerca a cardiólogo y paciente venciendo la barrera geográfica; de esta forma se logra la atención médica especializada en zonas distantes. La telemedicina presta los siguientes servicios:

Servicios complementarios e instantáneos a la atención de un especialista.  
Diagnósticos inmediatos por parte de un médico especialista en un área determinada.  
Educación remota de alumnos de las escuelas de enfermería y medicina.  
Servicios de archivo digital de exámenes cardiológicos, respiratorios, radiológicos, ecografías y otros.  
Todo esto se traduce en una disminución de tiempos entre la toma de exámenes y la obtención de resultados, o entre la atención y el diagnóstico certero del especialista, el cual no debe viajar o el paciente no tiene que ir a examinarse, reduciendo costos de tiempo y dinero.

La telemedicina posibilita la optimización de los servicios de atención en salud, disminuyendo tiempo y costos involucrados.

**6**



**5:** Gráfico del sistema diseñado e implementado para el envío, procesamiento y diagnóstico de ECG.

**6:** Breve concepto de Telemedicina.



### Página de procesamiento remoto de la señal en LabVIEW:

Se accede haciendo *click* en el botón **2** ubicado en la página principal.

Se presenta un instructivo que orienta al usuario para solicitar el control remoto del sistema de procesamiento desarrollado en LabVIEW, explica como introducir las muestras y los datos correspondientes a los pacientes al sistema y por último indica que botón debe presionarse para comenzar el procesamiento.

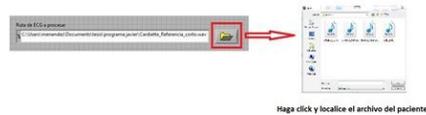
Para procesar el electrocardiograma debe seguir las siguientes instrucciones:



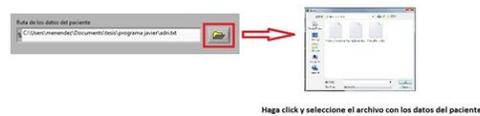
1. Debe solicitar acceso remoto al servidor de LabVIEW



2. Seleccione el electrocardiograma que desea procesar, el cual está identificado con el nombre del paciente



3. Seleccione el archivo identificado con el nombre del paciente



4. Corra el sistema de procesamiento del ECG





MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA WEB

Haciendo click al botón **procesar** ubicado en esta página se accede directamente al servidor de LabVIEW donde, siguiendo las instrucciones, se procesarán los electrocardiogramas.





## Página introductoria al electrocardiógrafo Cardiette:

Se accede haciendo *click* en el botón **3** ubicado en la página principal.



Un electrocardiógrafo es un aparato electrónico que capta y amplifica la actividad eléctrica del corazón a través de electrodos colocados en las 4 extremidades y en 6 posiciones precordiales. El registro de dicha actividad es el electrocardiograma.

El electrocardiógrafo marca Cardiette registra el exámen medico en un tono audible y lo almacena en una memoria temporal, posee una pequeña bocina por la cual es reproducido dicho tono de manera que pueda ser grabado por algún dispositivo para posteriormente colocarlo en la WEB y recibirlo en una estación PC

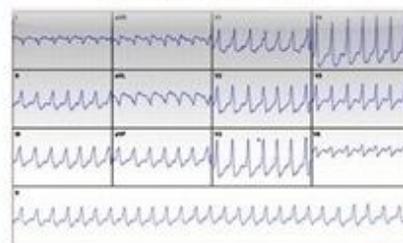
**7**

**8**

ELECTROCARDIOGRAMA OBTENIDO DEL  
ELECTROCARDIOGRAFO CARDIETTE

 ecg 3 Cardiette.wav

ELECTROCARDIOGRAMA TRADICIONAL  
REPRESENTACIÓN GRÁFICA



**9**

**7:** Breve explicación acerca del electrocardiográfico Cardiette.

**8:** Sonido proveniente del electrocardiógrafo Cardiette.

**9:** Imagen de un electrocardiograma convencional de 12 derivaciones