



**MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS Y DISEÑO E  
IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR DEL COMPLEJO  
QRS EN ELECTROCARDIOGRAFIA EN EL HOSPITAL CIVIL DE IPIALES  
E.S.E.**

**HAROLD HERNAN MUÑOZ ROSERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2009**

**MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS Y DISEÑO E  
IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR DEL COMPLEJO  
QRS EN ELECTROCARDIOGRAFIA EN EL HOSPITAL CIVIL DE IPIALES  
E.S.E.**

**HAROLD HERNAN MUÑOZ ROSERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Electrónico**

**Director  
Ing. Edgar Andrés Calvache García**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2009**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**San Juan de Pasto, Octubre 20 de 2009**

Dedicado a la persona que me ha brindado  
todo el apoyo, respeto y sabiduría. Gracias  
por el esfuerzo que siempre has  
desempeñado en mí.  
A ti, Padre

*“No hay que confundir nunca el  
conocimiento con la sabiduría. El  
primero nos sirve para ganarnos la vida;  
la sabiduría nos ayuda a vivir.”*

*Corcha Carey*

## **RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el proyecto de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1, Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y hermanos por compartir y dedicar gran parte de sus vidas conmigo y por darme aliento para la ardua tarea de caminar hacia la perspectiva de un nuevo día.

A mis amigos, por su sincera amistad y por el infinito aprecio que día a día he recibido de su parte. Particularmente a Luis Felipe Morales Mendoza, Mario Miguel Ruiz Márquez y Juan Carlos Cifuentes Delgado con quienes compartí los buenos y malos momentos de mi formación profesional.

Como olvidar la sonrisa, la sinceridad y el apoyo de Nury Esmeralda Barco Cabrera. Amiga y compañera inseparable en los momentos más difíciles de mi carrera. Siempre le recordaré.

Al personal docente de la Universidad de Nariño, por su invaluable contribución y constante motivación durante mi proceso de formación profesional, y especialmente, en el desarrollo del presente proyecto.

Al personal directivo y técnico del área de ingeniería hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E., en especial a Álvaro Leonel Rosas por todo el compañerismo, la colaboración y la experiencia puesta a mí servicio.

A todos aquellos que me regalaron una sonrisa desinteresada, a todos aquellos que me tendieron la mano en los momentos difíciles, a todos aquellos que han puesto de su parte para que el trajín diario sea más llevadero, a todas las personas que de una u otra forma han aportado a mi vida todo su cariño y sabiduría.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. REFERENTES DEL PROYECTO	17
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO	17
1.2 MODALIDAD	17
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. MARCOS	19
3.1 MARCO CONCEPTUAL	19
3.2 MARCO REFERENCIAL	21
4. METODOLOGÍA	22
5. GESTIÓN TECNOLÓGICA EN EL HOSPITAL CIVIL DE IPIALES E.S.E	23
5.1 INVENTARIO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS	24
5.2 ACTUALIZACIÓN DE HOJA DE VIDA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS	25
6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS	27
6.1 ASPIRADOR MÉDICO	27
6.2 BOMBA DE INFUSIÓN VOLUMÉTRICA	30
6.3 CENTRIFUGA	31
6.4 ELECTROCARDIOGRAMA	34



6.5 ESFIGMOMANOMETRO ANEROIDE	36
6.7 INCUBADORA PARA INFANTES	38
6.8 LAMPARA DE FOTOTERAPIA	40
6.9 MONITOR DE SIGNOS VITALES	42
6.10 MAQUINA DE ANESTESIA	45
7. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL PROTOTIPO DE GENERADOR DEL COMPLEJO QRS EN ELECTROCARDIOGRAFIA	49
7.1 CONCEPTOS GENERALES EN ELECTROCARDIOGRAFIA	49
7.1.1 El ECG	49
7.1.2 Derivaciones electrocardiográficas	51
7.2 DESCRIPCION DEL PROTOTIPO	54
7.3 APLICACIONES DE DISEÑO	54
7.4 IMPLEMENTACION Y SOMETIMIENTO A PRUEBAS	62
8. ACTIVIDADES ADICIONALES	65
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	66
10. CONCLUSIONES	67
11. RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	71

## LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Registro en inventario: Aspirador medico	26
Tabla 2. Registro en inventario: Bomba de infusión volumétrica	28
Tabla 3. Registro en inventario: Centrífuga	30
Tabla 4. Registro en inventario: Electrocardiógrafo	32
Tabla 5. Registro en inventario: Esfigmomanómetro	34
Tabla 6. Registro en inventario: Incubadora para infantes	36
Tabla 7. Registro en inventario: Lámpara de fototerapia	39
Tabla 8. Registro en inventario: Monitor de signos vitales	40
Tabla 9. Registro en inventario: Maquina de anestesia	44

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Ondas segmentos e intervalos de un ECG normal	50
Figura 2. Triangulo de Einthoven	51
Figura 3. Derivaciones bipolares de las extremidades	52
Figura 4. Representación de las derivaciones monopolares de los miembros	52
Figura 5. Representación de las derivaciones aVR, aVL y aVF	53
Figura 6. Representación de las derivaciones precordiales	53
Figura 7. Diagrama en bloques: Prototipo de generador del complejo QRS	55
Figura 8. Circuito de generador de señal digital	56
Figura 9. Circuito convertidor digital/analógico de resistencias ponderadas	57
Figura 10. Diferenciador RC. a) Circuito diferenciador C/R, b) formula asociada al circuito	58
Figura 11. Señales de entrada y salida de un tren de pulsos en un circuito diferenciador RC	59
Figura 12. Circuito integrador RC. a) Circuito integrador R/C, b) Señales de entrada y salida de un tren de pulsos.	59
Figura 13. Circuito conversor D/A y atenuación de la señal resultante a 1milivoltio	60
Figura 14. Generación de las ondas P y T con amplitud aproximada de 1V y 2.2V respectivamente	61
Figura 15. Generación del complejo QRS con amplitud aproximada de 3.8 V	62
Figura 16. Complejo PQRST generado mediante simulación del circuito final	62

Figura 17	Diseño de armadura: Prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica	63
Figura 18.	Prueba de funcionamiento mediante osciloscopio. Prototipo generador del complejo QRS	63
Figura 19.	Señal de prueba impresa en electrocardiógrafo CARDIMAX FX2111	64

## LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Formato De documentos para registro y seguimiento del mantenimiento preventivo a equipos biomédicos (a) Hoja de vida, (b) Registro de mantenimiento.	72
Anexo B. Aspirador medico, marca THOMAS, modelo 1130. (a) Aspirador, (b) Filtro hidrofóbico, (c) frasco colector.	74
Anexo C. Bomba de infusión volumétrica, marca BAXTER, modelo Flo-Gard 6200.	75
Anexo D. Centrifuga, marca CLAY ADAMS, modelo COMPAT II	75
Anexo E. Electrocardiógrafo, marca CARDIMAX, modelo FX2111. (a) Electrocardiógrafo, (b) Salida de tira de papel milimetrado, (c) Cables ECG.	76
Anexo F. Esfigmomanómetro aneroide, marca Welch Allyn Tycos, modelo CE0050.	77
Anexo G. Incubadora para infantes, marca MEDIX, modelo PC 305.	77
Anexo H. Lámpara de fototerapia, marca ATOM, modelo PIT 220-TLR.	79
Anexo I. Monitor de signos vitales, marca CRITIKON, modelo DINAMAP PLUS. (a) Monitor de signos vitales, (b) conector circuito – paciente del módulo de monitorización cardiaca, (c) manguitos para monitorización de presión arterial, (d) electrodos para monitorización de temperatura periférica, (e) sensores de saturación de oxígeno (SatO <sub>2</sub> ).	80
Anexo J. Maquina de anestesia, marca OHMEDA, modelo EXCEL 210 SE. (a) Maquina de anestesia, (b) vaporizador de gases anestésicos, modelo TEC 4, (c) ventilador para anestesia, modelo 7000, (d) circuito absorbedor de CO <sub>2</sub> (Canister), (e) circuito absorbedor de CO <sub>2</sub> (Válvulas inhalatoria - exhalatoria)	81
Anexo K. Guía de funcionamiento: Prototipo de generador del complejo QRS	83

## **RESUMEN**

Los establecimientos de salud, tienen como política general el mejoramiento del nivel de salud de la población, utilizando como una de sus estrategias, el mejoramiento de la calidad de la atención integral de la salud. Este compromiso con la sociedad, en general, y con el paciente en particular, impone un reto para todos los servicios involucrados en el quehacer de la salud; de entre los cuales no escapa el servicio de conservación y mantenimiento que debe brindarse a las instalaciones físicas y equipos, ya sea en una unidad de salud de la zona rural o en un hospital especializado de tercer nivel. Además, el desarrollo y aplicación de la investigación en ingeniería hospitalaria conlleva un beneficio en el ambiente clínico, pero además existe un impacto en el ambiente académico al contribuir a la formación de profesionales con conocimientos, capacidades y habilidades para mantenerse actualizados conforme a los avances científicos y tecnológicos en este campo de la ingeniería.

El presente documento constituye un resumen de las acciones adelantadas durante el desarrollo del proyecto de pasantía llevado a cabo en las instalaciones del Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Las labores aquí descritas están encaminadas, primordialmente, a la ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos adscritos a las áreas clínico – asistenciales de esta entidad prestadora del servicio de salud en conjunto con el diseño e implementación del prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica en bien de impulsar nuevas ideas en la universidad de Nariño en el campo de la electromedicina.

De igual manera, se detalla las labores efectuadas en cuanto a la esquematización y elaboración de documentos electrónicos correspondientes al registro y mantenimiento de equipos biomédicos, y demás actividades hechas en el contexto de una institución hospitalaria, tales como capacitaciones y actos educativos similares.

## **ABSTRACT**

Health facilities have as a general policy the improving of the population health, using as one of its strategies, improving the quality of comprehensive health care. This commitment to society in general and the particular patient, poses a challenge for all services involved in the work of health from which does not escape the upkeep and maintenance service to be enjoyed physical facilities and equipment, whether in a health unit in rural areas or in a specialized hospital of third level. Furthermore, the development and implementation of hospital engineering research involves a benefit in the clinical setting, but there is also an impact on the academic environment to contribute to the training of professionals with knowledge, skills and abilities to stay current with the advances scientists and technology in this field of engineering.

The present document constitutes a summary of the activities that were made during the development of the internship project at the Hospital Civil de Ipiales E.S.E. The labors here described are related, primary, at the preventive and corrective maintenance execution for biomedical equipments that belongs at the clinical areas of this health – promotion institution. Also the design and implementation of the prototype simulator of the QRS complex of an electrocardiographic signal in either encourage new ideas at the Nariño University in the field of electro-medicine.

Besides, are itemized the effectuated tasks that concerns at the making and schematization of electronic documents for the registry and maintenance of biomedical equipments, and other activities developed in the context of a medical institution, like vocational trainings and similar academic events.

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería electrónica aplicada a la medicina o ingeniería hospitalaria es la rama de la Bioingeniería que se ocupa de la Gestión Tecnológica Hospitalaria cuyo objetivo fundamental es alcanzar una atención de excelencia a costos razonables, mediante el empleo racional y eficiente de la tecnología. En otras palabras, consiste en la correcta planificación, aplicación y desarrollo de las técnicas utilizadas en los exámenes y tratamientos médicos, así como el control de calidad de los equipos empleados y el control y prevención de los riesgos asociados.

Durante los últimos años la medicina ha presentado avances muy significativos en Colombia gracias a la utilización de tecnologías de punta puestas al servicio de la salud. Este aporte tecnológico ha conllevado a un incremento significativo de los costos de los servicios de salud. Por esta razón, el proceso de gestión y mantenimiento de la tecnología hospitalaria se hace muy difícil y costoso por no contar con el personal suficientemente capacitado para realizar estas labores. Las dificultades anteriormente mencionadas han mostrado la necesidad de tener en el medio hospitalario unos profesionales, con formación interdisciplinaria, que hagan el puente entre el usuario médico y los fabricantes de equipos biomédicos. Estos profesionales deben ser capaces de manejar, desde el punto de vista técnico y económico, la Gestión Tecnológica Hospitalaria.

Como apoyo técnico en la gestión de los equipos y servicios de la tecnología biomédica, el profesional debe estar en la capacidad de resolver problemas e intervenir en el buen funcionamiento de los equipos, valiéndose de sus conocimientos como ingeniero ya sea apropiándose de juicios establecidos (manuales, guías tecnológicas etc.) ó mediante el planteamiento de diseños en busca de satisfacer una necesidad.

En el presente proyecto se registra las actividades de mantenimiento preventivo de equipos biomédicos y el diseño e implementación de un prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica, desarrolladas en el Hospital Civil de Ipiales E.S.E., mediante las cuales se evidencia la trascendencia de la aplicación de la electromedicina a fin de: asegurar el uso óptimo de los recursos tecnológicos con que cuenta la institución, adquirir competencia y preparación en la materia y crear espacios aptos para la investigación, aprendizaje y aplicación de conceptos en ingeniería, puestos al servicio de la comunidad académica y hospitalaria del departamento.



## **1. REFERENTES DEL PROYECTO**

### **1.1 TÍTULO DEL PROYECTO**

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS Y DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR DEL COMPLEJO QRS EN ELECTROCARDIOGRAFIA EN EL HOSPITAL CIVIL DE IPIALES E.S.E.

### **1.2 MODALIDAD**

Este proyecto se encuentra dentro de la modalidad de pasantía laboral, estipulada en el artículo 1° del Acuerdo No. 043 de 2002, Reglamento de Trabajo de Grado en la Facultad de Ingeniería.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar actividades de mantenimiento de equipos biomédicos en el Hospital civil de Ipiales E.S.E., en conjunto con la arquitectura de un prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica, con el fin de impulsar nuevas ideas en la universidad de Nariño en el campo de la electromedicina.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Adelantar el reconocimiento del mobiliario biomédico con el que están dotadas las diferentes áreas del Hospital Civil de Ipiales E.S.E., al igual que sus características de funcionamiento y mantenimiento, a partir de información existente en la entidad (manuales, hojas de vida, etc.).
- Mejorar el proceso de gestión tecnológica mediante la elaboración de documentos electrónicos (inventario de equipos y hojas de vida) que replacen los existentes en papelería y permitan mejorar: la distribución espacial del archivo y acceso a dicha información del área de Ingeniería Hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E..
- Ejecutar, específicamente para los equipos biomédicos que sean asignados en el plan (cronograma) de mantenimiento pertenecientes a diversas áreas del hospital, labores de mantenimiento preventivo acordes y sujetos a las necesidades del equipo y la institución, a los protocolos demarcados, ya sea por el fabricante o por la entidad, y consecuentes con la normatividad que regula el manejo de tecnología biomédica.
- Adquirir conocimiento y experiencia en el manejo de equipos biomédicos.
- Realizar el diseño e implementación del prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica, aplicando los conocimientos adquiridos en ingeniería electrónica en bien de impulsar nuevas ideas en la universidad de Nariño en el campo de la electromedicina.
- Adelantar labores conjuntas con el personal adscrito al área de Ingeniería Hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E..

### 3. MARCOS

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

El presente proyecto requiere previo conocimiento de conceptos en tecnología biomédica y gestión de mantenimiento para equipos biomédicos<sup>1</sup> así como nociones en electrocardiografía<sup>2</sup> para el diseño e implementación del prototipo de generador del complejo QRS. Estos aspectos importantes para la consecución del objetivo principal enmarcado en el proyecto, son los siguientes:

- **Entidad prestadora del servicio de salud.** Grupos de práctica profesional que cuentan con infraestructura física para prestar servicios de salud.
- **Servicio de salud.** Conjunto de servicios que se prestan al usuario en el marco de los procesos propios del aseguramiento, así como de las actividades, procedimientos e intervenciones asistenciales en las fases de promoción y prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación que se prestan a toda la población.
- **Tecnología biomédica.** Conocimientos científicos representados en medicamentos, dispositivos, equipos, y procedimientos médicos quirúrgicos utilizados en la atención en salud y los sistemas de administración y apoyo para proporcionarla.
- **Equipo biomédico.** Aparato o máquina, operacional y funcional, que reúna piezas eléctricas, electrónicas, mecánicas y/o híbridas, desarrollado para realizar las actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.
- **Gestión tecnológica hospitalaria.** Es un proceso sistemático de determinación y optimización de la razón costo/beneficio, efectividad, aseguramiento de la calidad, mantenimiento de la seguridad de la instalación y equipos médicos y no médicos con el objetivo de satisfacer las demandas siempre crecientes de los sistemas hospitalarios permitiéndole además ser más competitivo.
- **Mantenimiento de equipos biomédicos.** Actividad técnico-administrativa dirigida principalmente a prevenir averías y a restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, así como las actividades tendientes a mejorar el funcionamiento de un equipo.

---

<sup>1</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. DIRECCIÓN DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. Manual de evaluación y gestión de tecnología biomédica. Bogotá: 1997.

<sup>2</sup> CASTELLANO C Y COL. Electrocardiografía clínica, 2ª Ed. Madrid: Elsevier, 2004.

Tipos de mantenimiento:

- a) **Mantenimiento correctivo.** Conjunto de procedimientos utilizados para subsanar un equipo ya deteriorado, en otras palabras, es la ejecución de acciones para reparar elementos defectuosos por el mal funcionamiento o rendimiento de los equipos.
  - b) **Mantenimiento preventivo.** Inspección periódica a los equipos para evaluar su estado de funcionamiento e identificar fallas. Es la ejecución de acciones programadas que tienden a prevenir disfunciones y averías, para asegurar el rendimiento óptimo de los equipos, garantizar la seguridad y proteger el medio ambiente.
  - c) **Mantenimiento predictivo.** Conjunto de procedimientos orientados al monitoreo frecuente de las condiciones de operación de los equipos, bajo el supuesto de que con el transcurso del tiempo sus parámetros de funcionamiento (temperatura, presión, vibración, etc.) empezarán a cambiar. Permite analizar las causas del cambio y dar solución correcta justo antes de que se produzcan fallas catastróficas.
- **Prototipo.** Representación limitada del diseño de un producto que permite a las partes responsables de su creación experimentar, probarlo en situaciones reales y explorar su uso. No es tan funcional ya que no lleva a cabo la totalidad de las funciones necesarias del sistema final. Su principal propósito es obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas las opciones de implementación.
  - **Electrocardiografía.** Es el estudio desde el exterior de la actividad eléctrica del corazón. Esta actividad es medida e impresa a través del electrocardiógrafo y su gráfica (electrocardiograma ECG) corresponde a un conjunto de ondas que forman el complejo PQRST.
  - **Complejo QRS.** Es una estructura en el electrocardiograma que corresponde en el tiempo, con la despolarización de los ventrículos. Su morfología constituye la base diagnóstica del ECG y sirve para la identificación de numerosas patologías cardíacas.

### 3.2 MARCO REFERENCIAL

La creciente complejidad en los procedimientos médicos, coadyuvado en un gran porcentaje por los adelantos tecnológicos en materia de equipos biomédicos ha conllevado a la necesidad de un manejo adecuado, además de una eficiente gestión, supervisión y regulación de la tecnología biomédica en el medio hospitalario. Teniendo en cuenta su naturaleza, importancia y riesgo implícito, la tecnología al cuidado de la salud humana exige un manejo singular en contraposición con el tratamiento que regularmente se le brinda a otro tipo de tecnologías, de tal forma que se garantice al máximo la seguridad del personal en permanente contacto con ella.

El Ministerio de la Protección Social y la Superintendencia Nacional de Salud, han promulgado la normatividad que propende al mejoramiento de la prestación de los servicios de salud, desde lo concerniente a la aplicación de un proceso sistemático e integral de evaluación y mantenimiento del equipamiento biomédico que propicie la planeación y el control para su óptima utilización y aprovechamiento.

Tal es el caso de la ley 100 de 1993<sup>3</sup>, en su artículo 189 se establece que las IPS, públicas y privadas, que suscriban contratos con la nación o con entidades territoriales por recursos superiores al 30% de sus ingresos totales deberán destinar un mínimo del 5% de su presupuesto anual para actividades de mantenimiento hospitalario.

En desarrollo de esta norma el Decreto 1769 de 1994<sup>4</sup> determina los componentes y los criterios básicos para la asignación y utilización del 5% del presupuesto que deben destinar todas las instituciones públicas de prestación de servicios al mantenimiento de la infraestructura y dotación hospitalaria. Por esta última se entiende el equipo industrial de uso hospitalario y el equipo biomédico desarrollados para realizar actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación. Cabe destacar que el Decreto 1769 de 1994, que también reglamenta lo relacionado al mantenimiento de los equipos, obliga a las entidades a efectuar actividades de mantenimiento y a informar sobre el valor y porcentaje del presupuesto destinado al cumplimiento de dicha obligación.

Acorde entonces a las directrices estipuladas en el sumario de leyes que normalizan la implementación de tecnología biomédica en las entidades prestadoras del servicio de salud, el Hospital Civil de Ipiales E.S.E y a través de él, el área de Ingeniería Hospitalaria, efectúa labores técnico – operativas orientadas a garantizar la completa operatividad de los equipos protegiendo la calidad del servicio prestado y generando condiciones de seguridad para el usuario, el operario y la institución.

---

<sup>3</sup> COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Op. Cit.

<sup>4</sup> COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Op. Cit.

#### 4. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente proyecto de pasantía se lleva a cabo en las instalaciones del Hospital Civil de Ipiales E.S.E., durante un periodo de seis meses y sujeto al reglamento laboral interno. Las labores de documentación, mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos que se detalla en el contenido de este documento, se efectúan en el espacio físico asignado por la coordinación del proceso de recursos físicos de la entidad, correspondiente al área de ingeniería hospitalaria. Esta locación cuenta con la instrumentación electrónica, mecánica y computacional requerida para la ejecución de las tareas programadas. Paralelamente a estas actividades se adelanta la arquitectura de un prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica. Los gastos correspondientes a la adquisición de materiales y la búsqueda de instrumentación necesarios para el diseño, implementación y pruebas de funcionamiento del dispositivo corren por parte del estudiante.

Los dispositivos intervenidos, pertenecientes al mobiliario biomédico de la institución, se disponen de acuerdo al plan (cronograma) de mantenimiento. El acceso y el sometimiento a labores técnicas de estos equipos se adelanta de forma coherente con los planes de mantenimiento implementados para el año en curso, con el cronograma de actividades del proyecto, con el reglamento que estipula el manejo del equipamiento biomédico dentro de la institución y bajo la constante supervisión y asesoría de personal calificado profesionalmente para su operación y mantenimiento.

En cumplimiento de lo estipulado por las normativas que regulan la adquisición, instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento de tecnología de tipo biomédico en las entidades prestadoras del servicio de salud, se documenta en su totalidad el conjunto de procedimientos efectuados, consignando en las instancias pertinentes toda la información concerniente a los reemplazos, reparaciones, revisiones y gestiones realizadas.

La evaluación del proceso adelantado, se ejerce por las instituciones comprometidas en el ejercicio de esta práctica académica (Hospital Civil de Ipiales y Universidad de Nariño) se basa en el reporte bimestral de las actividades ejercidas y en la continua supervisión de los asesores asignados para tal efecto por ambas partes.

## 5. GESTIÓN TECNOLÓGICA EN EL HOSPITAL CIVIL DE IPIALES E.S.E

La gestión tecnológica en el ámbito hospitalario<sup>5</sup> se define como la suma de procedimientos de ingeniería y gerencia que unidos en una sola disciplina (ingeniería hospitalaria) permiten asegurar el uso adecuado de los recursos tecnológicos con que cuenta la institución. La gestión tecnológica influye en la calidad y oportunidad diagnóstica y de tratamiento, a la par que en diversos aspectos, tales como la continuidad del servicio y el costo de proveerlo.

El área de Ingeniería Hospitalaria del Hospital Civil de Ipiates E.S.E, en cabeza de su coordinador y a través del personal operativo adscrito a su nómina realiza las siguientes funciones:

- **Registro de inventario y labores de mantenimiento de equipos biomédicos.** Se lleva a cabo mediante el levantamiento de la hoja de vida e historial de mantenimiento de cada dispositivo.

En el primer documento, cuyo formato se encuentra aprobado por la oficina de gestión de calidad del Hospital Civil de Ipiates E.S.E se consigna:

- <i>Clasificación.</i>	Prevención, diagnóstico, rehabilitación, etc.
- <i>Ubicación.</i>	Servicio, ambiente, etc.
- <i>Registro histórico.</i>	Nombre, código, marca, etc.
- <i>Forma de adquisición</i>	Compra directa, donación, leasing, etc.
- <i>Registro técnico</i>	Voltaje de operación, corriente, frecuencia, etc.
- <i>Registro de apoyo técnico</i>	Manuales de operación, partes, planos, etc.
- <i>Clase de tecnología</i>	Según riesgo (Clase I, II, III, IV)

Por otra parte el historial de mantenimiento contiene la sucesión de intervenciones técnicas que se adelanta al equipo, proporciona información de fechas, clase de mantenimiento (preventivo/correctivo), labor realizada, repuestos utilizados y observaciones.

- **Revisión y calibración de equipos biomédicos.** La ejecución de estos procesos es realizada por el personal interno de la institución o por contratación externa, y sigue los lineamientos y recomendaciones hechas por el fabricante en el manual de operación del equipo. Incluye las tareas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos.

---

<sup>5</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. DIRECCIÓN DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. Manual de evaluación y gestión de tecnología biomédica. Bogotá: 1997.

- **Elaboración del cronograma de mantenimiento para equipos biomédicos.** Incluye los objetivos, metas, programación de actividades, recursos humanos, físicos, tecnológicos y financieros necesarios para cumplir con los objetivos del mantenimiento hospitalario. Es elaborado cada año y distribuye las labores a efectuar mensualmente, no por la clase de equipo sino por las áreas clínicas (unidad de cuidados intensivos, neonatología, urgencias, etcétera).

En atención al objetivo de este capítulo y a partir de la información generada con las operaciones mencionadas anteriormente, se procede a realizar la descripción de las tareas de apoyo efectuadas referentes al mejoramiento en el sistema de gestión tecnológica en el área de ingeniería hospitalaria en el Hospital Civil de Ipiales E.S.E..

### **5.1 INVENTARIO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS.**

El objetivo primordial de esta etapa del proyecto reside en la implementación de una eficiente gestión en el manejo de la tecnología dentro de la institución prestadora del servicio de salud. Uno de los factores con mayor incidencia en la exitosa instauración de este modelo administrativo es el registro en inventario de todos los dispositivos biomédicos que forman parte del mobiliario de una institución y el seguimiento continuo a las intervenciones técnicas para el mantenimiento que se ha efectuado a tal mobiliario.

Al momento de la ejecución del presente proyecto, el área de ingeniería hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E. almacena esta información en medios impresos recopilados en carpetas. Esto, lógicamente, contrae dificultades tales como la necesidad de un espacio relativamente amplio para archivar la totalidad de los documentos y el difícil acceso a estos.

En vista de esta situación, como una actividad dentro del desarrollo de la práctica profesional y con motivo de apropiar los normativos para el manejo de equipos biomédicos, se adelanta la elaboración de un nuevo inventario de equipos biomédicos mediante el uso de herramientas informáticas. Lo anterior, con la intención de propender al mejoramiento en las condiciones de almacenamiento y acceso a la información, y paralelamente, optimizar los procesos de control que adelanta el área de mantenimiento promoviéndolos a elevados estándares de calidad.

La información recolectada en el nuevo inventario es registrada en una base de datos mediante el uso de las herramientas informáticas *Microsoft Excel* y *Microsoft Word* del paquete *Microsoft Office* para facilitar el acceso a dicha información al personal de ingeniería hospitalaria. En el nuevo inventario se detalla los datos descritos a continuación:

- **Registro histórico** se refiere al nombre, marca, modelo y serie que se da al equipo biomédico o al equipo industrial de uso hospitalario.
- **Localización** se refiere al lugar donde se encuentra el equipo biomédico o el equipo industrial de uso hospitalario.



- **Nº de inventario (interno)** es el número que se la ha asignado al equipo biomédico o al equipo industrial de uso hospitalario.
- **Periodicidad** se refiere a la frecuencia con que se ha programado el mantenimiento, puede ser mensual, bimensual, trimestral, semestral, etc.
- **Registro técnico** se refiere al voltaje de operación, corriente, potencia etc, del equipo biomédico.
- **Registro de apoyo técnico** se refiere a la existencia o no del manual de usuario, partes, planos etc. del equipo biomédico o industrial de uso hospitalario.

Como resultado final se obtiene un total de trescientos setenta y seis (376) equipos biomédicos e industriales de uso biomédico registrados en el nuevo inventario para el área de ingeniería hospitalaria en el Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

## **5.2 ACTUALIZACION DE HOJA DE VIDA DE EQUIPOS BIOMÉDICOS.**

La normatividad nacional que regula el manejo de tecnología biomédica en las instituciones de salud, obliga a estas a crear dos documentos: la hoja de vida del equipo y su historial de mantenimiento. Estos, como se menciona en el presente capítulo, contienen información de vital importancia acerca de las especificaciones (institucionales, técnicas y documentales) de los equipos y facilita al personal operativo y de mantenimiento indicaciones cruciales acerca de los parámetros, prestaciones, inclusive falencias, que estos poseen.

Posterior a la actividad desarrollada referente al inventario de equipos biomédicos, se realiza la actualización a una nueva versión de la hoja de vida de los mismos. Lo anterior, en cumplimiento a la exigencia de una hoja de vida detallada en cuanto a información de mucha importancia como clasificación, registro técnico, forma de adquisición y clase de tecnología según el riesgo del equipamiento biomédico del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

En la nueva versión de hoja de la vida de equipos biomédicos se consignan los datos obtenidos en el registro del nuevo inventario (Registro Histórico, localización No de inventario, etc.) además de información conforme a las obligaciones que demandan instituciones tales como el Ministerio de Salud y la Superintendencia Nacional de Salud. Igualmente se registraron trescientos setenta y seis (376) hojas de vida de equipos biomédicos en una base de datos mediante el uso de las herramientas informáticas *Microsoft Excel* y *Microsoft Word* del paquete *Microsoft Office* permitiendo un fácil y rápido acceso a los archivos.

Este compendio de archivos fue puesto a disposición del área de gestión de calidad quién aprobó el nuevo formato de hoja de vida de equipos y dio orden para el respectivo reemplazo con la antigua versión.

En el anexo A se encuentran los formatos relacionados a la hoja de vida y registro de historial de mantenimiento de los equipos biomédicos del Hospital Civil de Ipiales.

Esta labor cumplida dentro del desarrollo de la práctica profesional en el área de ingeniería hospitalaria del Hospital civil de Ipiales E.S.E., permitió el cumplimiento del primer y segundo objetivos concernientes al reconocimiento del mobiliario biomédico con el que están dotadas las diferentes áreas del Hospital Civil de Ipiales E.S.E., al igual que la elaboración de documentos electrónicos (inventario de equipos y hojas de vida) que reemplazan los existentes en papelería permitiendo mejorar la distribución espacial del archivo y acceso a dicha información, mejorando el proceso de gestión tecnológica hospitalaria.

## 6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS

Específicamente el mantenimiento del equipamiento biomédico se define como el proceso que integra un conjunto de procedimientos técnicos y administrativos diseñados para prevenir averías, mantener, mejorar y restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento<sup>6</sup>.

Este proceso tiene como objetivos generales<sup>7</sup>:

- Garantizar la seguridad de los pacientes y del personal administrativo que utilizan los recursos de tecnología biomédica.
- Contribuir a que la prestación de servicios de salud cumpla con las características de calidad previstas por la ley.
- Asegurar la disponibilidad y garantizar el funcionamiento eficiente del recurso tecnológico para obtener el máximo rendimiento posible y de esta forma contribuir a la reducción de los costos de operación.

En este contexto, el área de ingeniería hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E es el sector encargado de ejecutar los procedimientos requeridos para la evaluación y mantenimiento de la tecnología biomédica con que está dotada la organización. Las labores efectuadas por el personal técnico de esta dependencia están orientadas a mejorar la seguridad, efectividad, eficiencia y la economía en el uso del mobiliario biomédico existente y operante en las diferentes áreas clínico – hospitalarias con que cuenta esta entidad prestadora del servicio de salud.

A continuación se detallan las actividades de apoyo desarrolladas en el área de Ingeniería Hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E, en referencia al reconocimiento del equipamiento biomédico y ejecución de labores de mantenimiento preventivo.

### 6.1 ASPIRADOR MEDICO

Algunas patologías provocan la retención de secreciones en la vía aérea (faringe, tráquea o bronquios), debido a que los pacientes no pueden eliminarlas de forma activa por medio de

---

<sup>6</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 1769. 1994. Artículo VII. Pág. 1.

<sup>7</sup> GONZÁLEZ CAICEDO, Orlando. El Mantenimiento en Colombia. Bogotá. 1989. Cap. I. Págs. 35-54.

la tos y la expectoración. En estos casos, es necesario eliminarlas de forma artificial mediante sistemas de succión o aspiración.

La aspiración de secreciones consiste en la eliminación de las mucosidades respiratorias retenidas, a través de un equipo aspirador especialmente diseñado para este fin.

El aspirador medico también conocido como unidad de succión o succionador, es un quipo eléctrico utilizado en una amplia variedad de aplicaciones en succión médica: en pacientes traqueotomizados, pacientes neurológicos, pacientes discapacitados o inconcientes entre otros.

La tabla 1, recoge el registro en inventario de los aspiradores médicos presentes en la unidad de urgencias del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 1. Registro en inventario: Aspirador medico

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Aspirador medico
	<b>Marca</b>	THOMAS
	<b>Modelo</b>	1130
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Biomédico – Terapéutico y Rehabilitación	
<b>SERVICIO (S)</b>	Urgencias	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Eléctrica
	<b>Voltaje de operación</b>	115 VAC
	<b>Corriente de operación</b>	2,5 Amp
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Aspirador medico.

Mediante la eliminación de las secreciones producidas se logra mantener la permeabilidad de la vía aérea para favorecer el intercambio gaseoso pulmonar y evitar neumonías causadas por la acumulación de las mismas. Una óptima aspiración de secreciones resulta de vital importancia de ahí que un mantenimiento frecuente al dispositivo es esencial para su buen funcionamiento.

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para la unidad de urgencias, en la cual se encuentran adscritos 4 aspiradores médicos.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo.

➤ **Registro de pasos de rutina**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra en el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa e interna del equipo.
- Inspeccionar partes mecánicas (cojinetes, baleros, asientos de soportes, alabes, etc.).

- Inspeccionar sistema eléctrico y accesorios (cordón de alimentación, devanados del motor, carbones, etc.).
- Inspeccionar válvulas unidireccionales.
- Revisar filtro bacteriológico y filtro silenciador, cambiar si es necesario.
- Revisar sellado de nivel de líquido.
- Revisar nivel de aceite del motor, lubricar si es necesario.
- Inspeccionar fugas en el sistema de vacío (mangueras, frascos, empaques de hule y acoples).
- Verificar flujo máximo [lts./min].
- Verificar rango de vacío [seg./mm. Hg].
- Realizar prueba de seguridad eléctrica.
- Verificar el funcionamiento del equipo.

➤ ***Material gastable***

- Aceite SAE 40
- Desinfectante
- Franela
- Guantes plásticos
- Limpiador de superficies
- Mascarilla

➤ ***Repuestos Mínimos***

- Filtro bacteriológico
- Filtro de aire

➤ ***Herramientas y Equipo***

- Cepillo para frascos
- Destornillador philips
- Destornillador plano
- Llaves allen
- Medidor de presión negativa
- Multímetro

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de aspiradores médicos existentes en el área en mención (4), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Durante su desarrollo, los problemas encontrados obedecen en mayor parte a defectos de discontinuidad en el cordón de alimentación eléctrica y fugas en la manguera del sistema de vacío. El primer caso requiere el reestablecimiento de la continuidad del cable conductor (soldadura), mientras que el segundo caso sugiere en todas las situaciones donde se hizo presencia el reemplazo del accesorio (cumplimiento de vida útil).

Las imágenes referentes al aspirador médico se presentan en el anexo B.

## 6.2 BOMBA DE INFUSION VOLUMETRICA

Frecuentemente los pacientes requieren que el suministro de soluciones o fármacos se realice en cantidades muy precisas y a velocidades o tasas de infusión específicas (horas, días, o volúmenes definidos). La continuidad y precisión requerida para este proceso se deja en manos de los sistemas de infusión, los cuales controlan electrónicamente o mecánicamente la tasa de infusión de las soluciones o fármacos.

Un dispositivo de infusión y sus líneas o sets desechables, se usan para suministrar fluidos o fármacos en solución al paciente, sea por vía intravenosa, subcutánea, epidural, parenteral o enteral.

La tabla 2, recoge el registro en inventario y descripción de las bombas de infusión volumétrica presentes en el área de unidad de cuidados intensivos neonatales UCIN del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 2. Registro en inventario: Bomba de infusión volumétrica.

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Bomba de infusión volumétrica
	<b>Marca</b>	BAXTER
	<b>Modelo</b>	FLO-GARD 6200
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Biomédico, terapéutico	
<b>SERVICIO (S)</b>	Urgencias	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Eléctrica
	<b>Voltaje de operación</b>	110/120 Vac
	<b>Corriente de operación</b>	0.5 A
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Bomba de infusión volumétrica

Las bombas de infusión brindan un excelente apoyo terapéutico y psicológico para la plena recuperación de los pacientes, permitiendo estancias cortas en hospitales y clínicas, así como el inicio temprano de la rehabilitación.

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para la unidad de cuidados intensivos neonatales en la cual se encuentran empleadas 6 bombas de infusión volumétrica con el registro en inventario adscrito.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo.

### ➤ *Registro de pasos de rutina*

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo.

- Inspeccionar cable de red, sensor de flujo, bomba, etiquetas indicadoras y demás accesorios.
- Efectuar limpieza integral interna.
- Verificar el funcionamiento de bomba y motor de la bomba.
- Realizar lubricación de partes móviles que la requieran si es necesario.
- Verificar membrana de la bomba, cambiar si es necesario.
- Verificar condición de carga de la batería.
- Verificar el funcionamiento de alarmas.
- Verificar funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

➤ **Material Gastable**

- Circuito de paciente.
- Franela.
- Limpiador de contactos.
- Limpiador de superficies líquido.

➤ **Repuestos Mínimos**

- Baterías.
- Fusibles.

➤ **Herramientas y Equipo**

- Multímetro.
- Brocha.
- Destornillador philips.
- Destornillador plano.

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de bombas de infusión presentes en el área en mención (6), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Los problemas mas frecuentes reportados asociados al uso en esta clase de equipos obedecen al flujo libre originado por no colocar bien el set, o no cerrar bien las puertas o mecanismos; o bien por errores en la programación, o por uso de sets no adecuados para el tipo de infusión y de equipo. En caso de mal funcionamiento del sensor de flujo se debe reemplazar el accesorio por uno nuevo (cumplimiento de vida útil).

Las imágenes referentes a la bomba de infusión volumétrica se presentan en el anexo C.

### **6.3 CENTRIFUGA**

Las centrífugas son equipos médicos utilizados en los laboratorios, clínicas y otros, para la separación de solutos de sus solventes. Por ejemplo en la rama de laboratorio clínico, para el análisis de sangre, por lo general, es necesario separar el plasma de los otros componentes para poder ser analizado.

La tabla 3, recoge el registro en inventario y descripción de las centrifugas presentes en el área de banco de sangre del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 3. Registro en inventario: Centrifuga

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Centrifuga
	<b>Marca</b>	CLAY ADAMS
	<b>Modelo</b>	COMPACT II
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Análisis y laboratorio	
<b>SERVICIO (S)</b>	Banco de sangre	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Eléctrica
	<b>Voltaje de operación</b>	120 Vac
	<b>Corriente de operación</b>	1 A
	<b>Frecuencia</b>	60 hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Centrifuga

La seguridad de las centrifugas en general es de gran importancia, por eso cada vez se van dotando de mayores seguridades como dispositivo mecánico de emergencia para apertura de la tapa, bloqueo de la puesta en marcha con el motor en movimiento, identificación magnética de los cabezales en prevención de la máxima velocidad permitida en cada cabeza, etcétera.

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para el área de banco de sangre en la cual se encuentran adscritas 4 centrifugas.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo.

➤ **Registro de pasos de rutina**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo.
- Revisar partes y accesorios metálicos y sintéticos (soportes, cabezal, cubierta, empaques, porta tubos, etc.).
- Efectuar limpieza integral interna del equipo.
- Revisar conexiones eléctricas, internas y externas.
- Verificar perillas de control y señalizaciones.
- Revisar el motor y sus componentes (carbones, baleros, eje, acoplamiento, etc.), cambiar carbones y lubricar si es necesario.
- Verificar el balance del plato con carga.
- Verificar medidor de tiempo.
- Verificar la velocidad de funcionamiento en todo el rango (máximo 3,500 - 4,500 r.p.m.).
- Comprobar sistema de frenado y mecanismos de seguridad.



- Comprobar operatividad de la unidad en todos los modos de trabajo (inspección de ruidos o vibraciones inusuales).

➤ ***Material Gastable***

- Desinfectante bacteriológico.
- Detergente.
- Franela.
- Grasa fina.
- Guantes plásticos.
- Lija de agua No. 400.
- Lija de hierro No. 100.
- Limpiador de superficies líquido.

➤ ***Repuestos Mínimos***

- Carbones.
- Empaques.

➤ ***Herramientas y Equipos***

- Brocha de 1”.
- Cronómetro.
- Destornillador philips.
- Destornillador plano.
- Extractor de baleros.
- Fototacómetro.
- Multímetro.
- Pinza punta plana.

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de centrifugas presentes en el área en mención (4), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Los problemas mas frecuentes obedecen al desgaste en baleros o balineras, en carbones y empaques. Su solución es el simple reemplazo de los mismos (cumplimiento de vida útil).

Aunque las centrifugas actuales en el área de banco de sangre tienen mecanismos básicos de seguridad, es muy frecuente encontrar problemas debido a lo antiguo de su diseño, permiten ser abiertas antes de su parada completa, hecho inaceptable con las normativas actuales. Así pues se pueden producir accidentes al frenarlas manualmente, con el consiguiente riesgo de lesión por la enorme fuerza centrífuga de las mismas.

Las imágenes referentes a la bomba de infusión volumétrica se presentan en el anexo D.

### 6.3 ELECTROCARDIOGRAFO

El electrocardiógrafo es un equipo digital portátil que detecta las señales eléctricas asociadas con la actividad cardiaca y produce un electrocardiograma (ECG), que no es sino un registro grafico del voltaje contra el tiempo de la actividad eléctrica del corazón.

El electrocardiógrafo es usado frecuentemente para diagnosticar anormalidades cardiacas, determinar la respuesta del paciente a algún tratamiento y observar tendencias o cambios en la función cardiaca.

La tabla 4, recoge el registro en inventario y descripción de los electrocardiógrafos presentes en el área de atención ambulatoria y consulta externa del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 4. Registro en inventario: Electrocardiógrafo

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Electrocardiógrafo
	<b>Marca</b>	CARDIMAX
	<b>Modelo</b>	FX 2111
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Medico, Diagnostico	
<b>SERVICIO (S)</b>	Atención ambulatoria y consulta externa	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Eléctrica
	<b>Voltaje de operación</b>	115Vac
	<b>Corriente de operación</b>	0.5A
	<b>Frecuencia</b>	60hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Electrocardiógrafo

El electrocardiógrafo, a través de electrodos de registro colocados en la superficie del cuerpo detectan potenciales eléctricos de aproximadamente un milivoltio (mv), mismos que aparecen en la piel como resultado de la actividad cardiaca. Las diferencias de voltaje entre los electrodos son medidas y corresponden con la actividad eléctrica del corazón.

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para atención ambulatoria y consulta externa en la cual se encuentran adscritos tres electrocardiógrafos.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo.

➤ **Registro de pasos de rutina**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo.
- Inspeccionar gabinete, carcasa y aspecto físico en general.
- Efectuar limpieza integral interna del equipo.

- Inspeccionar cables, electrodos, terminales, y demás elementos eléctricos y electrónicos.
- Limpiar y verificar el sistema de transporte de papel.
- Verificar aguja marcadora (alineación, estado y funcionamiento), control térmico y presión mecánica, calibrar si es necesario.
- Revisar carga de baterías.
- Realizar prueba de señal (1mV) y compruebe su forma y amplitud.
- Verificar con simulador de ECG señal de prueba.
- Efectuar prueba de seguridad eléctrica.
- Verificar el funcionamiento del equipo en todos los modos en conjunto con el operador.

➤ ***Material Gastable***

- Alcohol 90°.
- Algodón.
- Franela.
- Limpiador de contactos.
- Limpiador de superficies líquido.
- Soldadura de estaño.

➤ ***Repuestos Mínimos***

- Bandas de hule.
- Electrodo de succión.

➤ ***Herramientas y Equipo***

- Cautín.
- Destornillador philips.
- Destornillador plano.
- Extractor de soldadura de estaño.
- Multímetro.
- Pinza punta plana larga.
- Simulador de ECG.

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de electrocardiógrafos presentes en el área en mención (3), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Los electrocardiógrafos tienen estándares de seguridad eléctrica, los cuales son cubiertos por casi todas las marcas, y son pocos los problemas reportados asociados a su uso. Algunos de ellos son los ruidos producidos debido a cables rotos de los electrodos, así como la mala colocación de los mismos, interferencia de los marcapasos entre otros.

Las imágenes referentes al electrocardiógrafo se presentan en el anexo E.

## 6.5 ESFIGMOMANOMETRO ANEROIDE

El esfigmomanómetro, comúnmente llamado tensiómetro es un equipo auxiliar de diagnóstico empleado para la medición no invasiva o indirecta de la presión arterial. Consta de un brazalete inflable, una perilla para inflarlo y un medidor de presión que puede ser de columna de mercurio, aneroide o electrónico.

El tensiómetro aneroide consta de un manómetro aneroide (mecanismo a base de resortes) graduado de 0 a 300 mm/hg, banda o brazalete inflable, bomba de insuflación y válvula de alivio (controla la salida del aire).

La determinación de la presión arterial es necesaria para el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades, especialmente la hipertensión arterial sistémica.

La tabla 5, recoge el registro en inventario y descripción de los equipos presentes en el área atención ambulatoria y consulta externa del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 5. Registro en inventario: Esfigmomanómetro aneroide

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Esfigmomanómetro aneroide
	<b>Marca</b>	Welch Allyn Tycos
	<b>Modelo</b>	CE0050
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Medico, Diagnostico	
<b>SERVICIO (S)</b>	Atención ambulatoria y consulta externa	
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Esfigmomanómetro aneroide

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para el área de banco de sangre en la cual se encuentran adscritos 6 tensiometros.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo.

### ➤ *Registro de pasos de rutina*

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa del equipo.
- Revisar partes y accesorios (Brazalete, Bomba de insuflación y válvula de alivio.) en búsqueda de posibles fugas. Cambiar si es necesario.
- Revisar el manómetro aneroide, calibrar si es necesario (la aguja debe estar en cero).
- Realizar prueba de funcionamiento en conjunto con el operador.

➤ **Material gastable**

- Solución desinfectante (Hipoclorito de sodio)
- Franela
- Crema limpiadora convencional

➤ **Repuestos mínimos**

- Bomba de insuflación.
- Brazalete.

➤ **Herramientas y equipo**

- Pinza punta plana
- Manómetro

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de tensiómetros presentes en el área en mención (4), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo.

A continuación se mencionan algunas observaciones asociadas al uso del equipo que se deben tener en cuenta.

Es recomendable que las bandas inflables se adquieran en algún material diferente al Látex, dado que este último es causante de alergia dermatológicas que pueden afectar tanto al personal que utiliza el equipo como al paciente en caso de tener que ser sometido a lecturas de presión periódicas y que por tanto deba portar el brazalete a lo largo de horas e inclusive días sin que este sea removido de la extremidad.

La funda del brazalete del esfigmomanómetro deber lavarse periódicamente, en especial en todas aquellas situaciones en donde se contamine con sangre u otro fluido fisiológico. El brazalete que se use deberá ser del tamaño adecuado, de acuerdo al diámetro de la extremidad del paciente ya que brazaletes de menor tamaño darán un valor de presión superior al real, mientras que brazaletes de mayor tamaño darán como resultado lecturas de presión inferiores a la real.

Los manómetros aneroides deben calibrarse periódicamente. La periodicidad de las calibraciones depende de los materiales y diseño de cada modelo, por lo que se recomienda se lea el instructivo del equipo o se contacte con el fabricante para conocer esta información.

Las imágenes referentes a la bomba de infusión volumétrica se presentan en el anexo F.

## 6.6 INCUBADORA PARA INFANTES

La incubadora es un equipo médico que posee una cámara, dentro de la cual se coloca al neonato con el fin de proporcionarle, un medio ambiente controlado. Dependiendo del tipo de incubadora, puede controlar la temperatura, la humedad y la oxigenación del aire que rodea al paciente, o alguno de estos parámetros.

Por lo general, las paredes de la cámara se construyen con material acrílico transparente, lo que permite aislar al paciente sin perder el contacto visual con él.

La tabla 6, recoge el registro en inventario y descripción de los equipos presentes en la unidad de cuidados intensivos neonatales UCIN del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 6. Registro en inventario: Incubadora para infantes.

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Incubadora para infantes
	<b>Marca</b>	MEDIX
	<b>Modelo</b>	PC - 305
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Rehabilitación	
<b>SERVICIO (S)</b>	UCIN	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Electrica
	<b>Voltaje de operación</b>	110 Vac
	<b>Corriente de operación</b>	2 A
	<b>Frecuencia</b>	60hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Incubadora para infantes – 02533\* (\* - Código interno para inventario).

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para la unidad de cuidados intensivos neonatales UCIN en la cual se encuentran adscritas 4 Incubadoras.

La siguiente es la descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo en su totalidad.

➤ **Registro de pasos de rutina.**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza integral externa.
- Verificar estado de sistema de transporte, y demás partes móviles por desgaste mecánico, lubricar si es necesario.
- Revisar: gabinete, cubierta, mangas, portamangas, picaporte de sostén y accesorios.
- Efectuar limpieza integral interna del equipo.
- Revisar componentes eléctricos y electrónicos (calefactor, cable de alimentación, fusible, portafusible, tomacorriente, etc.).

- Revisar sistema neumático (mangueras, conectores, suministro de oxígeno, etc.).
- Verificar el estado de carga de las baterías.
- Verificar estado y funcionamiento (incluyendo vibración) del motor ventilador, lubricar si es necesario.
- Revisar filtro bacteriológico, cambiar si es necesario.
- Verificar estado de perilla de tiempos exhalatorias, inhalatorias; PEEP, presión y flujo.
- Verificar calibración de monitor, calibrar si es necesario.
- Controlar horas de trabajo y estado del sensor de oxígeno (O<sub>2</sub>), verificar la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>).
- Verificar el funcionamiento del succionador.
- Realizar prueba de nivel de ruido (< 68 dB).
- Comprobar entrada de oxígeno, aire, depósito de agua.
- Comprobar funcionamiento de sistema servocontrolado (si el equipo cuenta con ello).
- Comprobar estado de indicadores y alarmas (temperatura entre 30°C a 40°C), visuales y acústicos.
- Verificar parámetros de funcionamiento: temperatura, humedad y oxígeno.
- Verificar prueba de seguridad eléctrica.

➤ ***Material Gastable.***

- Aceite 3 en 1.
- Agua destilada.
- Franela.
- Grasa fina.
- Limpiador de contactos.
- Limpiador de superficies líquido.

➤ ***Repuestos Mínimos.***

- Filtro bacteriológico.
- Filtro de entrada de aire del compresor.
- Mangas Iris.

➤ ***Herramientas y Equipos.***

- Destornillador philips.
- Destornillador plano.
- Flujómetro.
- Llaves mixtas.
- Multímetro.
- Oxímetro de ambiente.
- Pinza punta plana larga.

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de incubadoras presentes en el área en mención (4), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Los problemas más frecuentes reportados asociados al uso en esta clase de equipos obedecen a fallas en el sensor de temperatura corporal y algunas veces fallas en los termostatos cuya solución es el simple reemplazo de los mismos (cumplimiento de vida útil).

A continuación se describen algunas observaciones a tener en cuenta al momento del manejo del equipo.

Los termostatos, son los elementos que monitorean de manera continua la temperatura del aire de la incubadora; las fallas en estos componentes pueden generar dos condiciones extremas pero igualmente letales para el neonato: hipertermia, o hipotermia. Por lo que es recomendable asegurarse del buen funcionamiento de este dispositivo.

Algunas veces las fallas en el sensor de temperatura corporal, pueden originarse por una colocación errónea del sensor sobre el neonato (que no haga bien contacto, que este colocado debajo del neonato, etc). Todo esto puede producir lecturas erróneas, lo cual, hará que la incubadora sobrecaliente o bien se enfríe demasiado, con el consecuente daño al neonato. Sin embargo, no es recomendable abusar de los adhesivos en o los sensores debido a que la piel del neonato es extremadamente delicada.

Las imágenes referentes a la incubadora para infantes se presentan en el anexo G.

## **6.7 LAMPARA DE FOTOTERAPIA**

Las unidades de fototerapia son dispositivos que emiten luz, con longitud de onda entre 420 y 500 nm aproximadamente, para el tratamiento de la hiperbilirrubinemia, condición clínica presente en los recién nacidos caracterizada por una coloración amarilla de la piel y ojos (ictericia) debida a la alta concentración de bilirrubina en sangre, que no ha podido ser procesada por el hígado del recién nacido.

El efecto de la luz azul sobre la bilirrubina, es el favorecer su descomposición en componentes no tóxicos hidrosolubles, que se eliminan rápidamente por el hígado, para posteriormente ser excretados a través de la orina. El tratamiento de la hiperbilirrubinemia tiene como objetivo fundamental el evitar que la bilirrubina alcance niveles tóxicos que podrían ocasionar un daño cerebral permanente.

La tabla 7, recoge el registro en inventario y descripción de las lámparas de fototerapia presentes en la unidad de cuidados intensivos neonatales UCIN del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.



Tabla 7. Registro en inventario: Lámpara de fototerapia.

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Lámpara de fototerapia
	<b>Marca</b>	ATOM
	<b>Modelo</b>	PIT220-TLR
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Pediatría, Neonatología.	
<b>SERVICIO (S)</b>	UCIN	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Electrica
	<b>Voltaje de operación</b>	110Vac
	<b>Corriente de operación</b>	NO APLICA
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales E.S.E. Hoja de vida: Lámpara de fototerapia

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para la unidad de cuidados intensivos neonatales UCIN en la cual se encuentran adscritas tres lámparas de fototerapia. Estos equipos se someten a las labores de apoyo en mantenimiento preventivo en esta área.

La siguiente es la descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo en su totalidad.

➤ **Registro de pasos de rutina.**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo
- Efectuar limpieza integral externa del equipo
- Revisar condición física del equipo (impactos físicos, pintura, etc.)
- Efectuar limpieza integral interna del equipo
- Verificar cable de alimentación eléctrica y demás componentes eléctricos o electrónicos
- Chequear fuente de luz (tubos fluorescentes y focos de halógeno) y el control de intensidad.
- Verificar registro de horas de uso de las lámparas y así fijar la vida media de ellas para así poder determinar cuando deben reemplazarse.
- Verificar el funcionamiento del equipo.

➤ **Material gastable.**

- Agua destilada
- Franela

➤ **Repuestos mínimos.**

- Tubos fluorescentes
- Focos de halógeno

➤ **Herramientas y equipo**

- Destornillador philips
- Destornillador plano
- Multímetro
- Pinzas

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de lámparas de fototerapia presentes en el área en mención (3), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. La capacitación a usuarios en cuanto al manejo de estos sistemas o unidades es fácil debido que la tecnología no es compleja; sin embargo, se debe hacer especial énfasis en la importancia de la supervisión estrecha al paciente mientras esté sometido a la fototerapia, a fin de disminuir los efectos secundarios o riesgos asociados a su uso.

Las imágenes referentes a la lámpara de fototerapia se presentan en el anexo H.

## 6.8 MONITOR DE SIGNOS VITALES

Los monitores de signos vitales, también denominados monitores de pacientes o de cabecera, son equipos electrónicos que miden, recogen y muestran información sobre los parámetros fisiológicos de un paciente sometido a una vigilancia continua.

Producto de la importancia en la aplicación de estos equipos, deben brindar facilidades de operación, visualización y comunicación requeridas por el personal médico y paramédico y la práctica médica moderna. Actualmente, estos monitores recogen información de diferentes parámetros fisiológicos, además almacenan tendencias y eventos de arritmias.

La tabla 8, recoge el registro en inventario de los monitores de signos vitales presentes en el área de quirófanos del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 8. Registro en inventario: Monitor de signos vitales

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Monitor de signos vitales
	<b>Marca</b>	Critikon
	<b>Modelo</b>	DINAMAP PLUS
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Médicas, quirúrgicas	
<b>SERVICIO (S)</b>	quirófanos	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Eléctrica
	<b>Voltaje de operación</b>	110Vac
	<b>Corriente de operación</b>	16A
	<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales. Hoja de vida: Monitor de signos vitales

La determinación de estas características y el posterior análisis de los parámetros de funcionamiento de estos equipos (a través de su manual de operación) permite definir las prestaciones de estos, que a saber son: monitorización cardiaca y respiratoria, monitorización de la presión arterial, monitorización de temperatura corporal periférica y monitorización de saturación de oxígeno. Cada uno de estos procesos es efectuado por un módulo (circuitual y accesorios) incorporado al monitor.

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para la unidad de quirófanos en la cual se encuentran adscritos cuatro monitores de signos vitales.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace para la totalidad del dispositivo y para cada módulo de forma independiente.

- **Registro de pasos de rutina: Monitor de signos vitales (General)**
  - Cable de alimentación* - Revisión de continuidad
  - Estructura física* - Limpieza general
  - Soporte* - Limpieza, ajuste y lubricación
  - Circuitos eléctricos (módulos)* - Limpieza general
  - Revisión de conexiones al sistema de alimentación y visualización
  - Accesorios* - Limpieza
  - Revisión de continuidad de los conductores
  
- **Registro de pasos de rutina: Módulo de monitorización cardiaca y respiratoria**
  - Circuito* - Limpieza general
  - Conector circuito – paciente* - Limpieza general
  - Revisión de continuidad de los conductores
  
- **Registro de pasos de rutina: Módulo de monitorización de presión arterial**
  - Circuito* - Limpieza general
  - Manguito* - Revisión de estado
  - Conector circuito – paciente* - Limpieza general
  - Revisión de continuidad del conductor
  
- **Registro de pasos de rutina: Módulo de monitorización de temperatura periférica**
  - Circuito* - Limpieza general
  - Conector circuito – paciente* - Limpieza general
  - Revisión de continuidad del conductor
  
- **Registro de pasos de rutina: Módulo de monitorización de saturación de oxígeno**
  - Circuito* - Limpieza general
  - Sensor (con conector)* - Revisión de estado
  - Revisión de continuidad del conductor

➤ ***Material gastable***

- Alcohol isopropílico
- Algodón
- Franela
- Hisopos
- Limpiador de contactos eléctricos
- Soldadura de estaño

➤ ***Repuestos mínimos y herramientas***

- Aspiradora
- Multímetro
- Simulador ECG
- Tarjetas de extensión

Estos procedimientos son adelantados a todo el conjunto de monitores existentes en el área en mención (4), en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo. Durante su desarrollo, las anomalías encontradas obedecen en mayor parte a defectos en el sensor de saturación de oxígeno, y a discontinuidad en los conectores circuito–paciente de los módulos operacionales. El primer caso sugiere, en todas las situaciones donde hizo presencia, el remplazo del sensor debido a la imposibilidad de intervenir técnicamente el dispositivo (cumplimiento de vida útil), mientras que el segundo, requiere el reestablecimiento de la continuidad del cable conductor (soldadura).

Algunos de los problemas asociados a los monitores tienen que ver con el uso inapropiado de los mismos:

Los electrodos, especialmente los asociados a calentamientos (Ej: electrodos para medición transcutánea de gases sanguíneos TcPO<sub>2</sub>), deberán cambiarse periódicamente para evitar quemaduras e irritaciones en la piel.

Los cables de cada uno de los módulos y en especial los de las derivaciones de ECG deberán ser revisados periódicamente para detectar rupturas o falsos contactos.

Se debe tener cuidado en el uso de los pulsoxímetros sobre todo cuando se usan en sistemas de electrocirugía, debido a que estos generan señales de alta frecuencia que podrían afectar la operación del sensor de SpO<sub>2</sub>.

Las alarmas en los monitores dan una de las principales consideraciones y los usuarios de estos tienen que estar familiarizados en sus diferencias auditivas y visuales ya que estas deberán clasificar las diferentes situaciones del paciente entre muy graves moderadas y de bajo riesgo además de las alarmas por las diversas fallas en el equipo.

Las imágenes referentes al monitor de signos vitales y los módulos operacionales se presentan en el anexo I.

## **6.9 MAQUINA DE ANESTESIA**

La anestesia es una condición intrínsecamente riesgosa: la depresión del sistema nervioso producida por los anestésicos puede acompañarse de alteraciones importantes de las funciones respiratoria y cardiovascular. Además dichos fármacos tienen efectos tóxicos que afectan sobre todo al músculo cardíaco y al hígado. En consecuencia, parte del problema de la anestesia es el de vigilar las funciones orgánicas y evitar o al menos minimizar los efectos indeseables.

La máquina de anestesia es un conjunto de dispositivos necesarios y suficientes para la entrega y dosificación de aire, oxígeno y fármacos anestésicos en estado de gas o vapor para la anestesia general, para mantener la ventilación normal del aparato respiratorio y para la vigilancia constante de las concentraciones de los gases y vapores respirados, así como de las funciones vitales del paciente. El sistema de anestesia consta de los siguientes subsistemas:

- Vaporización. Consiste en uno o varios vaporizadores debidamente identificados, calibrados y conectados con el circuito del paciente, que permiten la dosificación de fármacos en forma de vapor.
- Ventilación. Todo lo necesario y suficiente para mezclar y dosificar el aire, el oxígeno, el óxido nitroso y los vapores anestésicos, conservar la ventilación del paciente y eliminar, de manera eficiente y segura el dióxido de carbono, los vapores anestésicos y los gases de desecho. Forman parte de éste todos los instrumentos que miden y muestran el flujo, volumen y la presión de cada uno de los gases.
- Monitorización y registro. Todos los analizadores y sistemas de monitoreo, registro fisiológico y alarmas para el adecuado control de la dosis anestésica y la vigilancia de los cambios en las funciones vitales, tanto los producidos por la anestesia como por el procedimiento al cual el paciente está siendo sometido.
- Utilería. Permite que el anesthesiólogo disponga de todo lo necesario (laringoscopio, guías, sondas, jeringas, medicamentos) para realizar sus labores de manera eficiente y segura.
- Gabinete transportable. Debe dar a todo el sistema soporte mecánico y la capacidad de movimiento que requiere.

Las tareas de mantenimiento preventivo, son coordinadas y programadas de acuerdo con el responsable de la unidad de quirófanos, para que exista constancia de ello y para asegurar la disponibilidad del equipo y que no se afecte la programación de cirugías.

Si un equipo presenta una falla, debe ser reparado antes de hacer la revisión de mantenimiento preventivo.

La tabla 9, recoge el registro en inventario y descripción de la maquina de anestesia presente en el área de Cirugía del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

Tabla 9. Registro en inventario: Maquina de anestesia

<b>REGISTRO HISTÓRICO</b>	<b>Nombre</b>	Maquina de anestesia
	<b>Marca</b>	OHMEDA
	<b>Modelo</b>	EXCEL 210 SE
<b>ESPECIALIDAD (ES)</b>	Anestesia	
<b>SERVICIO (S)</b>	QUIROFANO I	
<b>REGISTRO TÉCNICO</b>	<b>Alimentación</b>	Eléctrica
		Neumática
	<b>Voltaje de operación</b>	100/127 Vac
	<b>Corriente de operación</b>	No aplica
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Alimentación neumática</b>	Aire y oxigeno	
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>BIMENSUAL</b>	

Fuente: Hospital Civil de Ipiales. Hoja de vida: Maquina de anestesia

La determinación de estas características y el posterior análisis de los parámetros de funcionamiento de estos equipos (a través de su manual de operación) permite definir las prestaciones de estos, que a saber son: Vaporización, ventilación, monitorización y riesgo. Cada uno de estos procesos es efectuado por un módulo (circuitual y accesorios) incorporado a la maquina de anestesia.

El plan (cronograma) de mantenimiento designa la ejecución de labores para la unidad de quirófanos en la cual se encuentra una maquina de anestesia con las especificaciones anotadas en el registro anterior.

La siguiente descripción de las labores de mantenimiento preventivo efectuadas al equipo se hace con la supervisión técnica constante del profesional responsable de garantizar el buen estado de estos dispositivos.

➤ **Registro de pasos de rutina: Maquina de anestesia (general).**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Inspeccionar la integridad mecánica de toda la unidad en general; identificar daños y partes faltantes.
- Limpiar las ruedas de la máquina con solución limpiadora para evitar descargas estáticas.
- Revisar la integridad del conector y cable eléctrico.

➤ **Registro de pasos de rutina: Sistema de gases.**

- Verificar la integridad de los yugos sostenedores de los cilindros de gas de alta presión y los conectores de los cilindros de gas de baja presión (conector a pared).
- Revisar el estado y lectura de los medidores de presión; verificar su validez (compararla con la presión medida a la salida).
- Revisar el funcionamiento de las válvulas controladoras de flujo (válvulas de inspiración y espiración).
- Verificar presiones en los reguladores.
- Inspeccionar la tubería y adaptadores por fuga de gas.
- Verificar que no existan fugas en el sistema de alta presión, para esto abra los cilindros pequeños y después ciérrelos y si en los manómetros de trabajo hay decremento de presión, busque la fuga con agua y jabón.
  
- Verificar la ausencia de fugas en el sistema de baja presión, para esto abra los cilindros grandes y después ciérrelos y si en los manómetros de los reguladores la presión baja, busque la fuga con agua y jabón.
- Inspeccionar todos los accesorios de hule, empaques O-ring, diafragmas y otros empaques.
- Efectuar limpieza de flujómetros, revisar la calibración de estos.
- Revisar físicamente los vaporizadores, revise su calibración.

➤ **Registro de pasos de rutina: Canister.**

- Drenar y limpiar el absorbedor (canister).
- Verificar el estado físico del canister.
- Revisar empaques del canister, cambiar si es necesario.
- Revisar físicamente las válvulas check de inhalación y exhalación, cambiarlas si es necesario.
- Revisar y calibrar el medidor de presión.
- Revisar la válvula APL, si está operando (cambios de empaque y diafragma se harán en el mantenimiento preventivo).
- Haga la prueba de operación con toda la tubería conectada para verificar la expulsión del gas.
- Verificar la operación y control de flujo de las válvulas de flujo de O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, aplique la ley de los tres dedos y visualmente.
- Verificar el funcionamiento de todas las alarmas.

➤ **Registro de pasos de rutina: Ventilador de anestesia.**

- Limpiar el exterior del ventilador e inspeccione la integridad física de la unidad
- Revisar el sistema de accionamiento del fuelle y su correcto funcionamiento
- Verificar el funcionamiento del ventilador, asegúrese que el operador lo utiliza eficazmente

- Inspeccionar los componentes eléctricos, identificar componentes deteriorados o sobrecalentados
- Efectuar pruebas de seguridad eléctrica.
- Verificar el funcionamiento del equipo en todos los modos de operación.

➤ ***Material Gastable.***

- Alcohol 90°.
- Algodón.
- Cal sodada.
- Limpiador de superficies líquido, lubricante.

➤ ***Herramientas y equipo.***

- Analizador de gases anestésicos.
- Aspiradora.
- Manómetro.
- Multímetro.
- Simulador ECG.

Estos procedimientos son adelantados a la maquina de anestesia existente en el área en mención, en concordancia con las disposiciones del manual de operación del equipo y la supervisión técnica del profesional responsable de las maquinas de anestesia.

Cabe anotar que el sistema de anestesia tiene que ser revisado de manera obligatoria antes del inicio de cualquier acto anestésico, independientemente del tipo de anestesia que vaya a aplicarse, sea general o regional y sin importar que previamente se haya empleado con éxito para otro paciente. El responsable de esta revisión cotidiana es el anestesiólogo encargado del procedimiento.

Las imágenes referentes la maquina de anestesia los sistemas operacionales se presentan en el anexo K.

Finalmente, y para efectos de control de procesos y calidad, se registran las operaciones hechas a cada equipo en su hoja de vida, señalando las labores adelantadas, los materiales utilizados y observaciones pertinentes después de efectuar el mantenimiento (recomendación para adquisición de sensores, conectores, sugerencias al personal operativo en cuanto al manejo del equipo, etcétera).

Las actividades anotadas en la presente unidad dan cumplimiento a los objetivos relacionados al mantenimiento de equipos biomédicos y adquisición de experiencia en el manejo de los mismos. Las labores de mantenimiento preventivo están acordes y sujetos a las necesidades del equipo y la institución, a los protocolos demarcados, ya sea por el fabricante o por la entidad, y consecuentes con la normatividad que regula el manejo de tecnología biomédica.



## **7. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR DEL COMPLEJO QRS EN ELECTROCARDIOGRAFIA**

El proceso de diseño asistido por computador CAD<sup>8</sup> ha sido, sin lugar a dudas, el elemento puente que ha permitido la continuación de las actividades propuestas en el desarrollo del proyecto presentado. Además, el uso de los microcontroladores (PIC) ha facilitado el desarrollo de técnicas en generación de señales digitales para su posterior tratamiento en la consecución del prototipo en cuestión.

Podemos definir el CAD o diseño asistido por computador como la técnica que, basándose en el uso del ordenador y con el software adecuado, se encarga de facilitar el diseño de un producto. El empleo de este método proporciona una importante disminución del tiempo dedicado al desarrollo, disminución de costos y mejora en la calidad del producto.

Las actividades de diseño, en primera instancia, parten del concepto del prototipo a diseñar y continúa con el análisis de diferentes alternativas de diseño (en cuanto a software, componentes, diagramas, etc.) y la posterior selección de una de estas a fin de obtener un prototipo acorde las necesidades propuestas. Finalmente concluye con la construcción y sometimiento a prueba.

A continuación se hace la descripción del prototipo de generador del complejo QRS en electrocardiografía y las respectivas actividades desarrolladas en el proceso de diseño del mismo.

### **7.1 CONCEPTOS GENERALES EN ELECTROCARDIOGRAFIA.**

#### **7.1.1 El ECG**

El electrocardiograma (ECG o EKG)<sup>9</sup> representa la actividad eléctrica de las células de un corazón normal. Este impulso es generado en un pequeño grupo de células conocido como nodo sinusal o nódulo de Keith-Flach. Este nodo se encuentra localizado en la parte superior de la aurícula derecha en la desembocadura de la vena cava superior. Este grupo de células es el principal marcapasos del corazón por su capacidad de producir un mayor número de despolarizaciones por minuto (90-60 lat/min).

Esta transmisión del impulso eléctrico a través de las células miocárdicas es lo que va a dar lugar a las diferentes ondas que aparecen en el ECG:

---

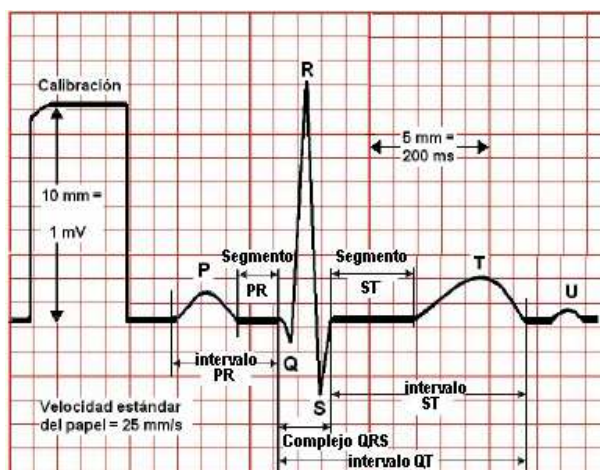
<sup>8</sup> GERMAN TOJEIRO CALAZA. Proteus, Simulación de circuitos electrónicos y microcontroladores, 1ª Ed. Barcelona: Marcombo, S.A. 2008

<sup>9</sup> CASTELLANO C Y COL. Electrocardiografía clínica, 2ª Ed. Madrid: Elsevier, 2004.

- Onda P: En condiciones normales es la primera marca reconocible en el ECG. Representa la despolarización de ambas aurículas. Su duración es menor de 100ms y su voltaje no excede los 0.25mV.
- Intervalo PR: Período de inactividad eléctrica correspondiente al retraso fisiológico que sufre el estímulo en el nodo atrioventricular. Su duración debe estar comprendida entre los 120 y los 200 ms.
- Complejo QRS: Representa la despolarización de ambos ventrículos. Su duración debe estar comprendida entre los 80 y 100 ms. El pico resultante R de la señal se encuentra entre 1 y 2 mV de amplitud, mientras que el pico resultante S produce una señal de voltaje aproximada de -0.3mV
- Segmento ST: Desde el final del QRS hasta el inicio de la onda T. Su duración se encuentra entre 100 y 150 ms
- Onda T: Corresponde a la repolarización ventricular, apareciendo al final del segmento ST. Su amplitud se encuentra entre los 0.15 y 0.3 mV.
- Intervalo QT: Comprende desde el inicio del QRS hasta el final de la onda T y representa la despolarización y repolarización ventricular. Su duración estará comprendida entre los 320 y 400 ms.

En la figura 1 se muestran las ondas, segmentos e intervalos de un ECG normal

Figura 1: Ondas segmentos e intervalos de un ECG normal



Fuente. Arango JJ. *Manual de electrocardiografía*, 3ª Ed. Medellín: CEB, 1990.

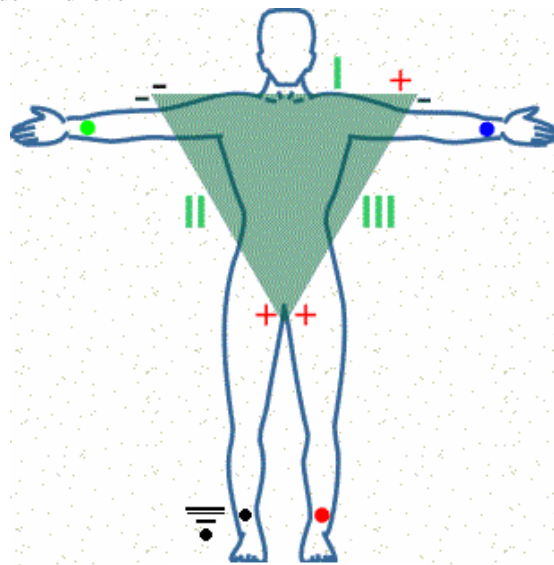
### 7.1.2 Derivaciones electrocardiográficas<sup>10</sup>

Las derivaciones son disposiciones específicas de los electrodos, se conocen como derivaciones y en la práctica clínica se utilizan un número de doce, clasificadas de la siguiente forma:

➤ ***Derivaciones bipolares de las extremidades***

Estas derivaciones fueron creadas por Willen Eindhoven y registran la diferencia de potencial eléctrico que se produce entre dos puntos (Figura 2).

Figura 2: Triangulo de Eindhoven



Fuente. ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2.<sup>a</sup> ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

Para su registro se colocan 3 electrodos: Brazo derecho RA, Brazo izquierdo LA, Pierna Izquierda LL. Son 3 derivaciones y se denominan DI, DII, DIII; además del electrodo neutro el cual representa la línea a tierra y es colocado en la pierna derecha debido a que es el punto más lejano al corazón y cuya señal eléctrica es la más débil.

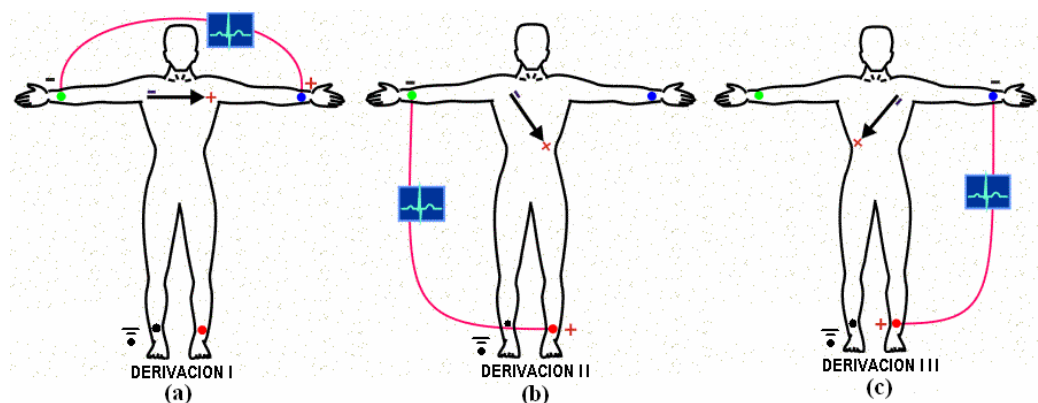
- DI: Registra la diferencia de potencial entre el brazo izquierdo polo positivo y el derecho (polo negativo) (Figura 3 (a)).

- DII: Registra la diferencia de potencial que existe entre la pierna izquierda (polo positivo) y el brazo derecho (polo negativo) (Figura 3 (b)).

<sup>10</sup> ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2.<sup>a</sup> ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

- DIII: Registra la diferencia del potencial que existe entre la pierna izquierda (polo positivo) y el brazo izquierdo (polo negativo) (Figura 3 (c)).

Figura 3: Derivaciones bipolares de las extremidades

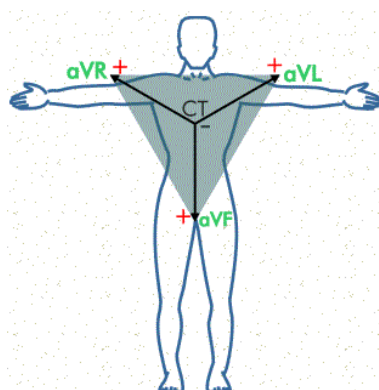


Fuente. ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2ª ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

➤ **Derivaciones monopolares de los miembros**

Registran el potencial total en un punto del cuerpo. Ideado por Frank Wilson y para su registro unió a las tres derivaciones del triángulo de Einthoven, cada una a través de la resistencia de un punto ó una central terminal de Wilson donde el potencial eléctrico es cercano a cero. Esta se conecta a un aparato de registro del que salía el electrodo explorador, el cual toma el potencial absoluto (V): Brazo derecho (VR), Brazo izquierdo (VL), Pierna izquierda (VF) (Figura 4).

Figura 4: Representación de las derivaciones monopolares de los miembros.

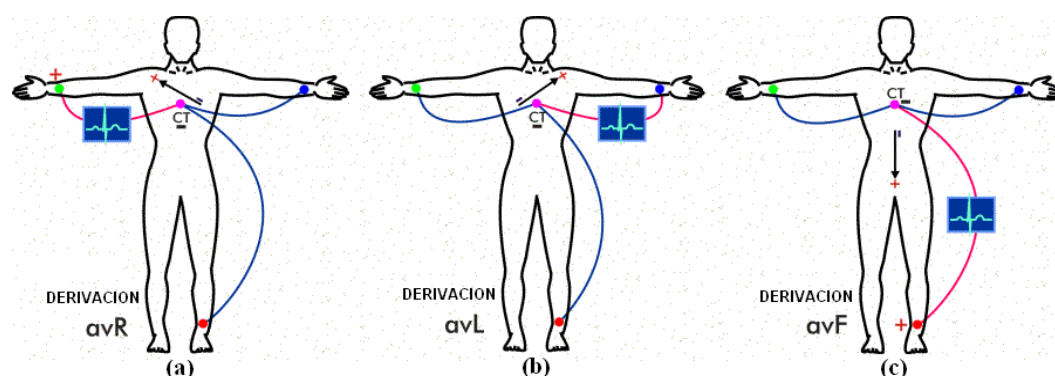


Fuente. ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2ª ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

Goldberger modifico ese sistema consiguiendo aumentar la onda hasta en un 50% y de aquí que estas derivaciones se llamen aVR, aVL, aVF, donde la a significa ampliada ó aumentada.

- aVR: Brazo derecho (+) y Brazo izquierdo + Pierna Izquierda (-) (Figura 5 (a)).
- aVL: Brazo izquierdo (+) y Brazo derecho + Pierna Izquierda (-) (Figura 5 (b)).
- aVF: Pierna izquierda (+) y Brazo derecho + Brazo izquierdo (-) (Figura 5 (c)).

Figura 5: Representación de las derivaciones aVR, aVL y aVF.

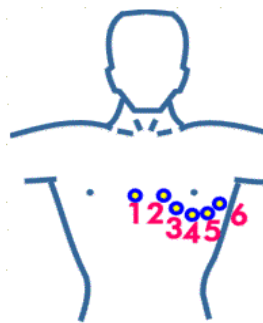


Fuente. ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2ª ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

### ➤ *Derivaciones precordiales*

Son derivaciones verdaderamente mono o unipolares, pues comparan la actividad del punto en que se coloca el electrodo a nivel precordial (Electrodo explorador) contra la suma de los tres miembros activos o Central Terminal (LL + LA + RA, que da como resultado 0) (Figura 6).

Figura 6: Representación de las derivaciones precordiales



Fuente. ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2ª ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

La localización precordial de los electrodos es la siguiente:

- V1: intersección del 4to espacio intercostal derecho con el borde derecho del esternón.
- V2: intersección del 4to espacio intercostal izquierdo con el borde izquierdo del esternón.
- V3: a mitad de distancia entre V2 y V4.
- V4: intersección del 5to espacio intercostal izquierdo y línea medio clavicular.
- V5: intersección del 5to espacio intercostal izquierdo y línea axilar anterior.
- V6: Intersección del 5to espacio intercostal izquierdo y línea axilar anterior.

## **7.2 DESCRIPCION DEL PROTOTIPO**

Existen muchos equipos biomédicos que utilizan las señales de ECG como señales de sincronismo. Es el caso del electrocardiógrafo normal, el cual imprime señales ECG desde 3 hasta 12 derivaciones.

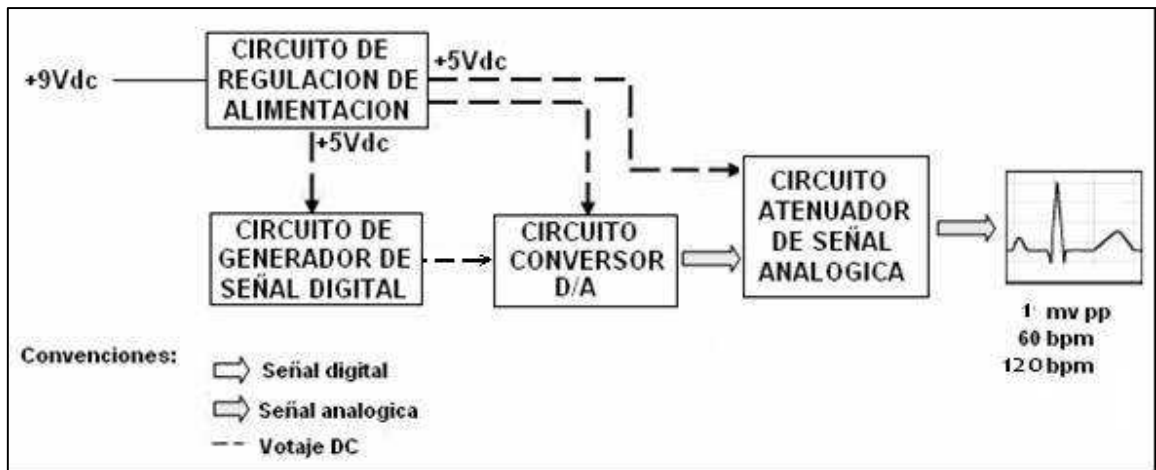
El prototipo de generador del complejo QRS propuesto, es un dispositivo electrónico capaz de generar un conjunto de señales que representan las ondas P, T y el complejo QRS de tipo electrocardiográfico normal de tres derivaciones, cuya aplicación inicial será meramente pedagógica, en bien de impulsar nuevas ideas en la Universidad de Nariño en el campo de la electromedicina, teniendo en cuenta que las opciones de modificación e implementación para este prototipo quedan abiertas para un número significativo de aplicaciones como: diseño de simulador ECG para testeo, verificación, demostración y calibración de equipos médicos que controlen señales de tipo ECG.

El prototipo es portátil y se alimenta mediante una batería de 9V, cuenta con tres conexiones de salida para obtener una señal QRS normal. Finalmente el prototipo genera una señal PQRST de amplitud específica (1 mv p-p) y una frecuencia de la señal que puede ser de 60 bpm o 120bpm según la elección del usuario.

## **7.3 APLICACIÓN DE LABORES DE DISEÑO.**

En primera instancia y como paso lógico inicial dentro del proceso electrónico se elabora el diagrama en bloques del sistema mostrado en la figura 7.

Figura 7. Diagrama en bloques: Prototipo de generador del complejo QRS.



Como muestra la figura, el diseño comprende cuatro circuitos básicos: alimentación, encargado de suministrar al sistema los niveles de tensión y corriente (DC) necesarios para su funcionamiento; generación de la señal digital que la realiza un microcontrolador (PIC 16F84A) especialmente programado, en cuya memoria se encuentran los valores para conformar la onda; conversión D/A para que la señal de salida digital del microcontrolador se transforme en analógica y adquiera la forma de la señal deseada. Finalmente la señal es acondicionada mediante el circuito atenuador con el que se consigue la amplitud de salida correcta.

La operación del equipo, contemplada en el diseño sugerido, se esquematiza así:

- 1.- Mediante el circuito final se obtiene un generador del complejo QRS y las ondas P y T de una señal electrocardiográfica con un ritmo de señal muy estable y una amplitud aproximada de 1 milivoltio pico a pico (mv pp).
- 2.- El prototipo está en la capacidad de variar la frecuencia de las ondas de 60bpm a 120bpm aproximadamente. Algunos periodos del complejo PQRST se reducen así como su ancho total, tal como ocurre en el cuerpo humano.

Con base al diagrama en bloques elaborado se procede a la utilización del software de diseño por ordenador para el esquema circuital y la programación del sistema. La descripción que a continuación se hace, describe el proceso orientándolo a cada subsistema del equipo, haciendo mención al bloque o parte del bloque que interviene en su operación.

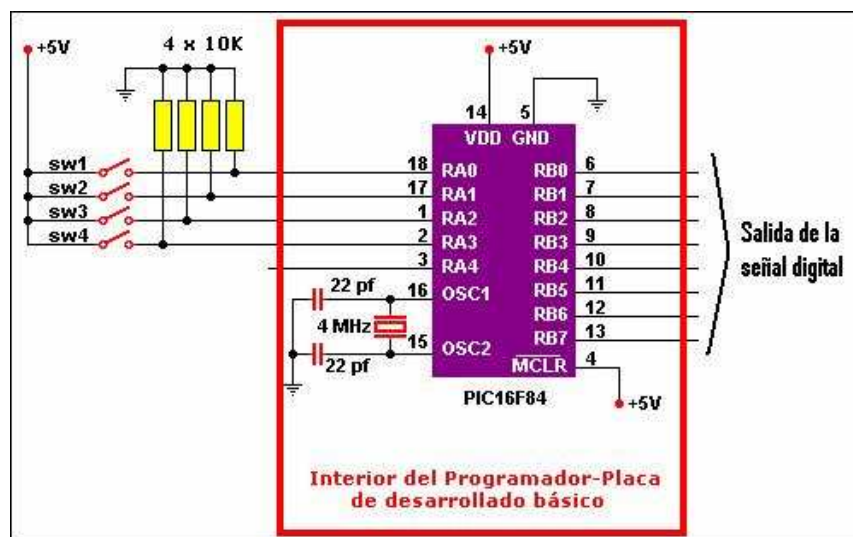
- **Generador de la señal digital:** implementado mediante la utilización del microcontrolador PIC16F84A de *Microchip technology inc*<sup>11</sup>. Se trata de uno de los microcontroladores mas populares del mercado, de bajo costo y fácil programación (puede ser programado tanto en lenguaje ensamblador como en Visual Basic y principalmente en C).

La configuración que se adelanta a este elemento (mediante programación interna) y la disposición de los diversos componentes electrónicos que constituyen esta etapa, se concentra en las siguientes operaciones:

- 1.- Se realiza un secuenciador de 3 bits teniendo en cuenta que los periodos de tiempo de espera entre cada grupo de valores binarios de 3 bits que formaran la señal deben ser semejantes a los periodos de tiempo de una señal electrocardiográfica (Ver conceptos generales en electrocardiografía. Pág. 49).
- 2.- Cada grupo de valores de 3 bits son registrados en el puerto configurado como salida (PORTB) del PIC e irán formando una señal digital a través de los pines RB0, RB1 y RB2. La forma de esta señal puede variar de acuerdo a la condición en que se halle previamente el puerto (PORTA) que se encuentra configurado como puerto de entrada y que al ser manipulado mediante un switch, el usuario puede variar la frecuencia y el tipo de señal de salida.
- 3.- Se utiliza sw1 como switch para variar el ritmo de la señal de salida de 60 pulsaciones por minuto (bpm) a 120 (bpm).

En la figura 8 se muestra el circuito de generador de la señal digital.

Figura 8. Circuito de generador de señal digital.



<sup>11</sup> MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC16F84A 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-bit Microcontroller.

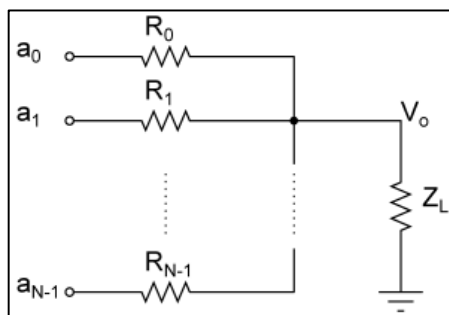


- **Conversión D/A (digital a analógico):** El objetivo de este proceso dentro de la etapa de control consiste en obtener una señal de tipo analógica a partir de la digital proveniente del microcontrolador PIC 16F84A, con el fin de facilitar su tratamiento.

Para este fin se hace uso del convertidor digital/analógico de resistencias ponderadas (Binary-Weighted Resistors DAC), que es un tipo de convertidor muy simple y muy práctico cuando el número de bits es reducido.

El convertidor D/A consiste en una sencilla red de resistencias (1R-2R-4R-...), como la de la figura 9. En la figura,  $a_{N-1}, a_{N-2}, \dots, a_1, a_0$ , representan los bits de la palabra código que vamos a convertir en una tensión analógica  $V_o$ . El bit  $a_{N-1}$  es el de mayor peso (MSB) y  $a_0$  el de menor (LSB). Si  $a_i$  vale uno (1) entonces en ese terminal hay  $V_c$  voltios (normalmente +5V ó +3.3V) y si vale cero (0) el terminal está a tierra (+0V).

Figura 9. Circuito convertidor digital/analógico de resistencias ponderadas



Fuente. HAYT, WILLIAM H, J.E. KEMMERLY. Análisis de circuitos en ingeniería. Mc Graw-Hill. 1993.

Las resistencias guardan entre si la relación:

$$R_0 = 2R_1 = 4R_2 = \dots = 2^{N-1} R_{N-1}$$

El valor de  $R_0$  viene dado por:

$$R_0 = Z_L(2^N - 1) \left[ \frac{V_c}{V_{max}} - 1 \right]$$

Donde

- N es el número de bits del DAC
- $Z_L$  es la impedancia de carga conectada
- $V_c$  es la tensión del 1 lógico, la del 0 se supone que es 0V que es lo normal.
- $V_{max}$  es la tensión máxima de salida, la que corresponde a la combinación binaria todo unos (111...111). El rango de salida será entonces (0V,  $V_{max}$ ).

Por ejemplo, para un DAC de  $N = 4$ -bit,  $Z_L = 75\Omega$  con  $V_{max} = 0.7V$  y el 1 lógico igual a  $V_c = 3.3V$ , las resistencias (de precisión) que debemos usar son:

$$R_0 = 4.17K$$

$$R_1 = R_0 / 2 = 2.09K$$

$$R_2 = R_0 / 4 = 1.04K$$

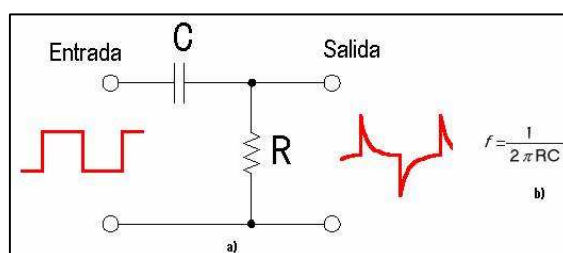
$$R_3 = R_0 / 8 = 0.52K$$

Otro aspecto a tener en cuenta dentro de la conversión D/A es la utilización de condensadores como constantes de tiempo capacitivos, tanto diferenciadores como integradores:

### *El diferenciador C/R.*

Más conocido como filtro pasivo pasa alto. Se trata de un circuito constituido por una capacidad  $C$  y una resistencia  $R$  (circuito RC), el cual actúa como un filtro pasivo para altas frecuencias, debido a que no intervienen elementos amplificadores, como transistores o circuitos integrados, este tipo de filtro atenúa las bajas frecuencias como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Diferenciador RC. a) Circuito diferenciador C/R, b) fórmula asociada al circuito

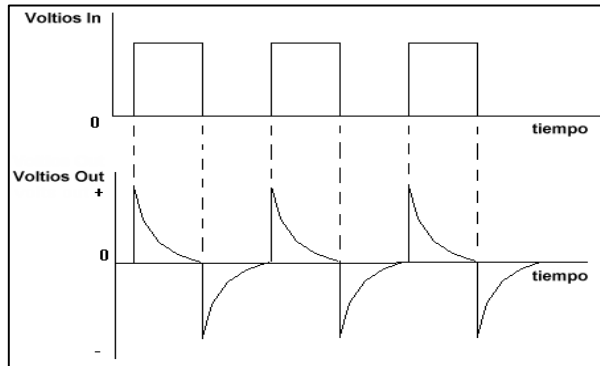


Fuente. HAYT, WILLIAM H, J.E. KEMMERLY. Análisis de circuitos en ingeniería. Mc Graw-Hill. 1993.

Cuando se aplica un tren de impulsos a la entrada de este circuito, inicialmente un pulso de tensión se eleva de repente de cero al máximo, la corriente que carga el condensador  $C$  se eleva a un valor máximo también. En la medida que se carga  $C$ , la carga de corriente se cae exponencialmente a cero. Ya que esta corriente de carga pasa por la resistencia  $R$ , el voltaje a través de  $R$  (que es el voltaje de salida) hace lo mismo.

Cuando el pulso se cae a cero, se produce la descarga del condensador  $C$ , la corriente de descarga es alta en la salida y entonces se cae exponencialmente a cero como la descarga del condensador  $C$ . Sin embargo, dado que la corriente de descarga, está en oposición a la dirección de la carga actual, el voltaje por  $R$  se invertirá, con lo que la forma de onda se muestra ahora por debajo de la línea cero. Para cada pulso, la forma de onda de salida se repite, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Señales de entrada y salida de un tren de pulsos en un circuito diferenciador RC

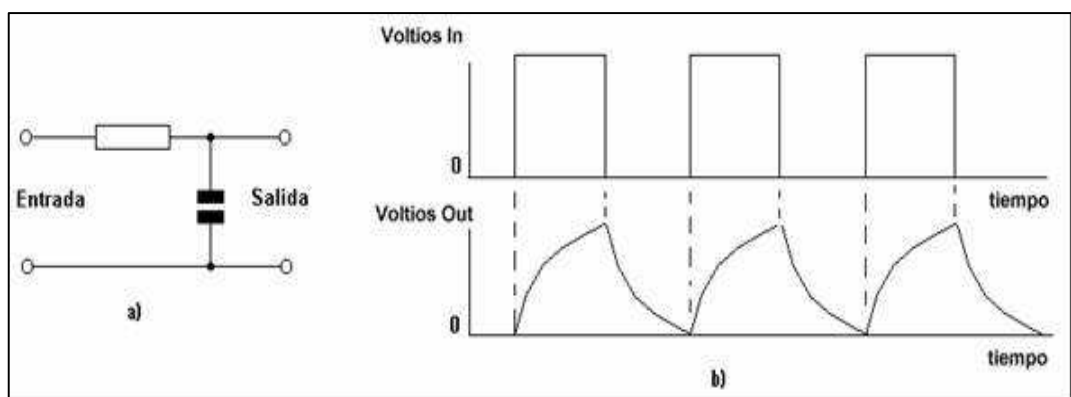


Fuente. HAYT, WILLIAM H, J.E. KEMMERLY. Análisis de circuitos en ingeniería. Mc Graw-Hill. 1993.

**El integrador R/C:**

El integrador mas simple consta de una resistencia R y un condensador C, en este caso se trata de un filtro pasivo pasa bajos. Al aplicar un tren de impulsos a la entrada de este circuito, inicialmente un pulso de entrada se eleva rápidamente al máximo cargando el condensador C exponencialmente debido a la resistencia R, lo cual deforma el pulso a la salida. Cuando el pulso de entrada se cae de repente a cero, se descarga exponencialmente el condensador C a cero a través de la resistencia R. El proceso se repite para cada pulso de entrada que, dará la forma de onda de salida mostrada en la figura 12.

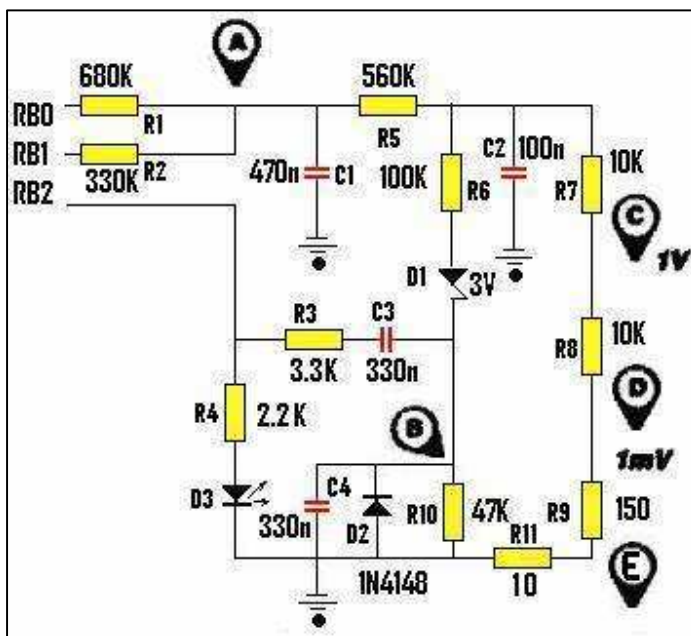
Figura 12. Circuito integrador RC. **a)** Circuito integrador R/C, **b)** Señales de entrada y salida de un tren de pulsos.



Fuente. HAYT, WILLIAM H, J.E. KEMMERLY. Análisis de circuitos en ingeniería. Mc Graw-Hill. 1993.

En ese orden de ideas, el siguiente circuito es el resultado obtenido para la conversión D/A de la señal obtenida en la salida del microcontrolador PIC16F84. Figura 13.

Figura 13. Circuito conversor D/A y atenuación de la señal resultante a 1milivoltio



En el manejo del PIC16F84 se utilizan únicamente 3 salidas (RB0, RB1, RB2) para el propósito que es la generación de una señal de tipo ECG. Cabe aclarar que se pueden utilizar las ocho salidas del microcontrolador, esto con el fin de obtener una señal de mejor resolución para un óptimo tratamiento, aunque la necesidad de un conversor D/A (Digital/Análogo) de uso industrial sería necesario en ese caso.

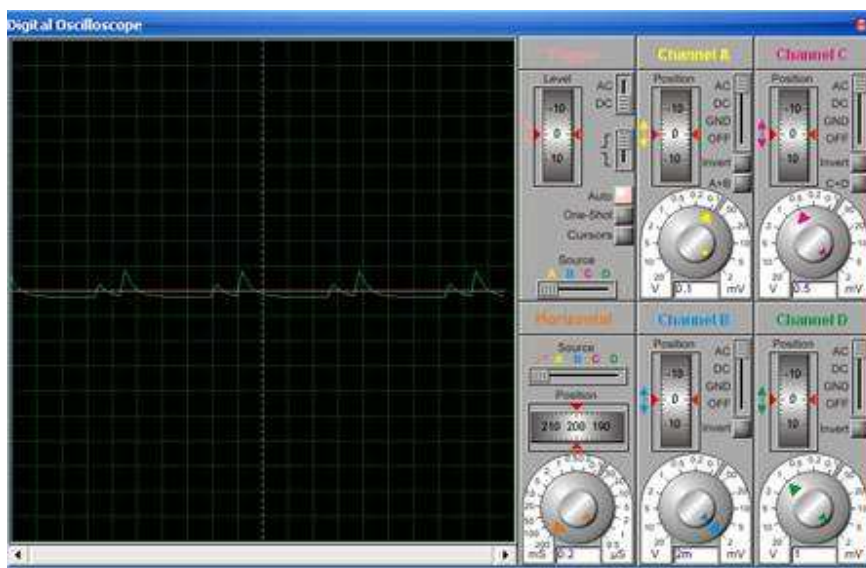
El primer pulso de salida del PIC16F84 (RB0), se convierte en la onda P por la integración de R1/C1. El valor de la resistencia R1 es escogido de tal manera que el capacitor C1 cargue exponencialmente de 0 a 1V.

De igual manera el segundo pulso de salida (RB1), se convierte en la onda T por la integración de R2/C1. Debido a que la resistencia R2 es menor que la mitad de la resistencia de R1 el pulso carga a C1 más de dos veces (2.2V) el voltaje de la onda P.

En la figura 14 se observa la composición de las ondas P y T respectivamente, dichas medidas son tomadas en el punto A del circuito mostrado en la figura 13 mediante simulación en ISIS profesional<sup>12</sup>

<sup>12</sup> ISIS Profesional – Labcenter electronics 1989 - 2007

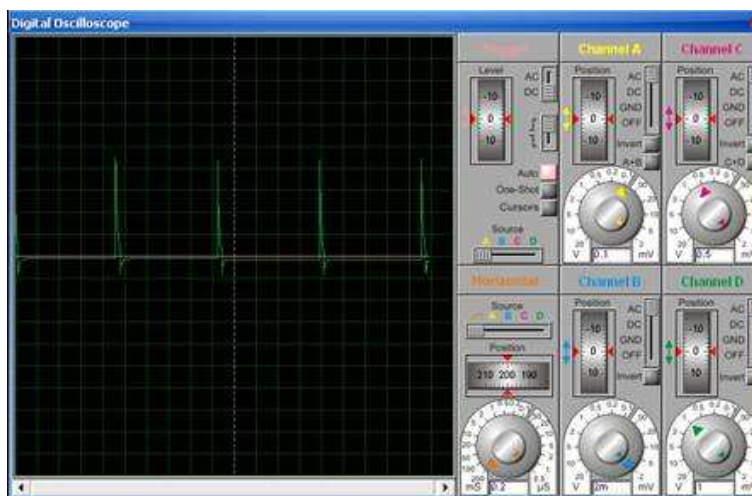
Figura 14. Generación de las ondas P y T con amplitud aproximada de 1V y 2.2V respectivamente



Para la formación del complejo QRS, se inserta el pulso RB2 entre las ondas P y T mediante el circuito diferenciador C3/R10. La resistencia R3 limita la carga de corriente para C3 mientras que D1 asegura que el valor del pico del pulso no exceda los 3.8V aproximadamente. La porción negativa del pulso (flanco de bajada del pulso) es recortada por D2 obteniendo un resultado de -0.7 V debido a la caída de voltaje del mismo D2. Esto produce un buen componente S. Mientras tanto el diodo LED D3 se enciende durante el pico R de la señal QRS.

En la figura 15 se observa la composición del complejo QRS, dichas medidas son tomadas en el punto B del circuito mostrado en la figura 13.

Figura 15. Generación del complejo QRS con amplitud aproximada de 3.8 V

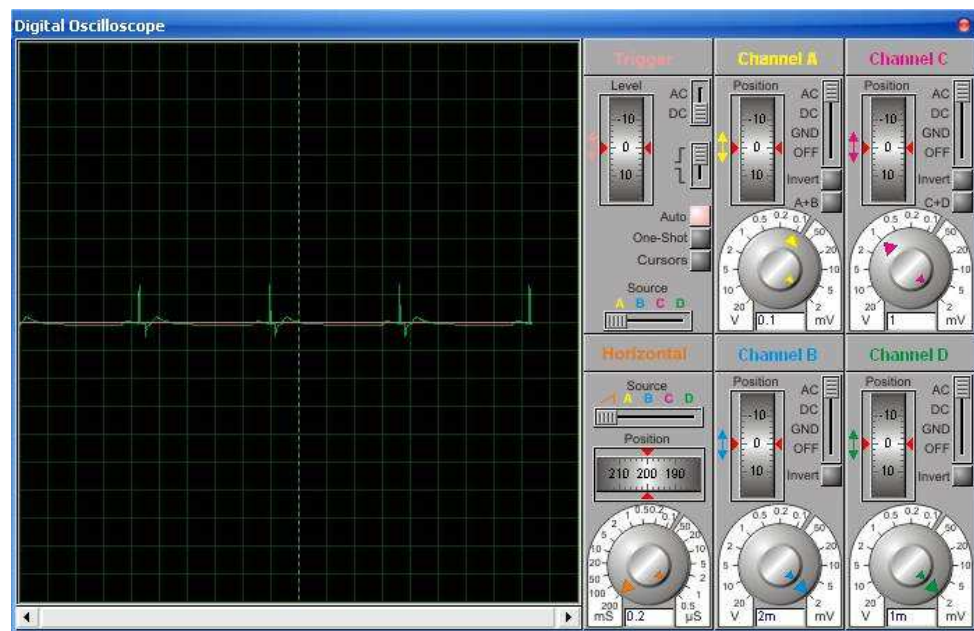


Las señales de los integradores R/C y del diferenciador C/R se suman en R5 y R6 (con diferentes coeficientes) y el capacitor C2 se encarga de suavizar los componentes de la señal (picos excesivos).

Finalmente las resistencias R7, R8 y R9 forman un divisor de tensión el cual proporciona señales de salida con amplitudes de 1mV, la resistencia R11 de bajo valor que se ubica entre el punto E y tierra proporciona la conexión a neutro (para conexión a la entrada de equipos de ECG).

La señal del complejo PQRST completo semejante a una señal electrocardiográfica de amplitud 1mV y una frecuencia variable de 60bpm y 120bpm que finalmente se obtiene se presenta en la figura 16, esta muestra es medida en los puntos D, E y tierra (Neutro) del circuito, como se muestra en la figura 13.

Figura 16. Complejo PQRST generado mediante simulación del circuito final.

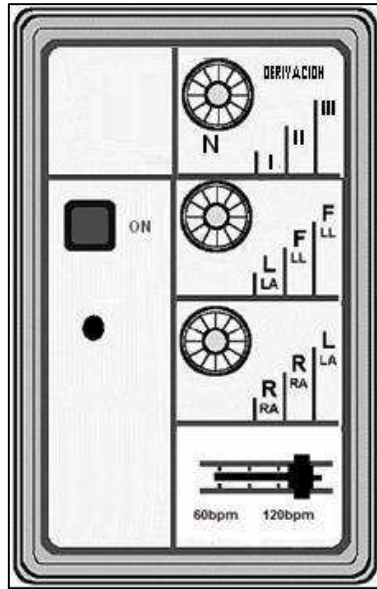


Finalmente se obtiene la señal de salida deseada y se procede a la implementación final y sometimiento a pruebas.

#### 7.4 IMPLEMENTACIÓN Y SOMETIMIENTO A PRUEBAS.

Gracias al diseño realizado en su totalidad, se procede a ensamblar. En primera instancia, se elabora el circuito impreso que contiene los componentes eléctricos y electrónicos del sistema, e igualmente se construye la armadura en la cual se ubican el interruptor, el switch de control de frecuencia y los terminales para conexión a ECG como se observa en la figura 17.

Figura 17: Diseño de armadura: Prototipo de generador del complejo QRS de una señal electrocardiográfica.

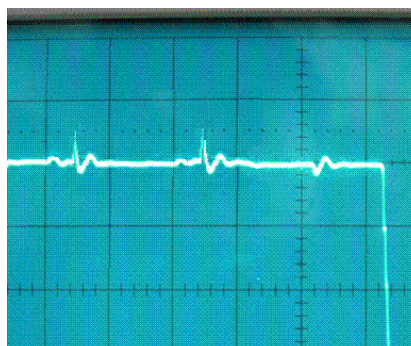


Se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento mediante osciloscopio para la verificación de la señal de salida, obteniendo como resultado una señal de salida acorde a los resultados de la simulación. Posteriormente a estas pruebas se procede a la realización de ensayos en un equipo de electrocardiografía, dichos resultados se describen a continuación.

➤ *Sometimiento a pruebas*

Inicialmente se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento mediante el osciloscopio de marca MICROTOP perteneciente al área de mantenimiento del Hospital Civil de Ipiales; el cual está configurado a 0.5 mV/div y 400m. El trabajo del equipo y de todos sus componentes es óptimo como se muestra en la fotografía de la figura 18.

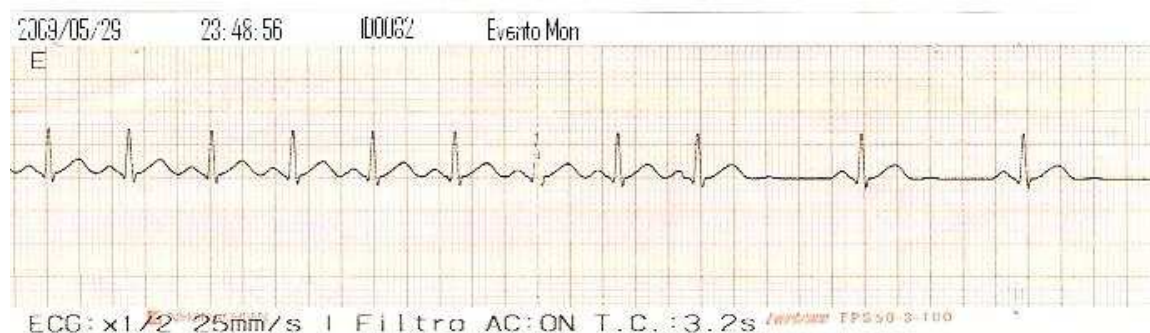
Figura 18. Prueba de funcionamiento mediante osciloscopio. Prototipo generador del complejo QRS





Finalmente y para efectos de demostración del correcto funcionamiento del dispositivo se procede a realizar las pruebas respectivas en un electrocardiógrafo de la marca la marca CARDIMAX modelo FX2111 (el cual se muestra en el anexo E), verificando previamente las condiciones normales del funcionamiento del equipo. En la figura 19 se muestra la impresión como resultado obtenido en la prueba realizada.

Figura 19. Señal de prueba impresa en electrocardiógrafo CARDIMAX FX2111



De acuerdo a la velocidad de impresión del ECG (25mm/s) se obtiene una señal clara y precisa. Como se muestra en la tira impresa, la señal es generada en los dos tipos de frecuencia para los cuales esta diseñado el equipo obteniendo los siguientes resultados:

Frecuencia aproximada en BPM	60 y 120
Frecuencia aproximada en Hz	1 y 0.5

En cuanto a la precisión de amplitud en la salida, se observa un sobrepaso de la señal en el pico correspondiente al componente R del complejo QRS, que aproximadamente es de 2mm. Esto se debe a que los componentes resistivos utilizados no tienen la precisión requerida para el manejo de señales del orden de milivoltios (mV), aunque para efectos de la prueba del dispositivo se puede concluir que el equipo funciona adecuadamente de acuerdo al diseño realizado, cumpliendo con el objetivo propuesto.

➤ **Documentación.** Concluido en su totalidad el proceso de implementación se elabora la documentación referente al mismo. Esta, comprende la guía de funcionamiento del prototipo.

El anexo K del presente documento contiene imágenes referentes al prototipo ensamblado y la guía de funcionamiento.



## 8. ACTIVIDADES ADICIONALES

En cumplimiento al objetivo de adelantar labores conjuntas con el personal adscrito al área de Ingeniería Hospitalaria del Hospital Civil de Ipiales E.S.E. orientadas al logro de los objetivos señalados, se adelantan actividades adicionales relacionadas con el entorno hospitalario y de mantenimiento, suscitadas por el contexto en el cual se desenvuelven las entidades prestadoras de servicios en atención hospitalaria.

Incluye la asistencia a capacitaciones en operación de equipos biomédicos, conferencias, y participación activa en eventos de carácter lúdico – educativo. Estas son:

- Acción de formación: “Fundamentación en competencias laborales”. certificado por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y el Hospital Civil de Ipiales.
- Capacitación: Operación de ventiladores neonatales, marca SLE, modelo 4000.
- Conferencia: “Manejo seguro de la red de gases medicinales del Hospital Civil de Ipiales E.S.E.”
- Conmemoración de la 1<sup>ra</sup> Semana de la Salud Ocupacional.
- Seminario: “Primer seminario de actualización en medicina transfusional.” Certificado por parte del Instituto Nacional de Salud, el Instituto Departamental de Salud de Nariño y el Hospital Civil de Ipiales E.S.E.

## 9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES					
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Recolección y análisis de información						
Ejecución de labores de apoyo en gestión tecnológica hospitalaria.						
Ejecución labores de apoyo en mantenimiento preventivo.						
Diseño e implementación del prototipo de generador del complejo QRS en electrocardiografía						
Actividades adicionales						
Documentación						

## 10. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de gestión de tecnología hospitalario en las entidades prestadoras del servicio de salud, que esté encargado de la adquisición, registro y mantenimiento del equipamiento, permite optimizar y preservar en el tiempo las prestaciones suministradas por este, asegurando al personal profesional en el área de la salud y al paciente los mejores y más eficientes resultados en campos tales como diagnóstico, tratamiento y recuperación.

Parte importante dentro del sistema de gestión de tecnología biomédica es el registro de los equipos y de las operaciones de mantenimiento a las que este es sometido. La estructuración y dinamización de este proceso mediante el uso de herramientas informáticas mejora considerablemente las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo y refleja esta mejoría en la facilidad para el acceso a la información y la reducción del tiempo empleado en dicho acceso.

La continua ejecución de mantenimiento preventivo a equipos biomédicos dentro de las entidades prestadoras del servicio de salud, constituye la forma más efectiva para garantizar el correcto funcionamiento y duración del mobiliario existente en las instituciones. La permanente revisión técnica y la detección temprana de fallas propende a reducir dificultades al momento de la operación, así como los tiempos de inoperancia de los equipos y los casos en los cuales estos deben ser desechados.

El estudio de la creación de un prototipo de generador del complejo QRS en electrocardiografía debe continuar para obtener como producto final un equipo Generador-Simulador para calibración de varios parámetros propio del mercado nacional, que sea capaz de competir con equipos de similar tecnología.

## **11. RECOMENDACIONES**

Dar continuidad a los procesos adelantados en referencia a gestión tecnológica hospitalaria dentro del área de ingeniería hospitalaria, mediante la creación de un sistema de gestión tecnológica asistida por computador, basándose en software especializado que este orientado a un sistema de mantenimiento preventivo planificado y a la adquisición de nueva tecnología biomédica, con el fin de: Atender a la reducción de costos y al aumento de la competitividad con la consecuente elevación de la calidad de la prestación de los diferentes servicios de salud.

Mejorar los procesos de capacitación en manejo integral (hardware y software) al personal técnico y operativo del equipamiento biomédico con el que están dotadas las diferentes áreas de la institución, a fin de: garantizar el eficiente uso de los recursos disponibles, preservar y asegurar el correcto funcionamiento de la tecnología biomédica, cumplir con las condiciones de seguridad establecidas por la normatividad vigente, y primordialmente, ofrecer a los usuarios del servicio de salud prestaciones que cumplan con altos estándares de calidad.

Estimular el desarrollo de prácticas profesionales con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación profesional y generar experiencia en la aplicación de procesos y técnicas de ingeniería, así como investigación en este mismo campo.

Fortalecer la cooperación interinstitucional existente entre el Hospital Civil de Ipiales E.S.E y la Universidad de Nariño. Lo anterior, con el propósito de ampliar el sector institucional para la ejecución de pasantías y obtener significativos beneficios en los ámbitos académico y hospitalario del departamento.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANGO JJ. Manual de electrocardiografía, 3ª Ed. Medellín: CEB, 1990.

ARENAS LEÓN JM. Electrocardiografía Normal y Patológica. 2ª ed. Caracas: McGraw-Hill Interamericana de Venezuela; 2000.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 2434 de 2006 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia). Disponible en:  
<[http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2006/46336/r\\_mps\\_2434\\_2006.html](http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2006/46336/r_mps_2434_2006.html)>

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. DIRECCIÓN DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. Manual de adquisición de tecnología biomédica. Tomo I. Santafé de Bogotá: Fundación Presencia, 1997. 32 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 1769. 1994 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia), Disponible en:  
<[http://www.supersalud.gov.co/normatividad/documentos/CircExt029\\_1997.pdf](http://www.supersalud.gov.co/normatividad/documentos/CircExt029_1997.pdf)>

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 1769 de 1994 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia). Disponible en:  
<[http://www.presidencia.gov.co/prensa\\_new/decretoslinea/1994/agosto/03/dec1769031994.pdf](http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1994/agosto/03/dec1769031994.pdf)>

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Ley 100 de 1993 [en línea]. (Santafé de Bogotá, Colombia). Disponible en:  
<[http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0100\\_93.HTM - 977k](http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0100_93.HTM - 977k)>

GONZÁLEZ CAICEDO, Orlando. El mantenimiento en Colombia [en línea]. (Sante Fe de Bogotá, Colombia), 1989. Disponible en:  
<<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo14710DocumentNo5094.pdf>>

HAYT, WILLIAM H, J.E. KEMMERLY. Análisis de circuitos en ingeniería. Mc Graw-Hill. 1993.

HOSPITAL CIVIL DE IPAILES E.S.E. Portafolio de servicios [en línea]. (Ipiales, Colombia). Disponible en: < [www.hospitalcivil.com](http://www.hospitalcivil.com)>

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. Manual de mantenimiento preventivo planificado. 3 ed. (San Salvador, El Salvador), 1999. 253p.


MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC16F84A Data sheet [en línea]. (Estados Unidos), 2001. Disponible en: <[http:// www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com) >

NATIONAL SEMICONDUCTORS. DAC0800/DAC0801/DAC0802 8-Bit  $\mu$ P Compatible D/A Converters [en línea]. (Estados Unidos), 1999. Disponible en: <<http://www.datasheetcatalog.com>>

RODRÍGUEZ DENIS, Ernesto. Manual de ingeniería clínica [en línea]. (La Habana, Cuba), 2003 (citado, 9 ago., 2007). Disponible en: <[http://www.cenetec.gob.mx/archivoscenetec/Curso\\_I\\_Clinica07/6ING\\_CLINICA.pdf](http://www.cenetec.gob.mx/archivoscenetec/Curso_I_Clinica07/6ING_CLINICA.pdf)>


# **ANEXOS**

Anexo A. Formato de documentos para registro y seguimiento del mantenimiento preventivo a equipos biomédicos. (a) Hoja de vida, (b) Registro de mantenimiento

 HOSPITAL CIVIL DE IPIALES	<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS</b>				<b>FT - 002</b>	
					Versión <b>3</b>	Vigencia <b>03/06/08</b>
<b>NOMBRE:</b>						
<b>CLASIFICACION</b>	Prevención	Diagnostico	Tratamiento	Rehabilitación		
<b>IDENTIFICACION DEL EQUIPO</b>				<b>DATOS INTERNOS</b>		
MARCA	MODELO	SERIE	CLASE	Nº. Inventario	Cod. Interno	
<b>SERVICIO (s):</b>						
<b>REGITRO TECNICO</b>			<b>APOYO TECNICO</b>			
FUENTE DE ALIMENTACION:			Manual de usuario	Planos eléctricos		
VOLTAJE DE ENTRADA:			Manual de servicio	Planos mecánicos		
FRECUENCIA:			OTROS:			
AMPERAJE:						
POTENCIA:			<b>FORMA DE ADQUICION</b>			
PRESION:			Compra directa	Leasing		
TEMPERATURA:			Donación	Como dato		
CAPACIDAD:			OTRA:			
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>		INTERNO	EXTERNO	COMODATO		
<b>FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MESES)</b>						
<b>DATOS DEL PROVEEDOR</b>						
Empresa:			Dirección:			
Teléfonos:			Fax:			
<b>ACCESORIOS</b>						
DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	REFERENCIA			
<b>FECHA DE PUESTA EN FUNCIONAMIENTO</b>						
DIA:		MES:		AÑO:		
ELABORADO POR: INGENIERIA HOSPITALARIA			REVISADO Y APROBADO POR: GESTION DE CALIDAD			

(a)



 HOSPITAL CIVIL DE IQUIITOS	<b>REPORTE DE SERVICIO</b>				<b>FO - 004</b>				
					<b>VERSION</b> 1		<b>VICENCIA</b> 21/04/05		
<b>FECHA DE INICIO</b>				<b>FECHA DE ENTREGA</b>					
<b>DIA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	<b>DIA</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>				
<b>EQUIPO O SISTEMA:</b>									
<b>MARCA:</b>			<b>MODELO:</b>			<b>SERIE:</b>			
<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>			<b>PREVENTIVO</b>		<b>CORRECTIVO</b>		<b>Solicitud N°</b>		
<b>FALLA REPORTADA</b>									
<b>DESCRIPCION DEL TRABAJO</b>									
<b>REPUESTOS UTILIZADOS</b>									
<b>DESCRIPCION</b>			<b>REFERENCIA</b>		<b>CANTIDAD</b>		<b>COSTO</b>		
<b>INSTRUMENTACION UTILIZADA</b>									
<b>DESCRIPCION</b>			<b>MARCA</b>		<b>MODELO</b>		<b>SERIE</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>									
<b>TRABAJO REALIZADO POR:</b>									

(b)

**Anexo B. Aspirador medico, marca THOMAS, modelo 1130. (a) Aspirador, (b) Filtro hidrofóbico, (c) frasco colector.**



**(a)**



**(b)**



**(c)**

**Anexo C. Bomba de infusión volumétrica, marca BAXTER, modelo Flo-Gard 6200.**



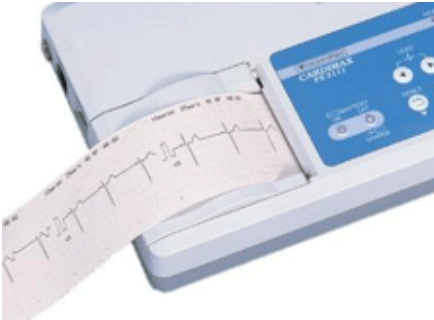
**Anexo D. Centrifuga, marca CLAY ADAMS, modelo COMPAT II**



**Anexo E. Electrocardiógrafo, marca CARDIMAX, modelo FX2111. (a)  
Electrocardiógrafo, (b) Salida de tira de papel milimetrado, (c) Cables ECG.**



**(a)**



**(b)**



**(c)**

**Anexo F. Esfigmomanómetro aneroide, marca Welch Allyn Tycos, modelo CE0050**



**Anexo G. Incubadora para infantes, marca MEDIX, modelo PC 305. (a) Incubadora, (b) panel de control, (c) habitáculo.**



(a)



(b)



(c)

**Anexo H. Lámpara de fototerapia, marca ATOM, modelo PIT 220-TLR. (a) Lámpara de fototerapia vista superior, (b) montaje sobre incubadora, (c) tubos fluorescentes y balastos.**



**(a)**



**(b)**



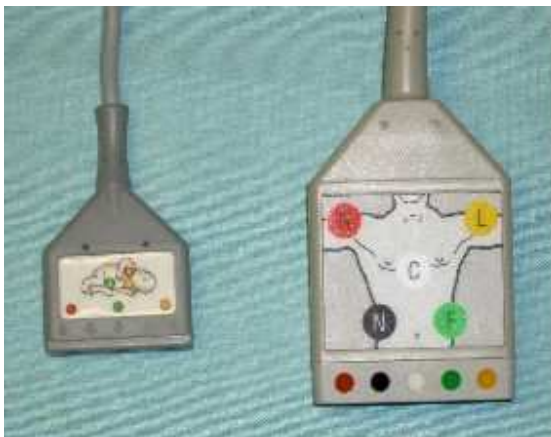
**(c)**



Anexo I. Monitor de signos vitales, marca CRITIKON, modelo DINAMAP PLUS. (a) Monitor de signos vitales, (b) conector circuito – paciente del módulo de monitorización cardiaca, (c) manguitos para monitorización de presión arterial, (d) electrodos para monitorización de temperatura periférica, (e) sensores de saturación de oxígeno (SatO<sub>2</sub>).



(a)



(b)



(c)





(d)



(e)

**Anexo J. Maquina de anestesia, marca OHMEDA, modelo EXCEL 210 SE. (a) Maquina de anestesia, (b) vaporizador de gases anestésicos, modelo TEC 4, (c) ventilador para anestesia, modelo 7000, (d) circuito absorbedor de CO2 (canister), (e)circuito absorbedor de CO2 (válvulas inhalatoria - exhalatoria)**



(a)



(b)



(c)



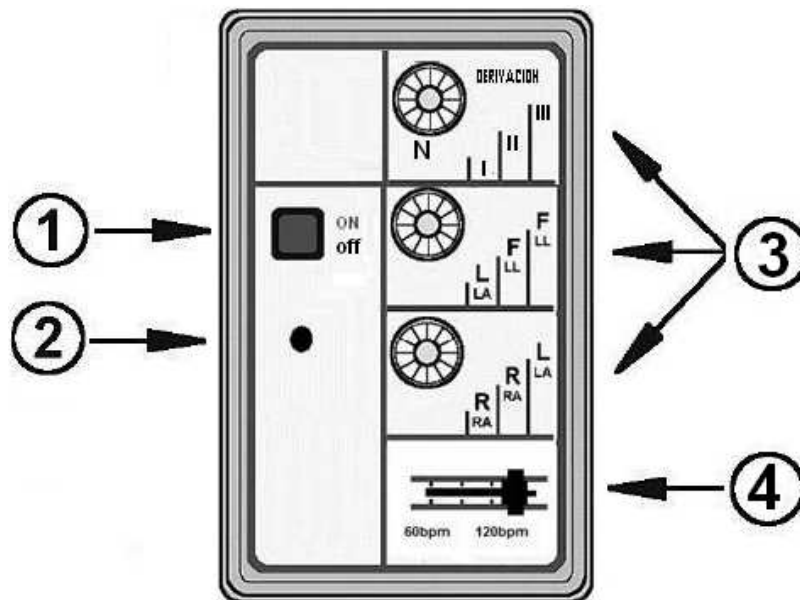
(d)



(e)

Anexo K. Guía de funcionamiento. Prototipo de generador del complejo QRS en electrocardiografía

GENERADOR QRS PARA ELECTROCARDIOGRAFIA  
GUIA DE FUNCIONAMIENTO



- 1) Encendido y Apagado.
- 2) Indicador de encendido y ritmo.
- 3) Conectores de salida.
- 4) Cambio de Ritmo 60bpm/120bpm

## 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Forma de onda: PQRST "Normal".

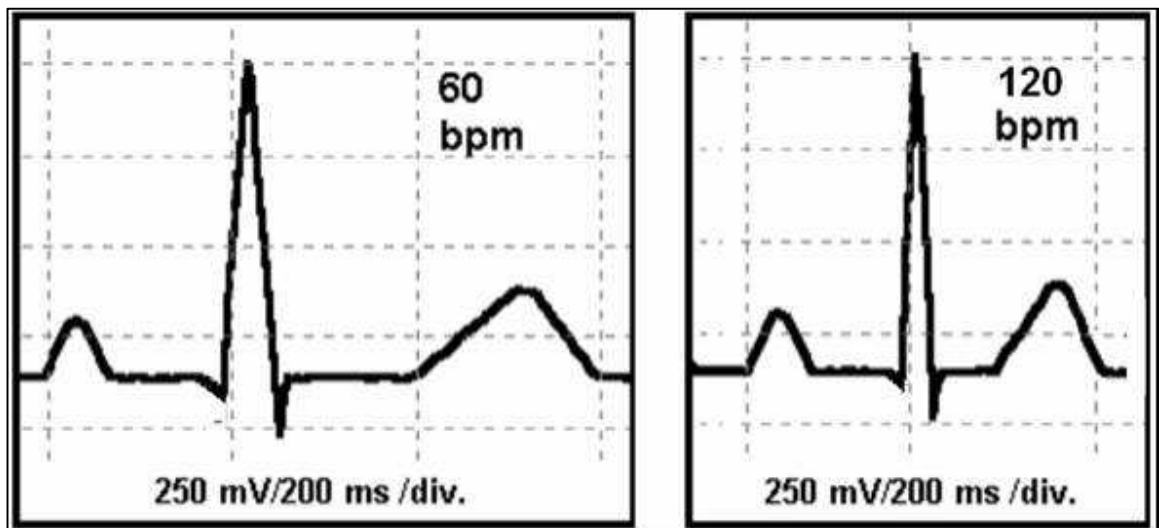
Amplitud/salida: Fija, 1,0 mV pico a pico ( $\pm 5\%$ ), para Derivación I, II ó III, a 60bpm y 130bpm. (bpm = "beats per minute" = latidos por minuto).

Conectores/salida: Tres del tipo "clip" ("snap-on"), machos, en paralelo.

Alimentación: Batería de 9 V, tipo PP3 ó 6LR61 (alcalina).

Dimensiones máx.: Ancho 6cm x Largo 10cm x Fondo 3cm.

## 2. FORMA DE ONDA.



## 3. USO DEL GENERADOR QRS.

Batería: retirar el tornillo de la parte trasera del dispositivo y levantar la tapa para reemplazar la batería de 9 voltios.

Encendido: Presionar "ON" (1, en el dibujo), para encender y apagar el dispositivo.

Frecuencia: Cambiar la dirección del switch para cambiar de frecuencia, esta puede ser de 60 bpm o 120 bpm.

Conexión: para conseguir la señal de la amplitud especificada (1,0 mVp-p) se deben conectar correctamente los cables del equipo bajo prueba a los conectores respectivos del simulador, De otra manera la señal podrá estar invertida aumentada o ruidosa. El conector llamado N o RL debe en principio ser conectado al terminal del mismo nombre del equipo

bajo prueba o al común o neutro en caso de una grabadora Holter, los otros dos conectores aceptan diferentes terminales, según la derivación deseada. En la parte frontal del dispositivo se indican las terminales a conectar para obtener señal en derivaciones I, II y III.

A continuación se explica la denominación estándar de los terminales y la zona correspondiente del paciente dónde se realiza la conexión con los electrodos de un electrocardiógrafo.

R = RA = "Right Arm" = Brazo Derecho (muñeca derecha).

L = LA = "Left Arm" = Brazo Izquierdo (muñeca izquierda).

F = LL = "Left Leg" = Pierna Izquierda (tobillo izquierdo)

N = NEUTRO = RL = "Right Leg" = Pierna Derecha (tobillo derecho)

#### **NOTA.**

**El dispositivo ha sido elaborado con fines didácticos con el fin de impulsar nuevas ideas en el campo de la electromedicina en la Universidad de Nariño. Aunque para posteriores ajustes de seguridad es posible realizar un producto final que cumpla con las siguientes aplicaciones:**

**Verificación, mantenimiento y calibración de monitores cardíacos de tres terminales y electrocardiógrafos. La señal mostrada en el monitor deberá ser de 1,0 mVp-p y con una frecuencia de 60 bpm o 120bpm.**