



## **PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS SEÑALES ELECTROFISIOLÓGICAS**

**Braydy Dayan Carrillo Coronado  
Karen Alejandra Hermida Hernández**

Universidad ECCI  
Ingeniería Biomédica  
Bogotá, Colombia  
2015

# **PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS SEÑALES ELECTROFISIOLÓGICAS**

**Brady Dayan Carrillo Coronado  
Karen Alejandra Hermida Hernández**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Ingeniero Biomédico**

Director (a):

Ángel Valentín Molina Mojica

Línea de Investigación:

Innovación Pedagógica, Medios Educativos

Universidad ECCI  
Ingeniería Biomédica  
Bogotá, Colombia

2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por acompañarnos y permitirnos finalizar con grandes logros nuestra carrera universitaria, por ofrecernos grandes bendiciones, como la sabiduría y por habernos regalado la vida y unas familias tan maravillosas.

A nuestras familias por sus grandes sacrificios, esfuerzos, y por su incondicional apoyo a nosotros tus hijos, que Dios los bendiga.

A la universidad ECCI por hacernos dos miembros más de su casa de estudios y por habernos dado tantos conocimientos para nuestra realización tanto como personas y profesionales; Gracias a todos los profesores los cuales nos brindaron tantas experiencias, conocimientos y muchas veces buenos momentos, muchas gracias.

Al ingeniero Napoleón Alberto Ortiz Guevara por su gran apoyo, paciencia para la elaboración de nuestro informe. Se lo agradecemos.

Al ingeniero Herman Dávila, electrónico y especialista en gerencia de ingeniería hospitalaria por su excelente coordinación, apoyo, lo convierte en una persona digna de admirar.

A todos los ingenieros que realizaron parte de nuestra formación profesional, que con sus grandes conocimientos enriquecen la formación de todos los jóvenes que como nosotras, quieren aportar al área de la salud, infinitas gracias.

A nuestros compañeros los cuales siempre estuvieron apoyándonos directa o indirectamente y a todas las personas quienes hicieron posible este triunfo muchas gracias.

## Resumen

El presente trabajo está destinado al desarrollo de una compilación de información sobre los principios básicos de las señales electrofisiológicas, donde se involucran varios campos de estudio como lo son la anatomía, fisiología, electrónica, ingeniería, medicina y administración, entre otros. Donde nos apoyaremos en bibliografía ya existente para realizar una compilación con información muy completa que permitirá el fácil entendimiento de nuestros lectores respecto a las seis temáticas a abordar.

Esta herramienta pedagógica se centra en el estudio de cuatro señales electrofisiológicas del cuerpo humano; El primer tema será la electrocardiografía (ECG), donde se explica la parte fisiológica del corazón, la producción del impulso eléctrico, el método para la adquisición, procesamiento y visualización de la señal cardiaca. Para el caso de la electroencefalografía (EEG), se explica el funcionamiento del cerebro y posterior a esto como se produce la señal eléctrica y la manera adecuada para el procesamiento y visualización. En los otros dos temas (electromiografía (EMG) y Electrooculografía (EOG)) se llevará la misma secuencia de explicación que las temáticas anteriores.

Otro capítulo está destinado a dar las bases para la implementación del protocolo de mantenimiento de equipos médicos, para las entidades prestadoras de servicios de salud, donde se explica los tipos de mantenimiento existentes, fases para la implementación de este y algunas recomendaciones al momento de ejecutar esta actividad, que será de gran utilidad para las personas que están ingresando al campo de la salud.

En el último capítulo se aborda la temática de gestión tecnológica, se incluyen la cadena de comercialización, control y vigilancia de equipos médicos, clasificación según el riesgo, estado, control y finalmente el ciclo de vida de los mismos. Con esta información se tiene las bases necesarias que permiten la adquisición de tecnología Biomédica.

Al final de cada capítulo se incluye un cuadro comparativo o mapa conceptual que sintetiza la información contenida en este.

**TABLA DE CONTENIDO**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 11**

**JUSTIFICACIÓN ..... 12**

**OBJETIVOS ..... 13**

    OBJETIVO GENERAL ..... 13

    Elaborar un compendio sobre Electrocardiografía, Electroencefalografía, Electromiografía y Electrooculografía incluyendo la gestión de tecnología Biomédica para generar una herramienta de apoyo a aquellas personas que están involucradas en el campo Biomédico. .... 13

    OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 13

**CAPITULO I HISTORIA ..... 15**

**1. HISTORIA ..... 15**

    1.1. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROCARDIOGRAFÍA (ECG) ..... 15

    1.2. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROENCEFALOGRAFIA (EEG) ..... 19

    1.3. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROMIOGRAFIA (EMG)..... 22

    1.4. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROOCULOGRAFÍA ..... 24

**CAPITULO II ..... 27**

**2. PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS ..... 27**

    2.1. ELECTROCARDIOGRAFIA ..... 27

        2.1.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROCARDIOGRAFÍA. .... 27

        2.1.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICA..... 29

        2.1.3. GENERACION DE LA SEÑAL ..... 31

    2.2. ELECTROENCEFALOGRAFIA ..... 33

        2.2.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROENCEFALOGRAFÍA ..... 33

        2.2.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS ..... 33

        2.2.3. GENERACIÓN DE LA SEÑAL ..... 36

    2.3. ELECTROMIOGRAFÍA ..... 38

        2.3.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROMIOGRAFÍA ..... 38

        2.3.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS ..... 38

        2.3.3. GENERACIÓN DE LA SEÑAL ..... 39

    2.4. ELECTROOCULOGRAFIA ..... 42

2.4.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROOCULOGRAFIA.....	42
2.4.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS .....	43
2.4.3. GENERACIÓN DE LA SEÑAL .....	44
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>48</b>
<b>3. ADQUISICION DE LA SEÑALES ELECTROFISIOLOGICAS .....</b>	<b>48</b>
3.1 ADQUISICION DE LA SEÑAL ELECTROCARDIOGRAFICA.....	48
3.1.1 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS ECG .....	50
3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL ECG .....	51
3.2. ADQUISICION DE LA SEÑAL ELECTROENCEFALOGRAFICA. ....	53
3.2.1. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EEG .....	53
3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL EEG .....	55
3.3. ADQUISICION DE LA SEÑAL ELECTROMIOGRAFICA.....	57
3.3.1 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EMG.....	58
3.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL EMG.....	59
3.4. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DE ELECTROOCULOGRAFIA.....	61
3.4.1. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EOG .....	61
3.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL EOG .....	62
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>66</b>
<b>4. PROCESAMIENTO .....</b>	<b>66</b>
4.1. DISEÑO DE FILTROS.....	66
4.1.1. FILTRO PASA BAJO .....	66
4.1.2. FILTRO PASA ALTO .....	69
4.2. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE CIRCUITO DE ELECTROCARDIOGRAFÍA. (ECG) .....	72
4.2.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL .....	73
4.2.2. CIRCUITO DE ECG.....	77
4.3. PRINCIPIO BÁSICO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE ELECTROENCEFALOGRAFÍA. (EEG) .....	78
4.3.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EEG.....	79
4.3.2. CIRCUITO DE EEG .....	83
4.4. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE CIRCUITO ELECTROMIOGRAFÍA (EMG).....	84
4.4.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EMG. ....	84

<b>4.4.2. CIRCUITO FINAL EMG</b> .....	<b>89</b>
4.5. PRINCIPIO BÁSICO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE ELECTROOCULOGRAFIA. (EOG) .....	90
<b>4.5.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL (EOG).</b> .....	<b>91</b>
<b>4.5.2. CIRCUITO FINAL EOG</b> .....	<b>95</b>
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>98</b>
<b>5. MANTENIMIENTO</b> .....	<b>98</b>
5.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	98
5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	98
5.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	99
5.4 MANTENIMIENTO DE PRECISIÓN:.....	99
5.5 MANTENIMIENTO DE MEJORAMIENTO CONTINUÓ: .....	99
5.6 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	99
5.7. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.....	100
<b>5.7.1. LEY 100 DE 1993</b> .....	<b>100</b>
<b>5.7.2. DECRETO 1769-1994</b> .....	<b>101</b>
<b>5.7.3. LEY 1438 DE 2011</b> .....	<b>103</b>
<b>5.7.4. DECRETO 4725- 2005</b> .....	<b>103</b>
5.8. SEGURIDAD ELÉCTRICA .....	105
<b>5.8.1. TIPOS DE PROTECCIÓN</b> .....	<b>106</b>
<b>5.8.2. NIVELES DE PROTECCIÓN</b> .....	<b>107</b>
<b>CAPITULO VI</b> .....	<b>118</b>
<b>6. GESTION TECNOLOGICA</b> .....	<b>118</b>
6.1. CICLO DE VIDA EQUIPOS MEDICOS .....	120
6.2. CICLO DE GESTION Y ADMINISTRACION EQUIPOS MEDICOS .....	122
6.3. ADQUISICION DE ELECTROCARDIOGRAFO, ELECTROOCULOGRAFO, ELECTROENCEFALOGRAFO O ELECTROMIOGRAFO.....	125
6.4. CALCULO DE COSTOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS: .....	130
<b>METODOLOGÍA PROPUESTA</b> .....	<b>138</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>141</b>

**LISTA DE FIGURAS**

Fig.- 1. ELECTROCARDIOGRAFIA..... 27

Fig.- 2. CURVA ELECTROCARDIOGRAFICA OBTENIDA CON ELECTRODOS DE SUPERFICIE. .... 28

Fig.- 3. SISTEMA CIRCULATORIO ..... 29

Fig.- 4. CORAZON..... 30

Fig.- 5. ACTIVIDAD ELECTRICA DEL CORAZON. .... 31

Fig.- 6. FORMA ESQUEMATICA COMO SE ORIGINA TRIDIMENSIONALMENTE LAS ONDAS P, QRS, T.DE ACUERDO CON LA TEORIA VECTORIAL ..... 32

Fig.- 7. ENCEFALO ..... 33

Fig.- 8. CEREBELO. .... 34

Fig.- 9. HOMUNCULO HUMANO MOTOR Y SENSITIVO. .... 35

Fig.- 10. PARTES DEL MUSCULO..... 38

Fig.- 11. UNIDAD MOTORA. .... 40

Fig.- 12. MOVIMIENTO SACADICO. .... 42

Fig.- 13. OJO..... 43

Fig.- 14. RETINA. .... 44

Fig.- 15. CORNEA. .... 44

Fig.- 16. MOVIMIENTOS DEL OJO. .... 45

Fig.- 17. EJES DE POTENCIAL CARDIACO, CORRESPONDIENTES A LAS DIERENTES DERIVACIONES DEL ECG. .... 48

Fig.- 18. DESPOLARIZACION Y REPOPALIZACION DEL MIOCARDIO VENTRICULAR. .... 49

Fig.- 19. DERIVACIONES ESTANDAR. .... 50

Fig.- 20. TRIÁNGULO DE EINTHOVEN. .... 50

Fig.- 21. DERIVACIONES PRECORDIALES..... 51

Fig.- 22. DIRECION DE LAS ONDAS DEL ECG..... 52

Fig.- 23. ECG PACIENTE NORMAL..... 52

Fig.- 24. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS DE SUPERFICIE. EEC. .... 54

Fig.- 25. ELECTRODO NEUTRO. .... 55

Fig.- 26. COMPORTAMIENTOS DE LA SEÑAL EEG..... 56

Fig.- 27. ESQUEMA DE ELECTRODOS PROFUNDOS..... 58

Fig.- 28. POTENCIALES DE INSERCIÓN(a) Y FIBRILACION (b) EN EL MUSCULO PARCIALMENTE DENERVADO. .... 59

Fig.- 29. A) PUM DE UN SUJETO NORMAL; B) PUM POLIFÁSICOS EN UNA NEUROPATÍA PERIFÉRICA; C) PUM DE UN SUJETO NORMAL AL IR AUMENTANDO LA CONTRACCIÓN..... 60

Fig.- 30. UBICACIÓN DE ELECTRODOS PARA LA CAPTACIÓN DE LA SEÑAL EOG. .... 62

Fig.- 31. EOG SEÑAL GENERADA POR MOVIMIENTOS HORIZONTALES. .... 62

Fig.- 32. SEÑALES MOVIMIENTO DEL OJO. .... 63

Fig.- 33. FILTRO PASA BAJO. .... 67



Fig.- 34. FILTRO PASA BAJO REAL.....	68
Fig.- 35. FILTRO PASA BAJO IDEAL.....	68
Fig.- 36. FILTRO PASA ALTO IDEAL.....	69
Fig.- 37. FILTRO PASA ALTO REAL- RC.....	69
Fig.- 38. FILTRO PASA ALTO IDEAL RL.....	70
Fig.- 39. FILTRO PASA ALTO REAL RL.....	71
Fig.- 40. DIAGRAMA DE BLOQUES ECG.....	72
Fig.- 41. CIRCUITO SELECTOR.....	73
Fig.- 42. CIRCUITO PRE-AMPLIFICADOR.....	74
Fig.- 43. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.....	74
Fig.- 44. CIRCUITO PASA ALTO, PASA BAJO.....	75
Fig.- 45. CIRCUITO AMPLIFICADOR NO INVEERSOR.....	76
Fig.- 46. CIRCUITO SUPRESIÓN DE BANDA.....	76
Fig.- 47. CIRCUITO ECG.....	77
Fig.- 48. DIAGRAMA DE BLOQUES EEG.....	78
Fig.- 49. CIRCUITO PRE-AMPLIFICADOR.....	79
Fig.- 50. FILTRO DE SUPRESIÓN DE BANDA.....	79
Fig.- 51. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.....	80
Fig.- 52. FILTRO DE PASA ALTA DE 2ª ORDEN.....	80
Fig.- 53. FILTRO PASA BAJO 2º ORDEN.....	81
Fig.- 54. CIRCUITO AMPLIFICADOR.....	82
Fig.- 55. CIRCUITO DE EEG.....	83
Fig.- 56. DIAGRAMA DE BLOQUES EMG.....	84
Fig.- 57. PRE AMPLIFICADOR.....	85
Fig.- 58. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.....	86
Fig.- 59. FILTRO SUPRESOR DE BANDA.....	86
Fig.- 60. FILTRO PASA BAJO 2º ORDEN.....	87
Fig.- 61. RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.....	88
Fig.- 62. CIRCUITO EMG.....	89
Fig.- 63. DIAGRAMA DE BLOQUES EOG.....	90
Fig.- 64. CIRCUITO PREAMPLIFICADOR.....	91
Fig.- 65. FILTRO SUPRESION DE BANDA.....	91
Fig.- 66. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.....	92
Fig.- 67. CIRCUITO AMPLIFICADOR.....	94
Fig.- 68. CIRCUITO EOG VERTICAL.....	95
Fig.- 69. CIRCUITO EOG HORIZONTAL.....	96
Fig.- 70. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	100
Fig.- 71. RUTINA DE MANTENIMIENTO ECG.....	108
Fig.- 72. RUTINA DE MANTENIMIENTO EEG.....	110
Fig.- 73. RUTINA DE MANTENIMIENTO EMG.....	112
Fig.- 74. RUTINA DE MANTENIMIENTO EOG.....	114
Fig.- 75. CADENA DE COMERCIALIZACION, CONTROL Y VIGILANCIA DE DISPOSITIVOS MEDICOS.....	119

Fig.- 76. CLASIFICACION DE DISPOSITIVOS MEDICOS.....	120
Fig.- 77. EVALUACION DE DISPOSITIVOS MEDIOS.....	122
Fig.- 78. CICLO DE GESTION Y ADMINISTRACION DE DISPOSITIVOS MEDICOS. .....	123
Fig.- 79. TEORIA DEL ICEBERG .....	126
Fig.- 80. ESOECIFICACIONES TECNICAS DE ECG, EMG, EOG, EEG.....	128
Fig.- 81. FUNCIONES DEL PERSONAL .....	133
Fig.- 82. GESTION DEL MANTENIMIENTO.....	134
Fig.- 83. GESTION DE TECNOLOGIA. ....	137
Fig.- 84. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	139

## **PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS SEÑALES ELECTROFISIOLÓGICAS**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad encontramos poca bibliografía en español que explique de forma clara y concisa el funcionamiento de las señales electrofisiológicas provenientes del cuerpo humano que permita entender donde se genera la señal, como se realiza su adquisición, procesamiento e interpretación; Lo cual ha dificultado que estudiantes de Ingeniería Biomédica o carreras afines encuentren esta información en una solo compendio y se obstaculice el dominio de la misma, al igual que la normativa vigente para la comercialización de tecnologías biomédicas.

## **JUSTIFICACIÓN**

Durante los últimos años la ingeniería Biomédica ha tenido un gran crecimiento en la sociedad, debido a que este campo contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, lo cual crea la necesidad de tener profesionales capaces de generar contribuciones ya sea con innovación tecnológica o un buen manejo de la normativa para asegurar un uso adecuado y eficiente de los equipos médicos.

Un profesional capacitado se logra con una formación académica de buena calidad, donde adquiera los conocimientos necesarios para dar solución a cualquier problemática. Por esto surge la idea de crear una herramienta pedagógica para aquellos que inician sus ciclos de estudio y se vinculan en el sector salud, donde empiezan a manejar el soporte técnico de los equipos biomédicos y sobre ellos recae la responsabilidad de la renovación de nuevos servicios o la apertura de los mismos. Este trabajo será de gran utilidad debido a que tiene información completa sobre la adquisición, procesamiento y visualización de las señales electrofisiológicas, al igual que la manera correcta de realizar gestión tecnológica.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un compendio sobre Electrocardiografía, Electroencefalografía, Electromiografía y Electrooculografía incluyendo la gestión de tecnología Biomédica y el mantenimiento para generar una herramienta de apoyo a aquellas personas que están involucradas en el campo Biomédico.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Explicar de manera clara y concisa la producción de la señal electrofisiológica.
- ✓ Incluir los avances más importantes referentes a las señales que se producen en el cuerpo humano.
- ✓ Diseñar un mapa o cuadro que resuma el contenido de determinado capítulo.
- ✓ Exponer las temáticas más importantes sobre la gestión de tecnológica.
- ✓ Mencionar algunas normas vigentes relacionadas a los equipos médicos.



# CAPITULO 1

## CAPITULO I HISTORIA

### 1. HISTORIA

#### 1.1. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROCARDIOGRAFÍA (ECG)

La electrocardiografía consiste en el registro gráfico de la actividad eléctrica que se genera en el corazón. Su análisis proporciona importante información que debe complementar siempre a una anamnesis y exploración física detalladas. Aporta datos sobre función cardíaca, trastornos del ritmo y de la conducción, hipertrofia de cavidades y ayuda al diagnóstico de cardiopatías congénitas o adquiridas de tipo infeccioso, inflamatorio, metabólico o isquémico. Su normalidad no siempre descarta afectación cardíaca.

Desde el siglo XVII que se estudia la electricidad con los tejidos humanos y animales. Mediante pruebas con ranas, perros y hasta humanos, se fue avanzando en esta materia de la medicina, hasta lograr sistemas de detección o tratamiento de ciertas patologías cardíacas, como electrocardiógrafos o desfibriladores. A continuación se describen los avances que hicieron posible el estudio del corazón mediante un equipo biomédico:

- **1842:** El físico italiano Carlo Matteucci, profesor en la Universidad de Pisa, muestra cómo la corriente eléctrica acompaña a cada latido cardíaco. Para esto, usó un nervio extraído de un anca de rana, empleándolo como sensor eléctrico. Cuando el músculo del anca se contraía se utilizaba como signo visual de la actividad eléctrica.
- **1843:** El fisiólogo alemán Emil Dubois-Reymond describe un potencial de acción como una onda de descarga eléctrica que viaja a lo largo de la membrana celular modificando su distribución de carga eléctrica. Los potenciales de acción se utilizan en el cuerpo para llevar información entre unos tejidos y otros, lo que hace que sean una característica microscópica esencial para la vida de los seres vivos. Pueden generarse por diversos tipos de células corporales, pero las más activas en su uso son las células del sistema nervioso para enviar mensajes entre células nerviosas (sinapsis) o desde células nerviosas a otros tejidos corporales, como el músculo o las glándulas. acompañando a cada contracción muscular y confirma el descubrimiento de Matteucci, en ranas.
- **1856:** Rudolp von Koelliker y Heinrich Muller registran un potencial de acción, que es una corriente eléctrica acompaña a cada latido, al aplicar un galvanómetro en la base y ápice de un ventrículo expuesto, haciendo una prueba semejante a la de Matteucci. Pudieron observar una pequeña convulsión del músculo justo antes de la sístole ventricular y una mucho más pequeña después de la sístole. Esas

sacudidas son causadas por las corrientes eléctricas, que en el electrocardiograma figuran como complejo QRS y ondas T.

- **1872:** El físico francés Gabriel Lippmann inventa un electrómetro capilar. Consistía en un tubo fino de vidrio con una columna de mercurio bañada con ácido sulfúrico. El menisco del mercurio se mueve con las variaciones de los potenciales eléctricos y esto es observable a través del microscopio.
- **1876:** Marey usa el electrómetro para registrar la actividad eléctrica de un corazón de rana abierto por disección.
- **1878:** John Burden Sanderson, fisiólogo británico, junto a Frederick Page, mediante el uso de un electrómetro capilar registran la corriente eléctrica del corazón y demuestran que cuenta de dos fases (QRS y T).
- **1884:** John Burden Sanderson y Frederick Page publican algunos de sus registros.
- **1887:** El fisiólogo británico Augustus D. Waller del St. Mary's Medical School de Londres, fue el primero en acercarse al corazón bajo el punto de vista eléctrico y publica el primer electrocardiograma humano, registrado con un galvanómetro capilar. El registro fue realizado a Thomas Goswell, técnico de laboratorio.
- **1889:** El fisiólogo holandés Willem Einthoven se encuentra a Waller y demuestra su técnica en el Primer Congreso Internacional de Fisiólogos.
- **1890:** GJ Burch, de Oxford, inventa una corrección aritmética para las fluctuaciones (tardías) observadas en el electrómetro. Esto permite que sean vistas las ondas reales del electrocardiograma pero sólo después de este tedioso cálculo.
- **1891:** El fisiólogo británico William Bayliss y Edward Starling del University College de Londres perfeccionan el electrómetro capilar. Ellos conectan los terminales a la mano derecha y a la piel sobre la zona del latido del ápex y muestra unas variaciones trifásicas acompañando (mejor dicho, precediendo) a cada latido del corazón.
- **1893:** Willem Einthoven introduce el término electrocardiograma en un encuentro de la Asociación Médica Holandesa.
- **1895:** Einthoven usando un electrómetro improvisado y una fórmula de corrección desarrollada independientemente de la de Burch, distingue cinco deflexiones a



las cuáles él denomina con las letras P, Q, R, S y T.

- **1897:** Clement Ader, un ingeniero eléctrico francés, registra un sistema de amplificación de señales denominado galvanómetro de hilo (cuerda) el cuál es utilizado en líneas telegráficas bajo el mar.
- **1901:** Einthoven inventa un galvanómetro a cuerda utilizando un filamento fino de cuarzo revestido en plata, para producir electrocardiogramas. Publica su primer artículo científico para comunicar la experiencia con el nuevo galvanómetro y su utilidad para registrar los potenciales cardíacos.
- **1902:** Einthoven publica el primer electrocardiograma recogido con un galvanómetro de cuerda.
- **1903:** Einthoven discute la producción comercial de su galvanómetro de hilo con Max Edelman de Munich y con Horace Darwin de la londinense Cambridge Scientific Instrument Company.
- **1905:** Einthoven comienza a transmitir electrocardiogramas desde su laboratorio al hospital situado a 1,5 ms de distancia, vía cable telefónico. El 22 de marzo de 1905 es registrado el primer electrocardiograma a distancia realizado a un hombre vigoroso y saludable y las altas ondas R fueron atribuidas a que éste acudió en bicicleta desde el laboratorio al hospital para el registro.
- **1906:** Einthoven publica por vez primera un texto con electrocardiogramas normales y patológicos registrados con un galvanómetro de hilo. Hipertrofia ventricular izquierda y derecha, hipertrofia auricular izquierda y derecha, onda U (por vez primera), complejos QRS, latidos prematuros ventriculares, bigeminismo ventricular y bloqueos cardíacos completos fueron descritos en el texto.
- **1908:** Edward Schafer de la Universidad de Edimburgo (Escocia) es el primero en comprar un galvanómetro de hilo para uso clínico.
- **1910:** Walter James de la Universidad de Columbia (Carolina del Sur) y Horatio Williams del colegio médico de la Universidad de Cornell (Nueva York) publican la primera revista americana de electrocardiografía. En ella describen la hipertrofia ventricular, latidos ectópicos auriculares y ventriculares, la fibrilación auricular y ventricular. Los registros son enviados desde la sala del hospital hasta la habitación de electrocardiografía por un sistema de cables.
- **1911:** La compañía Cambridge Scientific Instruments en Londres fabricó por primera vez la máquina de Einthoven.

- **1912:** Einthoven escribe a la Sociedad de Clínicos de Chelsea en Londres y describe un triángulo equilátero formado por las derivaciones estándar I, II y III; que posteriormente se conocerán como triángulo de Einthoven.
- **1920:** Hubert Mann explicó la derivación del 'monocardiograma' luego llamada 'vectorcardiograma'. Ese mismo año, Harold Pardee publicó el primer electrocardiograma de un Infarto Agudo de Miocardio y describiendo la onda T como alta que "comienza en un punto bien alto del descenso de la onda R".
- **1924:** Einthoven recibe el premio Nobel por inventar el electrocardiógrafo. Ese mismo año, basándose en la forma de la onda de pulso yugular en pacientes con bloqueo de segundo grado, Woldemar Mobitz publicó su clasificación de los bloqueos cardíacos (Mobitz tipo I y tipo II).
- **1928:** Ernstine y Levine informan del uso de tubos de vacío para amplificar el electrocardiograma ampliando así el mecanismo de recogida del galvanómetro de cuerda convencional.
- **1928:** La compañía de Frank Sanborn (más tarde adquirida por Hewlett-Packard) transforma su electrocardiógrafo de sobremesa en el primer electrocardiógrafo portátil, con un peso de 50 libras (23 kilos) y una potencia de batería autónoma de 6 voltios.
- **1932:** Charles Wolferth y Francis Wood describen el uso clínico de las derivaciones precordiales.
- **1938:** La Sociedad Americana de Cardiología y la Sociedad Cardiológica de Gran Bretaña definen las posiciones estándar y la colocación sobre el pecho de las derivaciones precordiales V1 a V6. La «V» representa el voltaje.
- **1942:** Emanuel Goldberger aumenta el umbral de las derivaciones aVR, aVL y aVF, que junto a las 3 derivaciones de Einthoven (I, II y III) y a las 6 derivaciones precordiales completan el electrocardiograma convencional de 12 derivaciones que actualmente utilizamos y conocemos.
- **1949:** Un médico llamado Norman Holter desarrolla, una especie de mochila, de unos 37 Kg., con la que se puede registrar el electrocardiograma de quien la porta y transmitir una señal. El conocido posteriormente como monitor Holter, se ha ido reduciendo en tamaño a la vez que se lo ha combinado con la grabación <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Historia de la electrocardiografía [13 de enero-13]. [en línea] [consultado el 18 febrero de 2015] disponible en: <http://www.electrocardiograma.org/historia-del-electrocardiografo.html>

## 1.2. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROENCEFALOGRAFIA (EEG)

La electroencefalografía (EEG) es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones (habitualmente hiperpnea y estimulación luminosa intermitente) mediante un equipo de electroencefalografía.

- **1770:** El italiano Luigi Galvani publicó sus observaciones sobre la electricidad animal. Este científico italiano demostró la existencia de “electricidad animal intrínseca”, pero sus observaciones no tuvieron mayor impacto por más de cincuenta años, a pesar de que su sobrino, Luigi Giovanni Aldini las confirmara en 1794, al igual que Frederick Von Humboldt en 1797 y Carlo Matteucci en 1830.
- **1848:** El interés por el fenómeno eléctrico intrínseco en los nervios y músculos motivó al científico alemán Emil du Bois Raymond, quien escribió un libro de dos volúmenes titulado “Investigaciones sobre la electricidad animal”.
- **1870:** Fritsch y Hitzig, médicos militares del ejército prusiano, observaron que al estimular, mediante corriente galvánica, determinadas áreas laterales de cerebros descubiertos (de algunas de las bajas de la batalla de Sedán) se producían movimientos en el lado opuesto del cuerpo.
- **1875:** R. Caton confirmó que el cerebro es capaz de producir corrientes eléctricas. Ferrier, siguiendo en la misma línea, experimentó con la corriente farádica.
- **1913:** Prawdycz-Neminski registró lo que llamó electrocerebrograma de un perro, siendo el primero en intentar clasificar semejantes observaciones. Hay que puntualizar, sin embargo, que todos los experimentos se hacían sobre cerebros descubiertos. Al ser los cambios eléctricos muy pequeños y sin procedimientos de amplificación, era imposible registrar los impulsos que alcanzaran el exterior del cráneo aún de haberse sospechado su existencia.
- **1913:** Kaufman describió la existencia de dos períodos bioeléctricos durante la anestesia: el primero de aumento de potenciales (fase de excitación) y el segundo con disminución de los mismos (fase de depresión). Neminski, utilizando un galvanómetro de cuerda describió por primera vez los distintos ritmos cerebrales captados en cerebros de perro de acuerdo con su frecuencia (10 a 15, 20 a 32 ciclos por segundo) bautizando dichas oscilaciones con el término electrocerebrograma.
- **1924:** El 6 de julio se da el primer registro de las oscilaciones rítmicas del cerebro de un joven de 17 años, a través del orificio de una trepanación de compresiva utilizando un galvanómetro de cuerda.

- **1925:** Berger utilizó a su hijo Klaus para 73 registros entre los 15 y los 17 años de edad. De hecho los primeros registros electroencefalográficos publicados, fueron precisamente éstos. Utilizó diferentes tipos de electrodos (agujas de zinc, de platino, de plomo y de otros materiales) colocados en o sobre el cuero cabelludo. Los mejores resultados fueron obtenidos cuando se fijaban en la frente y en el occipucio.
- **1928:** Hans Berger ideó un método que prometía una investigación de la actividad eléctrica cerebral, descubriendo lo que se conoció como ritmo de Berger. Sin embargo debido a su falta de conocimientos técnicos, no fue hasta algunos años después cuando se reconoció su importancia.
- **1929:** Las posibilidades de la electroencefalografía clínica se discutían, por primera vez, en una reunión en el Laboratorio central de Patología del Hospital Maudsley de Londres; A pesar de que el grupo de investigadores intentara obtener registros del «ritmo de Berger» usando amplificadores y un galvanómetro vetusto, sin embargo no se tomaba en serio el estudio del cerebro ni los descubrimientos de Berger.
- **1930:** Berger realizó 1.133 registros en 76 personas y preparó un segundo informe. Designó con letras del alfabeto griego los dos tipos de ondas que había observado desde el principio en los trazados realizados a seres humanos. Las de mayor voltaje y menor frecuencia fueron denominadas ondas alfa, las de menor voltaje y mayor frecuencia, ondas beta.
- **1931:** Berger se refirió a la frecuencia con la que se observa actividad electroencefalografía anormal en pacientes con epilepsia y registró por primera vez actividad de punta-onda.
- **1934:** Cuando a raíz de una demostración pública ante un auditorio británico en una reunión de la Sociedad de Fisiología, en Cambridge, Adrián y Matthew verificaron por primera vez el Ritmo de Berger. Berger, utilizando las mejoras introducidas por Adrián, siguió avanzando hasta donde le permitía su técnica defectuosa, observando por ejemplo que cuando el sujeto abría los ojos o resolvía algún problema mentalmente se alteraba el ritmo amplio y regular. Esto fue verificado posteriormente por Adrián y Matthews quien al tener mejores conocimientos científicos y mejores técnicas avanzaron incluso mucho más, demostrando que el ritmo regular y amplio de diez ciclos por segundo surgía de las áreas visuales de asociación y no de todo el cerebro.
- **1935:** Forester y Altenburger realizó el primer registro de actividad eléctrica cerebral poniendo los electrodos en contacto directo con la corteza cerebral.
- **1936:** Lennox y Gibbs registraron descargas focales en pacientes con epilepsia focal
- **1938:** inician los esfuerzos para registrar en forma simultánea electroencefalografía. en una reunión de la Asociación Americana de

Psiquiatría Schwab mostró imágenes en movimiento sincronizadas con un trazado electroencefalográfico. Jasper y Hunter lograron posteriormente realizar con una sola cámara registro simultáneo del EEG y de la actividad del paciente mediante un ingenioso sistema de espejos colocado sobre el paciente y sobre el trazado electroencefalográfico.

- **1942:** Berger siendo ya un hombre mayor y enfermo, incluso estando hospitalizado, fue detenido por los nazis con el objeto de transportarlo a un campo de concentración. Previo a esto, se suicidó con una cápsula de cianuro que le fue entregada, al igual que a los demás miembros de la familia, por su hijo médico.
- **1950:** la televisión hizo que el proceso fuese menos complicado.
- **1960:** los transistores que habían sido inventados en 1947, reemplazaron los amplificadores con tubos de vacío en los electroencefalógrafos logrando un mejor registro gráfico. Los mismos transistores hicieron posible el manejo computarizado de todos los aspectos de la electroencefalografía.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Historia de la electroencefalografía [01 de diciembre-12]. [en línea] [consultado el 18 febrero de 2015] disponible en: [http://www.acnweb.org/acta/2002\\_18\\_2\\_104.pdf](http://www.acnweb.org/acta/2002_18_2_104.pdf)

### 1.3. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROMIOGRAFIA (EMG)

Es el registro de los potenciales de acción del músculo. La electromiografía aporta información del funcionamiento integral de todo el sistema motor: motoneurona superior e inferior, unión neuromuscular y músculo. Se fundamenta en el registro del potencial de acción muscular o potencial de unidad motora, que es la sumación de los cambios eléctricos ocasionados con la contracción de todas las fibras musculares que componen la unidad motora. Este potencial de unidad motora se obtiene con una contracción voluntaria leve del músculo registrado con un electrodo de aguja concéntrico insertado en el músculo que se está estudiando.

- **1666:** El médico y científico italiano *Francesco Redi*, demostró la existencia de un músculo especializado capaz de generar electricidad en el pez raya.
- **1773:** *John Walsh* reportó la generación de electricidad por la musculatura de la anguila.
- **1786:** *Luigi Galvani* realizó sus famosos experimentos en una máquina electrostática acoplada a ranas y llegó a la conclusión de la existencia de electricidad en la musculatura de los organismos vivos.
- **1849:** Emildu Bois-Reymond descubrió que también era posible registrar la actividad eléctrica durante una contracción muscular voluntaria.
- **1890:** Se realizó la primera grabación real de la EMG por marey.
- **1922:** Gasser y Erlanger utilizo un osciloscopio para mostrar las señales eléctricas de los músculos. Debido a la naturaleza estocástica de la señal mioeléctrica, sólo información aproximada podría obtenerse a partir de su observación.
- **1928:** se realizó la primera exploración electromiografía con fines de dar diagnóstico, se realizó por Proester
- **1929:** se obtuvo la imagen electrofisiológica del potencial de acción aislado durante la contracción muscular.
- **1930:** La capacidad de detectar señales electromiográficas mejoró de manera constante.

- **1941:** Se describen las diferencias observadas en los potenciales de acción de pacientes con lesiones neurogenas y pacientes afectados por lesiones miogenas, esto fue realizado por Buchthal y Clemensen.
- **1944:** Weddel, Feinstein y Pattel publican un compendio de las posibilidades diagnosticas brindadas por la electromiografía en el estudio de la patología neuromuscular, procediendo a la primera comparación de resultados referidos a sujetos sanos.
- **1950:** Los investigadores empezaron a utilizar electrodos mejorados más ampliamente para el estudio de los músculos.
- **1950:** la escuela de Buchthal en Copenhague aporoto datos sobre la organización anatómica de las fibras de la unidad motora.
- **1980:** Cram y Steger introdujeron un método clínico para la digitalización de una variedad de músculos utilizando un dispositivo de detección de EMG, además los cables que producen señales en el rango deseado microvoltios estuvieron disponibles.

En la actualidad, los estudios electromiograficos son indispensables en el diagnóstico de las afecciones neuromusculares y su presencia en los centros de diagnóstico de hospitales generales o regionales, así como en clínicas privadas es indispensable.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Historia de la electromiografía [14 de marzo-13]. [en línea] [consultado el 20 febrero de 2015] disponible en: <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>

## 1.4. AVANCE HISTORICO DE LA ELECTROOCULOGRAFÍA

Método de registro de los movimientos oculares basado en el registro de la diferencia de potencial existente entre la córnea y la retina. El origen de esta diferencia se encuentra en el epitelio pigmentario de la retina y permite considerar la presencia de un dipolo, donde la córnea corresponde al extremo positivo y la retina al extremo negativo de dicho dipolo.

Emil Dubuis Raymond, fue el primero en decir que el potencial en reposo de un ojo humano varía de 1 a 6Mv en función de la iluminación y su estado de adaptación.




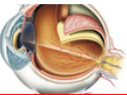
- **1865:** se recogen los primeros registros de ERG de ojos de ranas por Holmgren.
- **1868:** Dewer observo que los ojos de la rana expuestos a la luz provocaban ligeros movimientos en el aguja del galvanómetro, sugirió que existía un cambio eléctrico positivo de la córnea con respecto al fondo del ojo.
- **1903:** Gotch afirma que la respuesta del ojo a un flash luminoso consiste en dos ondas: primero la córnea se torna negativa, y después aparece una onda positiva de mayor amplitud.
- **1954:** Riggs fue quien primero demostró que el potencial disminuye en ciertas degeneraciones retinianas.
- **1962:** Arden observo que la información más importante obtenida por comparación de amplitudes, bajo la situación de iluminación y de oscuridad, denominándose como test de arden.
- **1991:** El Dr. Ragnar Arthur Grait utilizo a técnica de medida eléctrica que desarrolló Edgar Adrian mientras realizó estudios de la retina y del nervio óptico.
- Los trabajos de Grait ayudaron a explicar la percepción del color y a comprender la función de la retina. La electrofisiología actual comprende una serie de exámenes como el electroretinograma (como se ha visto, mide la actividad de las células de la retina tras un estímulo de luz), el electro-oculograma y los potenciales visuales evocados (VEP), que se obtienen para la evaluar la función visual.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Historia de la electrooculografía [05 de agosto-12]. [en línea] [consultado el 20 febrero de 2015] disponible en:

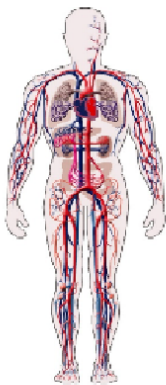
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/8625/T50.09%20O4e.pdf?sequence=1>



## PRINCIPIOS BASICOS DE LAS SEÑALES ELECTROFISIOLÓGICAS

		HISTORIA ECG-EEG-EMG EOG					
SEÑAL	DEFINICION	PRIMERA INVESTIGACION	PRIMER REGISTRO DE LA SEÑAL	AVANCE	SIGLO XIX	PERSONAJES	
 ELECTROCARDIOGRAFIA (ECG)	La electrocardiografía consiste en el registro gráfico de la actividad eléctrica que se genera en el corazón.	En 1842 el físico italiano Carlo Matteucci, profesor en la Universidad de Pisa, muestra cómo la corriente eléctrica acompaña a cada latido cardíaco.	En 1856 Rudolph von Koelliker y Heinrich Muller registran un potencial de acción, al aplicar un galvanómetro en la base y ápice de un ventrículo expuesto, haciendo una prueba semejante a la de Matteucci	1887 Augustus D. Waller, fue el primero en acercarse al corazón bajo el punto de vista eléctrico y publica el primer electrocardiograma humano.	En 1880 Einthoven usó un electrómetro improvisado y una fórmula de corrección desarrollada independientemente de la de Burch, distingue cinco deflexiones a las cuáles él denomina con las letras P, Q, R, S, T.	1. Alexander Muirhead 2. Carlo Matteucci 3. Emil Du Bois Reymond 4. Gabriel Lippman 5. Heinrich Muller 6. Hubert Mann 7. Normal Holter 8. Willem Einthoven	
 ELECTROENCEFALOGRAFIA (EEG)	Es una exploración neurofisiológica que se basa en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones	en 1848 el alemán Emil du Bois Raymond estudio el fenómeno eléctrico intrínseco en los nervios y músculos.	En 1913 Prawdewicz-Neminski registró lo que llamó electroencefalograma de un perro, siendo el primero en intentar clasificar semejantes observaciones.	El 6 de julio de 1924 se da el primer registro de las oscilaciones rítmicas del cerebro de un joven de 17 años, a través del orificio de una trepanación de compresiva utilizando un galvanómetro de cuerda.	En 1930 Berger realizó 1.133 registros en 76 personas, designó con letras del alfabeto griego los dos tipos de ondas que observó. Las de mayor voltaje y menor frecuencia fueron denominadas ondas alfa, las de menor voltaje	1. Altenburger 2. Emil Du Bois Reymond 3. Forester 4. fristich 5. Hands Berger 6. Hitzig 7. Luigi Galvani 8. Prawdewicz-Neminski	
 ELECTROMIOGRAFIA (EMG)	Es el registro de los potenciales de acción de los músculos que constituyen el cuerpo humano.	En 1666 el médico y científico italiano Francesco Redi, demostró la existencia de un músculo especializado capaz de generar electricidad en el pez raya.	En 1922 Gasser y Erlanger utilizó un osciloscopio para mostrar las señales eléctricas de los músculos.	En 1941 se describen las diferencias observadas en los potenciales de acción de pacientes con lesiones neurológicas y pacientes afectados por lesiones miogénicas, esto fue realizado por Buchthal y Clemensen.	En 1980 Cram y Steger introdujeron un método clínico para la digitalización de una variedad de músculos utilizando un dispositivo de detección de EMG, además los cables que producen señales en el rango deseado microvolts estuvieron	1. Cram- Steger 2. Emil Du Bois Reymond 3. Feinstein-Pattel 4. Francesco Redo 5. Gasse-Eslanger 6. Jon Walsh 7. Luigi Galvani 8. Weddel	
 ELECTROOCULOGRAFIA (EOG)	Método de registro de los movimientos oculares basado en el registro de la diferencia de potencial existente entre la córnea y la retina	En 1850 Emil Dubuis Raymond, fue el primero en decir que el potencial en reposo de un ojo humano varía de 1 a 6mV, en función de la iluminación y su estado de adaptación.	En 1965 se recogen los primeros registros de EFG de ojos de ranas por Holmgren.	En 1962 Arden observó que la información más importante obtenida por comparación de amplitudes, bajo la situación de iluminación y de oscuridad, denominándose como test de arden.	En 1931 El Dr. Ragnar Arthur Graint utilizó a técnica de medida eléctrica que desarrolló Edgar Adrian mientras realizó estudios de la retina y del nervio óptico.	1. Arder 2. Dewel 3. Emil Du Bois Reymond 4. Gotch 5. Ragnar Arthur 6. Ragnar Granit 7. Riggs 8. Willem Einthoven	

Fuente :Autoras



# CAPITULO 11

## CAPITULO II

### 2. PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS

#### 2.1. ELECTROCARDIOGRAFIA

##### 2.1.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROCARDIOGRAFÍA.

La electrocardiografía convencional estudia el registro de la actividad eléctrica cardíaca mediante unos aparatos denominados electrocardiógrafos.

Esta actividad se registra en forma de una línea que presenta distintas inflexiones que se corresponden con el paso del estímulo eléctrico desde el lugar donde normalmente se origina, el nodo sinusal, hasta los ventrículos a través del sistema específico de conducción (SEC). Se recuerda que dicho sistema está formado por el nodo sinusal, las vías preferenciales de conducción interauricular e internodal, el nodo auriculoventricular (AV), el haz de His, las dos ramas del haz de His y sus divisiones, con sus respectivas redes de Purkinje. Cuando el estímulo llega a la unión Purkinje-músculo, se produce el acoplamiento excitación -contracción.

Fig.- 1. ELECTROCARDIOGRAFIA



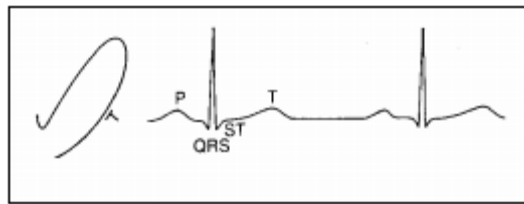
Fuente:

<http://www.foroconsultivo.org.mx/home/images/stories/noticias/enero2014/electro.jpg>

Estas fuerzas eléctricas generadas por el corazón tienen una representación vectorial. Hay que recordar que un vector es una magnitud con una dirección y un sentido, que puede representarse gráficamente. Para explicar la morfología electrocardiográfica se

recurre a la teoría vectorial. De acuerdo con ella, la activación de las estructuras cardíacas (aurículas y ventrículos) origina la formación de distintos vectores de activación que nos permiten explicar la morfología electrocardiográfica. Por cada ciclo cardíaco se registran sucesivamente en el ECG las ondas de despolarización auricular (onda P), un espacio recto que corresponde al paso del estímulo por el sistema His Purkinje (H-P), la despolarización ventricular (complejo QRS) y la repolarización ventricular (segmento ST y onda T) para, a continuación, registrarse un intervalo rectilíneo correspondiente al reposo eléctrico diastólico. El intervalo recto que se registra durante la fase de reposo diastólico es variable, dependiendo de la frecuencia cardíaca. Normalmente, se registran estas diferentes ondas desde distintos puntos (derivaciones) mediante electrodos. Cuando el electrodo está situado en la zona precordial correspondiente a la pared libre ventricular izquierda, la curva registrada presenta una morfología similar a la de la figura. 2.

**Fig.- 2. CURVA ELECTROCARDIOGRAFICA OBTENIDA CON ELECTRODOS DE SUPERFICIE.**



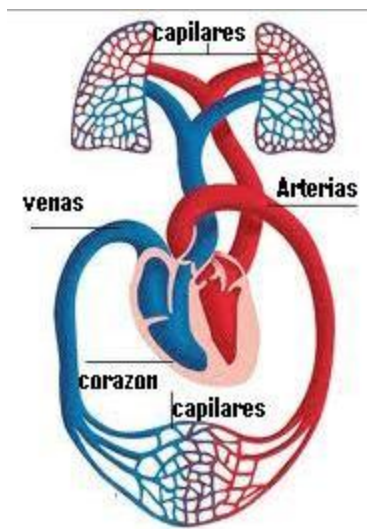
Fuente: Libro sistemas biomédicos de medición

El ECG es fundamental para el estudio de los pacientes con arritmias cardíacas, trastornos de la Conducción, síndrome de pre-excitación y cardiopatía isquémica. También es muy importante para el estudio evolutivo de las demás cardiopatías y para realizar trabajos epidemiológicos. Su valor, además, se ha visto incrementado con la introducción de técnicas que permiten conocer la actividad eléctrica cardíaca de forma dinámica, como son la electrocardiografía de esfuerzo y el registro continuo del ECG en cinta magnética y con interpretación acelerada (electrocardiografía de Holter), y con la aplicación a la electrocardiografía convencional de los conocimientos adquiridos gracias a las investigaciones y los estudios realizados con las técnicas de electrocardiografía intracavitaria. Sin embargo, a pesar de su inestimable valor diagnóstico, la electrocardiografía puede ser un arma más peligrosa que eficaz si se confía en exceso ante un ECG normal o valoramos demasiado un ECG patológico. La electrocardiografía es una técnica diagnóstica que nos proporciona una ayuda a

veces decisiva, pero que el enfoque global del paciente (diagnóstico, pronóstico y terapéutico) sólo debe realizarse mediante la correlación de la clínica con la electrocardiografía y otras técnicas auxiliares.

**2.1.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICA.**

**Fig.- 3. SISTEMA CIRCULATORIO**



El corazón es el elemento fundamental del aparato circulatorio, en los animales de organización relativamente compleja. En el hombre, el corazón es una víscera cónica, con la punta dirigida hacia abajo y a la izquierda, situada en la cavidad torácica, entre ambos pulmones. El corazón humano está constituido por el miocardio (pared de fibras musculares), unidas por tejido conjuntivo y revestido exterior e interiormente por una membrana serosa, llamada pericardio y encorado, respectivamente. El corazón se contrae (sístole) 70-80 veces por minuto,

Fuente: <http://www.imprimalia3d.com/sites/default/files/images.jpg>

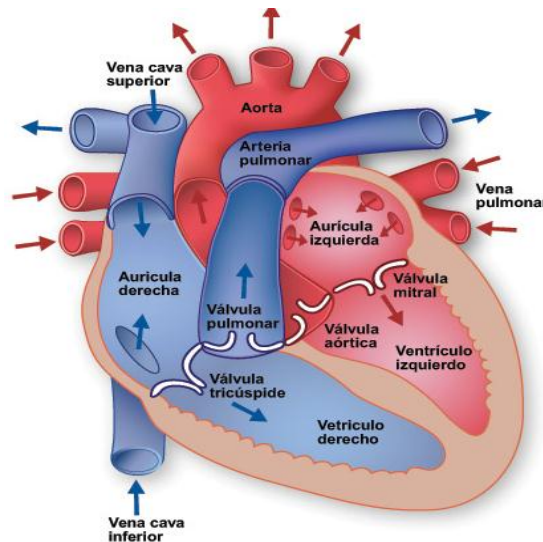
Mediante el acotamiento de las fibras musculares; entre las contracciones se establecen periodos de relajación (diástole) en los que la sangre penetra en las cavidades. Estas contracciones están provocadas por un sistema nervioso autónomo, regulado por el sistema vegetativo bajo el gobierno de un núcleo situado en el bulbo (centro cardiaco) y por influencias hormonales (adrenalina, etc.). Funcionalmente, consta de dos partes: el corazón derecho (formado por la aurícula y ventrículo derechos, separados por la válvula tricúspide) recibe la sangre de todo el organismo por las venas cavas que desembocan en la aurícula, pasando la sangre al ventrículo al abrirse la válvula. Desde allí, es impulsada a los pulmones donde es oxigenada, convirtiéndose en sangre arterial que, por las venas pulmonares, ingresa en el corazón izquierdo (aurícula y ventrículo izquierdos, separados por la válvula Mitral) donde sigue un recorrido análogo; el ventrículo izquierdo la impulsa luego a la arteria aorta, que la

distribuye a todo el cuerpo. El paso de la sangre de ambos ventrículos a las respectivas arterias está regulado por las válvulas sigmoideas. La contracción de ambos ventrículos se efectúa simultáneamente; las aurículas también se contraen, lo que hacen antes que los ventrículos, ayudando con ello a pasar la sangre hacia éstos.

**ANATOMÍA DEL CORAZÓN.**

El corazón está situado en la cavidad torácica y ocupa la región intermedia entre las dos regiones pleuro-pulmonares. Su forma es la de una pirámide triangular. El eje mayor de esta pirámide, es decir, la dirección del corazón varía según la forma del tórax. Cuando el tórax tiene unas dimensiones medias, tanto el corazón como su eje mayor se aproximan a la horizontal y se dirigen oblicuamente hacia adelante, hacia la izquierda y ligeramente hacia abajo. A causa de esto, la base del corazón normal, que está en la parte posterior, mira a la vez hacia atrás y a la derecha; el vértice está inclinado hacia adelante y a la izquierda. La consistencia del corazón es dura; su coloración rojiza. Su peso aumenta gradualmente con la edad. Es un poco mayor en el hombre que en la mujer; alcanza en la edad adulta, por término medio, 270 gramos en el hombre y 260 gramos en la mujer.<sup>5</sup>

**Fig.- 4. CORAZON**

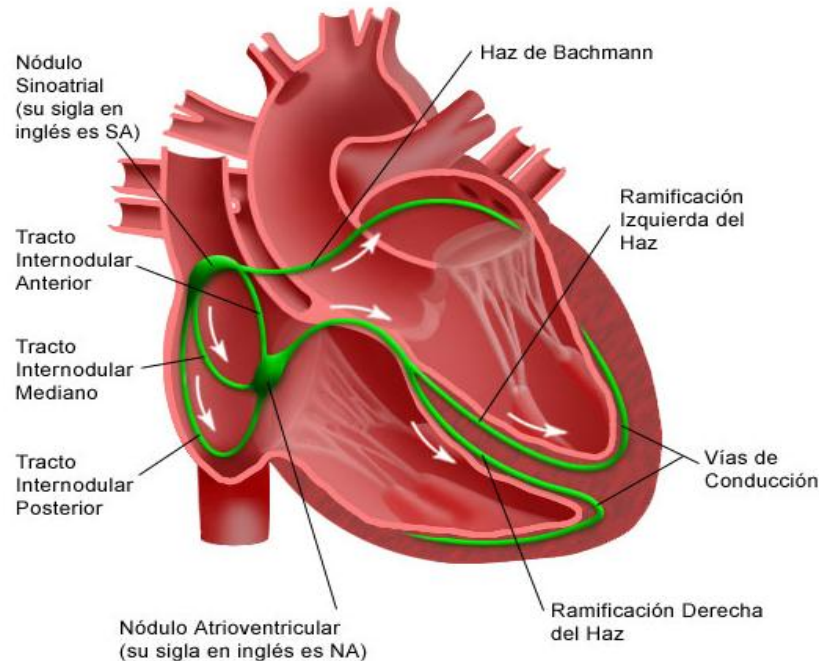


FUENTE: [http://www.texasheart.org/HIC/Anatomy\\_Esp/anato\\_sp.cfm](http://www.texasheart.org/HIC/Anatomy_Esp/anato_sp.cfm)

<sup>5</sup> corazón [10 de marzo-13]. [en línea] [consultado el 13 Diciembre de 2014] disponible en: [http://www.texasheart.org/HIC/Anatomy\\_Esp/anato\\_sp.cfm](http://www.texasheart.org/HIC/Anatomy_Esp/anato_sp.cfm)

### 2.1.3. GENERACION DE LA SEÑAL

Fig.- 5. ACTIVIDAD ELECTRICA DEL CORAZON.



FUENTE: <http://www.uchicagokidshospital.org/online-library/content=S04913>

El nódulo sinusal está en la pared de la aurícula derecha, en la unión entre la propia aurícula y la vena cava superior. Tiene forma de semicírculo y mide unos 15mm de largo y 5mm de ancho. El nódulo sinusal genera potenciales de acción a una frecuencia aproximada de 70 por minuto y, pese a que existen otros tejidos cardíacos dotados de automatismo, es el nódulo sinusal el que marca el ritmo cardíaco dado que presenta la frecuencia más rápida.

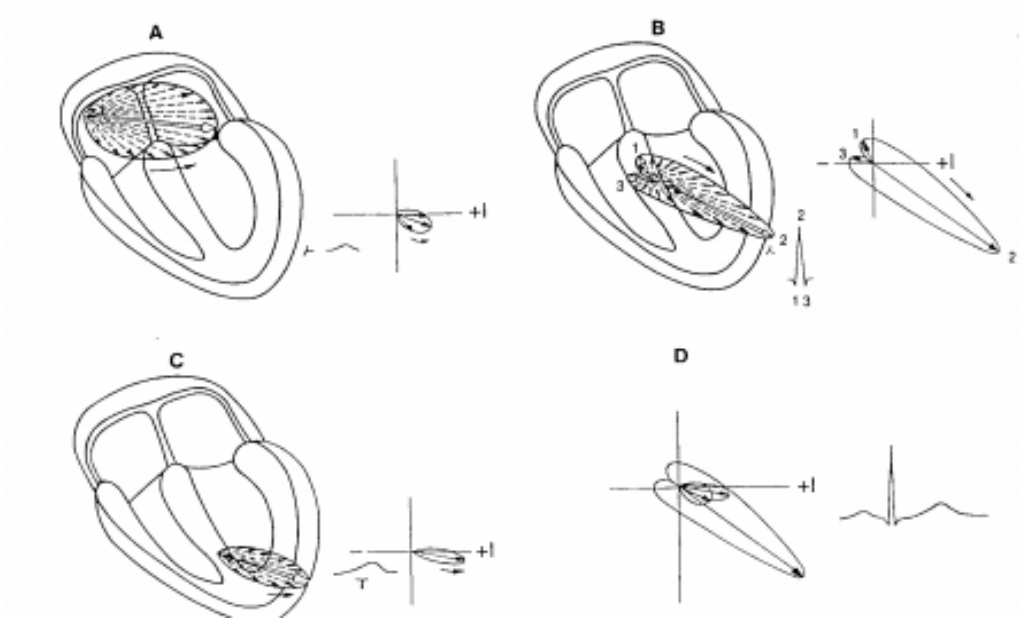
Desde aquí la excitación se transmite a las células auriculares vecinas, por las zonas de menor resistencia eléctrica intercelular a una velocidad de 0,3 m/s. Esta propagación de la despolarización se canaliza especialmente a través de las vías específicas de conducción denominadas vías internodales anterior, media y posterior, que conducen el impulso desde el nódulo sinusal al nódulo auriculoventricular.

El nódulo auriculoventricular (AV) está situado en la parte posterior del septum interauricular y constituye la única vía de comunicación entre la cavidad auricular y la ventricular. Tiene una frecuencia intrínseca aproximada de 50 pulsos por minuto pero, bajo condiciones normales, sigue la frecuencia impuesta por el nódulo sinusal. La velocidad de propagación en el nódulo AV es muy lenta (0,05 m/s) y da lugar a un retraso en el progreso de la activación que permite un llenado ventricular óptimo durante la contracción auricular.

A continuación del nódulo AV se encuentra el haz de His que se divide a nivel subendocárdico en dos ramas que se propagan una a cada lado del tabique interventricular. Estas ramas del haz de His se arborizan en una compleja red de fibras de conducción denominada Fibras de Purkinje. La velocidad del sistema de conducción ventricular es de 1 a 4 m/s de manera que la activación de la región subendocárdica es casi inmediata en toda la superficie.

Todas las células cardíacas tienen la propiedad de generar dipolos eléctricos cuando reciben la señal de activación (despolarización) y también cuando, tras su contracción, regresan al estado de reposo (repolarización).<sup>6</sup>

**Fig.- 6. FORMA ESQUEMATICA COMO SE ORIGINA TRIDIMENSIONALMENTE LAS ONDAS P, QRS, T. DE ACUERDO CON LA TEORIA VECTORIAL**



Fuente: Libro sistemas biomédicos de medición

<sup>6</sup> Actividad eléctrica del corazón [10 de abril-13]. [en línea] [consultado el 13 Diciembre de 2014] disponible en: [http://www.electrocardiografia.es/a\\_electrica.html](http://www.electrocardiografia.es/a_electrica.html)



## 2.2. ELECTROENCEFALOGRAFIA

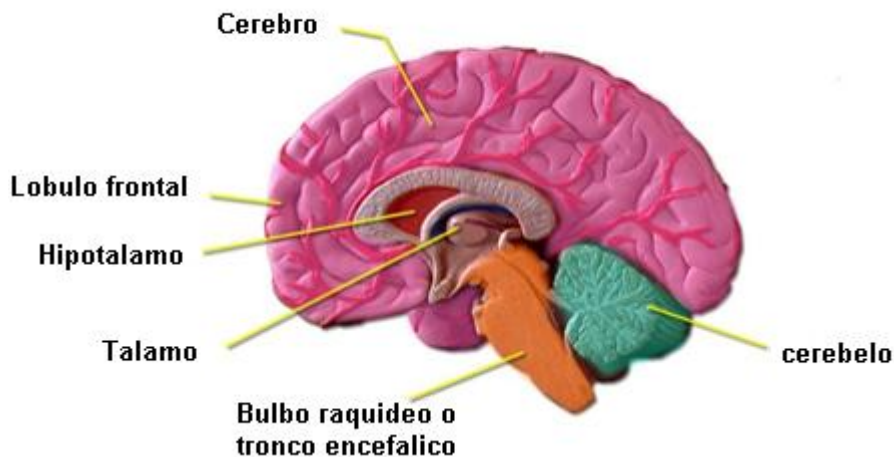
### 2.2.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROENCEFALOGRAFÍA

La Electroencefalografía es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo o el registro de la actividad eléctrica de las neuronas del encéfalo. Dicho registro posee formas muy complejas que varían mucho con la localización de los electrodos y entre individuos. Esto es debido al gran número de interconexiones que presentan las neuronas y por la estructura no uniforme del encéfalo.

### 2.2.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS

El encéfalo, contenido en el cráneo, es la parte más voluminosa del sistema nervioso central (SNC), que continúa en la médula espinal, contenida en la columna vertebral, y en los nervios sensitivos y motores que llevan, respectivamente, información sensorial al encéfalo y el control de la musculatura del esqueleto. El encéfalo se divide en las siguientes partes: tallo cerebral, cerebelo y cerebro (ver imagen 7).

Fig.- 7. ENCEFALO



FUENTE: <http://es.slideshare.net/yukijenn/el-encefalo-sus-partes-y-funciones>

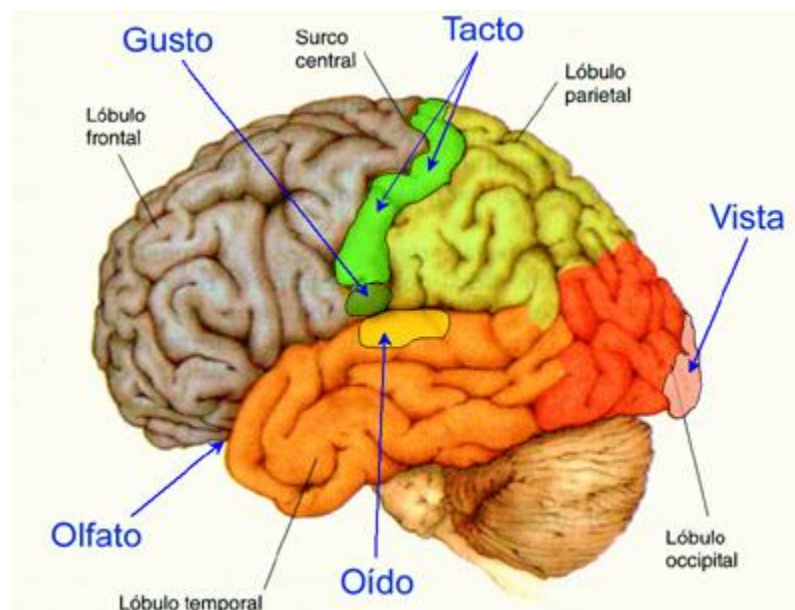
**El tallo cerebral:** Es la parte evolutivamente más antigua del encéfalo; conecta entre sí el córtex cerebral, la médula espinal y el cerebelo; controla asimismo los ritmos cardíaco y respiratorio, y es el centro de diversos reflejos motores.

**El cerebelo:** es el coordinador de los movimientos voluntarios, además de mantener el equilibrio. Además realiza una función de “filtro paso bajo” para alisar lo que de otro modo serían movimientos musculares “espasmódicos”.

**El cerebro:** es la parte más evolucionada del encéfalo y en él están localizadas las funciones conscientes del sistema nervioso. Posee dos partes llamadas hemisferios que se relacionan con las partes opuestas del cuerpo. La superficie externa del hemisferio se conoce por córtex y en ella se recibe la información sensorial. Las capas más profundas están formadas por axones y núcleos de células.

La subdivisión más importante del encéfalo es la corteza cerebral que contiene unos 9 de los 12 billones de neuronas que hay en el cerebro humano. La corteza es en realidad una capa más bien fina de neuronas situada en la periferia del cerebro que contiene muchas fisuras o pliegues entrantes para dar una mayor área superficial. Algunas de las fisuras más profundas, llamadas también surcos se utilizan como límites para dividir la corteza en ciertos lóbulos. (Ver imagen 8)

Fig.- 8. CEREBELO.



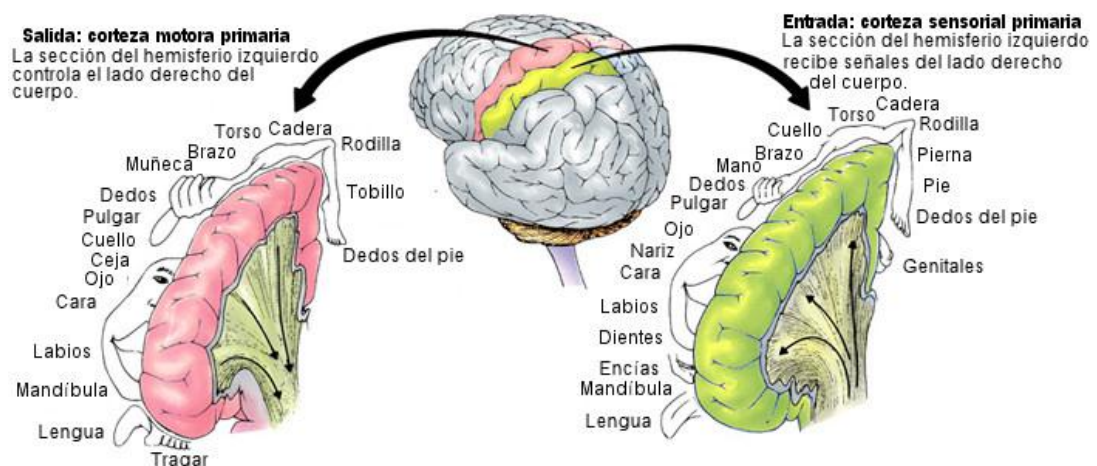
FUENTE: <http://comienzotercero.webnode.es/conocimiento/los-sentidos/>

Todas las entradas sensoriales alcanzan con el tiempo la corteza cerebral donde ciertas regiones parecen estar relacionadas específicamente, con ciertas modalidades de información sensitiva. Otras regiones de la corteza parecen estar relacionadas específicamente con las funciones motoras. Por ejemplo, todas las entradas sensoriales somáticas (calor, frío, presión, tacto, etc.) llegan a una región de la superficie cortical justo por detrás del surco central, abarcando la parte delantera del

lóbulo parietal. Las entradas sensoriales somáticas de cada punto del organismo llevan a una parte específica de esta región, estando las entradas procedentes de las piernas y los pies más cerca de la parte superior, a continuación el torso, seguido de brazos, manos, dedos, cara, lengua, faringe y finalmente las regiones intra abdominales en la parte inferior. La cantidad de superficie adjudicada a cada parte del organismo es proporcional al número de nervios sensitivos que contiene y no a su tamaño físico real.

Justo delante del surco central está el lóbulo frontal, donde se encuentran las principales neuronas motoras que van a los distintos músculos del cuerpo. Las neuronas motoras también están distribuidas en la superficie de la corteza de una forma similar a las neuronas sensitivas. La situación de las distintas funciones motoras también se puede representar con un homúnculo igualmente boca abajo pero proporcionado según el grado de control muscular ofrecido por cada parte del organismo.

**Fig.- 9. HOMUNCULO HUMANO MOTOR Y SENSITIVO.**



FUENTE: <http://www.youbioit.com/es/articulo/informacion-compartida/20969/funciones-de-las-partes-del-cerebro>

La parte delantera del cerebro llamada a veces lóbulo prefrontal, contiene neuronas para algunas funciones de control motor especiales, incluyendo el control de movimiento de los ojos. El lóbulo occipital está muy hacia atrás de la cabeza, sobre el cerebelo.

El lóbulo occipital contiene la corteza visual donde se proyectan en una representación geográfica las formas obtenidas en la retina. La entrada sensitiva auditiva se puede seguir hasta los lóbulo temporales de la corteza, situados justo por encima de los oídos. Las neuronas que responden a las distintas frecuencias de la entrada de sonido se encuentran dispersas por toda la región, estando situadas las frecuencias más altas hacia la parte delantera y las más bajas hacia la parte trasera.

El olfato y el gusto no tienen situaciones específicas sobre la corteza cerebral, aunque en la percepción del olor interviene un bulbo cercano al centro del cerebro.

### **2.2.3. GENERACIÓN DE LA SEÑAL**

El tejido nervioso presenta como una de sus funciones básicas la capacidad de generar potenciales eléctricos que son la base de la excitabilidad del organismo, histológicamente, la corteza está constituida por seis capas celulares:

- I: Capa superficial plexiforme de pequeñas células.
- II: Capa de células granulares
- III: Capa de células piramidales.
- IV: Capa de células granulares.
- V: Capa de células piramidales.
- VI: Capa profunda polimorfa.

Las células de las capas III y V son efectoras y las células de las capas II y IV son receptoras.

La electrogenesis cortical es Un fragmento de tejido cortical aislado es asiento de actividad eléctrica espontánea. Esta actividad se caracteriza por salvas de ondas lentas sobre las que se superponen ritmos rápidos. Entre una salva y otra aparecen periodos de silencio eléctrico.

Estas señales son producidas como consecuencia de la actividad sináptica general de regiones discretas de tejido: los PPSE (potenciales post-sinápticos excitadores) y los PPSI (potenciales post-sinápticos inhibidores) se suman entre si y dan origen a potenciales lentos que son las ondas registradas. Una de estas porciones de tejido capaz de producir actividad eléctrica se llama un generador. Se han puesto de manifiesto tres generadores corticales:

- Generador A: Situado a unas 500 micras de la superficie cortical está producido por la despolarización de las dendritas apicales de las células piramidales. Su actividad produce ondas negativas en la superficie de la corteza. No tiene relación con la descarga de potenciales de acción de las células.
- Generador B: Situado a 900 micras de profundidad está formado por las despolarizaciones de los somas de las células piramidales. Produce ondas positivas en la superficie cortical y su actividad coincide con la aparición de potenciales de acción en las células.
- Generador C: Está situado también a 900 micras, pero su actividad determina ondas negativas en la superficie cortical y es el resultado de la hiperpolarización de las células. Su actividad coincide con una interrupción de la descarga de potenciales de acción en las células piramidales.

De forma general, una tensión positiva en la superficie cortical traduce una despolarización en las capas más profundas de la corteza. En cambio, una tensión negativa puede ser resultado, bien de una despolarización superficial, o de una hiperpolarización profunda.

### ***SINCRONIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD CELULAR***

Las señales corticales son consecuencia de la actividad neuronal. Sin embargo, dado que en un registro normal se recoge la actividad de muchos miles de neuronas, para poder conseguir una actividad global mínima es preciso que las neuronas vecinas se encuentren sincronizadas. Cuando así ocurre, se pueden observar ondas tanto mayores y tanto más lentas, cuanto mayor sea la sincronía de los generadores. La sincronización se encuentra bajo control de estructuras subcorticales, fundamentalmente ciertos núcleos talámicos que actúan como los marcapasos sincronizadores de las actividades rítmicas corticales. Por el contrario, otras regiones más caudales que van desde el hipotálamo hasta la porción rostral del bulbo constituyen.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> electroencefalograma [10 de Marzo-09]. [en línea] [consultado el 14 Diciembre de 2014] disponible en: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>

## 2.3. ELECTROMIOGRAFÍA

### 2.3.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROMIOGRAFÍA

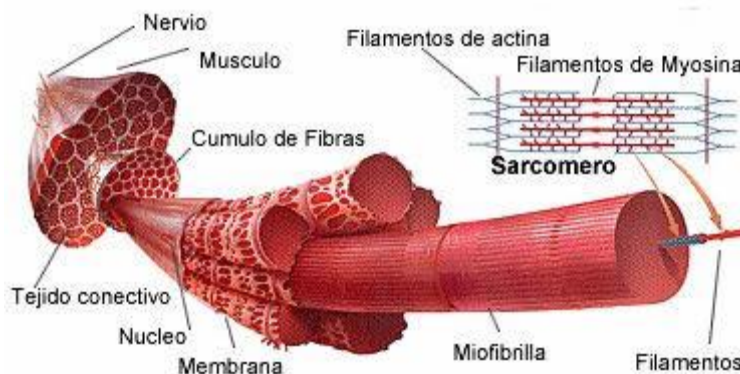
Es el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan. Permite la localización, en el caso, por ejemplo, de parálisis musculares, del lugar de la lesión, que puede estar en el encéfalo, la médula espinal, el axón, la unión neuromuscular o las propias fibras musculares.

### 2.3.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS

El musculo esquelético soporta nuestro cuerpo, el musculo esquelético puede rotar por medio de una articulación y el musculo estriado se adhiere a un hueso directamente o por medio de una tendón. Dos o múltiples grupos de músculos esqueléticos antagonizan uno contra el otro. Esto quiere decir que cuando uno se contrae, los otros se estiran. El musculo esquelético está compuesto de células polinucleares, y los grupos de fibra muscular se alinean uniformemente.

El componente básico del musculo esquelético es la unidad motora, que puede ser actividad consiente mente. Una cantidad de unidades motoras construyen lo que se llama la fibra muscular. (Ver imagen 10)

Fig.- 10. PARTES DEL MUSCULO.



FUENTE: <http://recuerdosdepondora.com/ciencia/biologia/que-es-el-rigor-mortis-y-que-lo-causa/>

Cuando una unidad motor individual (SMU) es activada por medio de estimulación, una forma de onda potencial con una amplitud de 20-2000 $\mu$ V, una frecuencia de descarga de 6-30Hz, y un intervalo de 3-10ms se observa. Por lo tanto, la contracción de las fibras musculares lleva a una señal potencial con una amplitud más grande y una frecuencia más alta. La unidad motor regula las fibras del musculo esquelético.

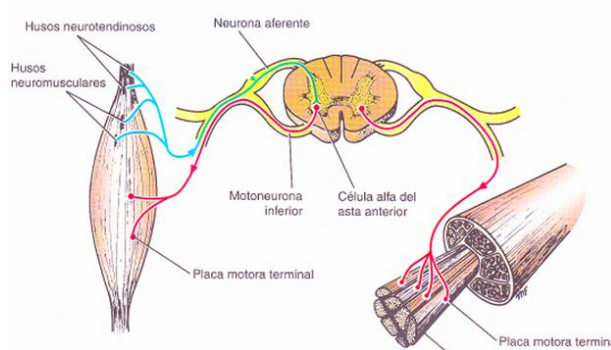
Por ello, cuando un nervio motor es excitado, las fibras controladas por esta unidad motora serán todas activadas. Este proceso incluye la producción de un potencial de acción y la contracción de las fibras musculares. Un musculo individual es probablemente regulado por cientos de unidades motoras. El sistema nervioso trata de controlar diferentes grados de actividades musculares por medio de la estimulación de diversos números de unidades motoras. Mientras más se excitan las unidades motoras, más fibras musculares son activadas.

### **2.3.3. GENERACIÓN DE LA SEÑAL**

La membrana de las células excitables se encuentra polarizada, siendo el interior de la célula negativo con respecto al exterior. En la célula muscular, con un electrodo situado en el interior de la fibra y otro en el exterior se puede detectar una diferencia de potencial de reposo de unos 90 mV. Este potencial es producido por diferencias existentes en la concentración de diversos iones ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ , etc.). Además, obedeciendo a señales procedentes de otras células, la fibra muscular puede sufrir despolarizaciones transitorias (potenciales de acción) que determinan la actividad de la maquinaria contráctil de la fibra. En el músculo podemos distinguir dos tipos de unidades, las anatómicas y las funcionales. La unidad anatómica es la llamada fibra muscular y la unidad funcional es la unidad motora. Una unidad motora es un grupo de fibras musculares inervado por una única motoneurona de la médula espinal o de un núcleo motor del tallo cerebral. Este concepto fue introducido por Liddell y Sherrington y comprende una motoneurona, su axón, las ramificaciones de éste y el conjunto de fibras musculares sobre los que estos hacen contacto sináptico. Si la motoneurona sufre una despolarización, ésta recorre todo el axón hasta las terminaciones sinápticas y provoca la despolarización, casi sincrónica, en todo el conjunto de fibras musculares de la unidad motora.

Un músculo consiste en haces paralelos de fibras musculares. La activación de cada fibra muscular se hace a través del axón de la fibra nerviosa motriz que la inerva. Según la posición y la función del músculo, el número de fibras musculares inervadas por un mismo axón puede variar entre uno o más de mil. El conjunto formado por la célula nerviosa motriz en la espina dorsal, su axón y las fibras musculares que éste inerva constituye la unidad funcional básica del sistema muscular y se conoce por unidad motora UM (ver imagen 11). Cuando el potencial de acción del nervio alcanza el punto en el que éste se une con el músculo, se libera una cierta cantidad de un transmisor químico (la acetilcolina) que origina la despolarización local de la membrana de la fibra muscular. El transmisor es rápidamente neutralizado por una sustancia denominada estereato de acetilcolina, quedando la unión mioneuronal libre para una nueva excitación. Al potencial complejo que originan las fibras de una UM se le conoce por potencial de la unidad motriz (PUM) y es la suma de los potenciales de acción de las distintas fibras de la UM (potenciales de acción cuasi-sincrónicos en UM normales).

Fig.- 11. UNIDAD MOTORA.



FUENTE: <http://neuroanatomia.info/unidad-motora.html>

Un músculo puede considerarse como un conjunto de unidades motoras dispuestas en paralelo, entre las cuales se encuentran otras fibras musculares modificadas llamadas Husos Musculares que contienen elementos sensoriales que perciben las tracciones en el músculo y sirven para el servo control de la posición del músculo. El significado de una orden de excitación dirigida a un músculo es que un número mayor o menor de unidades motoras recibirán una orden de despolarización. Una orden motora puede ser mínima, si solo ordena actividad a una única unidad motora, o máxima, si ordena la contracción completa del músculo. La actividad de una unidad motora es el elemento individualizable mínimo de la contracción muscular.

Se comprende que el número de fibras musculares que contiene cada unidad motora determina la finura o la delicadeza de los movimientos que puede ejecutar. Este número de unidades recibe el nombre de «tasa de inervación» y cuanto menor sea (es decir, muchas motoneuronas y pocas fibras musculares) más flexibilidad motora tendrá el músculo. Por lo tanto, La fuerza de la contracción muscular se gradúa controlando el número de axones que se estimulan y la frecuencia de estimulación de cada axón.

Cada unidad motora ocupa un territorio en el cual es posible registrar su actividad. Este territorio es algo mayor que el que físicamente ocupa sus fibras. De hecho, las unidades no se agavillan unas junto a otras, ni hay una frontera definida entre ellas; por el contrario, sus fibras o grupos de fibras se entrelazan con las de unidades vecinas de tal forma que en una reducida sección transversal de músculo conviven varias unidades motoras. En líneas generales, se puede afirmar que una unidad motora de un miembro superior se corresponde con un área de unos 5-7 mm de radio. En los miembros inferiores son 7-10 mm. Estos valores se han obtenido por medios electrofisiológicos.

Los potenciales de fibrilación son de pequeña amplitud (30 a 50 pV) con una duración entre 0,5 y 2 ms y con una frecuencia de repetición entre 2 y 10 por segundo. Pueden ser bifásicos o trifásicos y son consecuencia de la contracción espontánea de las



fibras musculares. Son característicos de músculos en los que la continuidad entre el axón motor y la fibra muscular se ha interrumpido.

Dentro de la actividad voluntaria, los potenciales de unidad motriz (PUM) son el objeto principal de estudio. Consisten en la suma de distintos potenciales de acción de grupos de fibras musculares que se están contrayendo casi sincronizada mente. Pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos y, en ocasiones, polifásicos con cinco o más fases. Su duración está comprendida entre 2 y 15 ms y su amplitud entre 100 pV y 2 mV, aunque estas magnitudes dependen mucho del tipo de electrodos empleado y del músculo considerado.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Electromiografía [20 de junio-2013]. [en línea] [consultado el 14 Diciembre de 2014] disponible en:  
<http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>

## 2.4. ELECTROOCULOGRAFIA

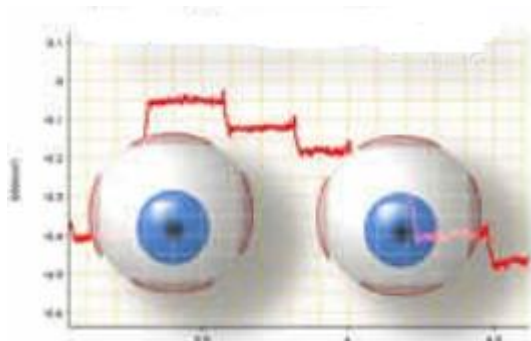
### 2.4.1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTROOCULOGRAFIA

Es la técnica que nos permite medir las variaciones eléctricas que se producen en el ojo al realizar un movimiento ocular sacádico

La posibilidad de emplear los oculogramas como una herramienta para ayudar a los médicos a deducir patologías que afectan al correcto trabajo del ojo ha despertado el interés científico desde hace tiempo.

- Entre los varios tipos de movimientos oculares existentes, se consideró el movimiento sacádico como el principal objeto de análisis.
- Movimiento Sacádico: Se produce cuando hay un movimiento rápido de los ojos con el fin de enfocar un objeto. Este movimiento es en el que se produce la señal eléctrica asociada al movimiento ocular.

Fig.- 12. MOVIMIENTO SACADICO.



Fuente: <http://www.seeic.org/images/site/uclm/dos.pdf>

#### ¿Qué mide?

- La retina tiene un potencial bioeléctrico de reposo, de carácter electronegativo respecto a la córnea. De este modo, los giros del globo ocular provocan cambios en la dirección del vector correspondiente a este dipolo eléctrico. El EOG es la técnica que nos permite medir las variaciones eléctricas que se producen en el ojo al realizar un movimiento ocular sacádico

En la actualidad existen cuatro técnicas de exploraciones electrofisiológicas del ojo humano:

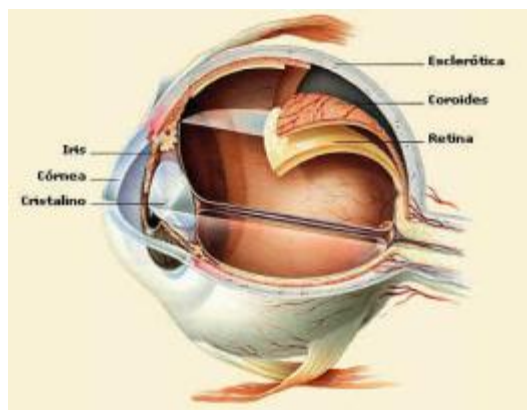
1. **Electroretinograma (ERG):** Es un método que registra la respuesta eléctrica de las células del ojo sensibles a la luz (conos y bastones de la retina).
2. **Electrooculograma (EOG):** Es un método que puede detectar los movimientos oculares, debido a las variaciones eléctricas que tiene el ojo al presentar un movimiento sacadico.
3. **Videoculograma (VOG):** Es un método similar al EOG pero más avanzado.
4. **Potenciales Evocados Visuales (PEV):** resultan de los cambios producidos en la actividad bioeléctrica cerebral tras estimulación luminosa.

#### 2.4.2. FUNDAMENTOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS

El globo ocular es una estructura esférica de aproximadamente 2,5 cm de diámetro con un marcado abombamiento sobre su superficie anterior.

- La capa más externa o esclerótica tiene una función protectora.
- La capa media o úvea que está compuesta a su vez por tres zonas:
  - Las coroides
  - El cuerpo ciliar
  - El iris
- La capa interna formada por la retina (sensible a la luz).

Fig.- 13. OJO.



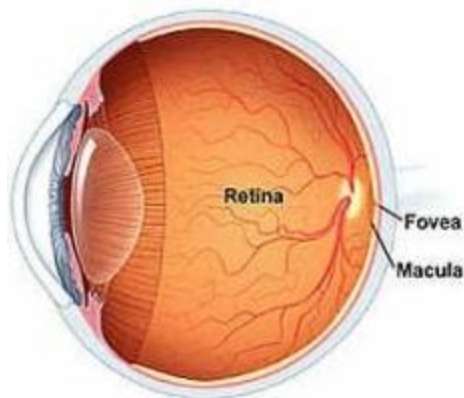
Fuente: <http://www.seeic.org/images/site/uclm/dos.pdf>

La córnea es una membrana resistente, compuesta por cinco capas, a través de la cual la luz penetra en el interior del

ojo. Por detrás, hay una cámara llena de un fluido claro y húmedo (el humor

acuoso) que separa la córnea de la lente del cristalino

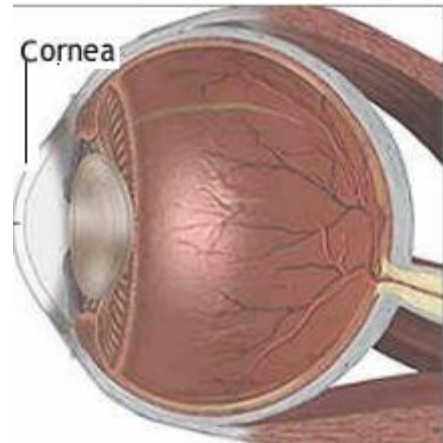
Fig.- 14. RETINA.



Fuente:

<http://www.seeic.org/images/site/uclm/dos.pdf>

Fig.- 15. CORNEA.



Fuente:

<http://www.seeic.org/images/site/uclm/dos.pdf>

La retina es una capa compleja compuesta sobre todo por células nerviosas. Las células receptoras sensibles a la luz se encuentran en su superficie exterior detrás de una capa de tejido pigmentado. Estas células tienen la forma de conos y bastones y están ordenadas como los fósforos de una caja.

### 2.4.3. GENERACIÓN DE LA SEÑAL

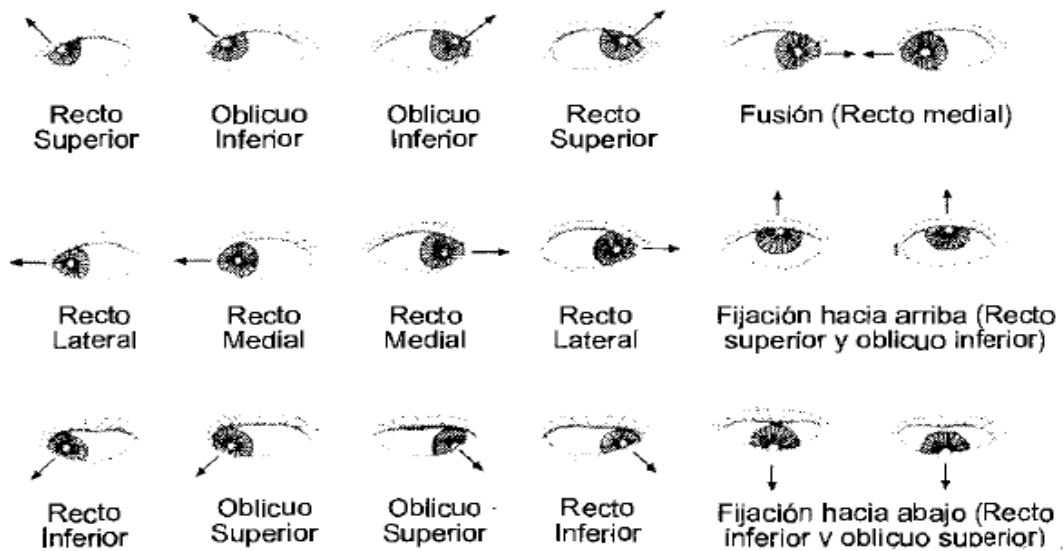
Los movimientos de los ojos son controlados por tres pares de músculos separados, que incluyen los rectos medial y lateral, y los rectos y oblicuos superior e inferior. Los rectos medial y lateral se contraen recíprocamente, y esto permite que los globos oculares se muevan de lado a lado. Los rectos superior e inferior se contraen recíprocamente para mover los glóbulos oculares hacia arriba o hacia abajo y los músculos oblicuos funcionan principalmente para rotar los globos oculares y para mantener los campos visuales en posición vertical, la distribución de los músculos para controlar los dos ojos es simétrica.

Los tres pares de músculos oculares son controlados por los nervios craneales, tercero, cuarto y sexto. Ya sea por medio de este fascículo longitudinal medial o por medio de otras rutas estrechamente asociadas, cada uno de los tres juegos de

músculos de cada ojo es recíprocamente inervado de manera que uno de los músculos del par se relaja mientras que el otro se contrae.

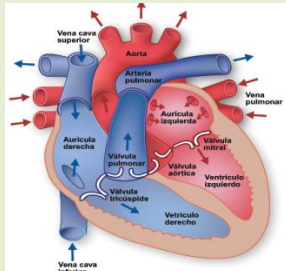
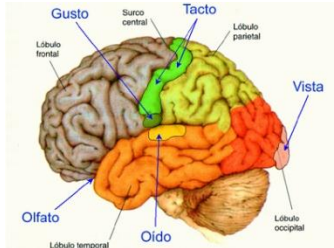
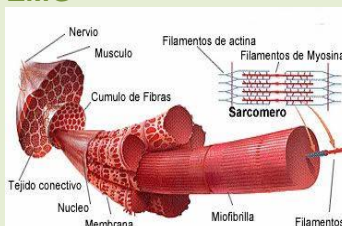
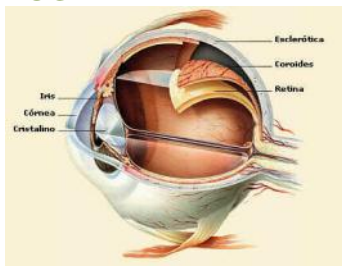
Los movimientos más importantes de los ojos son aquellos que hacen que los ojos se fijen en una porción específica del campo de visión. El mecanismo de fijación esta primariamente controlado por las áreas visuales secundarias de la corteza occipital. La fijación visual puede inmovilizar el objetivo en el área central de la retina. Cuando la imagen objetivo se muevo del centro de la fóvea hacia el borde de la fóvea, la respuesta refleja a través del mecanismo de retroalimentación negativa regulara los tres pares de músculos oculares para mover la imagen objeto de regreso hacia el centro de la fóvea.<sup>9</sup>

**Fig.- 16. MOVIMIENTOS DEL OJO.**



Fuente: Libro sistemas biomédicos de medición

<sup>9</sup> Electrooculografía [27 de febrero-12]. [en línea] [consultado el 14 Diciembre de 2014] disponible en: <http://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJHCI/volume5/Issue4/IJHCI-102.pdf>

SEÑAL	CIENCIA	REGISTRO	ÓRGANO O SUPERFICIE DE ESTUDIO
<p><b>ECG</b></p> 	<p><b>ELECTROCARDIOGRAFIA</b> Estudia el registro de la actividad eléctrica cardíaca</p>	<p>Actividad eléctrica cardíaca.</p>	<p><b>Corazón</b></p>
<p><b>EEG</b></p> 	<p><b>ELECTROENCEFALOGRAFÍA</b> Estudia registros y evaluaciones a nivel cerebral.</p>	<p>Potenciales eléctricos generados por el cerebro (actividad eléctrica de las neuronas del encéfalo).</p>	<p><b>Cerebro</b></p>
<p><b>EMG</b></p> 	<p><b>ELECTROMIOGRAFÍA</b> Es el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan.</p>	<p>Actividad eléctrica de los músculos del esqueleto (contracción y relajación).</p>	<p><b>Músculos</b></p>
<p><b>EOG</b></p> 	<p><b>ELECTROOCULOGRAFIA</b> Es un método que puede detectar los movimientos oculares, debido a las variaciones eléctricas que tiene el ojo al presentar un movimiento sacadico.</p>	<p>Diferencial de potencial existente entre cornea y la retina.</p>	<p><b>Ojo</b></p>

Fuente: Autoras



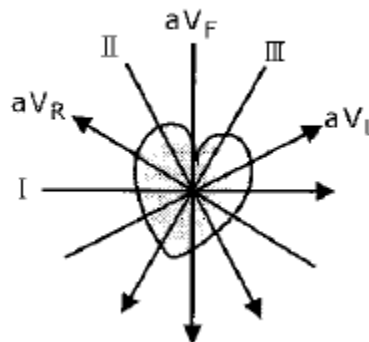
CAPITULO III

3. ADQUISICION DE LA SEÑALES ELECTROFISIOLÓGICAS

3.1 ADQUISICION DE LA SEÑAL ELECTROCARDIOGRAFICA

A la forma de onda que se mide en el corazón se le llama electrocardiografía (ECG). Y una derivación está compuesta de forma de ondas potenciales que se registran desde los electrodos que se han colocado en diferentes partes del cuerpo. En base al eje potencial cardiaco, hay seis derivaciones estándar, que incluyen lead I (derivación I), lead II (derivación II), lead III (derivación III), aVr, aVl y aVf. Usualmente se considera al pie derecho como la tierra de referencia. Su amplitud potencial cambia menos que la de todos los otros puntos de referencia porque es el más alejado del corazón de hecho, el sístole del corazón no es completamente controlado por el sistema nervioso autónomo, si no originalmente por las células especializadas del nodo sinoarterial, que trabajan como un marcapasos. El potencial regular del nodo sinoarterial se diseminara hacia todas las aurículas y hará que se contraigan. Luego, cuando se contraen, las aurículas bombean sangre dentro de los ventrículos. En el interior, pasando a través del nodo atrio ventricular entre el ventrículo y la aurícula, el potencial de acción ingresa a todas las áreas del ventrículo vía las fibras de Purkinje y luego hará que se contraiga. Finalmente el ventrículo bombea sangre hacia las arterias

Fig.- 17. EJES DE POTENCIAL CARDIACO, CORRESPONDIENTES A LAS DIERENTES DERIVACIONES DEL ECG.



Fuente: Libro sistemas biomédicos de medición



Cuando los impulsos pasan a través de la aurícula y el ventrículo, la corriente eléctrica se disemina en el tejido cardiaco e induce la generación de potencial de acción del miocardio. Algunas partes del potencial de acción pueden ser detectadas en la superficie de la piel. Por eso es que es posible medir el cambio del potencial de acción cuando ponemos electrodos en la superficie del cuerpo, por supuesto, estos electrodos deben colocarse en el área que corresponde al corazón. Un vector cardiaco es una especie de proyección del potencial en la superficie del plano frontal del cuerpo. Hay 60 grados entre cada dos de los ejes formados por los vectores proyectados. Cada eje representa una derivación que no tiene relación con la posición de los electrodos. El fenómeno fue descubierto por un fisiólogo holandés, willen Einthoven. También lo llamamos el triángulo de Einthoven

**PROPAGACION DEL ESTIMULO Y DERIVACION**

Cada una de las propagaciones del ECG registra la propagación eléctrica de la excitación cardiaca en los planos sagital y frontal.

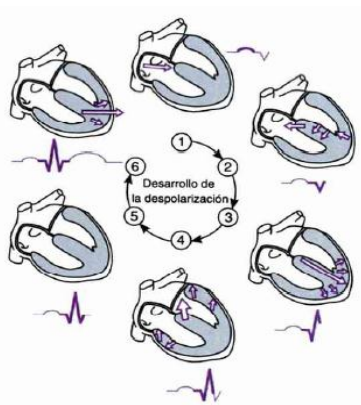
**TIPOS DE DERIVACION**

**DERIVACION BIPOLAR:** En las derivaciones bipolares, se mide la diferencia de voltaje entre dos electrodos (uno positivo y otro negativo).

**DERIVACION UNIPOLAR:** En las derivaciones unipolares se mide el voltaje de un electrodo (positivo) y se compara con un electrodo de referencia (negativo) con un potencial constante.

El principio del registro electrocardiográfico es el mismo para ambas derivaciones. En ambos casos los diferenciales de voltaje medido se corresponden con las ondas del ECG:

**Fig.- 18. DESPOLARIZACION Y REPORALIZACION DEL MIOCARDIO VENTRICULAR.**



Fuente: <http://en.bookfi.org/book/1511157>

Las últimas áreas miocárdicas despolarizadas son las que se re polarizan primero como consecuencia, la polaridad del complejo QRS y la onda T tienen la misma dirección.<sup>10</sup>

### 3.1.1 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS ECG

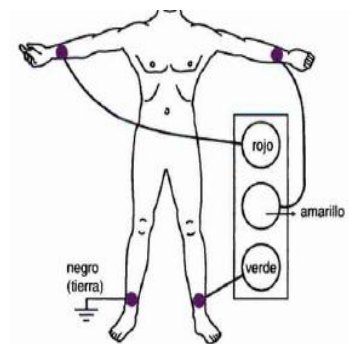
#### DERIVACIONES ESTANDAR

#### DERIVACIONES DE LAS EXTREMIDADES

Orden de los electrodos según los colores del semáforo

- ROJO : Brazo derecho
- AMARILLO: Brazo izquierdo
- VERDE : Pie izquierdo
- NEGRO : Pie derecho (cable a tierra)

Fig.- 19. DERIVACIONES ESTANDAR.

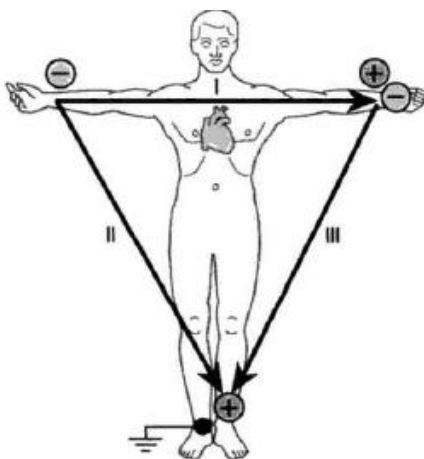


Fuente:

<http://en.bookfi.org/book/1511157>

#### DERIVACIONES DE EINTHOVEN

Fig.- 20. TRIÁNGULO DE EINTHOVEN.



Las derivaciones I, II, III forman el triángulo de Einthoven, en los dos brazos y el pie izquierdo

- I: Brazo derecho – Brazo izquierdo.
- II: Brazo derecho – Pie izquierdo.
- III: Brazo izquierdo – Pie izquierdo<sup>11</sup>

Fuente: <http://en.bookfi.org/book/1511157>

<sup>10</sup> Adquisición de a señal [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 18 diciembre de 2014] disponible en: Libro: sistemas biomédicos de medición

<sup>11</sup> Ubicación de los electrodos [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 19 de diciembre de 2014] disponible en: <http://en.bookfi.org/book/1511157>

### ESTANDAR (VI-V6)

Las derivaciones se ubican en puntos del tórax que están definidos anatómicamente.

V1: 4<sup>o</sup> espacio intercostal para esternal derecho

V2: 4<sup>o</sup> espacio intercostal para esternal izquierdo

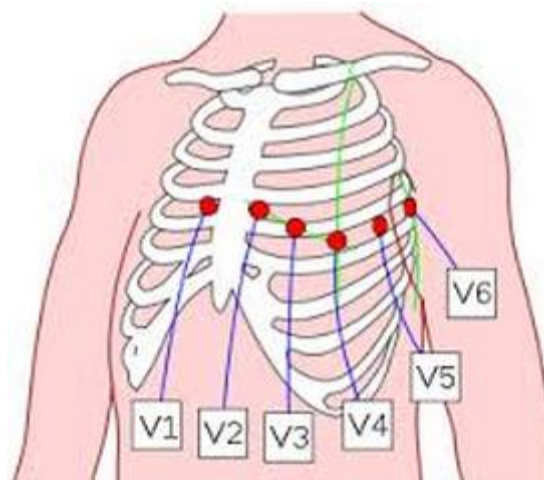
V3; 5<sup>o</sup> costilla entre V2 y V4

V4: 5<sup>o</sup> espacio intercostal sobre la línea medio clavicular izquierda.

V5: línea axilar anterior, en el plano horizontal que paso por v4

V6: línea axilar media, en el plano horizontal que pasa por v4

Fig.- 21. DERIVACIONES PRECORDIALES.



Fuente: <http://en.bookfi.org/book/1511157> (LIBRO EL ELECTROCARDIOGRAMA)

### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL ECG

**ANCHO DE LA ONDA:** la velocidad de la capacidad ex citatoria determina el ancho de la onda. La propagación rápida de la excitación produce una pequeña onda en el ECG; la propagación lenta, una ancha.

**ALTURA DE LA ONDA:** la diferencia de voltaje determina la altura de la onda. Cuanto mayor es la cantidad de miocardio excitado mayor es la diferencia e voltaje y mayor es la altura de la onda ECG.

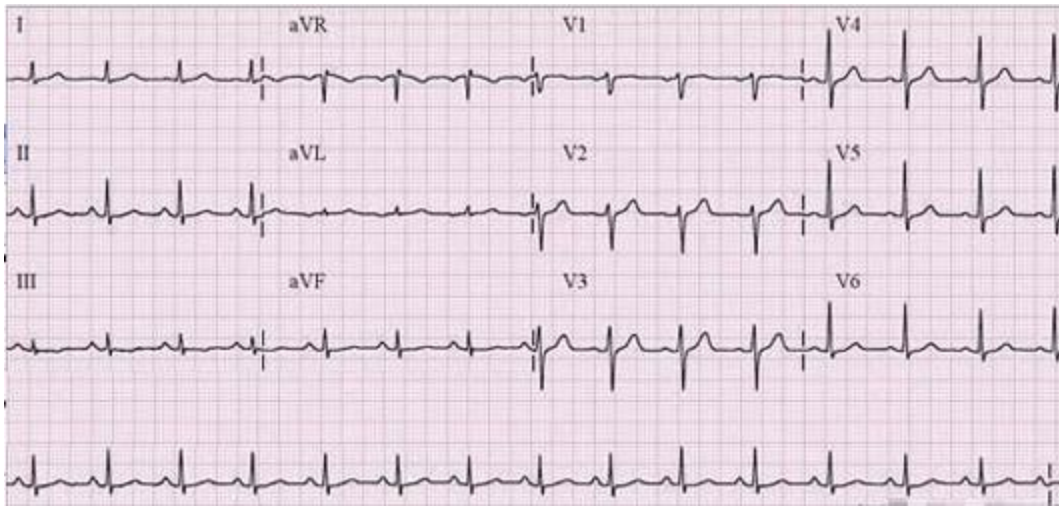
DIRECCION DE LA ONDA:

Fig.- 22. DIRECCION DE LAS ONDAS DEL ECG.

	EXCITACIÓN EN DIRECCION AL ELECTRODO	EXCITACIÓN QUE SE ALEJA DEL ELECTRODO
DESPOLARIZACION	ONDAPOSITIVA (HACIA ARRIBA)	ONDA NEGATIVA ( HACIA ABAJO)
REPOLARIZACION	ONDA NEGATIVA (HACIA ABAJO)	ONDA POSITIVA(HACIA ARRIBA)

FUENTE: <http://en.bookfi.org/book/1511157>

Fig.- 23. ECG PACIENTE NORMAL.



FUENTE: <http://en.bookfi.org/book/1511157>

[LIBRO EL ELECTROCARDIOGRAMA](#)

## 3.2. ADQUISICION DE LA SEÑAL ELECTROENCEFALOGRAFICA.

La actividad espontanea se mide en el cuero cabelludo, y se llama electroencefalograma. La amplitud del EEG es cerca de 100  $\mu$ V cuando se mide en el cuero cabelludo y sobre 1 a 100  $\mu$ V, si se mide sobre la superficie del cerebro. El ancho de banda de esta señal está por debajo de 1 Hz a 50Hz aproximadamente. Como lo indica la frase "actividad espontanea". Esta actividad va en forma continua en el individuo vivo.

Los potenciales evocados son aquellos componentes del EEG que ocurren en respuesta a un estímulo (eléctrico, auditivo, visual, etc.) dichas señales son generalmente por debajo del nivel de ruido y por lo tanto no fácilmente se distinguen, se debe utilizar un tren de estímulos y señales promedio para mejorar la relación señal- ruido. Los comportamientos de la neurona pueden ser examinados mediante el uso de micro electrodos que cubran la célula de interés.

El número de las células nerviosas en el cuerpo se ha estimado en el orden de 10<sup>11</sup>, las neuronas corticales están fuertemente interconectadas, aquí la superficie de una solo neurona puede cubrirse con 1.000-100.000 sinapsis. El comportamiento eléctrico de la neurona corresponde a la descripción de las células excitables. La tensión de descanso es alrededor de 70mV y el pico del potencial de acción es positivo. La amplitud del impulso nervioso es de unos 100mV; dura alrededor de 1 ms

### 3.2.1. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EEG

El sistema nacional estandarizado 10-20, se emplea generalmente para registrar el EEG espontanea. En este sistema se encuentran 21 electrodos en la superficie del cuero cabelludo, como se muestra en la figura 24.A y B.

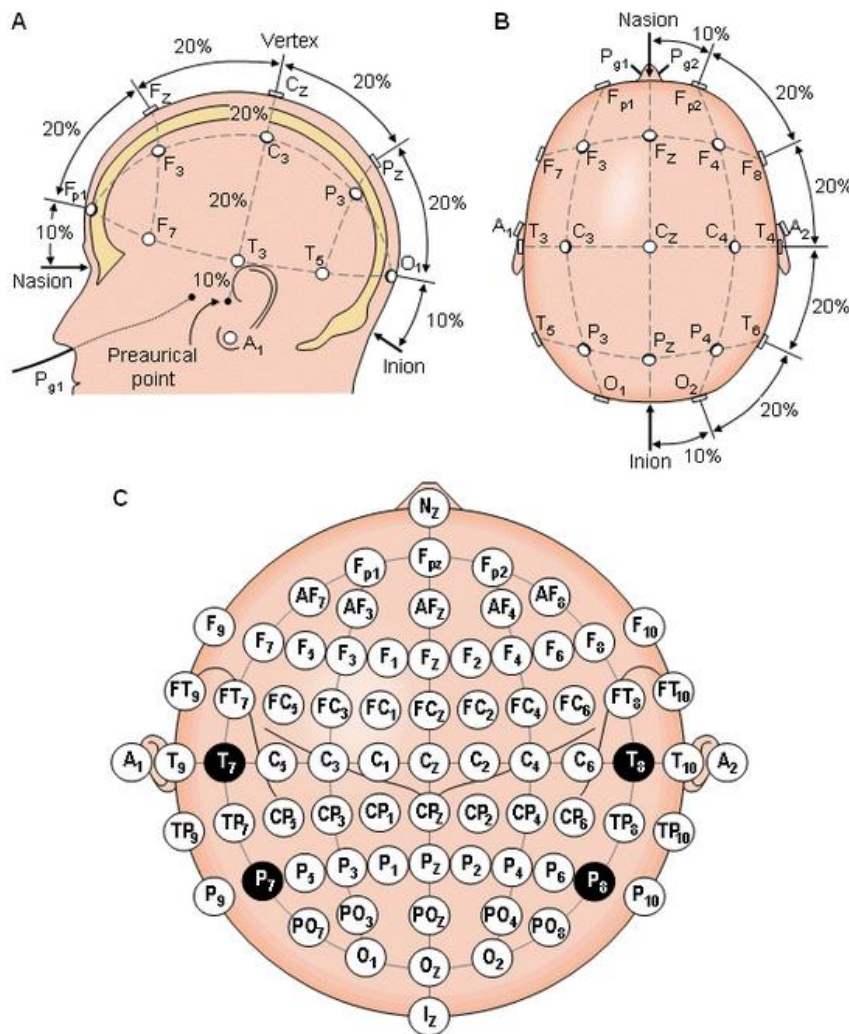
Los puntos de referencia son: Nación, que se encuentra en el nivel de la parte superior de la nariz y en medio de los dos ojos; el inion, que es la protuberancia ósea en la base del cráneo, en la línea media de la parte posterior del cráneo. Desde estos puntos se mide el perímetro de cráneo en los planos de media y trasversal. Las localizaciones de los electrodos se determinan dividiendo estos perímetros en intervalos de 10% y 20%. Los otros tres electrodos se colocan a cada lado equidistante de los puntos vecinos, como se muestra en la figura 24.B

Además de los 21 electrodos del sistema nacional 10-20, también se utilizan posiciones intermedias 10% electrodo. Los lugares y la nomenclatura de estos electrodos están estandarizados por la sociedad americana de electroencefalografía.

Ver figura 24.C. en esta ocasión cuatro electrodos tienen nombre diferente en comparación con el sistema 10-20. Se trata de t7, t8, p7 y p8.

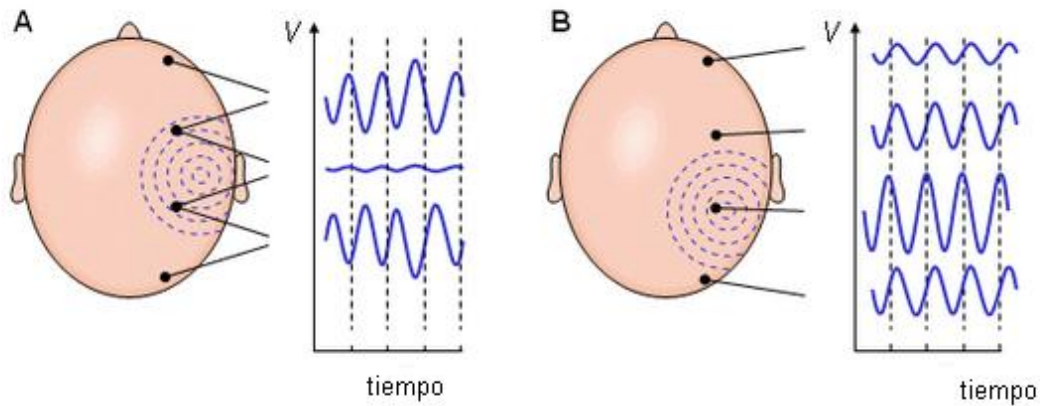
Además del sistema internacional 10-20, existen otros sistemas para realizar este registro de potenciales en el cuero cabelludo, el sistema de la plaza de la reina, se ha propuesto como estándar para la grabación de los potenciales patrón de los potenciales evocados en ensayos clínicos. Para realizar el registro se puede utilizar electrodos bipolares o unipolares. En el primer método se mide la diferencia de potencial entre un par de electrodos. En el último método se compara a un electrodo neutro o a la medida de todos los electrodos. Ver fig. 25

Fig.- 24. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS DE SUPERFICIE. EEC.



Fuente: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>

Fig.- 25. ELECTRODO NEUTRO.



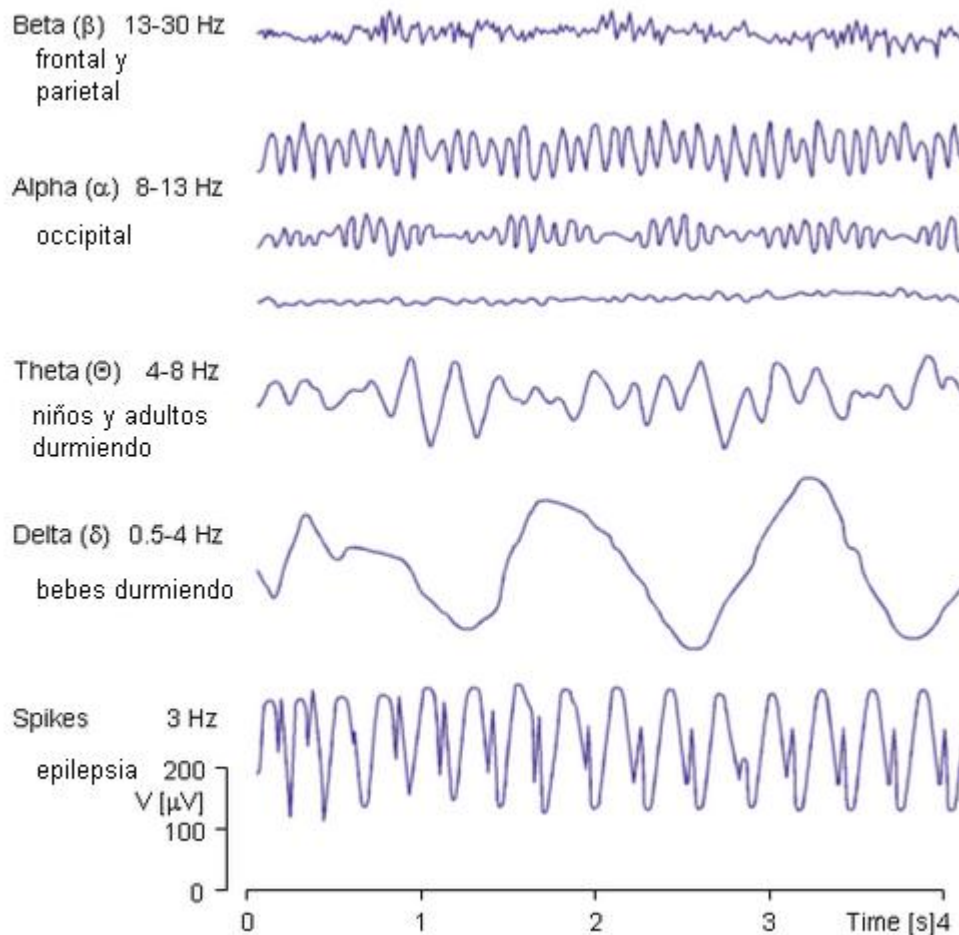
Fuente: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>

### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL EEG

De la señal de EEG es posible diferenciar alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), delta ( $\delta$ ) y las ondas theta ( $\Theta$ ), así como puntas asociadas a epilepsia. Ver figura 26.

- Las ondas alfa tienen un espectro de frecuencia de 8- 13 Hz y se puede medir desde la región occipital en una persona despierta cuando los ojos están cerrados.
- Las ondas beta tienen un espectro de frecuencia de 13-30Hz, estas son detectables en los lóbulos frontales y parietales
- Las ondas delta tienen un espectro de frecuencia de 0,5- 4 Hz, y son detectables en niños y adultos durmiendo
- Las ondas theta tienen un rango de frecuencia de 4-8Hz y se obtiene en los adultos y niños durmiendo

Fig.- 26. COMPORTAMIENTOS DE LA SEÑAL EEG.



Fuente: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>

Los resultados de la señal de EEG se relacionan estrechamente con el nivel de conciencia de la persona. A medida que aumenta la actividad, el EEG cambia a mayor frecuencia y la amplitud es inferior. Cuando los ojos están cerrados, las ondas alfa empiezan a dominar, cuando las personas duermen disminuye la frecuencia dominante. En el sueño profundo el EEG tiene desviaciones grandes y lentas llamadas ondas delta. No puede detectarse ninguna actividad eléctrica en pacientes con muerte cerebral completa.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> electroencefalografía [13 de junio-12]. [en línea] [consultado el 18 de enero de 2015] disponible en: <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf>



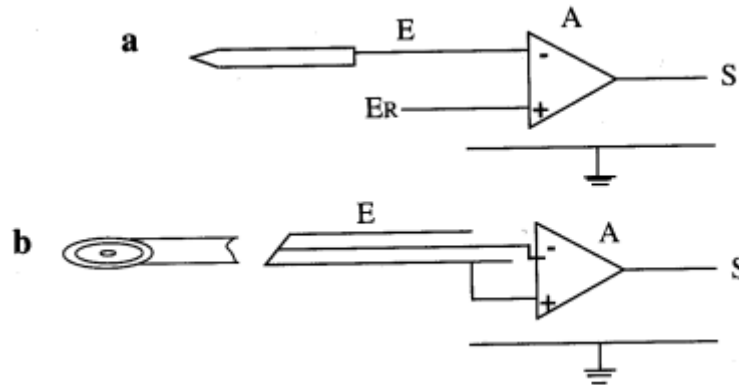
### 3.3. ADQUISICION DE LA SEÑAL ELECTROMIOGRAFICA

Es el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan. Permite la localización, en el caso, por ejemplo, de parálisis musculares, del lugar de la lesión, que puede estar en el encéfalo, la médula espinal, el axón, la unión neuromuscular o las propias fibras musculares.

Al colocar un electrodo en contacto con la piel a través de un electrolito se produce una distribución de cargas entre la interfaz electrodo-electrolito que da lugar a la aparición de un potencial (potencial de media celda). Si el electrodo se mueve respecto del electrolito, se producirá una alteración en la distribución de la carga que provocará una variación transitoria del potencial de media celda. De la misma forma, en la interfaz electrolito-piel también existirá una distribución de cargas y, por tanto, un potencial de equilibrio que variará si se produce movimiento entre la piel y el electrolito.

Recogen la actividad eléctrica del músculo, bien por inserción dentro del mismo o bien a través de la piel que lo recubre, previo acoplamiento por medio de pasta conductora. Según esto, una primera clasificación de electrodos puede ser entre electrodos profundos o superficiales. a.1) Electrodos Superficiales. Son pequeños conos o discos metálicos (fabricados de plata o acero inoxidable) que se adaptan íntimamente a la piel. Para reducir la resistencia de contacto se utiliza pasta conductora. Con estos electrodos se puede obtener una idea del electro génesis global de músculo (estudio De la respuesta global del músculo), pero no detectan potenciales de baja amplitud o de elevada frecuencia por lo cual su uso se encuentra bastante restringido en electromiografía: se emplean para la determinación de latencias en la pruebas de conducción y en los estudios cinesiológicos. a.2) Electrodos Profundos o de inserción (electrodos de aguja). Pueden ser de varias clases: · Monopolar: consiste en una aguja corriente cuya longitud total (excepto en la punta) ha sido aislada (fig. 27). La variación de potencial se mide entre el extremo de la punta, ubicada en el músculo y el electrodo de referencia ubicado en la piel o tejido subcutáneo.

Fig.- 27. ESQUEMA DE ELECTRODOS PROFUNDOS.



FUENTE:

<http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>

### 3.3.1 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EMG

Para realizar la toma de este examen no se tienen determinados puntos específicos, en términos generales se trabaja sobre el sistema muscular, se debe determinar qué tipo de electrodo se debe utilizar y la frecuencia de trabajo.

#### Estimulación a baja frecuencia.

Se estimula a una frecuencia de 3 Hz y no suelen registrarse más de cinco respuestas. La prueba puede repetirse después de un minuto de ejercicio a máximo esfuerzo del músculo bajo estudio. En individuos sanos la respuesta entre el primer estímulo y el cuarto sufre un decremento menor de un 10%.

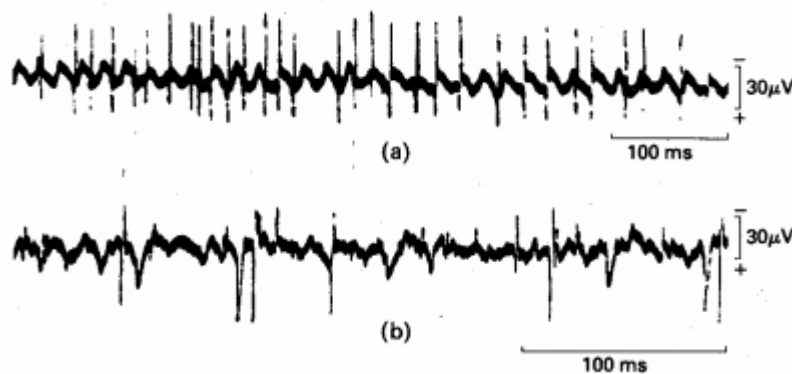
#### Estimulación a alta frecuencia.

La estimulación se aplica a 20 Hz. Con esto el músculo se tetaniza, es decir, se contrae de forma sostenida con realización de un esfuerzo máximo. Se estudian entre 60 y 120 estimulaciones. En individuos sanos la respuesta a los primeros 60 estímulos no se modifica o se incrementa levemente

### 3.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL EMG

Pueden ser debidos a la actividad voluntaria o a la espontánea. A continuación, se muestran algunos ejemplos: La actividad de inserción es un tipo de actividad espontánea que se origina al penetrar el electrodo en el músculo y que dura, en sujetos sanos, un poco más que el movimiento del electrodo. En algunos sujetos enfermos es fácilmente inducida, presentando una duración mayor y ondas puntiagudas (figura 28). Los potenciales de fibrilación son de pequeña amplitud (30 a 50  $\mu\text{V}$ ) con una duración entre 0,5 y 2 ms y con una frecuencia de repetición entre 2 y 10 por segundo. Pueden ser bifásicos o trifásicos y son consecuencia de la contracción espontánea de las fibras musculares. Son característicos de músculos en los que la continuidad entre el axón motor y la fibra muscular se ha interrumpido.

**Fig.- 28. POTENCIALES DE INSERCIÓN(a) Y FIBRILACIÓN (b) EN EL MUSCULO PARCIALMENTE DENERVADO.**



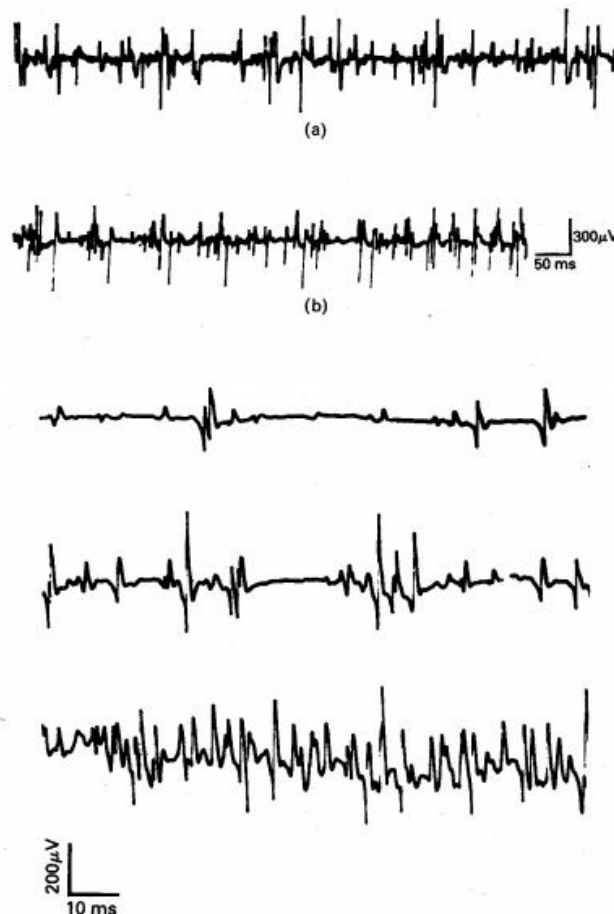
FUENTE:

<http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>

Las fasciculaciones son contracciones espontáneas de fibras musculares o unidades motrices, lo suficientemente potentes para producir una contracción visible del músculo pero sin que la articulación se mueva. Pueden presentarse en sujetos sanos y en enfermedades degenerativas muy graves de las neuronas motrices, lo que hace difícil el diagnóstico. Otros tipos de actividad espontánea son: la respuesta miotónica, los calambres, los espasmos musculares, etc. Dentro de la actividad voluntaria, los potenciales de unidad motriz (PUM) son el objeto principal de estudio. Consisten en la suma de distintos potenciales de acción de grupos de fibras musculares que se están contrayendo casi sincronizadamente. Pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos y, en ocasiones, polifásicos con cinco o más fases. Su duración está comprendida entre

2 y 15 ms y su amplitud entre 100  $\mu$ V y 2 mV, aunque estas magnitudes dependen mucho del tipo de electrodos empleado y del músculo considerado (número de fibras de la UM) (figura 29.a) La forma y las dimensiones de los PUM pueden modificarse en gran medida en sujetos enfermos: por ejemplo, en algunas nefropatías periféricas la duración de los PUM aumenta, así como su número de fases (figura 29b). El registro de los PUM se suele realizar contrayendo débilmente el músculo en observación. Si la contracción se hace mucho más intensa, se obtiene lo que se conoce por patrón de interferencia: los PUM se superponen siendo difícil distinguir sus características individuales. El aspecto del registro se muestra en la figura 29.c. Los PUM y el patrón de interferencia constituyen los registros principales de la actividad voluntaria.

**Fig.- 29. A) PUM DE UN SUJETO NORMAL; B) PUM POLIFÁSICOS EN UNA NEUROPATÍA PERIFÉRICA; C) PUM DE UN SUJETO NORMAL AL AUMENTANDO LA CONTRACCIÓN.**



FUENTE:

<http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>

### 3.4. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DE ELECTROOCULOGRAFIA.

La retina tiene un potencial bioeléctrico de reposo, de carácter electronegativo respecto a la córnea. De este modo, los giros del globo ocular provocan cambios en la dirección del vector correspondiente a este dipolo eléctrico.

EOG es la técnica de detección de movimientos de los ojos mediante el registro de potencial de retina de córnea que existe entre el frente y la parte posterior del ojo humano. Para medir movimientos de los ojos, un par de electrodos se colocan normalmente encima y debajo del ojo y hacia la derecha e izquierda de los ojos. El ojo actúa como un dipolo en el que el polo anterior es positivo y polo posterior es negativo, el potencial de EOG varía de 50 a 3500  $\mu\text{V}$ , se observan cambios de 20  $\mu\text{V}$  por cada grado de movimiento el ojo

La gamma de frecuencia de los parpadeos es de 1Hz a 10 Hz, los movimientos del ojo están controlados por seis músculos en cada ojo estos son: recto, recto lateral, recto superior, recto inferior, oblicuo superior y oblicuo inferior

Las características de la frecuencia de la EOG son determinadas por la dinámica física del globo ocular, la amplitud de la señal es de (15-200  $\mu\text{V}$ ), la magnitud del potencial de retina está en el rango de 0.4-1.0 mV.

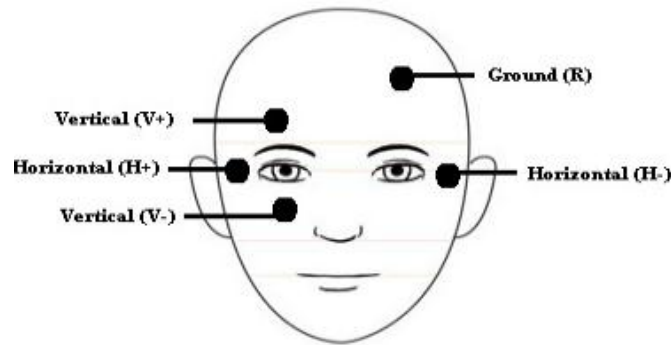
#### 3.4.1. UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS EOG

Los ocho movimientos del ojo (eventos), derecho(R), izquierdo (L), vertical (UR) abajo a la derecha (DR), arriba izquierda (UL), abajo a la izquierda (DL), movimiento rápido (RM), movimiento lateral (LM) y tres estados del ojo; abierto (O), cerrado(C), activo (S). Se adquieren dos canales un amplificador de la bio-señal, cinco electrodos se ubican de la siguiente manera uno en la parte superior del ojo derecho, otro en la parte inferior y el otro en el costado derecho; el cuarto electrodo se ubica en el costado izquierdo del ojo izquierdo y por último el electrodo tierra se coloca en la frente, como lo ilustra la figura 30.

Según los estudios realizados, las señales de los EOG se muestran a 100HZ, Durante la adquisición de la señal se aplica un filtro para eliminar los artefactos de la línea de alimentación de 50Hz <sup>13</sup>

<sup>13</sup> Ubicación de los electrodos eog [20 de octubre-13]. [en línea] [consultado el 06 de enero de 2015] disponible en: <http://en.bookfi.org/book/1511157>

Fig.- 30. UBICACIÓN DE ELECTRODOS PARA LA CAPTACIÓN DE LA SEÑAL EOG.

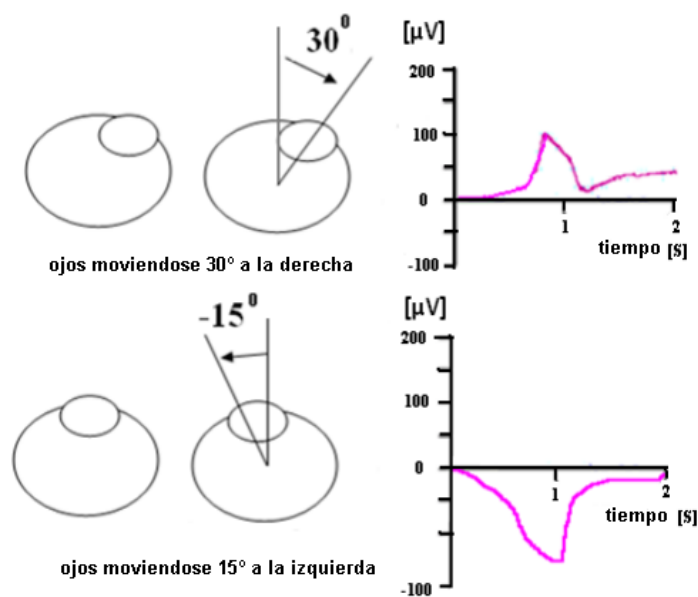


Fuente: <http://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJHCI/volume5/Issue4/IJHCI-102.pdf>

### 3.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA DEL EOG

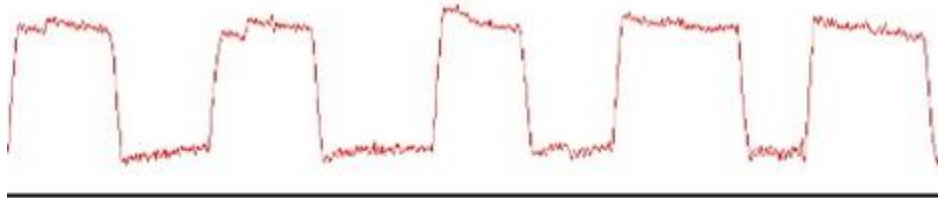
La Fig.31. Ilustra la medición de movimientos de ojo horizontales registradas por los electrodos.

Fig.- 31. EOG SEÑAL GENERADA POR MOVIMIENTOS HORIZONTALES.

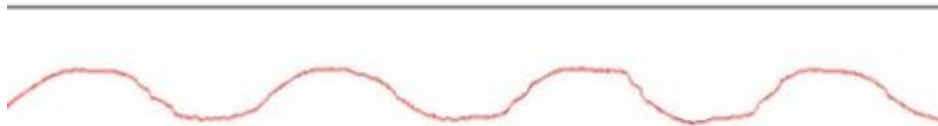


Fuente: <http://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJHCI/volume5/Issue4/IJHCI-102.pdf>

Fig.- 32. SEÑALES MOVIMIENTO DEL OJO.



a) Movimientos sacádicos (D. Horizontal).



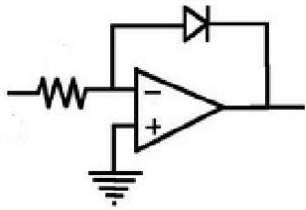
b) Movimiento de seguimiento suave

Fuente: <http://es.slideshare.net/JavierReyesLagos/eo-gjavi>

SEÑAL	CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL	GRAFICA	UBCACION DE ELECTRODOS
ELECTROCARDIOGRAFIA	<p><b>MAGNITUD:</b> Max 1mV</p> <p><b>FRECUENCIA</b> 0.1 Hz – 100 Hz</p>		
ELECTROENCEFALOGRAFIA	<p><b>MAGNITUD:</b> La amplitud del EEG es cerca de 100 <math>\mu\text{V}</math> cuando se mide en el cuero cabelludo y sobre 1 a 100 <math>\mu\text{V}</math>, si se mide sobre la superficie del cerebro</p> <p><b>FRECUENCIA</b> OHZ -3HZ</p>		
ELECTROMIOGRAFIA	<p>Los potenciales de fibrilación son de pequeña amplitud (30 a 50 pV) con una duración entre 0,5 y 2 ms y con una frecuencia de repetición entre 2 y 10 por segundo.</p>		
ELECTROOCULOGRAMA	<p>la amplitud de la señal es de (15-200 <math>\mu\text{V}</math>), la magnitud del potencial de retina está en el rango de 0.4-1.0 mV.</p>		

Fuente: Autoras





# CAPITULO VI

## CAPITULO IV

### 4. PROCESAMIENTO

#### 4.1. DISEÑO DE FILTROS

Un filtro es un dispositivo que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él y deja pasar otro rango de frecuencias deseadas, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Hay diversas clasificaciones de los filtros, cuando la señal es una magnitud eléctrica (corriente o tensión), es un filtro eléctrico. Existen también filtros mecánicos, filtros acústicos, filtros ópticos, etc. Otra clasificación son los filtros lineales y filtros no lineales según su comportamiento pueda o no modelarse matemáticamente con ecuaciones lineales.

Están los filtros analógicos y filtros digitales. Los filtros analógicos son aquéllos en los cuales la señal puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo, y los digitales corresponden al caso en que la señal toma sólo valores discretos. También pueden clasificarse en filtros continuos y filtros discretos o muestreados, según si la señal se considere en todo instante o en instantes discretos.

Finalmente, los filtros también pueden clasificarse en filtros activos o filtros pasivos según empleen o no fuentes controladas (elementos activos, tales como amplificadores y sus derivados). Los filtros eléctricos pasivos se implementan en general con inductores y capacitores. Dado que los inductores son elementos, voluminosos, pesados y costosos, el empleo de filtros pasivos es poco conveniente excepto en frecuencias bastante altas. Los inductores pueden eliminarse mediante el uso de amplificadores y técnicas de realimentación.<sup>14</sup>

##### 4.1.1. FILTRO PASA BAJO

##### FILTRO PASA BAJO - RC

<sup>14</sup> Filtros [15 de marzo-13]. [en línea] [consultado el 10 de julio 2015] disponible en: <http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29861/filtros.pdf>

Un filtro paso bajo es un circuito formado por un resistor y un capacitor conectados en serie, este permite sólo el paso de frecuencias por debajo de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte ( $F_c$ ) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

Estos filtros RC no son perfectos por lo que se hacen dos análisis. Un análisis en el caso ideal y otro en el caso real. La unidad de frecuencia es el: Hertz, Hertzio o ciclo por segundo.

### FILTRO PASA BAJO IDEAL

El filtro paso bajo ideal es un circuito formado por un resistor y un capacitor, que permite el paso de las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte ( $F_c$ ) y elimina las que sean superiores a ésta.

Fig.- 33. FILTRO PASA BAJO.



Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRCpasabajo.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRCpasabajo.asp)

### FILTRO PASA BAJO REAL (RC)

La reactancia capacitiva cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias  $X_C$  es baja logrando con esto que las señales de estas frecuencias sean atenuadas. En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia capacitiva es grande, lo que causa que estas frecuencias no se vean afectadas o son afectadas muy poco por el filtro.

Dónde:  $Z$  = Impedancia

Con la ley de Ohm:

$$V_{in} = I_x * Z = I_x (R^2 + XC^2)^{1/2}$$

$$V_O = I_x * XC$$

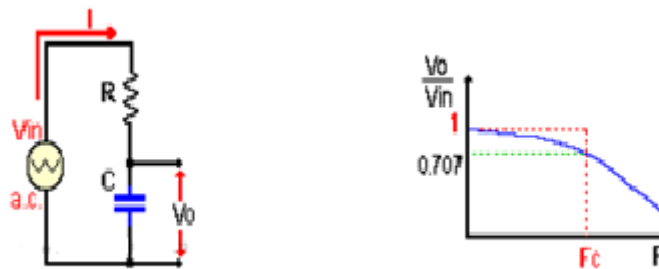
$$V_o = V_{in} / (1 + (2 * \pi * RC)^2)^{1/2}$$

Si  $XC = R$ , la frecuencia de corte será:  $F_c = 1 / (2 * \pi * RC)$

La banda de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte se llama Banda de paso, y la banda de frecuencias por encima de  $F_c$  se llama Banda de atenuación

Dónde:  $\pi = Pi = 3.14159$

Fig.- 34. FILTRO PASA BAJO REAL.

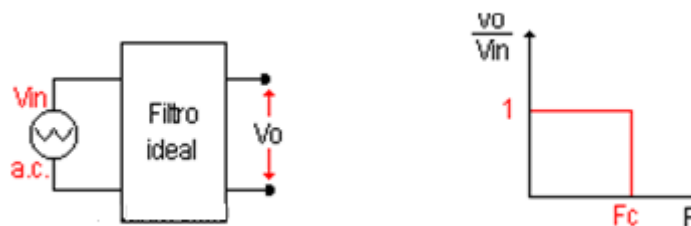


Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRCpasabajo.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRCpasabajo.asp)

### FILTRO PASA BAJO (RL)

Un filtro RL paso bajo (RL) es un circuito formado por una resistencia y una bobina conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por debajo de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte ( $F_c$ ) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

Fig.- 35. FILTRO PASA BAJO IDEAL.



Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRLpasabajo.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRLpasabajo.asp)

### 4.1.2. FILTRO PASA ALTO

#### FILTRO PASA ALTO-RC

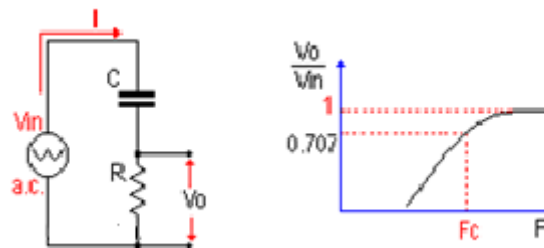
Un filtro paso alto es un circuito formado por una resistencia y un condensador conectados en serie. Los filtros Paso alto permiten solamente el paso de las frecuencias por encima de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte ( $F_c$ ) y atenúa las frecuencias por debajo de esta frecuencia.

Fig.- 36. FILTRO PASA ALTO IDEAL.



Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRCpasaalto.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRCpasaalto.asp)

Fig.- 37. FILTRO PASA ALTO REAL- RC.



Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRCpasaalto.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRCpasaalto.asp)

Para el circuito anterior está conectado en serie el condensador-resistencia, el voltaje de salida y entrada es:

Donde  $Z$  = Impedancia y  $\pi = 3.1416 = \text{Pi}$

$$V_o = I * R.$$

$$V_{in} = I * Z = I * (R^2 + X_c^2)^{1/2},$$

$$V_o = 2 * \pi * F * R * C / (1 + (2 * \pi * F * R * C)^2)^{1/2}$$

El valor de la tensión de salida puede ser calculado con esta ecuación para cualquier frecuencia. Para bajas frecuencias, la salida tiene un valor muy bajo. Para la frecuencia de corte  $X_c = R$  (reactancia capacitiva = resistencia), entonces:

$$V_r = V_o = I * R = I * X_c \text{ y } V_o = 0.707 * V_{in}$$

A la frecuencia de corte la reactancia capacitiva y la resistencia tienen el mismo valor, entonces:

$$R = X_C = 1 / (2 * \pi * F_c * C)$$

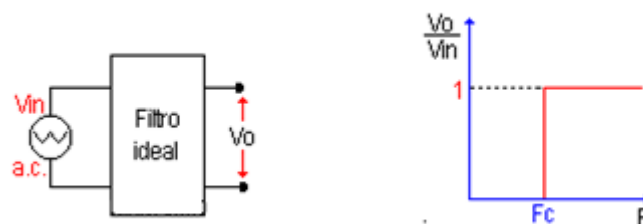
Despejando se obtiene la frecuencia de corte para una resistencia y condensador en particular:

$$F_c = 1 / (2 * \pi * R * C)$$

### FILTRO PASA ALTO- RL

Un filtro RL paso alto es un circuito formado por una resistencia y una bobina conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por encima de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte ( $F_c$ ) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

Fig.- 38. FILTRO PASA ALTO IDEAL RL.



Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRLpasaalto.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRLpasaalto.asp)

## FILTRO PASA ALTO REAL-RL

La reactancia inductiva ( $X_L$ ) cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias  $X_L$  es alta logrando con esto que la salida  $V_o$  sea evidente para estas frecuencias.

En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia inductiva es pequeña, y será poco el efecto de estas sobre la salida  $V_o$ .

Con la ley de Ohm:

$$V_{in} = I * Z = I * (R^2 + X_L^2)^{1/2}$$

$$V_o = I * X_L$$

$$V_o = V_{in} * X_L / (R^2 + X_L^2)^{1/2}$$

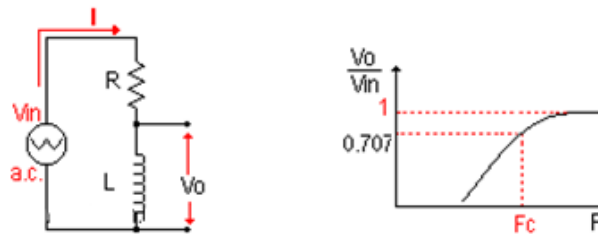
$$V_o = (V_{in} * I) / (1 + (2\pi * f * RL)^2)^{1/2}$$

$X_L = R = 2\pi * F_c * L$ . (reactancia inductiva = resistencia)

Si  $X_L = R$

La frecuencia de corte será:  $F_c = R / (2 * \pi * L)^{15}$

Fig.- 39. FILTRO PASA ALTO REAL RL.



Fuente: [http://www.unicrom.com/Tut\\_filtroRLpasaalto.asp](http://www.unicrom.com/Tut_filtroRLpasaalto.asp)

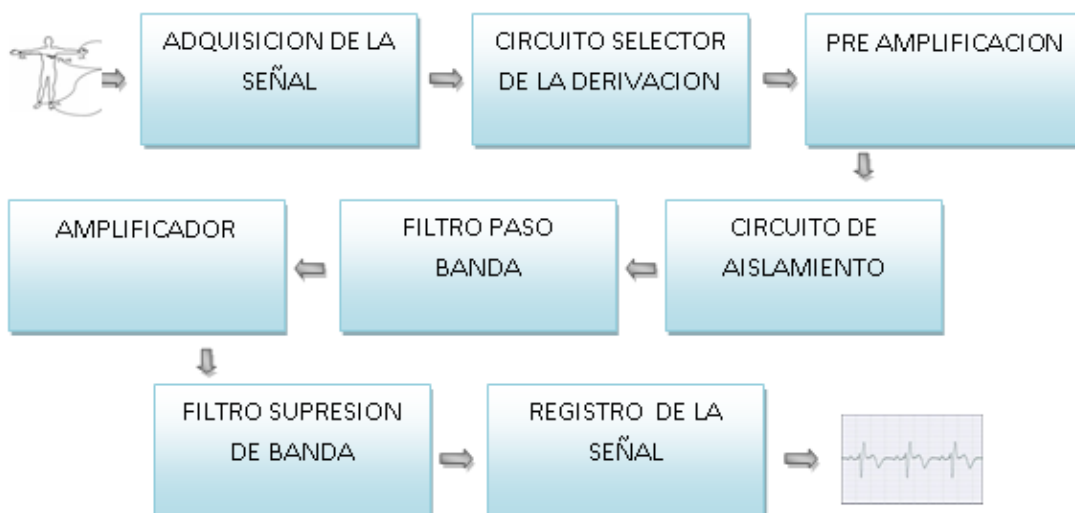
<sup>15</sup> Filtros [18 de enero-12]. [en línea] [consultado el 11 de junio de 2015] disponible en: <http://www.unicrom.com/>

## 4.2. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE CIRCUITO DE ELECTROCARDIOGRAFÍA. (ECG)

Como ya se ha mencionado anteriormente el electrocardiograma es un examen que utiliza el personal médico para el diagnóstico y tratamiento de distintas patologías cardiacas, al momento de realizar el diseño de un circuito que permita evidenciar la señal eléctrica del corazón se debe tener presente las diferentes etapas y la conexión adecuada del paciente para obtener un registro más exacto. Las fases que son de vital importancia para el desarrollo de un circuito son: adquisición de las señal, circuito selector de la derivación, pre amplificación, circuito de aislamiento, filtro paso banda, amplificador, filtro supresión de banda y finalmente el registro de la señal (ver figura 40).El circuito selector de la derivación contiene un circuito seguidor de voltaje para igualar la impedancia entre el electrodo y la piel; este diseño puede aumentar la sensibilidad de la medición. Un amplificador de medición con una ganancia de 100 se aplica como pre-amplificador para captar la señal unipolar de los vectores ECG.

En general, el rango de frecuencia va de 0.1 hasta 100 Hz y la amplitud máxima es de 1 mV en una señal ECG normal.

Fig.- 40. DIAGRAMA DE BLOQUES ECG.



Fuente: Autoras



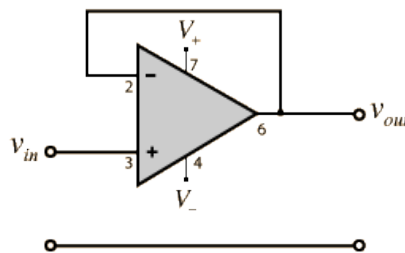
### 4.2.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL

Para esta primera etapa se requiere la colocación de los electrodos en el paciente de manera correcta, un ECG con 12 derivaciones permite visualizar la actividad eléctrica del corazón desde las siguientes perspectivas: Derivaciones del plano frontal (el resultado de “cortar” desde la cabeza hasta los pies), también denominadas derivaciones de MIEMBROS (porque los electrodos se colocan en las extremidades). Estas pueden ser Bipolares (I, II y III) o Monopolares. (De pequeña amplitud). Es necesario ampliar el voltaje, de ahí “av.” (aVR, aVR y aVL). Derivaciones del plano horizontal (el resultado de “cortar” desde el esternón hasta la columna vertebral), también denominadas derivaciones PRECORDIALES. Son las más próximas al corazón (mayor voltaje). Van de V1 a V6.

### CIRCUITO SECTOR DE DERIVACIÓN

En la segunda etapa encontramos el circuito selector de la derivación, el cual contiene un circuito seguidor de voltaje para igualar la impedancia entre el electrodo y la piel; este diseño puede aumentar la sensibilidad de la medición. El seguidor de voltaje con un amplificador operacional ideas se da cuando se cumple la relación entre el voltaje de salida y entrada sean iguales.

Fig.- 41. CIRCUITO SECTOR.



Fuente: libro sistemas biomédicos de medición

**PRE AMPLIFICACIÓN**

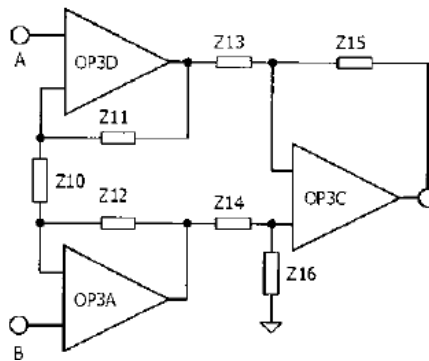
En la tercera etapa se evidencia un circuito de pre amplificación el cual está constituido por un amplificador de instrumentación con una ganancia de 100 para capturar la señal unipolar de los vectores, que contiene tres amplificadores operacionales, donde la ganancia de voltaje se puede calcular con la ecuación (1):

$$Av = \frac{Z_{15}}{Z_{13}} \left( 1 + \frac{2Z_{11}}{Z_{10}} \right)$$

Ecuación (1)

Ganancia de voltaje

Fig.- 42. CIRCUITO PRE-AMPLIFICADOR.

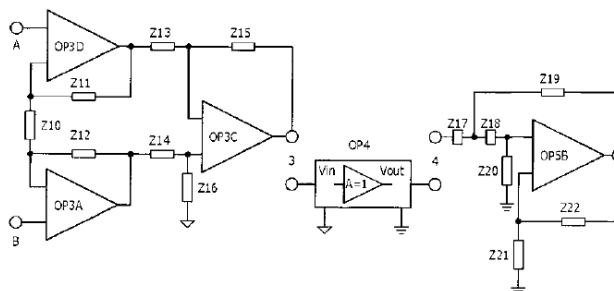


Fuente: libro sistemas biomédicos de medición

**CIRCUITO DE AISLAMIENTO**

En esta cuarta etapa se diseña este circuito para aislar la señal y la fuente de energía, el aislamiento de la señal se da por un abordaje óptico.

Fig.- 43. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.

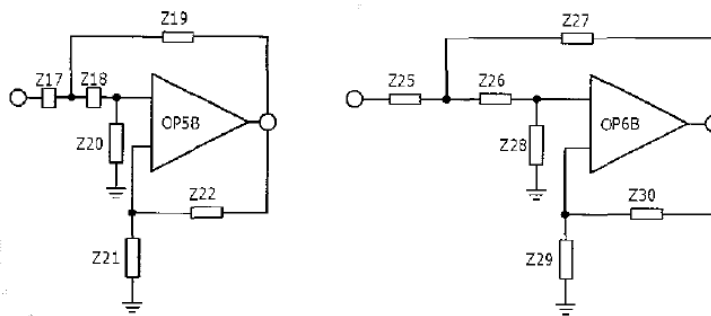


Fuente: Libro sistemas biomédicos de medición

### FILTRO PASO BANDA

Se diseña este filtro con un ancho de banda que va desde 0.1 hasta 100Hz, y el amplificador posee un factor de amplificación de 10. Los filtros pasa banda se utilizan para permitir el paso de una señal en un intervalo de frecuencias, y atenuar el resto de frecuencias. Para este caso consta de una pasa bajo de segundo orden con una frecuencia de corte que se establece en 100Hz y un paso alto de segundo orden con frecuencia de corte de 0.1 a 1Hz.

Fig.- 44. CIRCUITO PASA ALTO, PASA BAJO.



Circuito izquierda: pasa alto 2do orden, circuito derecha pasa bajo 2do orden

Fuente: libro sistemas biomédicos de medición

La frecuencia de corte del filtro se establece en 0.1 0 1Hz, y puede calcularse usando la ecuación (2):

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{17}Z_{18}Z_{19}Z_{20}}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Y la ganancia de paso de banda se explica en la siguiente ecuación:

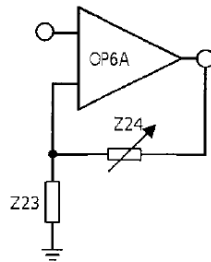
$$\frac{(Z_{21} + Z_{22})}{Z_{21}} = 1.56 \quad \text{Ecuación (3)}$$

### CIRCUITO AMPLIFICADOR

Estos son utilizados para aumentar (amplificar) el valor de la señal de entrada generalmente muy pequeña y así obtener una señal a la salida con una amplitud

mucho mayor a la señal original, para este caso se utilizó un amplificador no inversor, donde la señal se introduce por el terminal no inversor valga la redundancia, lo cual va a significar que la señal de salida estará en fase con la señal de entrada y amplificada.<sup>16</sup>

Fig.- 45. CIRCUITO AMPLIFICADOR NO INVEERSOR.



Fuente: libro sistemas biomédicos de medición

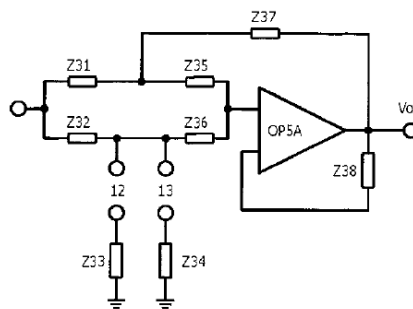
En el amplificador Z24 es para el ajuste de ganancia, como se muestra en la ecuación (4):

$$A_v = \frac{Z_{23} + Z_{24}}{Z_{23}}$$

Ecuación (4):

### FILTRO SUPRESIÓN DE BANDA

Fig.- 46. CIRCUITO SUPRESIÓN DE BANDA.



Fuente: Libro sistemas biomédicos de medición

Este circuito muestra un supresor de banda doble T donde la frecuencia central puede calcularse mediante la siguiente formula:

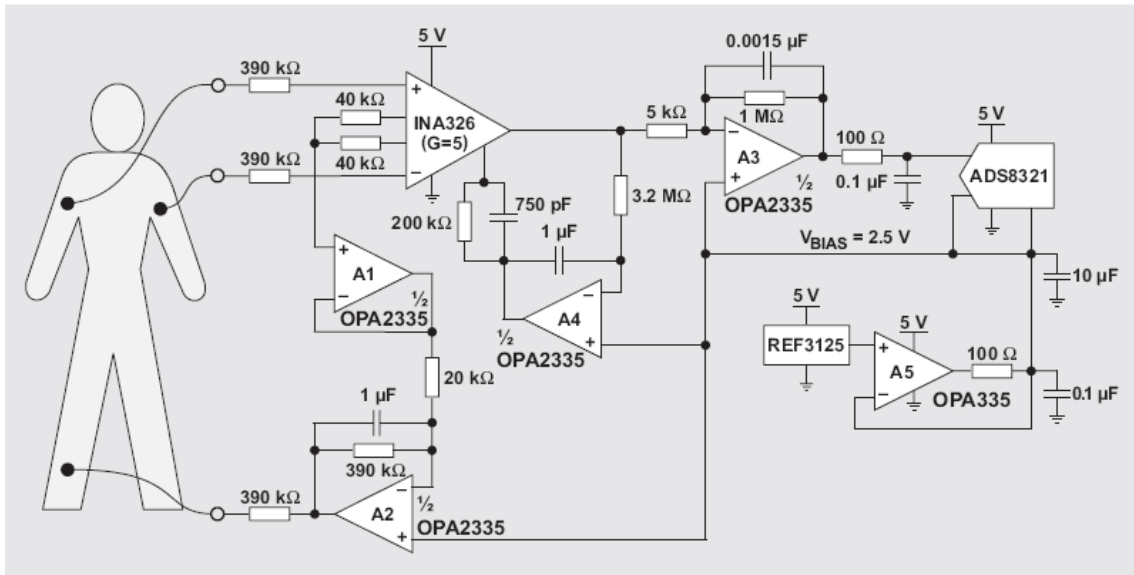
<sup>16</sup> Adquisición de la señal ECG [13 de mayo-10]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en: libro sistemas biomédicos de medición

$$f = \frac{1}{2\pi Z_{31} Z_{32}}$$

Ecuación (5).

### 4.2.2. CIRCUITO DE ECG

Fig.- 47. CIRCUITO ECG.



FUENTE: <http://www.electro-tech-online.com/attachments/ecg-circuit-png.69398/>

### 4.3. PRINCIPIO BÁSICO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE ELECTROENCEFALOGRAFÍA. (EEG)

De la señal de EEG es posible diferenciar alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), delta ( $\delta$ ) y las ondas theta ( $\Theta$ ), así como puntas asociadas a epilepsia. Ver figura 26.

Los EEG se derivan primariamente de las alteraciones del potencial en la corteza del cerebro, y consisten en ritmos eléctricos y en la descarga transitoria. Diferentes partes de la corteza controlan las diferentes funciones biológicas. En consecuencia, un EEG registrado desde una región de la corteza no será igual al registro desde otra región de la corteza. En el experimento, el pelo sobre el cráneo hace difícil la colocación de los electrodos en las regiones apropiadas e impide la medición EEG.

La figura 48 muestra el diagrama de bloques de un circuito de medición de EEG. Los electrodos de superficie se usan para medir la muy débil onda alfa ( $\alpha$ ), que es estimulando al ojo con luz. Si los ojos se abren o cierran, se visualizara una onda  $\alpha$  arrítmica. Un amplificador con una ganancia de 50 se usa como preamplificador para recoger el componente unipolar de las señales EEG. La función del circuito de aislamiento es aislar la señal y la línea de fuente de energía, y puede implementarse usando un método óptico o un método de voltaje transformado. El ancho de banda del filtro pasa banda va de 1 a 20 Hz, y un amplificador con factor de amplificación de 1000 (Max). Puede magnificar la débil señal que pasa a través del filtro. Entonces, las señales EEG amplificadas pueden ser enviadas directamente al osciloscopio para realizar la visualización.

Fig.- 48. DIAGRAMA DE BLOQUES EEG.

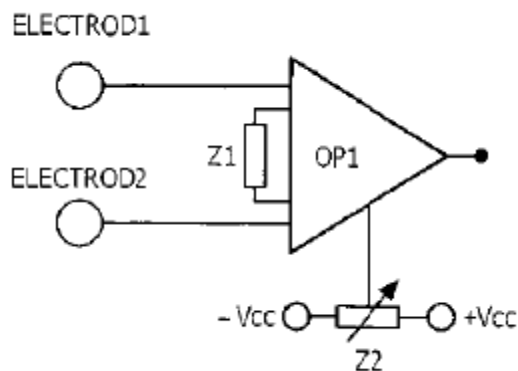


FUENTE: AUTORAS

### 4.3.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EEG.

#### PRE AMPLIFICADOR

Fig.- 49. CIRCUITO PRE-AMPLIFICADOR.



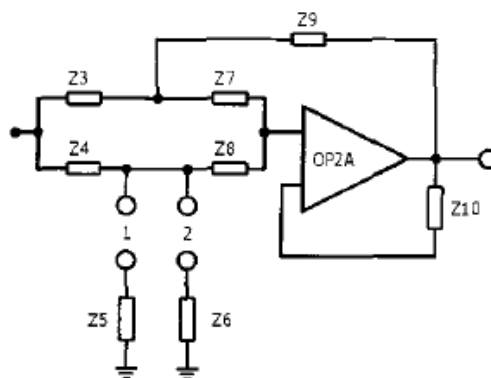
FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura 49 muestra el circuito del pre amplificador que está compuesto por un amplificador de instrumentación (AD620) OP1. La ganancia de amplificación puede determinarse por medio de la ecuación (6). El potencial compensado en Z2 puede usarse para ajustar el nivel de derivación del voltaje de salida.

$$A_v = \frac{49.4k\Omega}{Z_1} + 1 \quad \text{Ecuación (6).}$$

#### SUPRESOR DE BANDA

Fig.- 50. FILTRO DE SUPRESIÓN DE BANDA.



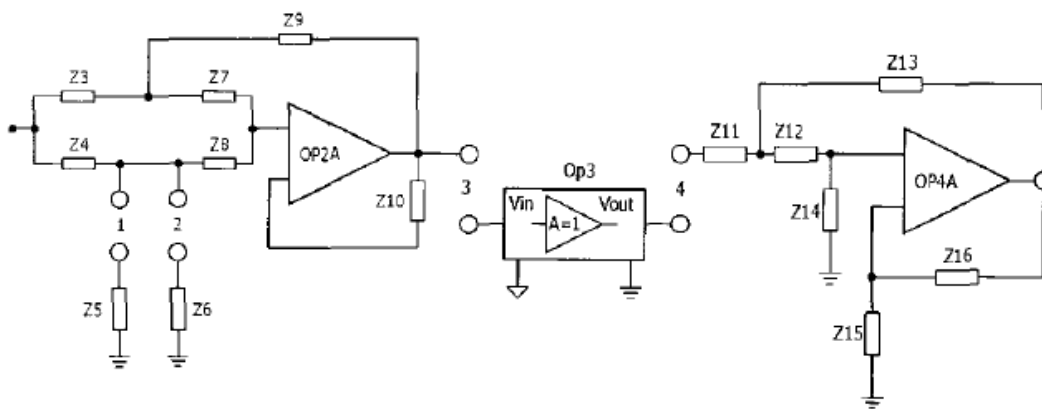
FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura 50 muestra un filtro de supresión de banda en doble T compuesto por redes RC, l frecuencia central puede calcularse con la ecuación (7).

$$f = \frac{1}{2\pi Z_3 Z_4}$$

Ecuación (7).

Fig.- 51. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.

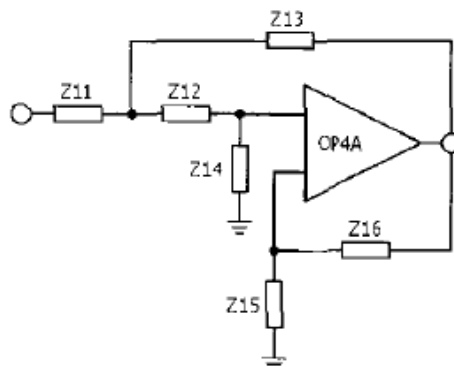


FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura 51 muestra un circuito de aislamiento que está construido por OP3. Aquí, la señal de aislamiento se ejecuta por medio de un abordaje óptico.

FILTRO PASO DE BANDA

Fig.- 52. FILTRO DE PASA ALTA DE 2ª ORDEN.



FUENTE: Libró sistemas biomédicos de medición



FILTRO PASA ALTO DE 2º ORDEN

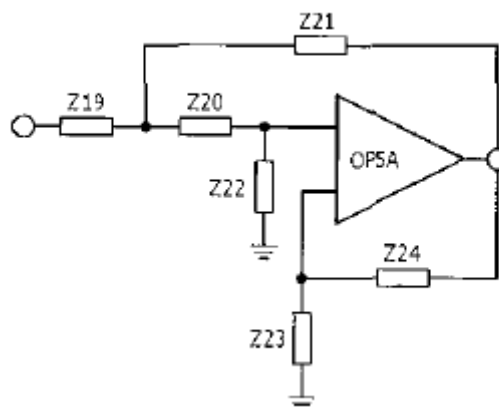
Al diseñar un circuito de medición EEG, OP4A se usa para construir un filtro de pasa alto de 2º orden activo, como se muestra en la figura 52 la frecuencia de corte del filtro se establece de 1 Hz, puede ser calculado con la ecuación (8)

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{11}Z_{12}Z_{13}Z_{14}}} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Y, su ganancia de paso de banda se explica en la ecuación.

$$\frac{Z_{15} + Z_{16}}{Z_{15}} = 1.56$$

Fig.- 53. FILTRO PASA BAJO 2º ORDEN.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

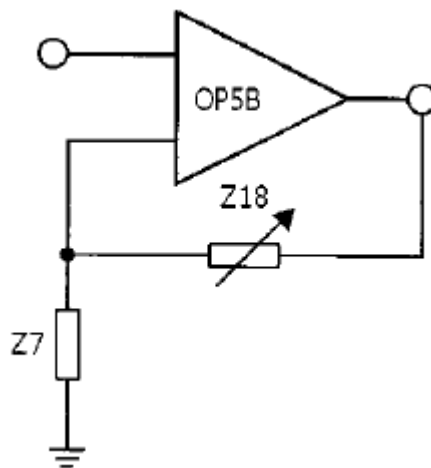
OP5A se usa para construir un filtro de pasa bajo de 2º orden activo, como se muestra en la figura 53. La frecuencia de corte del filtro se establece en 20 Hz, y puede calcularse como se expresa en la ecuación (9).

$$f_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{19}Z_{20}Z_{21}Z_{22}}} \quad \text{Ecuación (9).}$$

Y, su ganancia de paso de banda se explica en la ecuación (10).

$$\frac{Z_{23} + Z_{24}}{Z_{23}} = 1,56$$

Fig.- 54. CIRCUITO AMPLIFICADOR.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura 54 muestra un amplificador de no inversión construido por OP5B. En el amplificador, se usa para el ajuste de ganancia como se expresa en la ecuación (11).<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Adquisición de la señal EEG [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en: libro sistemas biomédicos de medición

$$A_v = \frac{Z_{i17} + Z_{i18}}{Z_{i17}}$$

Ecuación (11)

### 4.3.2. CIRCUITO DE EEG

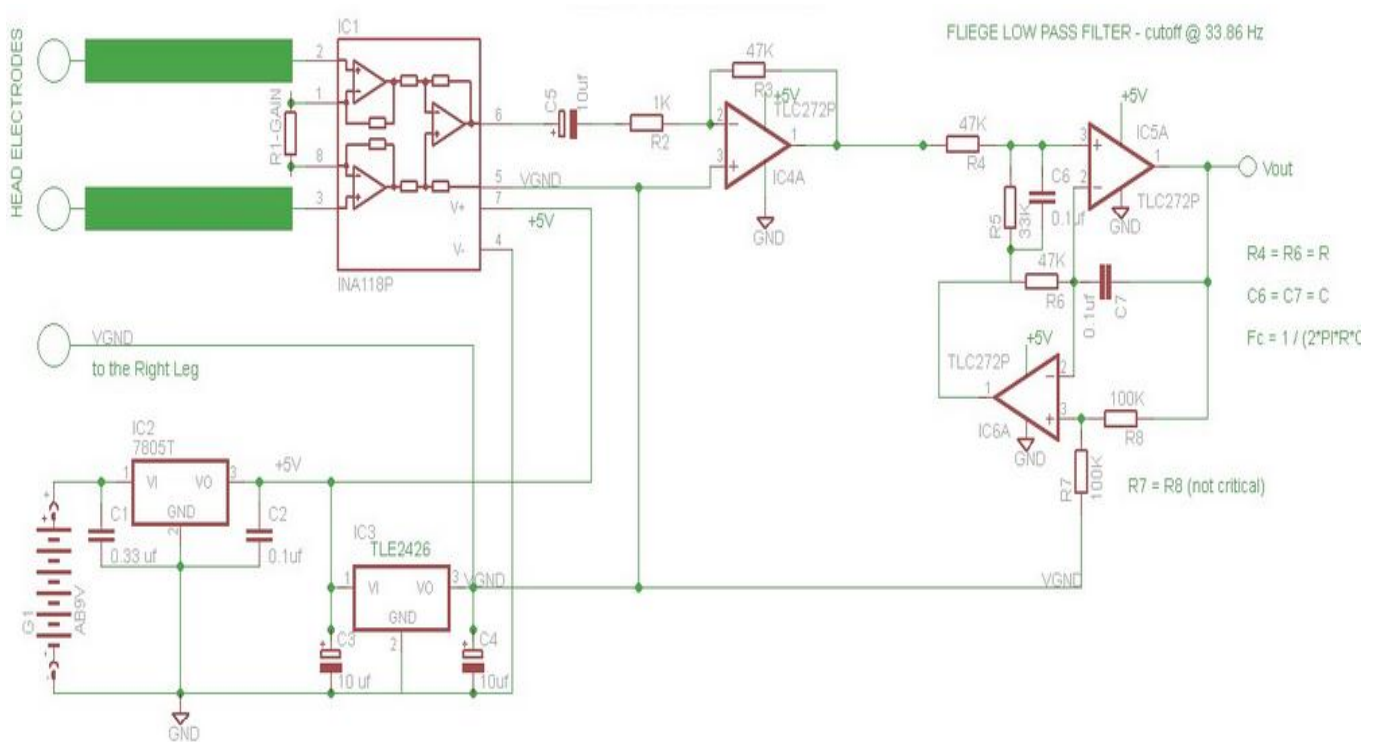


Fig.- 55. CIRCUITO DE EEG.

FUENTE: <https://teknomage.files.wordpress.com/2008/08/teknomage-eeeg-schematic.jpg>

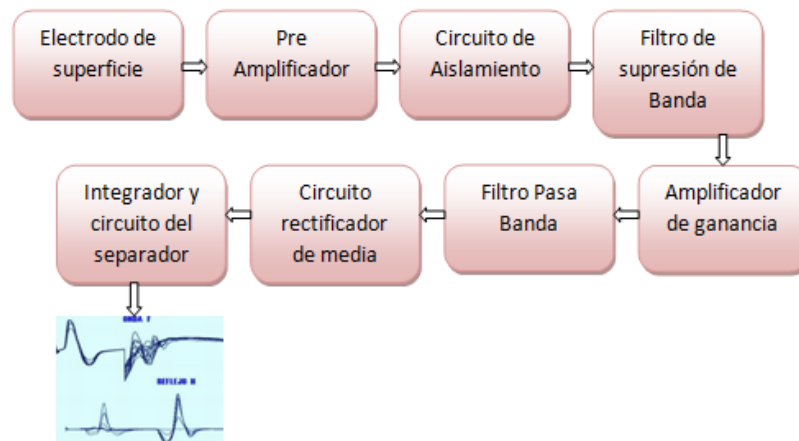
## 4.4. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE CIRCUITO ELECTROMIOGRAFÍA (EMG).

Es el estudio mediante el cual se registra la actividad eléctrica y funcional generada por el sistema nervioso periférico, la placa motriz y del músculo esquelético, tanto en condiciones normales como patológicas.

La electromiografía se realiza utilizando un equipo médico llamado electro miógrafo, el cual detecta el potencial de acción que activa las células musculares, cuando éstas son activadas neuralmente o eléctricamente. Las señales pueden ser analizadas para detectar anomalías y el nivel de activación o analizar la biomecánica del movimiento. El médico introducirá un electrodo de aguja muy delgado a través de la piel dentro del músculo. El electrodo en la aguja detecta la actividad eléctrica liberada por los músculos.

A continuación se muestra el diagrama en bloques de la electromiografía:

Fig.- 56. DIAGRAMA DE BLOQUES EMG.



Fuente: Autoras

### 4.4.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL EMG.

Un electrodo de superficie colocado en la parte superior del brazo se usa para medir el cambio en potencial del músculo bíceps. Un amplificador de instrumentación con una ganancia de diez se adopta como pre amplificador para capturar las señales EMG unipolares. El circuito de aislamiento separa la señal y la fuente de energía. El ancho

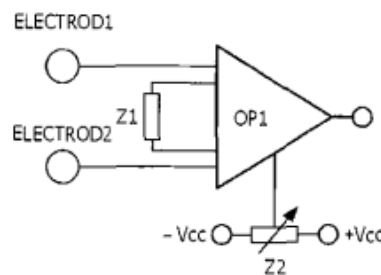
de banda del filtro de paso de banda va de 100 hasta 1000 Hz, y el amplificador de ganancia es para 50 a 100 veces.

ELECTRODO DE SUPERFICIE

El cuerpo humano consiste en numerosas células líquidas que contienen diferentes iones de electrolitos. El líquido intracelular incluye iones de potasio, sodio y cloruro. El potencial de acción proviene de variaciones en la concentración de iones. Entonces cuando se usa un electrodo para detectar el potencial de acción, se genera el llamado potencial de interfaz. En la interfaz entre el metal y el líquido electrolítico, los iones con carga positiva y negativa se moverán en direcciones opuestas y producirán dos capas de iones con electricidad opuesta, a la diferencia entre dos capas de iones se le llama potencial de interfaz. En general el rango de la señal biológica de los músculos va de 50uV hasta 1m, y el potencial de interfaz del metal está en el rango de 0.1.-1V. Adicionalmente, los potenciales de interfaz de los electrodos varían con el tiempo.

CIRCUITO PRE AMPLIFICADOR

Fig.- 57. PRE AMPLIFICADOR.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

Esta imagen muestra un pre-amplificador que es un amplificador de instrumentación OP1, la ganancia del circuito se puede obtener de la siguiente ecuación (12):

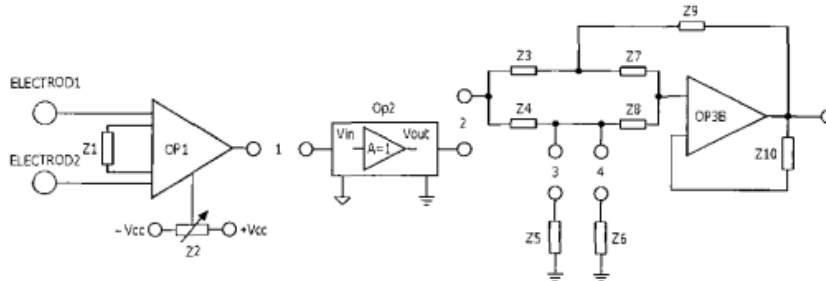
$$Av = \frac{49.4K}{Z_1} + 1$$

Ecuación (12)

CIRCUITO DE AISLAMIENTO

A continuación se muestra un circuito de aislamiento, este es completado por medio de un abordaje óptico:

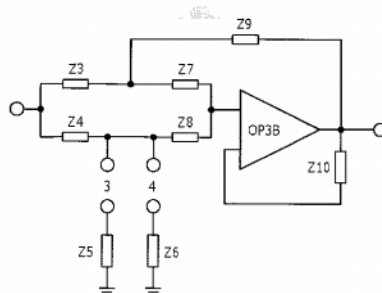
Fig.- 58. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

FILTRO DE SUPRESIÓN DE BANDA

Fig.- 59. FILTRO SUPRESOR DE BANDA.



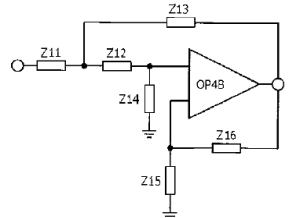
FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La imagen 59 muestra un filtro de supresión de banda en doble T OP38 Y Z1 A Z10. La frecuencia se puede encontrar por la ecuación (13):

$$f = \frac{1}{2\pi Z_3 Z_4} \quad \text{Ecuación (13)}$$

CIRCUITO DEL FILTRO PASÓ DE BANDA

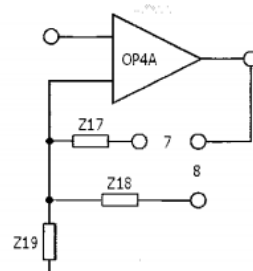
Fig.- 60. FILTRO PASA BAJO 2º ORDEN.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

Para el diseño de este circuito paso bajo de segundo orden activo se configura con una frecuencia de corte de 1000Hz. También se debe diseñar un circuito paso alto para eliminar el ruido ocasionado al momento de realizar la medición sobre el musculo.

AMPLIFICADOR DE GANANCIA



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

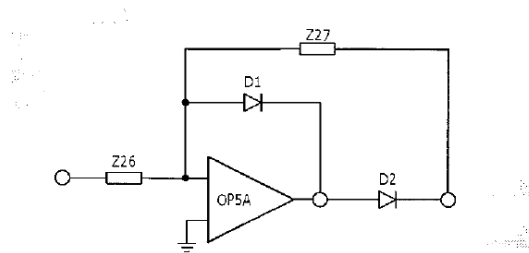
Este amplificador de no inversión se utiliza para el ajuste de ganancia un OP4A. La ecuación (14) sirve de apoyo para el diseño:

$$A_v = \frac{Z_{19} + Z_{17}}{Z_{19}} \quad \& \quad A_v = \frac{Z_{19} + Z_{18}}{Z_{19}}$$

Ecuación (14)

CIRCUITO RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA PRECISO

Fig.- 61. RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.

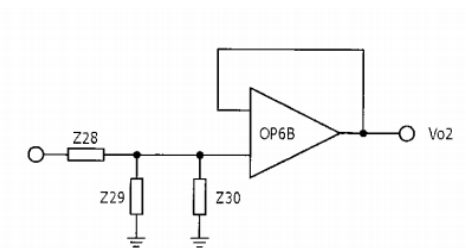


FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

Este circuito integrador sirve como seguidor de voltaje, se utiliza un OP5A con Z26 y Z27.

Para la medición de la fuerza del musculo, la señal que pasa a través del amplificador de ganancia debe ser adicionalmente rectificad e integrada. La función del rectificador es diferente de la de un rectificador construido por dos diodos porque hay siempre una caída de voltaje de 0.7V a lo largo de cada diodo. En otras palabras cuando los diodos tienen polarización directa, la señal rectificad a es menos 0.7V que el original.<sup>18</sup>

CIRCUITO INTEGRADOR



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición.

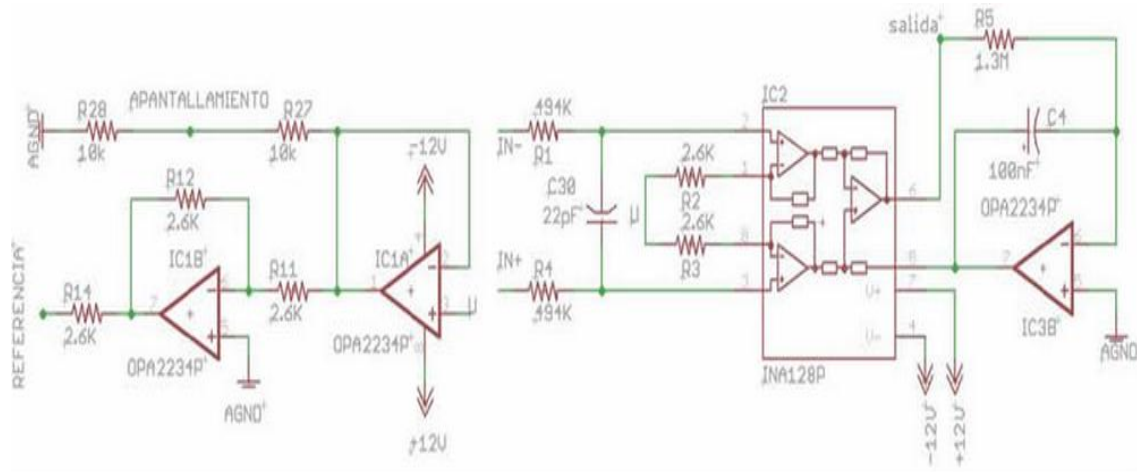
Este tipo de circuito utiliza un OP68 y las Z28 a Z30. Para construir el integrador.

<sup>18</sup> Adquisición de la señal EMG [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en: libro sistemas biomédicos de medición



#### 4.4.2. CIRCUITO FINAL EMG

Fig.- 62. CIRCUITO EMG.



FUENTE: [http://www.dalcame.com/emg.html#.VcFuovN\\_Okp](http://www.dalcame.com/emg.html#.VcFuovN_Okp)

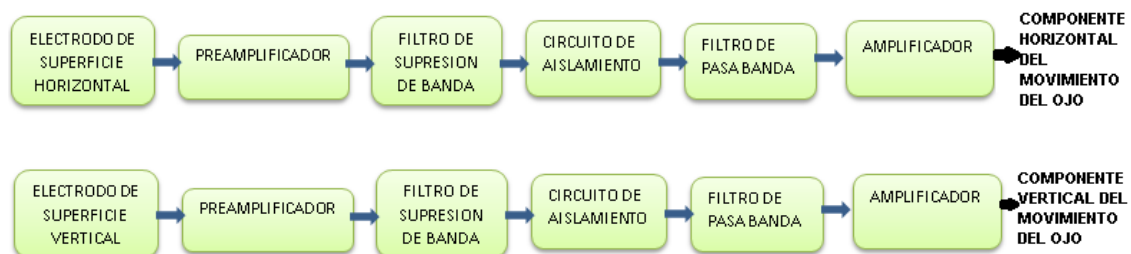
### 4.5. PRINCIPIO BÁSICO PARA EL DISEÑO DEL CIRCUITO DE ELECTROOCULOGRAFIA. (EOG)

Como se describió en la sección de adquisición de la señal EOG, los movimientos de los ojos son controlados por seis pares de músculos oculares. La estimulación de los nervios cerebrales dará como resultado una alteración potencial de los músculos oculares, por tanto los componentes vertical y horizontal del movimiento del ojo puede observarse simultáneamente en el experimento. Se colocan cuatro electrodos en la parte superior, inferior, izquierda y derecha del ojo, respectivamente, y el electrodo de referencia en el lóbulo frontal. Además, para evitar un choque eléctrico provocado por una fuga desde el suministro de energía o instrumento de medición, el concepto de aislamiento debe ser incorporado en el diseño del circuito para adquirir la señal EOG.

La figura 63 muestra el diagrama de bloque del circuito de medición de EOG, hay dos juegos de circuito para medir simultáneamente los movimientos vertical y horizontal del movimiento ocular, respectivamente. Con este arreglo, conforme el ojo se mueve hacia la derecha o izquierda (superior o inferior), será obvio que los componentes correspondientes de fuerza muscular cambiaran. Un amplificador de instrumentación con una ganancia de 5 se aplica como preamplificador para recoger el componente unipolar de la señal EOG. La función del circuito de aislamiento, es aislar la fuente de energía de la señal y de la línea, y puede utilizarse ya sea un método óptico o un método de transformación de voltaje. El ancho de banda del filtro paso de banda va de 0.05 a 30Hz y el amplificador con un factor de amplificación de 50 puede magnificar la débil señal que haya pasado a través del filtro. Entonces, las señales EOG pueden ser enviadas directamente al osciloscopio para su visualización.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO DE MEDICIÓN EOG

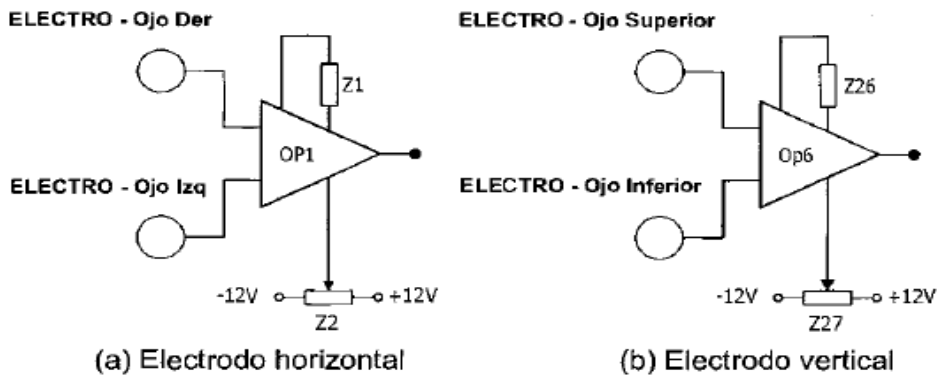
Fig.- 63. DIAGRAMA DE BLOQUES EOG.



FUENTE: AUTORAS

4.5.1. ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL (EOG).

Fig.- 64. CIRCUITO PREAMPLIFICADOR.

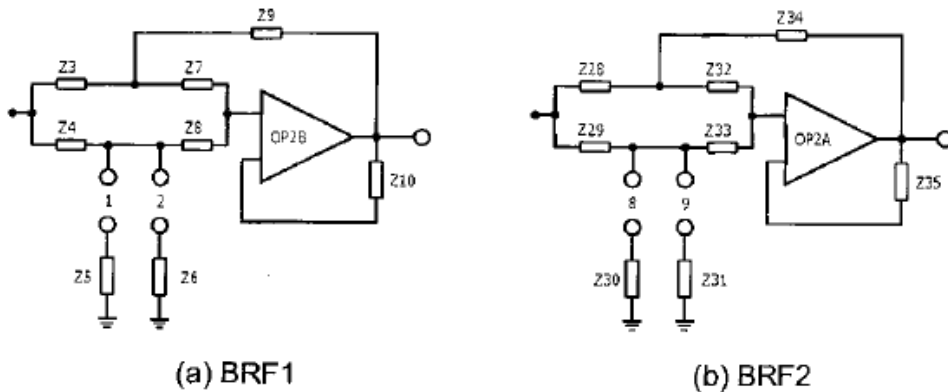


La figura 64 muestra los circuitos pre-amplificadores, cada uno compuesto de un amplificador de instrumentación OP1 u OP6. Estos se usan para detectar los componentes horizontales y verticales de la fuerza muscular, respectivamente. La ganancia de cada amplificador puede ser determinada por la ecuación (15).

$$A_v = \frac{49.4k\Omega}{Z_1} + 1 \quad \& \quad A_v = \frac{49.4k\Omega}{Z_{26}} + 1$$

Ecuación (15)

Fig.- 65. FILTRO SUPRESION DE BANDA.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura 65 muestra unos filtros de supresión de banda en doble T. El filtro de supresión de banda 1 que se muestra en la figura (a), la frecuencia central puede calcularse por medio de la ecuación (16).

$$f = \frac{1}{2\pi Z_3 Z_4}$$

Ecuación 16

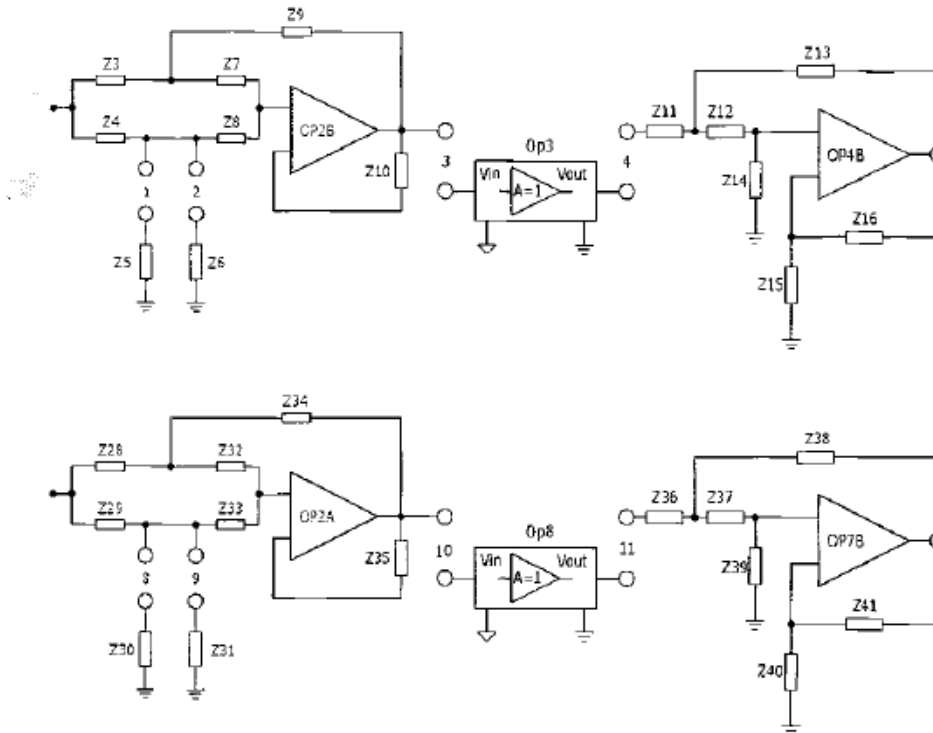
El filtro de supresión de banda 2 que se muestra en la figura (b), la frecuencia central puede calcularse por medio de la ecuación (17)

$$f = \frac{1}{2\pi Z_{28} Z_{29}}$$

CIRCUITO DE AISLAMIENTO

La figura 66 muestra los circuitos de aislamiento que se construyen por medio de OP3 y OP8. Aquí, la función de aislamiento es realizado por medio de un enfoque óptico.

Fig.- 66. CIRCUITO DE AISLAMIENTO.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

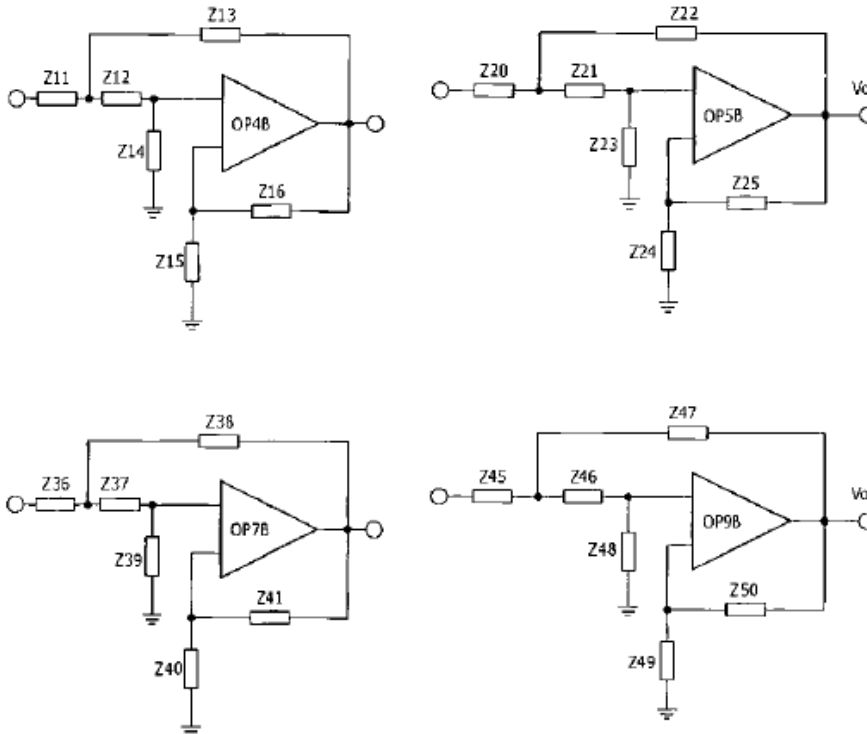
CIRCUITO FILTRO PASA BANDA

En el diseño del circuito de medición de EOG OP4B u OP7B se usa para construir dos filtros pasa alto de 2º orden, respectivamente como se muestra en la figura. La frecuencia de corte de cada filtro se configura en 0.05 Hz y puede calcularse como se expresa en la ecuación (18)

$$f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{11}Z_{12}Z_{13}Z_{14}}} \quad \& \quad f_L = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{36}Z_{37}Z_{38}Z_{39}}} \tag{18}$$

Y, cada ganancia de paso de banda se explica en la ecuación (19)

$$\frac{Z_{15} + Z_{16}}{Z_{15}} = 1.56 \quad \& \quad \frac{Z_{40} + Z_{41}}{Z_{40}} = 1.56 \tag{19}$$



(a) Filtros de paso alto de 2º orden    (b) filtros de paso bajo de 2º orden

FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura anterior muestra 2º filtros pasa bajo de segundo orden activos que están contruidos por OP5B y OP9B, respectivamente. La frecuencia de corte de corte de cada filtro está configurada en 30Hz, y puede determinarse usando la ecuación (20)

$$f_H = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{20}Z_{21}Z_{22}Z_{23}}} \quad \& \quad f_{II} = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z_{45}Z_{46}Z_{47}Z_{48}}}$$

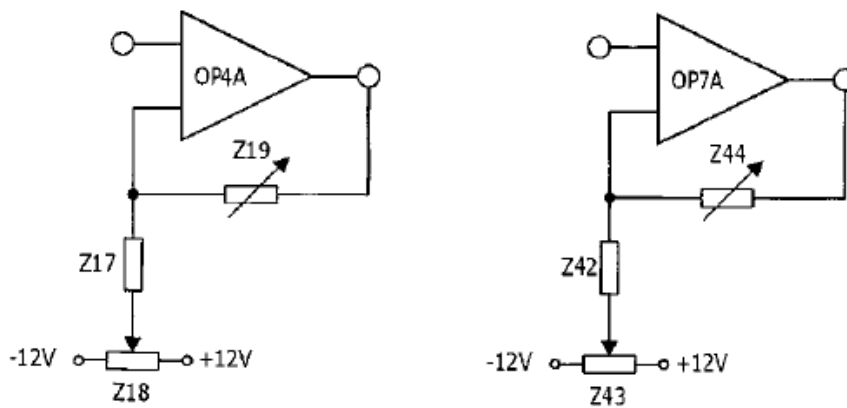
Ecuación (20)

Y, cada paso de banda se explica en la siguiente ecuación (21)

$$\frac{Z_{24} + Z_{25}}{Z_{24}} = 1.56 \quad \& \quad \frac{Z_{49} + Z_{50}}{Z_{49}} = 1.56$$

Ecuación (21)

Fig.- 67. CIRCUITO AMPLIFICADOR.



FUENTE: Libro sistemas biomédicos de medición

La figura 67 muestra dos amplificadores de no inversión construido por medio de OP4A y OP7A, respectivamente. En cada amplificador Z19 o Z44 se usan para el ajuste de la ganancia como se expresa en la ecuación (22):<sup>19</sup>

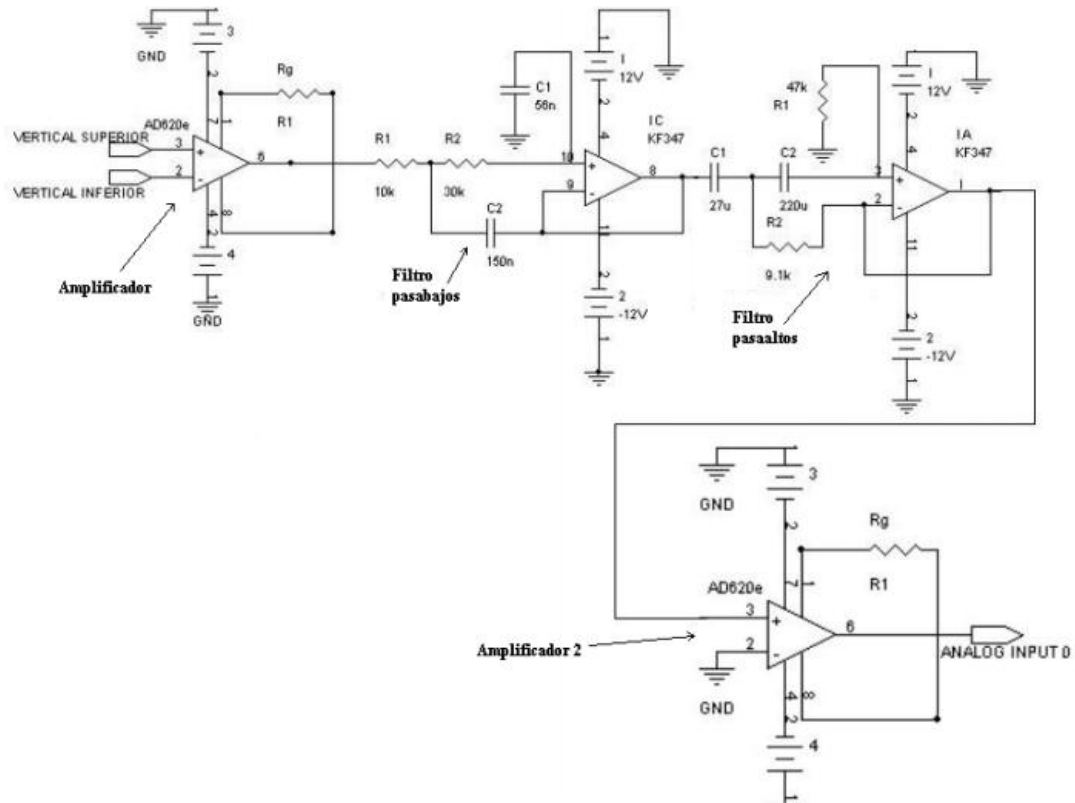
$$A_v = \frac{Z_{17} + Z_{19}}{Z_{17}} \quad \& \quad A_v = \frac{Z_{42} + Z_{44}}{Z_{42}}$$

Ecuación (22)

<sup>19</sup> Adquisición de la señal EOG [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en: libro sistemas biomédicos de medición

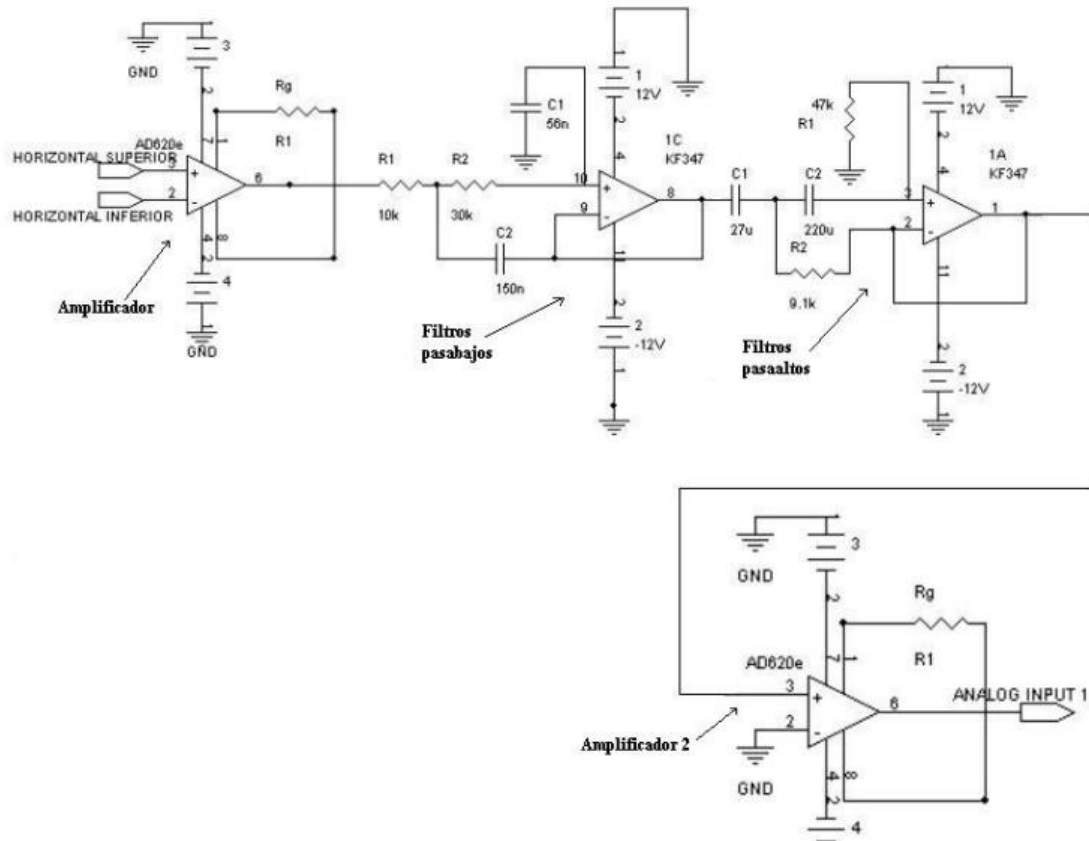
### 4.5.2. CIRCUITO FINAL EOG

Fig.- 68. CIRCUITO EOG VERTICAL.



<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9822/1/2005AJIEE-11.pdf>

Fig.- 69. CIRCUITO EOG HORIZONTAL.



FUENTE: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9822/1/2005AJIEE-11.pdf>





# CAPITULO V

## CAPITULO V

### 5. MANTENIMIENTO

El mantenimiento es el conjunto de actividades que se deben realizar para prevenir o corregir posibles fallos, evitando un evento adverso en pacientes. En la actualidad son conocidos el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo; pero también están el mantenimiento de precisión y el de mejoramiento continuo.

Al momento de realizar alguna modificación o ajuste del equipo se debe corroborar que sea la adecuada para que el equipo quede en óptimas condiciones de funcionamiento, igualmente es de vital importancia llevar una buena trazabilidad.

#### 5.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es la técnica que se utiliza para prever la frecuencia de avería de determinados tipos de componentes sustituibles (baterías, válvulas, bombas, sellos). El intervalo entre procedimientos de mantenimiento se fija de modo de reemplazar los componentes antes de que fallen y garantizar que el funcionamiento del equipo siga siendo fiable. En el marco de la atención sanitaria esto se hace principalmente en un centro de salud que posee una gran cantidad de dispositivos médicos de un solo fabricante o de un solo modelo.

#### 5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es el mantenimiento que se realiza para prolongar la vida útil del dispositivo y prevenir desperfectos. El mantenimiento preventivo habitualmente se programa a intervalos definidos con el apoyo de un cronograma desarrollado por el fabricante del equipo, empresa representante o el encargado del departamento Biomédico e incluye tareas de mantenimiento específicas como lubricación, limpieza (por ejemplo, de filtros) o reemplazo de piezas que comúnmente se desgastan (por ejemplo, cojinetes) o que

tienen una vida útil limitada (por ejemplo, tubos). Algunas veces se llama al mantenimiento preventivo “mantenimiento planificado” o “mantenimiento programado”.

### **5.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Este es un proceso en el cual se restaura la integridad, la seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento no programado se consideran sinónimos de reparación.

### **5.4 MANTENIMIENTO DE PRECISIÓN:**

En este tipo de mantenimiento se procura realizar un buen trabajo desde la primera vez que se efectuó, con el fin de evitar problemas posteriores; a lo cual se le llama trabajar de acuerdo al concepto de la precisión en el trabajo.

### **5.5 MANTENIMIENTO DE MEJORAMIENTO CONTINUO:**

Este tipo de mantenimiento se efectúa de forma constante para lograr una mejora continua del equipo biomédico. Lo requisitos para el mantenimiento varían con el tipo de equipo.

Es importante saber que un equipo deberá ser sometido a inspección, mantenimiento o verificación para lograr:

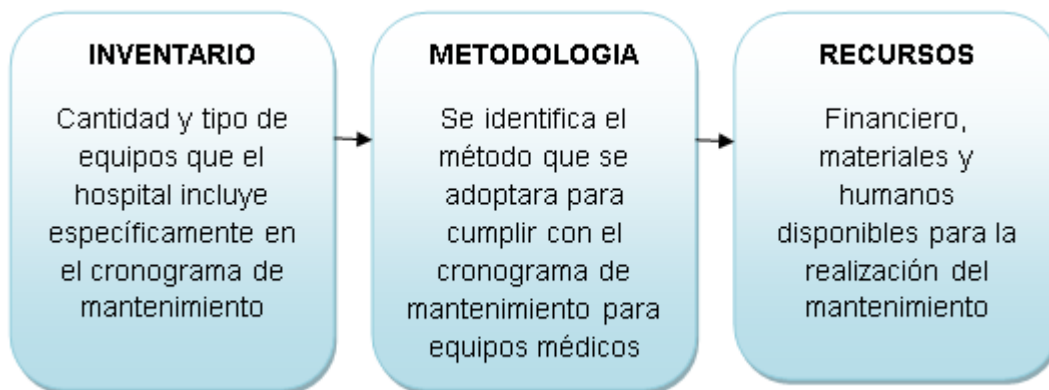
- Reducir el riesgo de accidente a pacientes, operadores o visitantes.
- Disminuir los costos de explotación del equipo.
- Mejorar los servicios prestado a las personas.
- Cumplimiento de las normativas vigentes.

### **5.6 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Para realizar un protocolo de mantenimiento para dispositivos médicos es necesario tener en cuenta una serie de factores los cuales ayudaran a reducir costos y a que la labor se desarrolló eficazmente.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> gestión de tecnología biomédica [13 de enero-13]. [en línea] [consultado el 18 de marzo de 2015] disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Default.aspx>

Fig.- 70. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO.



Fuente: whqlibdoc.com

## 5.7. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

### 5.7.1. LEY 100 DE 1993

POR LA CUAL SE CREA EL SISTEMA DE SEGURIDAD SOCIAL INTEGRAL Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES.

#### ARTICULO189: MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

Los hospitales públicos y los privados en los cuales el valor de los contratos suscritos con la nación o las entidades territoriales presenten más del 30% de sus ingresos totales deberán destinar como mínimo el 5% del total del presupuesto a las actividades de mantenimiento de la infraestructura y la dotación hospitalaria.

#### ARTICULO 191: DE LAS PRIORIDADES DE DOTACION HOSPITALARIA

Los municipios darán prioridad en la asignación de recursos de inversión para la salud al fortalecimiento del sistema de centros y puestos de salud, de tal forma que se fortalezca la dotación básica de equipo y personal que defina el ministerio de salud y amplíe. Progresivamente y de acuerdo con la demanda, sus horarios de atención al público hasta llegar a tener disponibilidad las 24 horas de centro de salud bien dotados. El servicio social obligatorio de los profesionales del área de salud se desempeñara prioritariamente en la atención de los centros y puestos de salud del área rural.

Los requerimientos de dotación que tendrán los puestos, centros de salud y los hospitales oficiales de cualquier nivel de atención así como la red de servicios a nivel territorial serán establecidos por el ministerio de salud. El ministerio ejercerá el control técnico sobre la dotación de tales entidades directamente o a través de otra autoridad delegada.

Social en salud.

### **5.7.2. DECRETO 1769-1994**

#### **ARTICULO 1: ÁMBITO DE APLICACIÓN.**

Regular los componentes y criterios básicos para la asignación y utilización de los recursos financieros.

#### **ARTÍCULO 2: DE LA INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA.**

Para los efectos del mantenimiento, se entiende por infraestructura hospitalaria los edificios, las instalaciones físicas, las redes eléctricas de sistemas y comunicaciones, telefónicas hidráulicas y de vapor, redes locales, redes de conducción de gases medicinales y las áreas adyacentes a las edificaciones.

#### **ARTÍCULO 3: DE LA DOTACIÓN HOSPITALARIA**

Para efectos de la actividad de mantenimiento, la dotación hospitalaria comprende:

- ✓ Equipo industrial de uso hospitalario.
- ✓ El equipo biomédico.
- ✓ Muebles administrativos y asistenciales.
- ✓ Equipos de comunicación e informática.

#### **ARTÍCULO 4: DEL EQUIPO INDUSTRIAL DE USO HOSPITALARIO**

- ✓ Plantas eléctricas
- ✓ Equipos de lavandería y cocina
- ✓ Calderas
- ✓ Bombas de agua
- ✓ Autoclaves
- ✓ Equipos de seguridad
- ✓ Refrigeración
- ✓ Apoyo hospitalario

#### **ARTÍCULO 5: EQUIPO BIOMÉDICO**

Todo aparato o máquina, operacional y funcional que reúne piezas eléctricas mecánicas y/o híbridas; desarrolladas para realizar actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación en servicios de salud.

#### **ARTÍCULO 6: EQUIPOS COMUNICACIÓN INFORMÁTICA**

- ✓ Equipos de computo
- ✓ Centrales telefónicas
- ✓ Radio comunicaciones
- ✓ Procesamiento, reproducción y transcripción de información.

#### **ARTÍCULO 7: MANTENIMIENTO HOSPITALARIO**

Actividad técnico administrativa dirigida, principalmente a prevenir averías, ya restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento actividades tendiente a mejorar el funcionamiento del equipo.

#### **ARTÍCULO 8: RECURSOS FINANCIEROS**

Solo podrán ser utilizados en infraestructura y dotación de prosperidad de la institución hospitalaria.

#### **ARTÍCULO 9: PRESUPUESTOS**

Estos serán presupuestados inicialmente para cada vigencia, con base a la apropiación total de ingresos aprobados por la institución.

#### **ARTÍCULO 10: CONTABILIDAD**

Contabilidad relativa a las actividades de mantenimiento de la infraestructura y de la dotación hospitalaria.

#### **ARTÍCULO 11: LA INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL**

La superintendencia nacional de salud tiene el deber de realizar la inspección, vigilancia y control de la asignación y utilización del presupuesto.

#### **ARTÍCULO 12: PLAN DE MANTENIMIENTO**

Se deberá evaluar anualmente sus planes de mantenimiento de la infraestructura y la dotación hospitalaria en el cual indique las actividades a desarrollar y su presupuesto.

### 5.7.3. LEY 1438 DE 2011

REFORMA EL SISTEMA GENERAL DE SEGURIDAD SOCIAL EN SALUD Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES

**ARTICULO 86:** POLÍTICA FARMACÉUTICA, DE INSUMOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS.

El ministerio de protección social definirá la política farmacéutica, de insumos y dispositivos médicos a nivel nacional y en su implementación, establecerá y desarrollara mecanismos y estrategias dirigidas a optimizar la utilización de medicamentos insumos y dispositivos, a evitar las inequidades en el acceso y asegurar la calidad de los mismos, en el marco del sistema general de seguridad

### 5.7.4. DECRETO 4725- 2005

Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigencia sanitaria de os dispositivos médicos para uso humano.

**ARTÍCULO 38:** Posventa de los equipos médicos considerados equipos, biomédicos y su mantenimiento.

Se determina la responsabilidad compartida entre el fabricante e importador, como el representante del equipo con el tenedor de la tecnología. El representante debe garantizar los repuestos del equipo, el mantenimiento, verificación y calibración. El tenedor debe garantizar que el equipo se encuentre entre los rangos determinados por fabricante.

PARÁGRAFO 1: Se debe contactar personal para realizar la revisión, verificación, mantenimiento y calibración del equipo y estos a su vez deben dejar registro de la intervención del mismo.

PARÁGRAFO 2: Cuando la intervención del equipo sea realizada por terceros ajenos a la institución la responsabilidad de funcionamiento del equipo se encargaran ellos.

PARÁGRAFO 3: Se debe llevar el respectivo control de los informes de lo realizado al equipo, para seguimiento del mismo y presentar ante el ente correspondiente.

**ARTÍCULO 39:** Recurso humano para el mantenimiento de los dispositivos médicos considerados equipos biomédicos.

Toda persona que preste mantenimiento, calibración para equipos biomédicos de clase IIb y III, deberán contar con responsable técnico, profesional en ingeniería

biomédico o ingenierías afines, personal técnico acreditado. Deberán registrarse ante el INVIMA o la entidad sanitaria competente.

En la actualidad se está trabajando para mejorar aspectos relacionados con el mantenimiento de dispositivos biomédicos, se proyecta que este más ligada a los parámetros establecidos por el fabricante, por ello inicialmente se debe contar con el manual de mantenimiento del equipo, y este aplica para todas las entidades que manejan dispositivos médicos; el mantenimiento realizado a los equipos debe estar plenamente ligado a lo postulado en el manual de mantenimiento del mismo. Adicional a ello se busca que cumpla con los principios de seguridad, oportunidad, pertinencia, costo/efectividad y gestión del riesgo. Se realizarán auditorías para verificar que se cumpla dicha labor y de esta manera garantizar la seguridad del paciente y el entorno, el tenedor de la tecnología y el fabricante son responsables de la información suministrada por al público y a los entes reguladores de dicha información. Las autoridades encargadas de realizar vigilancia, inspección y control les corresponden cumplir lo determinado y hacer cumplir. Para ello se debe elaborar un plan de visitas y tener presentes las actualizaciones que se hayan realizado en el manual de mantenimiento del equipo, y a su vez tomar las acciones correspondientes al encontrar irregularidades con la resolución.



## 5.8. SEGURIDAD ELÉCTRICA

Debido a que existe un número importante de equipos médicos que funcionan con corriente eléctrica, el control de la seguridad eléctrica debe ser permanente y llevando a cabo por todo el personal de los control de salud a nivel general.

Dicho procedimiento es de vital importancia para el buen manejo de los equipos y la seguridad de los pacientes, por estar expuestos a riesgos eléctricos.

Las normas de seguridad eléctrica son aplicables no solo en equipos electrónicos de uso médico, sino también en cualquier ambiente donde existan equipos operados con corriente eléctrica.

### SHOCK ELÉCTRICO

El elemento esencial del shock eléctrico es la corriente; que es el flujo de la electricidad a través del tejido animal.

La relación de la corriente con el voltaje y la resistencia, está gobernada por la ley de ohm, que es resumida por la ecuación:  $I = V/R$ , de donde

I: corriente que fluye a través del cuerpo

V: Diferencia de potencial del individuo

R: resistencia del tejido animal.

Los riesgos asociados con el shock eléctrico generalmente se incrementan con la magnitud de corriente que fluye a través del cuerpo.

La corriente eléctrica pasando a través del cuerpo podría causar quemaduras, reacciones musculares involuntarias o fibrilación ventricular.

### MACROSHOCK

Involucra el paso de la corriente dentro y fuera del cuerpo a través de la piel.

### MICROSHOCK

Involucra el paso de la corriente que entra y sale o sale y entra directamente por el corazón.

#### CAUSAS DEL SHOCK ELÉCTRICO

Los pacientes de hospital son más susceptibles en comparación a personas normalmente saludables debido a:

- Contacto directo con equipos electrónicos médicos
- Defensas bajas
- Sudoración elevada, lo que puede provocar que la corriente eléctrica circule a través de ellos.
- Conexión de varios equipos electrónicos al cuerpo del paciente de una unidad de cuidados intensivos (UCI), y algunos de estos conectados, casi directamente al corazón

Según la AAMI (Asociación para el desarrollo de la instrumentación médica) también se consideran causas:

- Falla del sistema de distribución eléctrica.
- Equipos electrónicos inseguros
- Procedimientos no apropiados de uso de equipos médicos.

#### CONEXIÓN A TIERRA

- La tierra es considerada una neutralidad eléctrica.
- Se usa en un equipo por propósito de seguridad.
- Sirve como un retorno para corrientes de fuga

#### CORRIENTES DE FUGA

La definición de corrientes de fuga según la AAMI, es la siguiente: Un indeseable flujo de electricidad a través de aisladores que son usados para separar los conductores eléctricos. Las corrientes de fuga se originan debido al acoplamiento capacitivo e inductivo.

#### CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA USO MEDICO

Existen dos maneras de clasificar a estos equipos

##### **5.8.1. TIPOS DE PROTECCIÓN**

###### TIPO I

Equipos en los que la protección contra descargas eléctricas no se obtiene únicamente en el aislamiento básico, sino que incluyen una medida de seguridad adicional, que consiste en la conexión del chasis a tierra, de tal forma que en el equipo no circule ningún tipo de corriente.

#### TIPO II

Equipos en los que la protección contra las descargas no se obtienen únicamente en el aislamiento básico, sino que incluyen medidas de seguridad adicionales como; el doble aislamiento o el aislamiento reforzado, no existiendo conexión a tierra para seguridad y confiando en las condiciones de instalación del equipo.

#### TIPO III

Equipos en los que la protección contra las descargas eléctricas se basan en emplear una tensión de alimentación pequeña, de hasta 24V en corriente alterna y de 50V en corriente continua, las cuales no significan ningún tipo de peligro para las personas. Se puede usar transformadores para reducir el voltaje en corriente alterna, o usar baterías o pilas en corriente continua.

### 5.8.2. NIVELES DE PROTECCIÓN

Se refiere al grado de protección contra descargas eléctricas. Así tenemos los siguientes tipos:

#### EQUIPOS TIPO B

Son aquellos equipos de uso médico para aplicación interna y externa en los pacientes, pero no para aplicaciones inmediatas al corazón.

#### EQUIPOS TIPO BF

Son equipos similares a los de tipo B, pero con una aplicación directa al paciente. La corriente máxima permitida en estos equipos es de 100 $\mu$ A.

#### EQUIPOS TIPO CF

En equipos que proveen un alto grado de protección contra las descargas eléctricas; particularmente en lo que respecta a las corrientes de fuga y que pueden tener aplicación inmediata al corazón del paciente. La corriente máxima permitida en estos equipos es de 10 $\mu$ A.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Seguridad eléctrica [13 de febrero-12]. [en línea] [consultado el 18 de marzo de 2015] disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5353/1/Normas%20para%20el%20mantenimiento%20preventivo%20de%20equipos%20medicos.pdf>

Fig.- 71. RUTINA DE MANTENIMIENTO ECG.

RUTINA DE MANTENIMIENTO DE ELECTROCARDIOGRAFO			
Marca:		Serie:	
Modelo:		Activo:	
Institución:		Ubicación:	
Fecha:		Reporte N°	
ITEM	DESCRIPCION	SI	NO
1	Inspeccionar los cables de cada potencial y ver que están en condiciones. Examinar cada cable cuidadosamente para detectar roturas en el aislamiento.		
2	Asegurarse que el terminal y el cable están fuertemente unidos sin posibilidad de rotación del terminal sobre el cable.		
3	Conectar el equipo a un simulador de ECG y verificar que da una adecuada respuesta en las distintas frecuencias. Mover el cable en la parte final y en la parte inicial y verificar que no hay señales de artefactos, ni fallos intermitentes		
4	Examinar todos los terminales del cable y ver que están en condiciones. Dichos terminales o contactos eléctricos deberían estar bien y limpios. La unión que hagan dichos terminales entre cada cable de derivación y el electrodo debería ser firme.		
5	Confirmar que el tipo de electrodo que se aplica es el adecuado, y revisar que por condiciones físicas o por fecha de caducidad todavía son aptos para el uso.		
6	Si el electrodo es de tipo “pera” verificar que el estado de la absorción es bueno y que la parte metálica está en condiciones buenas, sin suciedad ni oxidación.		
7	Inspeccionar las condiciones físicas de las baterías y de los conectores de batería. Chequear el funcionamiento del indicador de batería, así como la alarma de batería baja (si tiene esta propiedad el electrocardiógrafo y/o su monitor ambulatorio). Si el equipo tiene la función de visualización de la carga de batería usar esta función para ver si funciona correctamente.		
8	Hacer funcionar el equipo en batería durante varios minutos y revisar que la batería permanece con buena carga. Cuando se haya de cambiar una batería chequear la capacidad de la batería para cambiarla por una igual y anotar la fecha de cambio.		
9	Chequear las condiciones del cargador de batería y confirmar que en verdad carga la batería.		
10	Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, y los displays de visualización de la unidad y/o Monitor y Computadora Personal (PC) así como del		

	cargador y/o Regulador con Batería si lo tiene. Asegurarse que aparecen todos los segmentos de los displays digitales.		
<b>11</b>	Revisar que estén presentes y legibles todas las etiquetas, placas de identificación y cartas de instrucciones.		
<b>12</b>	Obsérvese el trazado con el equipo en selección de los potenciales altos “taquicardia” bajos “bradicardia”		
<b>13</b>	Verificar que el movimiento del papel es “limpio”, sin resistencia a la velocidad.		
<b>14</b>	Si existe una preimpresión formalizada verificar que todos los caracteres alfanuméricos y trazados aparecen en la posición correcta y que el papel comienza y para en los puntos correctos.		
<b>15</b>	Limpiar el exterior, el panel frontal de control, los rodillos, las guías de papel, y la cuchilla si es necesario.		
<b>16</b>	Lubricar el mecanismo de grabación (si utiliza) y el mecanismo de arrastre de papel según las especificaciones del fabricante.		
<b>17</b>	Calibrar si fuera necesario la regulación y el posicionamiento de la aguja y/o cabeza de impresión.		
<b>18</b>	Si en alguno de los puntos de test se detecta que la tensión de la batería ha bajado considerablemente o que la batería está defectuosa (después de haber estado el equipo cargando durante 12 horas o más), cambiar la batería.		
<b>19</b>	Verificar la respuesta en frecuencia según las especificaciones del fabricante para cada modo de respuesta en frecuencia.		
<b>20</b>	Verificar que la activación en el tiempo y las marcas de los eventos no causan una variación en el trazo del ECG		
<b>Técnico/ingeniero biomédico quien realiza el servicio:</b>		<b>Recibe:</b>	

Fuente: Autoras

Fig.- 72. RUTINA DE MANTENIMIENTO EEG.

RUTINA DE MANTENIMIENTO DE ELECTROENCEFALOGRAFO			
Marca:		Serie:	
Modelo:		Activo:	
Institución:		Ubicación:	
Fecha:		Reporte N°	
ITEM	DESCRIPCION	SI	NO
1	Inspeccionar los cables de cada potencial y ver que están en condiciones. Examinar cada cable cuidadosamente para detectar roturas en el aislamiento.		
2	Asegurarse que el terminal y el cable están fuertemente unidos sin posibilidad de rotación del terminal sobre el cable.		
3	Conectar el equipo a un simulador de EEG y verificar que da una adecuada respuesta en las distintas frecuencias y ondas cerebrales (alfa, beta, gama, omega, etc.) de cada potencial. Mover el cable en la parte final y en la parte inicial y verificar que no hay señales de artefactos, ni fallos intermitentes		
4	Examinar todos los terminales del cable y ver que están en condiciones. Dichos terminales o contactos eléctricos deberían estar bien y limpios. La unión que hagan dichos terminales entre cada cable de derivación y el electrodo debería ser firme.		
5	Confirmar que el tipo de electrodo que se aplica es el adecuado, y revisar que por condiciones físicas o por fecha de caducidad todavía son aptos para el uso.		
6	Si el electrodo es de tipo “pera” verificar que el estado de la absorción es bueno y que la parte metálica está en condiciones buenas, sin suciedad ni oxidación.		
7	Inspeccionar las condiciones físicas de las baterías y de los conectores de batería. Chequear el funcionamiento del indicador de batería, así como la alarma de batería baja (si tiene esta propiedad el electroencefalógrafo. y/o su monitor ambulatorio). Si el equipo tiene la función de visualización de la carga de batería usar esta función para ver si funciona correctamente.		
8	Hacer funcionar el equipo en batería durante varios minutos y revisar que la batería permanece con buena carga. Cuando se haya de cambiar una batería chequear la capacidad de la batería para cambiarla por una igual y anotar la fecha de cambio.		
9	Chequear las condiciones del cargador de batería y confirmar que en verdad carga la batería.		
10	Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, y los displays de visualización de la		

	unidad y/o Monitor y Computadora Personal (PC) así como del cargador y/o Regulador con Batería si lo tiene. Asegurarse que aparecen todos los segmentos de los displays digitales.		
11	Revisar que estén presentes y legibles todas las etiquetas, placas de identificación y cartas de instrucciones.		
12	Obsérvese el trazado con el equipo en selección de los potenciales (alfa, beta, gama, etc.) y con señal de EEG aplicada.		
13	Verificar que el movimiento del papel es “limpio”, sin obstáculos de resistencia a la velocidad.		
14	Si existe una preimpresión formalizada verificar que todos los caracteres alfanuméricos y trazados aparecen en la posición correcta y que el papel comienza y para en los puntos correctos.		
15	Limpiar el exterior, el panel frontal de control, los rodillos, las guías de papel, y la cuchilla si es necesario.		
16	Lubricar el mecanismo de grabación (si utiliza) y el mecanismo de arrastre de papel según las especificaciones del fabricante.		
17	Calibrar si fuera necesario la regulación y el posicionamiento de la aguja y/o cabeza de impresión.		
18	Si en alguno de los puntos de test se detecta que la tensión de la batería ha bajado considerablemente o que la batería está defectuosa (después de haber estado el equipo cargando durante 12 horas o más), cambiar la batería.		
19	Verificar la respuesta en frecuencia según las especificaciones del fabricante para cada modo de respuesta en frecuencia.		
20	Verificar que la activación en el tiempo y las marcas de los eventos no causan una variación en el trazo del EEG.		
<b>Técnico/ingeniero biomédico quien realiza el servicio:</b>		<b>Recibe:</b>	

Fuente: Autoras

Fig.- 73. RUTINA DE MANTENIMIENTO EMG.

RUTINA DE MANTENIMIENTO DE ELECTROMIOGRAFO			
Marca:		Serie:	
Modelo:		Activo:	
Institución:		Ubicación:	
Fecha:		Reporte N°	
ITEM	DESCRIPCION	SI	NO
1	Inspeccionar los cables de cada potencial y ver que están en condiciones. Examinar cada cable cuidadosamente para detectar roturas en el aislamiento.		
2	Asegurarse que el terminal y el cable están fuertemente unidos sin posibilidad de rotación del terminal sobre el cable.		
3	Examinar todos los terminales del cable y ver que están en condiciones. Dichos terminales o contactos eléctricos deberían estar bien y limpios. La unión que hagan dichos terminales entre cada cable de derivación y el electrodo debería ser firme.		
4	Confirmar que el tipo de electrodo que se aplica es el adecuado, y revisar que por condiciones físicas o por fecha de caducidad todavía son aptos para el uso.		
5	Si el electrodo es de tipo “pera” verificar que el estado de la absorción es bueno y que la parte metálica está en condiciones buenas, sin suciedad ni oxidación.		
6	Inspeccionar las condiciones físicas de las baterías y de los conectores de batería. Chequear el funcionamiento del indicador de batería, así como la alarma de batería baja (si tiene esta propiedad el electromiografo y/o su monitor ambulatorio). Si el equipo tiene la función de visualización de la carga de batería usar esta función para ver si funciona correctamente.		
7	Hacer funcionar el equipo en batería durante varios minutos y revisar que la batería permanece con buena carga. Cuando se haya de cambiar una batería chequear la capacidad de la batería para cambiarla por una igual y anotar la fecha de cambio.		
8	Chequear las condiciones del cargador de batería y confirmar que en verdad carga la batería.		
9	Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, y los displays de visualización de la unidad y/o Monitor y Computadora Personal (PC) así como del cargador y/o Regulador con Batería si lo tiene. Asegurarse que aparecen todos los segmentos de los displays digitales.		
10	Revisar que estén presentes y legibles todas las etiquetas, placas de identificación y cartas de instrucciones.		



11	Obsérvese el trazado con el equipo en selección de los potenciales evocados característicos de la señal.		
12	Verificar que el movimiento del papel es “limpio”, sin obstáculos de resistencia a la velocidad.		
13	Si existe una preimpresión formalizada verificar que todos los caracteres alfanuméricos y trazados aparecen en la posición correcta y que el papel comienza y para en los puntos correctos.		
14	Limpiar el exterior, el panel frontal de control, los rodillos, las guías de papel, y la cuchilla si es necesario.		
15	Lubricar el mecanismo de grabación (si utiliza) y el mecanismo de arrastre de papel según las especificaciones del fabricante.		
16	Calibrar si fuera necesario la regulación y el posicionamiento de la aguja y/o cabeza de impresión.		
17	Si en alguno de los puntos de test se detecta que la tensión de la batería ha bajado considerablemente o que la batería está defectuosa (después de haber estado el equipo cargando durante 12 horas o más), cambiar la batería.		
18	Verificar la respuesta en frecuencia según las especificaciones del fabricante para cada modo de respuesta en frecuencia.		
19	Verificar que la activación en el tiempo y las marcas de los eventos no causan una variación en el trazo del EMG		
<b>Técnico/ingeniero biomédico quien realiza el servicio:</b>		<b>Recibe:</b>	

Fuente: Autoras

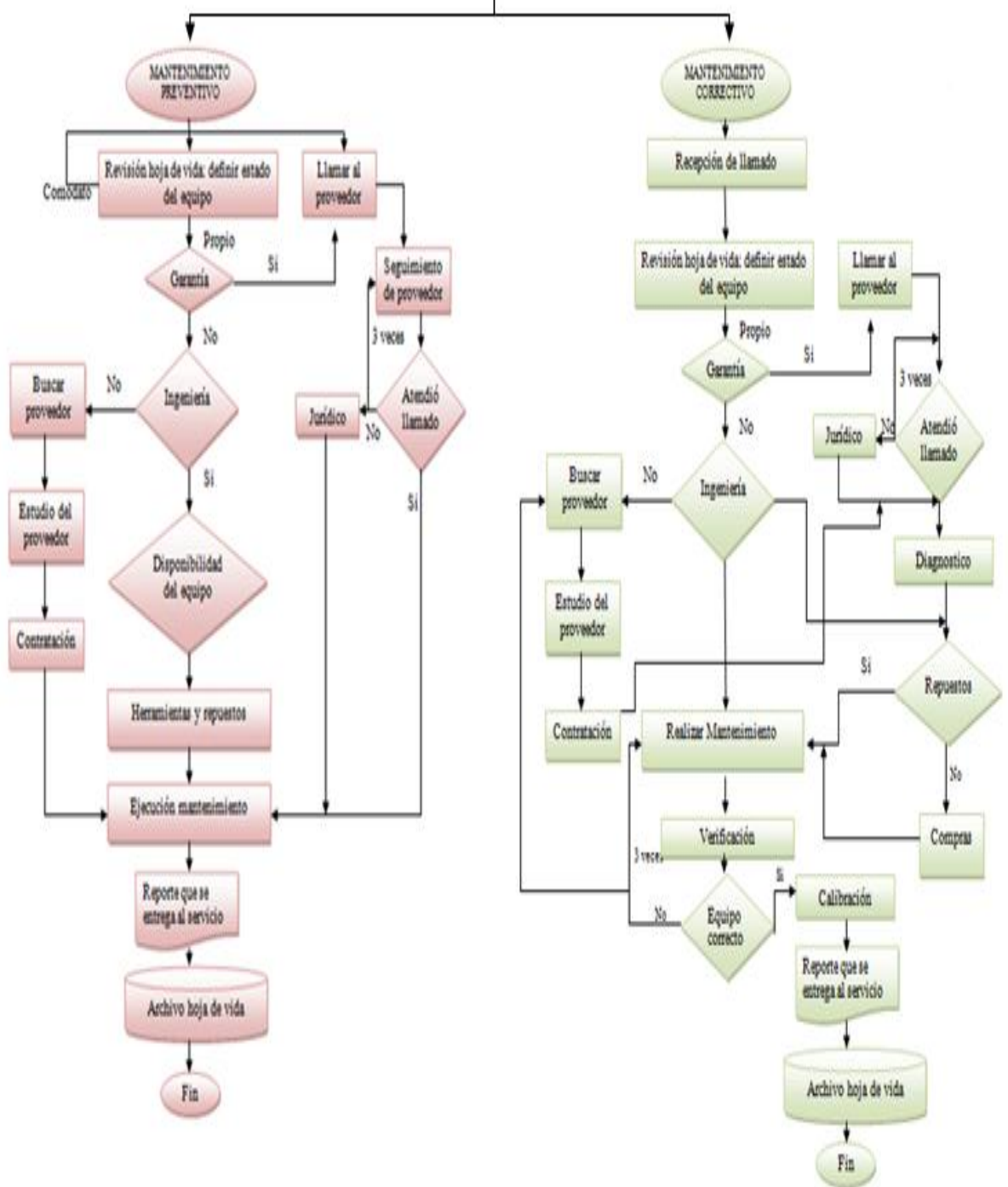
Fig.- 74. RUTINA DE MANTENIMIENTO EOG.

RUTINA DE MANTENIMIENTO DE ELECTROOCULOGRAFO			
Marca:		Serie:	
Modelo:		Activo:	
Institución:		Ubicación:	
Fecha:		Reporte N°	
ITEM	DESCRIPCION	SI	NO
1	Inspeccionar los cables de cada potencial y ver que están en condiciones. Examinar cada cable cuidadosamente para detectar roturas en el aislamiento.		
2	Asegurarse que el terminal y el cable están fuertemente unidos sin posibilidad de rotación del terminal sobre el cable.		
3	Examinar todos los terminales del cable y ver que están en condiciones. Dichos terminales o contactos eléctricos deberían estar bien y limpios. La unión que hagan dichos terminales entre cada cable de derivación y el electrodo debería ser firme.		
4	Confirmar que el tipo de electrodo que se aplica es el adecuado, y revisar que por condiciones físicas o por fecha de caducidad todavía son aptos para el uso.		
5	Si el electrodo es de tipo “pera” verificar que el estado de la absorción es bueno y que la parte metálica está en condiciones buenas, sin suciedad ni oxidación.		
6	Inspeccionar las condiciones físicas de las baterías y de los conectores de batería. Chequear el funcionamiento del indicador de batería, así como la alarma de batería baja (si tiene esta propiedad el electrooculografo y/o su monitor ambulatorio). Si el equipo tiene la función de visualización de la carga de batería usar esta función para ver si funciona correctamente.		
7	Hacer funcionar el equipo en batería durante varios minutos y revisar que la batería permanece con buena carga. Cuando se haya de cambiar una batería chequear la capacidad de la batería para cambiarla por una igual y anotar la fecha de cambio.		
8	Chequear las condiciones del cargador de batería y confirmar que en verdad carga la batería.		
9	Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, y los displays de visualización de la unidad y/o Monitor y Computadora Personal (PC) así como del cargador y/o Regulador con Batería si lo tiene. Asegurarse que aparecen todos los segmentos de los displays digitales.		
10	Revisar que estén presentes y legibles todas las etiquetas, placas de identificación y cartas de instrucciones.		

11	Obsérvese el trazado con el equipo en selección de los potenciales evocados característicos de la señal.		
12	Verificar que el movimiento del papel es “limpio”, sin obstáculos de resistencia a la velocidad.		
13	Si existe una preimpresión formalizada verificar que todos los caracteres alfanuméricos y trazados aparecen en la posición correcta y que el papel comienza y para en los puntos correctos.		
14	Limpiar el exterior, el panel frontal de control, los rodillos, las guías de papel, y la cuchilla si es necesario.		
15	Lubricar el mecanismo de grabación (si utiliza) y el mecanismo de arrastre de papel según las especificaciones del fabricante.		
16	Calibrar si fuera necesario la regulación y el posicionamiento de la aguja y/o cabeza de impresión.		
17	Si en alguno de los puntos de test se detecta que la tensión de la batería ha bajado considerablemente o que la batería está defectuosa (después de haber estado el equipo cargando durante 12 horas o más), cambiar la batería.		
18	Verificar la respuesta en frecuencia según las especificaciones del fabricante para cada modo de respuesta en frecuencia.		
19	Verificar que la activación en el tiempo y las marcas de los eventos no causan una variación en el trazo del EOG		
<b>Técnico/ingeniero biomédico quien realiza el servicio:</b>		<b>Recibe:</b>	

Fuente: Autoras

DIAGRAMA DE FLUJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO





# CAPITULO VI

## CAPITULO VI

### 6. GESTION TECNOLOGICA

En este capítulo se dará una explicación de lo que se debe tener en cuenta al momento de adquirir un equipo para la realización de los exámenes de ECG, EEG, EMG Y EOG, o cualquier otro dispositivo médico, lo cual es de gran importancia para asegurar una buena prestación del servicio en las distintas instituciones.

En la actualidad el campo de la tecnología Biomédica y específicamente el equipamiento de dispositivos médicos constituyen uno de los principales componentes del sistema de atención en salud, su nivel de utilización está muy relacionado con la modernización de las instituciones prestadoras de servicios de salud. Pero para poder realizar esta adquisición de tecnología es necesario ejecutar un plan de gestión para los equipos a utilizar; Esta gestión de tecnología biomédica es un conjunto de acciones realizadas por distintos profesionales de la salud como lo son directivos, médicos, ingenieros, administrativos, especialistas en el área, entre otros. Con el fin de proveer a la institución la tecnología apropiada, segura y eficaz a un costo razonable, cuyo objetivo se centra en optimizar la relación coste/beneficio, garantizando así una excelente calidad del servicio, que se traducirá en un impacto positivo en la comunidad.

Acompañado de esto tenemos la evaluación de equipamiento biomédico, esto es algo fundamental en las instituciones, no solo en el ámbito de los factores críticos que componen su capacidad instalada, sino que además se convierte en un factor determinante para la viabilidad y sostenibilidad de dichas instituciones, porque no es justificable que se presenten con frecuencia falencias en la prestación de servicios debido a que el equipo presenta fallas o el personal médico no sabe el correcto funcionamiento. Para esto las instituciones deben tomar conciencia de la importancia que representa contar con un recurso tecnológico que funcione adecuadamente. Por lo tanto, un proceso sistemático e integral de evaluación de equipamiento de biomédico proporciona la planeación y el control para su óptima utilización y aprovechamiento, los pasos a tener en cuenta son:

1. Definir las necesidades reales del hospital o clínica.
2. Identificar la tecnología que cubre la necesidad.
3. Crear requerimientos técnicos específicos.
4. Obtener un presupuesto.
5. Obtener cotizaciones de diferentes vendedores.
6. Presentar la propuesta para ser revisada.

7. Presenciar ensayos o demostraciones de los equipos.
8. Evaluación de soporte e ingeniería.
9. Negociación de precio y soporte, posterior orden.
10. Instalación e inspección.
11. Capacitación del usuario y del personal de mantenimiento.
12. Gerencia y manejo del inventario.

**Fig.- 75. CADENA DE COMERCIALIZACION, CONTROL Y VIGILANCIA DE DISPOSITIVOS MEDICOS.**



FUENTE: AUTORAS

En la tabla anterior se evidencia el proceso de comercialización, control y vigilancia de dispositivos médicos, este ciclo está constituido por tres fases:

- **Pre mercadeo:** en esta se da una clasificación de los dispositivos médicos por el riesgo, se debe tener en cuenta el reglamento técnico de la tecnología a comprar, su fabricación y especialmente tener claro las especificaciones técnicas de lo que quiero para la institución, para así saber qué le voy a exigir al proveedor. En esta etapa se da una vigilancia por el INVIMA para evitar compras ilegales.
- **Mercadeo:** es la segunda etapa del proceso, en esta se mide la capacidad de respuesta post-venta, esto hace referencia al soporte que nos debe brindar la empresa que suministro el equipo o insumo, la veracidad de las garantías que nos ofrecen por la compra, se tienen en cuenta especificaciones como tiempo de garantía, vida útil, mantenimientos programados, suministro de repuestos y/o accesorios, entre otros. Dependiendo la clasificación del equipo según el

riesgo este debe tener un registro sanitario (IIa y I) o permiso de comercialización (IIb y III).

- **Postmercadeo:** en este momento se pretende hacer seguimiento de la prestación del servicio luego de haber realizado la compra, cumplimiento de los mantenimientos y del contrato que se firmó. Se debe iniciar la tecnovigilancia en los dispositivos para cumplir con la correcta trazabilidad del equipo. Los entes reguladores en esta etapa son el INVIMA, SSS y la SUPERSALUD.

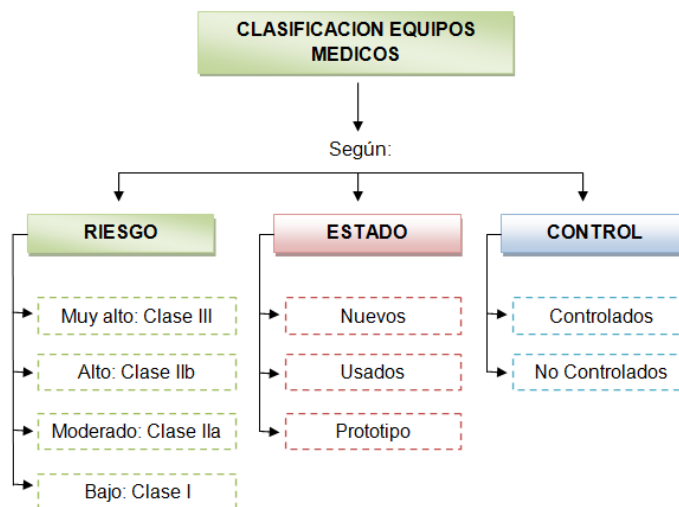
En medio de la etapa de premercadeo y mercadeo se da un proceso de evaluación E.T.E.S, igualmente en mercadeo y postmercadeo se realiza la respectiva evaluación y se ejecuta el proyecto de inversión que incluyen las etapas de mercadeo

Algo también muy importante que resalta este cuadro es la corresponsabilidad, esta se va dar de una forma bilateral entre el comprador y el vendedor, se tiene en cuenta la finalidad prevista del dispositivo Biomédico para no generar una mala manipulación del mismo afectando el entorno, establecer las condiciones de instalación, operación y requerimientos de mantenimiento para que el equipo funcione en óptimas condiciones; Pero igualmente el comprador debe garantizar una infraestructura adecuada para garantizar el buen servicio a los pacientes.

### 6.1. CICLO DE VIDA EQUIPOS MEDICOS

Se entiende por ciclo de vida todo el proceso para la adquisición, mantenimiento, reposición, bajas, traslados y selección de equipo médico. Esto se hace partiendo de los conceptos que se muestran en las siguientes figuras que explica la clasificación de los dispositivos médicos según su riesgo, estado y control.

Fig.- 76. CLASIFICACION DE DISPOSITIVOS MEDICOS.



FUENTE: autoras



Según el riesgo:

- ✓ Muy alto riesgo: Clase III, son los equipo sujetos a controles especiales. Destinados a proteger o mantener la vida, o para la prevención del deterioro de la salud humana. También si su uso presenta un riesgo potencial para una determinada patología o lesión.
- ✓ Alto riesgo: clase IIb, son los equipos sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.
- ✓ Moderado: Clase IIa, son aquellos que están sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.
- ✓ Bajo: Clase I, están sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión.

Según su uso:

- ✓ Nuevo: Se aplica a aquellos equipos que no han sido usados y que no tengan más de dos (2) años desde la fecha de su fabricación.
- ✓ Usado: Incluye todos los equipos que han sido utilizados en la prestación de servicios y/o en procesos de demostración, que no tienen más de cinco (5) años de servicio desde su fabricación o ensamble.
- ✓ Prototipo: son aquellos equipos que se encuentran en la fase de experimentación y que aún no se han empleado en la prestación de servicios o en demostraciones, ni cuentan con un certificado de venta expedido por un organismo nacional competente.

Según su control:

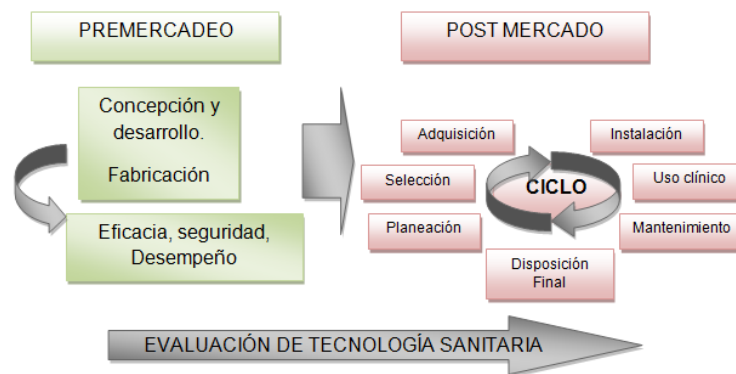
- ✓ Controlados: tienen un control especial, por estar incluidos en alguna de las siguientes situaciones: de acuerdo con su clasificación de alto riesgo y el grado de vulnerabilidad asociado a estos dispositivos.; los prototipos que conlleven a nuevos desarrollos científicos y tecnológicos. Que corresponda a equipo usado o re potenciado.
- ✓ No controlados<sup>22</sup>

<sup>22</sup> gestión de tecnología [13 de febrero-12]. [en línea] [consultado el 18 de marzo de 2015] disponible en:

El proceso de evaluación del equipamiento biomédico se desarrolla en la etapa del postmercadeo del ciclo de vida de las tecnologías en salud. Antes de esta evaluación se tiene el proceso del premercadeo donde se da una concepción del desarrollo y fabricación del equipo biomédico, igualmente se ve la eficacia, seguridad y desempeño que este tendrá sin dejar de lado los posibles riesgos que se generen, esto con el fin de llevar al mercado un gran producto para satisfacer una necesidad presente.

Cuando ya se llega a la etapa del post mercado se tiene el ciclo de vida de las tecnologías en salud, en este transcurso se encuentra la planeación, selección, adquisición, instalación, uso clínico, mantenimiento y disposición final. Todos estos pasos para lograr una efectividad con el equipo el cual nos brinde seguridad y un gran desempeño para la optimización de procesos al momento de atender a los pacientes (ver figura 70).

Fig.- 77. EVALUACION DE DISPOSITIVOS MEDIOS.



FUENTE: AUTORAS

## 6.2. CICLO DE GESTION Y ADMINISTRACION EQUIPOS MEDICOS

El ciclo de gestión y administración de equipos médicos nos habla del inventario que debe tener toda institución prestadora de servicios de salud, para garantizar el óptimo manejo de los mismos. Dentro de este ciclo se encuentran una serie de etapas las cuales se deben planear y controlarse minuciosamente, para evitar eventos adversos.

A continuación se esquematiza el ciclo:

Fig.- 78. CICLO DE GESTION Y ADMINISTRACION DE DISPOSITIVOS MEDICOS.



FUENTE: AUTORAS

- ✓ **Selección:** en este proceso es necesario realizar la elección correcta del DM, para contribuir a mejorar la calidad en la prestación de los servicios de salud.
- ✓ **Adquisición:** se refiere a los planes y programas de compra de los equipos según las necesidades, prioridades y disponibilidad de los recursos (humanos y financiero). Se encuentran dos tipos de adquisición la Nacional o la importación; en el caso de la nacional el equipo es fabricado en el país por lo tanto su adquisición es local. En el caso de la importación el equipo fue fabricado en otro país y es suministrado por extranjeros.
- ✓ **Mantenimiento:** consiste en conservar los equipos en buen estado, lo cual implica, prevenir cualquier problema u avería que pueda surgir; así como mantener y mejorar su funcionamiento. El mantenimiento como es un proceso integral deben considerarse los siguientes criterios: objetivos, organización del plan de mantenimiento, clasificación, modelos y manejo presupuestal.
- ✓ **Reposición:** es la renovación de los equipos, la cual debe realizarse con planes y programas concretos evaluando su estado físico-funcional frente a su seguridad, eficiencia, productividad y disponibilidad de recursos. Tiene como objetivo evitar que los equipos se vuelvan obsoletos. Este proceso se debe llevar a cabo según los siguientes criterios: principios generales para la reposición, principios económicos, ventajas, el momento de la reposición, metodología y presupuesto.
- ✓ **Bajas:** después de tomar la decisión de reponer un equipo, es necesario dar de baja el equipo médico antiguo.

La decisión de dar de baja el equipo médico, está basada en criterios cualitativos y cuantitativos, tales como la edad, fallos, costos de mantenimiento, su nivel de utilización y estandarización. Entonces se entiende que es un proceso mediante el cual se decide retirar definitivamente un equipo, tanto físicamente como los registros contables e inventarios de la entidad por no estar en condiciones de prestar algún servicio, por el estado del deterioro o desgastes natural. Antes de dar de baja un equipo se deben analizar los siguientes criterios: soporte legal del proceso, clasificación de la baja, metodología y procedimiento.

- ✓ **Traslados:** es la acción de llevar el equipo de un lugar a otro, produciendo como consecuencia reponer y dar de baja el equipamiento biomédico.

Este bien es trasladado ocasionando la sucesión de responsabilidad de quien lo entrega, a quien lo recibe. Este hecho económico debe realizarse a través de un convenio suscrito por los representantes legales de las entidades y se formaliza con la respectiva entrega, se deben tener consideraciones generales, modalidades de traslado y planeación del traslado.

Una vez se hayan culminado todas estas etapas se debe realizar simultáneamente un control que permita a las instituciones prestadora de servicios de salud tener un control sobre sus tecnologías biomédicas. Es necesario evaluar continuamente los equipos para saber en qué estado se encuentran los mismos.

Las dos principales variables que se deben tener en cuenta para evaluar son la variable financiera o contable y la variable física o funcional.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> ciclo de vida equipos médicos [06 de febrero-11]. [en línea] [consultado el 20 de marzo de 2015] disponible en: <http://mps1.minproteccionsocial.gov.co/evtmedica/1.1%20EVALUACION%20DE%20LA%20TECNOLOGIA%20EN%20SERVICIOS%20DE%20SALUD/1.1equipamientomedico.html>

### 6.3. ADQUISICION DE ELECTROCARDIOGRAFO, ELECTROOCULOGRAFO, ELECTROENCEFALOGRAFO O ELECTROMIOGRAFO.

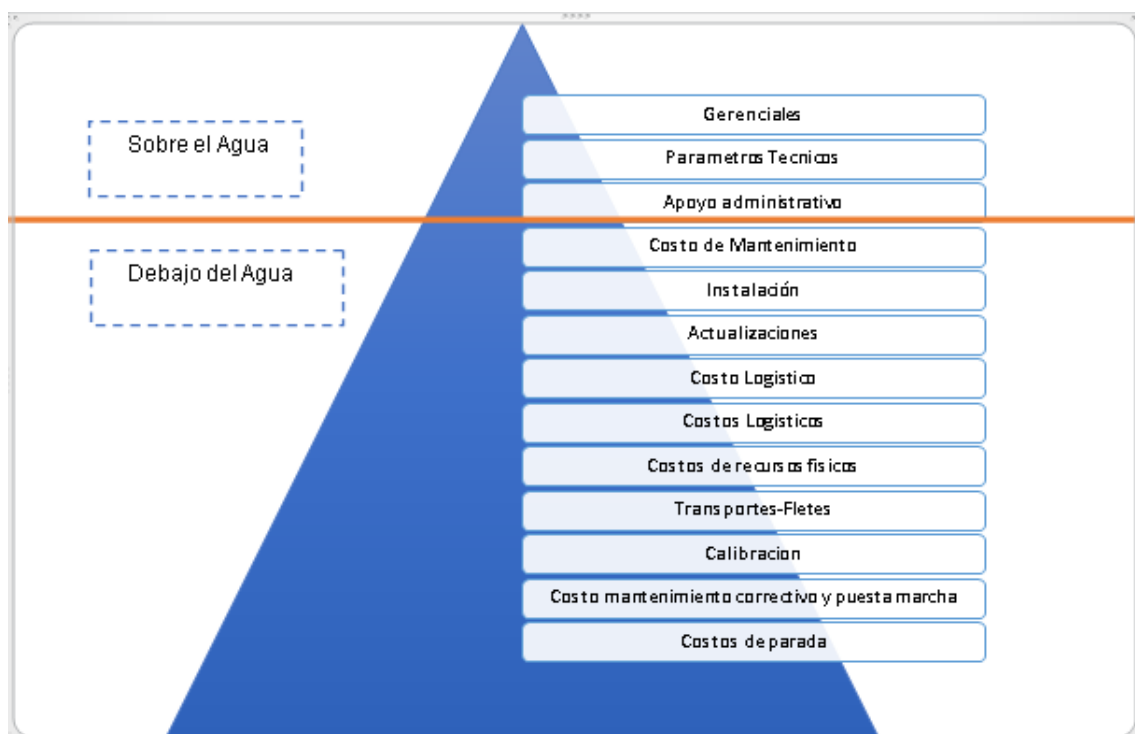
La teoría del iceberg, es más que una forma de ilustrar cómo al hablar de adquisición de tecnología y equipos médicos el precio que se debe pagar por ello va más allá del simple costo de compra del equipo o instrumento como tal. Al realizar un presupuesto debe pensarse más que en un equipo, debe abarcar las necesidades del mismo, los requerimientos y el ciclo de vida; lo cual implica contar con el costo de adecuación de las instalaciones o posibles remodelaciones, valor de los repuestos, costo de la instalación, capacitación, entrenamiento, accesorios, mantenimientos, entre otros.

El proceso de adquisición de equipos cobra gran importancia cuando se comprende y entiende el verdadero significado de la adquisición, y este “tip” del iceberg logra reafirmar la necesidad de realizar cada uno de los pasos del proceso de adquisición. Para lograr que el proceso de adquisición sea realmente exitoso debe llevarse a cabo una correcta planeación y se debe tener en cuenta todos los factores visibles y no visibles que determinarán el correcto funcionamiento y uso del equipo médico. Como se muestra en la Figura 72, sólo una pequeña porción del iceberg se encuentra sobre la superficie del agua y es lo que generalmente se observa desde un plano superficial. Pero un iceberg no puede mirarse sólo por lo que sobresale de él, que por lo general es la parte más pequeña, simple y liviana; al mirar un iceberg debe pensarse en lo que está en sus cimientos, aquello que hace de esta estructura algo realmente grande.

Al comprar un equipo el costo de este puede no ser el precio real; por lo tanto, se debe tener en cuenta lo que se encuentra más a profundidad, “debajo del agua”, que por cierto son factores que pueden hacer que el precio se incremente considerablemente, es más, puede presentarse que estos costos excedan el valor del equipo en sí.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Teoría de iceberg [26 de enero-14]. [en línea] [consultado el 26 de agosto de 2015] disponible en: <http://repository.eia.edu.co/revistas/index.php/BME/article/viewFile/29/29>

Fig.- 79. TEORIA DEL ICEBERG



Fuente: Autoras

Durante el proceso de adquisición de este tipo de tecnología biomédica para la realización de exámenes médicos (ECG, EMG, EOG y EEG) que servirán de apoyo para el diagnóstico, tratamiento o prevención de alguna patología, es importante que se tengan en cuenta los siguientes aspectos:

1. Ciclo de gestión y administración de dispositivos médicos: en este proceso se realiza primero la selección de la tecnología a adquirir, donde se da una elección correcta para mejorar el servicio que se está prestando a pacientes; en este punto se debe tener en cuenta el tipo de servicio que deseo ofrecer, la cantidad de pacientes que se van atender en promedio, las especialidades y con la frecuencia que se va utilizar el equipo. Luego se hace la adquisición atendiendo las necesidades de la IPS, prioridades, la disponibilidad de recurso humano y financiero con el que cuento. Para el caso de los equipos con los cuales se registran las señales electrofisiológicas generalmente son importados, por lo cual se debe tener mucho cuidado con la documentación pertinente que debe venir este para evitar adquirir mercancía de contrabando, más adelante se menciona la documentación que se exige al vendedor.

Cuando ya se tiene el dispositivo biomédico se debe tener en cuenta el tipo de mantenimiento que se realiza a este, debido que de cómo se conserva depende su vida útil y evitar algún evento adverso. Por lo general a estos equipos de ECG, EOG, EMG y EEG, se realiza mantenimiento preventivo semestral, para verificar el estado de las tarjetas internas, impresora, display, cables, conexiones y demás componentes.

Otros criterios importantes a tener en cuenta son la reposición, bajas y traslado de equipos, ya que cuando se va a realizar la reposición de un DM se debe efectuar un concepto técnico del porqué se toma esta decisión, lo que es conocido como la baja del equipo. En este informe es importante mencionar que se encontró en el equipo, que se realizó y a qué conclusión se llegó, debe ir acompañado de la firma del director técnico del departamento de ingeniería, para corroborar la veracidad del documento. Y finalmente cuando se realiza un traslado se da una responsabilidad compartida entre la persona que entrega y la que recibe, para esto es pertinente tener un documento firmado de las dos partes donde se especifique en qué estado se entrega y recibe el equipo.

2. Metodologías de evaluación de tecnología: uno de los métodos que se utilizan a la hora de comprar equipos médicos es conocido como el de “pesos”, debido a que se dan unos criterios a evaluar y se asigna una calificación, donde la sumatoria total sea un 100%, así al final de este proceso se da una puntuación total de cada ponente y habrá un ganador; los criterios a evaluar son:

- Parte gerencial (30%): se tiene en cuenta el valor del equipo, tiempo de entrega, tiempo de respuesta, valor de insumos, garantía, vida útil, tipo de mantenimiento.
- Parámetros tecnológicos (60%): dependiendo del equipo a comprar se pueden establecer las especificaciones técnicas, para este caso que se está hablando de las señales electrofisiológicas se pueden tener en cuenta:

Fig.- 80. ESOECIFICACIONES TECNICAS DE ECG, EMG, EOG, EEG.

ECG	EMG	EOG	EEG
Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones	Dimensiones
Peso	Peso	Peso	Peso
Tipo de teclado	Tipos de amplificadores	Marca, modelo, serie	Marca, modelo, serie
Tipo pantalla	Tipo electrodos	Tasa muestreo	Normas de seguridad
Tipo papel	Tasa de muestreo	Tipo de impresora	Enlace con el PC
Tipo de impresora	Resolución	Cantidad canales	Alimentación
Velocidad gráficos	Cantidad canales	Capacidad almacenamiento	Comunicación cabezal-periféricos
Ajuste ganancia	Rango de lectura	Tipo de conexiones	Numero canales
Tipo de derivaciones	Relación señal ruido	Tipo electrodos	Impedancia entrada
Formato de impresión	Respuesta de frecuencia	Autoconfiguración	Cantidad ruido
Rango de frecuencias	Ganancia	Rango de medición	Tipos de filtros
Tasa de muestreo	Toma de muestra referencia	Filtros	Ganancia
Detección de marcapasos	Salidas auxiliares	Tipo amplificadores	Frecuencia de muestreo
Tipo alimentación	Tipo software	Software	Adquisición
Fusibles	Accesorios	Tipo alimentación	Tipo impresión
Tipo batería	Capacidad de almacenamiento	Tipo batería	Canales para transductores
Filtros	Adicionales	Frecuencia	Tipo monitoreo
Capacidad de almacenamiento	Tipo de alimentación	Amplitud	Numero montajes programados
Tipo de conectividad	Tipo de batería	Cantidad ruido	Amplitud
Tipo de electrodos	Tipo cable conexión	Protección frente a descargas	Capacidad almacenamiento
Cable de alimentación	Marca	Condiciones ambientales	Trazos
Cable paciente y latiguillos	Modelo	Tipo conectividad	Sistema operativo
Condiciones ambientales de funcionamiento	Serie	Tipo de exámenes	Grabación
Protección frente a descargas eléctricas	Fecha fabricación	Sistema operativo	Generación de archivos
Marca, modelo, serie	Protección frente a descargas	Fecha fabricación	Configuración personalizada

Fuente: Autoras

- Apoyo administrativo (10%): capacitación de personal, manuales, actualizaciones, tipo de soporte, back up, entre otros.



Para cada uno de los criterios usted está en la autonomía de incluir variables que crea necesarias que se deben tener en cuenta para comprar un equipo. Esto se realiza con el fin de hacer la elección más pertinente del postor que se acerque más a sus requerimientos.

3. Documentación de la hoja de vida de los equipos médicos: a continuación se muestra un listado de los papeles que se deben recibir por parte de la empresa que le está vendiendo, alquilando o dejando en demostración un equipo:

- Factura de compra: especificando lo que usted adquirió, referenciando marca, modelo, serie, cantidad, accesorios y demás.
- Remisión
- Acta de entrega
- Registro de importación (DIAN): para evitar que sea mercancía de contrabando
- Inventario de fabrica
- Registro INVIMA o permiso de comercialización: dependiendo la clasificación según riesgo del equipo
- Certificado de calibración
- FQC: certificado de calibración por fabrica
- Ficha técnica de fabrica
- Ficha técnica de proveedor
- Manual de servicio: en físico, lengua innata, original y traducción oficial.
- Manual de operación: en físico, lengua innata, original y traducción oficial.
- Certificado de seguridad eléctrica
- Certificado de fábrica por alertas de tecno vigilancia
- Acta de garantía: se debe especificar disponibilidad de repuestos, aspectos generales, representación y marca, tiempos de respuesta.
- Cronograma de mantenimiento
- Cronogramas de capacitación al personal que manejera el equipo
- Procesos de mantenimientos preventivos
- Guía rápida

## 6.4. CALCULO DE COSTOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS MEDICOS:

En esta sección se hará un breve relato del cálculo de costos para el funcionamiento de equipos biomédicos, la explicación se hará para cualquier dispositivo médico y no para cada una de las tecnologías que hemos venido mencionando a lo largo de la cartilla (ECG, EEG, EMG y EOG).

Para poder realizar el cálculo de costos de operación de los equipos médicos utilizados en una institución prestadora de servicios de salud, es indispensable planificar las labores que se van a realizar en el mantenimiento de los mismos, ya que de esta labor se pueden evitar daños en los equipos y asegurar un buen desempeño de los mismos.

Un programa de mantenimiento se puede aplicar de diferentes modos, por lo que es importante tomar en cuenta las distintas metodologías existentes. Por ejemplo, una organización de atención sanitaria puede firmar contratos de servicio con fabricantes de dispositivos, organizaciones de servicios independientes, o una combinación de ambos para suplir los requerimientos necesarios que presentan los equipos. Igualmente la gestión juega un papel importante en esta área debido a que deben decidir qué servicios son prestados, por qué combinación de proveedores internos y externos, sobre la base de la capacidad del establecimiento y del personal con el que cuenta la institución.

### RECURSOS

Los recursos necesarios para el plan de mantenimiento son algo complejo de calcular, debido a que entra a jugar un papel importante las personas que hacen parte del grupo de trabajo, ya que deben estar en la capacidad de dar solución a los distintos fallos que presenten los equipos de baja y alta complejidad, ya que esto ayudara a reducir un gran capital a la institución debido a que no tendrán que tercerizar el servicio. Los recursos se dividen en:

1. Recurso financiero: Los recursos financieros necesarios para un programa de mantenimiento (como componente de un programa integral de la gestión de las tecnologías sanitarias) se dividen en dos categorías: costos iniciales y costos operativos. Los costos iniciales son las inversiones que se deben realizar antes del inicio del programa. Los costos operativos son costos permanentes, necesarios para mantener en funcionamiento el programa.

Fig.-81. RECURSOS FINANCIEROS.

	Costos iniciales	Costos operativos
Recursos materiales	Espacio, herramientas, equipos de medición, computadoras, vehículos	Funcionamiento, servicios básicos, mantenimiento, calibración
Recursos humanos	Reclutamiento, capacitación inicial	Salarios, beneficios, rotación, educación continua
Mantenimiento directo	(no corresponde)	Contratos de servicio, repuestos y materiales, viajes, despacho

Fuente: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf)

El primer paso para calcular los costos es determinar qué recursos materiales y humanos se precisan, sobre la base de las cantidades y los tipos de equipos médicos en el inventario y del nivel de mantenimiento y el tipo de metodología seleccionada. Los costos iniciales y operativos luego se calculan con las tasas aplicables en el país o región. Los costos directos del mantenimiento pueden ser difíciles de calcular inicialmente, pero esto mejorará con el tiempo y la experiencia. Sin embargo, los costos de los contratos de servicio se pueden determinar mediante la negociación con proveedores externos. Este tipo de servicio se puede contratar sobre la base del tiempo y los materiales o por un periodo establecido y a un precio fijo. En cualquier caso, el costo se debe planificar por anticipado e incluir en los presupuestos pertinentes.

El coeficiente de costo de servicio es un parámetro útil para determinar la eficacia en términos financieros de un programa de mantenimiento. El coeficiente se calcula dividiendo el costo anual total de funcionamiento de un programa de mantenimiento por el valor (costo inicial) del equipo médico en el inventario.

2. Recursos materiales: se incluye un lugar de trabajo, herramientas y equipos para realizar pruebas, insumos, piezas de recambio y los manuales de uso y de servicio necesarios para realizar el mantenimiento:

- Lugar de trabajo: se debe tener presente que en este lugar se realizaran las labores de mantenimientos, que acá se encontraran los equipos y será necesario adecuar el lugar para evitar el traslado de los mismos. Un buen lugar de trabajo está limpio y bien organizado. Posee buena iluminación y cuenta con los servicios básicos que requieren los equipos (electricidad y gases medicinales, por ejemplo). En él hay mesas de trabajo y espacio suficiente para guardar herramientas y equipos de medición, piezas de recambio e insumos, y los equipos que aguardan reparación. También debe haber espacio para los registros y la documentación, los manuales de uso y de mantenimiento, y acceso a los sistemas informáticos que se necesiten.
- Herramientas y equipos de medición: La productividad de los técnicos de equipos biomédicos será limitada si no disponen de las herramientas y los equipos de medición apropiados. Cuando se planifican las compras, se debe tomar en cuenta que la inversión en herramientas y equipos de medición permitirá disminuir los costos de mantenimiento. Además, con el equipo correcto aumentará considerablemente la fiabilidad de las lecturas, la precisión de la calibración y el margen de seguridad para los pacientes y el personal, así como la eficiencia del personal a cargo del mantenimiento. Las herramientas y en particular los equipos de medición también requieren mantenimiento. Se los debe conservar en buenas condiciones, calibrar a intervalos apropiados y reparar según necesidad.
- Insumos: Se relacionan principalmente con la limpieza y la lubricación y se deben adquirir en cantidades suficientes. Los manuales de mantenimiento del fabricante advierten contra el uso de productos de limpieza inapropiados, que pueden dañar las etiquetas y las superficies plásticas de algunos equipos.
- Repuestos: es posible prever qué piezas será necesario reemplazar y con qué frecuencia, consultando las recomendaciones del fabricante. Por lo tanto, sobre la base del número de dispositivos en la institución, las piezas de repuesto (o los estuches de piezas) que se usan para el mantenimiento preventivo (como baterías, filtros, válvulas, tubos, sellos, etc.) se pueden encargar con muchos meses de anticipación, lo que permite aprovechar los descuentos por volumen, si los hubiera, y minimizar los costos de envío. Más importante todavía, los repuestos estarán a mano cuando se los necesite. Esta práctica mejorará la fiabilidad y disponibilidad de los dispositivos y aumentará la productividad del personal de mantenimiento.
- Manuales de uso y mantenimiento: el manual de uso y de mantenimiento se debe tener para cada modelo de dispositivo médico. El manual de uso es útil no solo para los usuarios del equipo sino para los técnicos, que deben conocer en detalle cómo se usa el dispositivo

en la práctica clínica. El manual de mantenimiento es fundamental para la inspección, el mantenimiento preventivo, la reparación y la calibración. La institución está en toda la autoridad de exigir estos manuales en su lengua natal y el original para corroborar que la traducción está bien hecha.

3. Recursos humanos: este es un proceso largo y permanente. El primer paso es establecer qué cantidad y clase de personal necesita un establecimiento (o un grupo de establecimientos sanitarios). Por ejemplo, un establecimiento sanitario pequeño puede tener un solo técnico que presta servicios de mantenimiento para un número reducido de dispositivos o equipos relativamente simples. Por el contrario, un departamento de ingeniería clínica responsable del mantenimiento de un gran número de establecimientos sanitarios, en particular si entre ellos hay hospitales de alta complejidad, tendrá numeroso personal técnico y de gestión, incluido especialistas en determinadas tecnologías, y múltiples niveles de supervisión. No obstante, en general el personal de ingeniería clínica se puede dividir en dos categorías: técnico y de gestión.

Fig.- 81. FUNCIONES DEL PERSONAL

Personal	Título	Función
Ingenieros	Ingeniero biomédico o ingeniero clínico	Gestión, mantenimiento especializado, supervisión de proveedores externos, evaluación de necesidades, planificación y capacitación del usuario.
	De otras disciplinas relacionadas (como ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica)	Deben realizar un curso de capacitación y obtener un certificado para trabajar en el campo de los dispositivos médicos. Su trabajo es principalmente el mantenimiento de los equipos médicos y algunas veces ocupan puestos gerenciales.
Técnicos	Técnicos en equipos biomédicos	Trabajan principalmente en la reparación y el mantenimiento de equipos médicos complejos.
	De otras disciplinas relacionadas (como técnicos electricistas o médicos, técnicos polivalentes)	Mantenimiento preventivo y reparación de equipos médicos menos complejos. Es importante que reciban capacitación especializada en dispositivos médicos de alto riesgo.
Proveedor externo	Ingeniero o técnico	Realiza el mantenimiento que no se puede realizar en la institución. Están especializados en un producto determinado y un campo específico.

Fuente: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf)

En la categoría de personal técnico entran los ingenieros y los técnicos. Los ingenieros biomédicos o clínicos tienen conocimientos de ingeniería en general, de física y

biología y de sus aplicaciones a la tecnología médica. Del mismo modo, los técnicos reciben capacitación en aspectos técnicos del mantenimiento de equipos médicos. Los ingenieros biomédicos o clínicos acceden al puesto después de completar cuatro o cinco años de estudio de licenciatura, mientras que los técnicos a menudo acceden al puesto después de dos años de capacitación posgrado y un título o certificado de estudios en electrónica biomédica o tecnología de equipos biomédicos.

Dentro del proceso del cálculo de costos, juega un papel importante la gestión, ya que ellos entran a funcionar en el momento que los equipos ya estén funcionando. La gestión tiene distintos aspectos que habitualmente se abordan al mismo tiempo, como se muestra en la siguiente figura:

Fig.- 82. GESTION DEL MANTENIMIENTO.



Fuente: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf)

- Gestión Financiera: se concentra principalmente en dos tareas: control de costos y gestión del presupuesto. Los costos se controlan documentando con precisión el tiempo y los gastos asociados con las tareas de mantenimiento. En relación con el trabajo realizado por el personal técnico, esto se hace registrando la información pertinente en un documento, la orden de servicio, que se ingresa en el sistema computarizado de gestión del mantenimiento si estuviera disponible. En cuanto al trabajo realizado por proveedores externos, los costos del contrato (o los honorarios por cada servicio por separado) se registran en la orden de servicio o en el sistema informático. El resultado es que habrá una relación de los tiempos y el gasto asociados con el mantenimiento de cada dispositivo médico en el inventario. Esta información se puede utilizar para calcular el coeficiente del costo de servicio mencionado anteriormente.

- Gestión del personal: El objetivo del manejo del personal es brindar apoyo a los recursos humanos del programa de mantenimiento, para que se cumplan los objetivos. La asignación de tareas se debe realizar de acuerdo con los conocimientos del personal técnico y con el fin de promover la eficiencia. Habitualmente, al personal técnico se le asignan responsabilidades que constituyen una combinación de tareas de inspección y mantenimiento preventivo y tareas de mantenimiento correctivo. Sin embargo, pueden darse casos en los que es apropiado poner énfasis en uno u otro tipo de mantenimiento. El manejo del personal también incluye la supervisión de los proveedores externos cuando es necesario externalizar el mantenimiento. Es importante controlar periódicamente la productividad del personal técnico propio y externo.
- Gestión operativa: Se seleccionan o registran por escrito procedimientos que incluyan verificación y mantenimiento suficientes para dispositivos específicos, de acuerdo con sus características. El proceso de selección o de registro debe comenzar por un buen conocimiento de la tecnología en general y del modelo relevante. Para poder llevar a cabo este tipo de gestión se requiere que los manuales estén bien formulados y sean comprensibles, expliquen claramente cada paso, expliquen qué equipos de medición son necesarios, explique cuáles son los límites inferiores y superiores para las mediciones que realizarán los técnicos en equipos biomédicos, muestren cómo reemplazar las piezas, establezcan con qué frecuencia es necesario realizar los pasos establecidos, estén redactados en el idioma más utilizado en la región o el país. Si esto no es posible, el departamento deberá considerar si la compra es conveniente o si puede encargarse de traducir los manuales.
- Seguimiento del desempeño: La medición del desempeño es un elemento importante para la gestión eficaz del programa de mantenimiento. Para la mayoría de las mediciones de desempeño no hay un patrón o un valor de referencia para la comparación. En estos casos, el gestor debe realizar un seguimiento en el tiempo, investigar las tendencias significativas e identificar oportunidades para mejorar el desempeño. También es importante comunicarse regularmente con colegas que gestionan programas similares. Comparando los datos de desempeño, los gestores pueden detectar y aprovechar las oportunidades para mejorarlo. Quienes tengan los recursos financieros necesarios pueden considerar la posibilidad de contratar servicios de evaluación comparativa que servirán de apoyo para un seguimiento estrecho del desempeño.

- Mejora del desempeño: El proceso de mejora del desempeño incluye los siguientes pasos:
  - ✓ Identificar oportunidades para mejorar el desempeño. Es uno de los resultados del seguimiento estrecho y exhaustivo del desempeño, como se mencionó más arriba.
  - ✓ Identificar las prácticas óptimas. Son prácticas reconocidas en la profesión que conducen a la mejora del desempeño. Se encuentran en la bibliografía sobre ingeniería clínica y mediante la colaboración con los colegas.
  - ✓ Mejorar el desempeño. Los proyectos de mejora del desempeño se deben basar en prácticas óptimas. Se debe realizar un seguimiento cuidadoso del aspecto del desempeño seleccionado para mejorar hasta que se alcanza el nivel buscado.

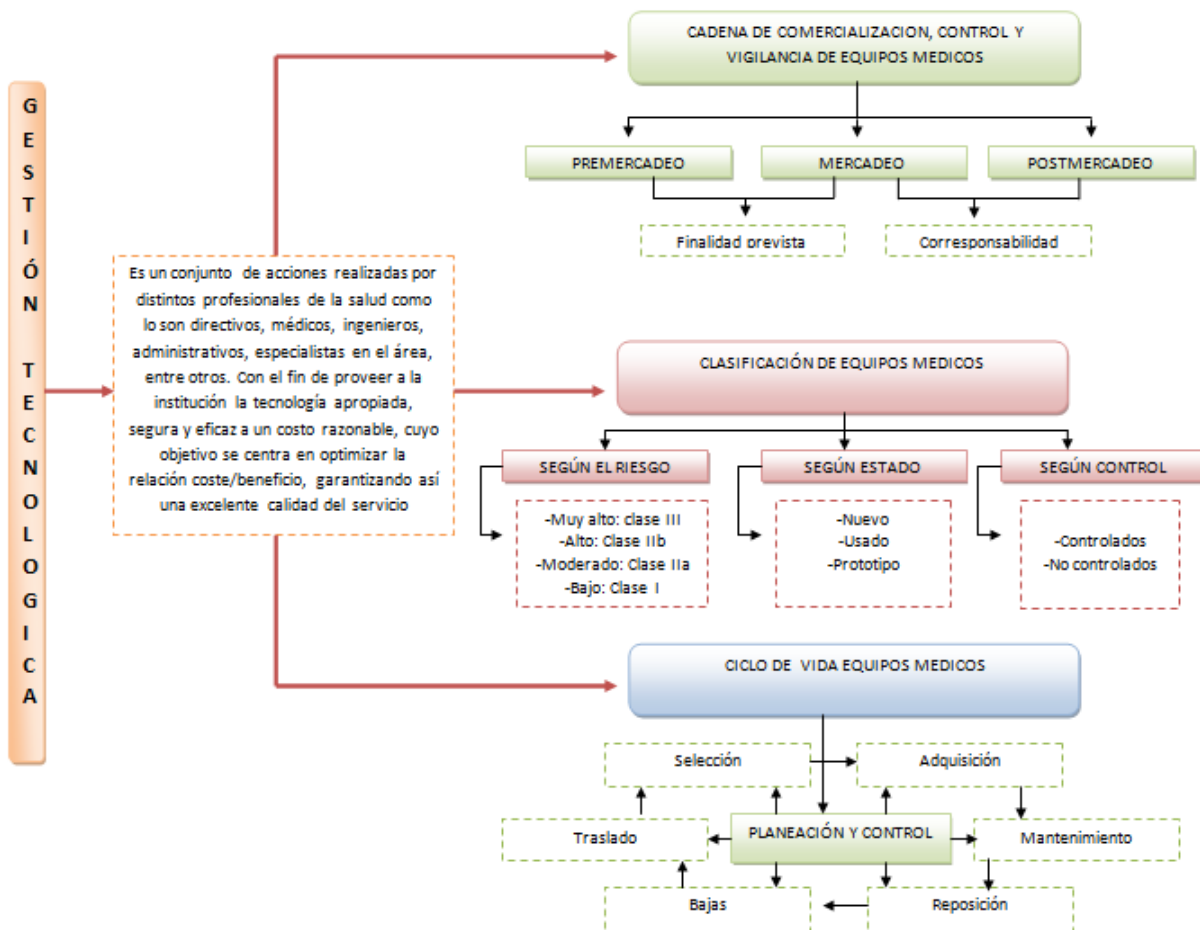
Es necesario medir sistemáticamente el resultado de los cambios realizados para determinar si realmente mejoran el desempeño y la calidad. Esto se puede hacer: a) calculando cuidadosamente los indicadores de desempeño y calidad en distintos periodos (meses o trimestres); b) modificando la manera en que se hacen las cosas, y c) continuando con las mediciones de desempeño y calidad. Si se demuestra que con los nuevos procedimientos se logran cambios positivos, el cambio ha sido eficaz. Si los indicadores no mejoran, es preciso revisar el análisis de desempeño original, realizar los ajustes correspondientes y repetir el proceso. Este enfoque sistemático para mejorar el desempeño de un programa puede tener efectos muy positivos en algunos años.

Para el caso de los electrocardiógrafos, electroencefalógrafos, electromiografos y electrooculografos, es indispensable tener personal capacitado para su manejo con pacientes y para la realización de los mantenimientos, ya que esto prolongara la vida útil de mi equipo y ayudara a contribuir al buen manejo de recursos financieros en la institución. Además antes de realizar la compra se debe tener en cuenta los repuestos, insumos, herramientas y recursos que voy a utilizar a lo largo del tiempo que el equipo este en operación, para saber si es rentable o no la compra. Además es indispensable hacer la comparación entre proveedores para escoger la oferta que más beneficios nos ofrezca de acuerdo a nuestra necesidad, pero sin descuidar que la eficiencia del mismo.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Costos de funcionamiento del equipo [13 de marzo-14]. [en línea] [consultado el 3 de septiembre de 2015] disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf)



Fig.- 83. GESTION DE TECNOLOGIA.



FUENTE: AUTORAS

## **METODOLOGÍA PROPUESTA**

La creación de la cartilla tendrá un enfoque cualitativo, el cual permite la recolección de datos sin algún tipo de medición numérica, donde se busca describir o afinar la problemática planteada en un principio. Inicialmente se realiza estado del arte, enfocado al estudio de señales electrofisiológicas, funcionamiento de componentes electrónicos y mantenimiento de equipos biomédicos por medio de libros, revistas, páginas de internet y manuales; Posterior a esto se inicia a crear la herramienta pedagógica donde se tiene en cuenta la norma NTC de 2008 (para la documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación), luego se procede a plasmar la información que consideramos relevante, para facilitar el entendimiento de nuestros lectores.

Fig.- 84. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

		Noviembre 2014	11	12	01	02	03	04	05	06-07	08-09-10	11
		NOVIEMBRE 2015										
PRIMERA ETAPA	Elección de idea											
	Problemática											
	Búsqueda de bibliografía											
	Sintetización de Bibliografía											
SEGUNDA ETAPA	Presentación de la propuesta											
	Aceptación propuesta											
	Selección temáticas abordar											
	Investigación temáticas abordar											
	sintetizarían temáticas abordar											
TERCERA ETAPA	Inicio del anteproyecto											
	Redacción del anteproyecto											
	Presentación del anteproyecto											
	Lectura asesores											
	Correcciones											
	Elaboración de correcciones											
CUARTA ETAPA	Desarrollo temáticas pendientes-Tesis											
	Presentación Tesis											
	Lectura asesores											
	Sugerencias asesores											
	Copia final de la tesis y sustentación											

Fuente: Autoras

## CONCLUSIONES

- Los cuatro equipos relacionados durante el desarrollo de este compendio, son clasificados según su uso en equipos de diagnóstico, por tanto son de gran importancia en el campo médico, para prevenir o realizar seguimiento a las diferentes patologías.
- Las actividades del Ingeniero Biomédico dentro del entorno hospitalario, implican la correcta administración del equipamiento electromédico y sus instalaciones, así como la adecuada adquisición de equipo y tecnología cumpliendo las normativas vigentes y la demanda requerida por la institución, al igual que el mantenimiento, programas de capacitación y documentación técnico/administrativa de todas las actividades llevadas a cabo.
- Es indispensable dar seguimiento de la vida útil y correcto funcionamiento de los equipos biomédicos, por tanto es importante que el Ingeniero Biomédico tenga claro el principio de funcionamiento fisiológico como electrónico, para garantizar una buena prestación del servicio al paciente o usuario.
- Al momento de adquirir tecnología biomédica se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: documentación completa, clasificación de riesgo, personal competente para la manipulación del mismo, infraestructura y acometida, área o servicio de puesta en marcha, soporte técnico, representante legal en el país.
- Es importante tener digitalizada toda la información de los equipos biomédicos para llevar una buena trazabilidad y gestión tecnológica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Historia de la electrocardiografía [13 de enero-13]. [en línea] [consultado el 18 febrero de 2015] disponible en: <http://www.electrocardiograma.org/historia-del-electrocardiografo.html>
- Historia de la electroencefalografía [01 de diciembre-12]. [en línea] [consultado el 18 febrero de 2015] disponible en: [http://www.acnweb.org/acta/2002\\_18\\_2\\_104.pdf](http://www.acnweb.org/acta/2002_18_2_104.pdf)
- Historia de la electromiografía [14 de marzo-13]. [en línea] [consultado el 20 febrero de 2015] disponible en: <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>
- Historia de la Electrooculografía [05 de agosto-12]. [en línea] [consultado el 20 febrero de 2015] disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/8625/T50.09%20O4e.pdf?sequence=1>
- Corazón [10 de marzo-13]. [en línea] [consultado el 13 Diciembre de 2014] disponible en: [http://www.texasheart.org/HIC/Anatomy\\_Esp/anato\\_sp.cfm](http://www.texasheart.org/HIC/Anatomy_Esp/anato_sp.cfm)
- Actividad eléctrica del corazón [10 de abril-13]. [en línea] [consultado el 13 Diciembre de 2014] disponible en: [http://www.electrocardiografia.es/a\\_electrica.html](http://www.electrocardiografia.es/a_electrica.html)
- Electroencefalograma [10 de Marzo-09]. [en línea] [consultado el 14 Diciembre de 2014] disponible en: <http://www.bem.fi/book/13/13.htm>
- Electromiografía [20 de junio-2013]. [en línea] [consultado el 14 Diciembre de 2014] disponible en: <http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electromiografia.pdf>
- Electrooculografía [27 de febrero-12]. [en línea] [consultado el 14 Diciembre de 2014] disponible en: <Http://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJHCI/volume5/Issue4/IJHCI-102.pdf>
- Adquisición de a señal [10 de dic-09]. [En línea] [Consultado el 18 diciembre de 2014] disponible en:  
Libro: sistemas biomédicos de medición

- Ubicación de los electrodos [10 de dic-09]. [En línea] [Consultado el 19 de diciembre de 2014] disponible en:  
<http://en.bookfi.org/book/1511157>
- Electroencefalografía [13 de junio-12]. [en línea] [Consultado el 18 de enero de 2015] disponible en:  
<http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntes/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf>
- Ubicación de los electrodos eog [20 de octubre-13]. [en línea] [consultado el 06 de enero de 2015] disponible en:  
<http://en.bookfi.org/book/1511157>
- Filtros [15 de marzo-13]. [en línea] [consultado el 10 de julio 2015] disponible en:  
<http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29861/filtros.pdf>
- Filtros [18 de enero-12]. [en línea] [consultado el 11 de junio de 2015] disponible en:  
<http://www.unicrom.com/>
- Adquisición de la señal ECG [13 de mayo-10]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en:  
Libro sistemas biomédicos de medición
- Adquisición de la señal EEG [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en:  
Libro sistemas biomédicos de medición
- Adquisición de la señal EOG [10 de dic-09]. [en línea] [consultado el 10 de Mayo de 2015] disponible en:  
Libro sistemas biomédicos de medición
- Mantenimiento [23 de dic-93]. [en línea] [consultado el 10 de julio de 2015] disponible en:  
Ley 100 de 1993
- Mantenimiento [19 de enero-2011]. [en línea] [consultado el 10 de julio de 2015] disponible en:  
Ley 1438 de 2011
- Mantenimiento [3 de agosto -94]. [en línea] [consultado el 10 de julio de 2015] disponible en:  
Decreto 1769 de 1994
- Mantenimiento [26 de dic-05]. [en línea] [consultado el 10 de julio de 2015] disponible en:  
Decreto 4735 de 2005

- Gestión de tecnología biomédica [13 de enero-13]. [en línea] [consultado el 18 de marzo de 2015] disponible en:  
<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Default.aspx>
- Teoría de iceberg [26 de enero-14]. [en línea] [consultado el 26 de agosto de 2015] disponible en:  
<http://repository.eia.edu.co/revistas/index.php/BME/article/viewFile/29/29>
- Gestión de tecnología [13 de febrero-12]. [en línea] [consultado el 18 de marzo de 2015] disponible en:  
<http://www.iue.edu.co/documents/emp/entorTecnologicos.pdf>
- Seguridad eléctrica [13 de febrero-12]. [en línea] [consultado el 18 de marzo de 2015] disponible en:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5353/1/Normas%20para%20el%20mantenimiento%20preventivo%20de%20equipos%20medicos.pdf>
- Ciclo de vida equipos médicos [06 de febrero-11]. [en línea] [consultado el 20 de marzo de 2015] disponible en:  
<http://mps1.minproteccion-social.gov.co/evtmedica/1.1%20EVALUACION%20DE%20LA%20TECNOLOGIA%20EN%20SERVICIOS%20DE%20SALUD/1.1equipamientomedico.html>