

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN
**“NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS
MÉDICOS EN LOS HOSPITALES Y CLÍNICAS DEL PAÍS “**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN
“PRINCIPIOS DE INGENIERÍA CLÍNICA”

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:

HENRRY LEOPOLDO RODRÍGUEZ MOLINA

HOLGER ELÍAS PLUAS BRAVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

RONNY GUSTAVO LOOR MENDOZA

Profesor:

MSC. MIGUEL YAPUR AUAD

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2009

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres, a mi familia y a todas las personas que han hecho posible la creación de este proyecto.

Henry

Agradezco a Dios por haber permitido lograr con mucha satisfacción mi carrera profesional.

Al MSc. Miguel Yapur Auad, que con mucho criterio supo orientarme para llevar a cabo este trabajo de graduación.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), por brindarme los sabios conocimientos profesionales a través de su honorable cuerpo de profesores.

Ronny

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme brindado salud, inteligencia y valor para cumplir cada uno de los proyectos emprendidos en mi vida, reconociendo que sin su ayuda, nada podría alcanzar.

A mis padres, George Alfredo y Zenobia Josefina, por su apoyo incondicional durante mi formación profesional, por ser una pieza clave en la obtención de mis metas propuestas, y por su ejemplo de superación, empeño y sacrificio.

Al MSc. Miguel Yapur Auad por su orientación profesional brindada durante el desarrollo de este trabajo.

A todos mis familiares y amigos, por su cariño y apoyo sincero.

Holger

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Luz y Leopoldo que me han dado todo su amor y apoyo a lo largo de esta etapa de mi vida, a mis hermanos Dennise y Joao por su apoyo, amistad y hermandad sincera.

A dos seres bellos que son mis abuelos Dora y Juvenal, que me brindaron toda bondad y ternura que guardaban en su alma, y con mucho aprecio a todos mis tíos y primos, en especial a mi tío Edilberto y hermanos de la vida Karen y Geovanny.

Henry

A mis queridos padres Anabel Mendoza M. y Gustavo Loor F., que con muchos desvelos y sacrificios lograron conducirme hasta culminar con éxito mi instrucción superior.

Ronny

DEDICATORIA

A Dios, por haber sido mi compañero fiel, protector y guía en todo momento.

A mis padres, amigos inseparables, a mis hermanos (Nurys y George), a mi abuelita Clara y a todos mis familiares, por su apoyo brindado durante esta etapa de mi vida.

A todos los buenos amigos que la vida me ha regalado y a mis compañeros de estudio, con los cuales he podido compartir innumerables experiencias.

Holger

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL” (Reglamento de graduación de la ESPOL)

Ronny Gustavo Loor Mendoza

Henry Leopoldo Rodríguez Molina

Holger Elías Plusas Bravo

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

MSc. Miguel Yapur Auad
PROFESOR DE LA MATERIA

MSc. Efrén Herrera Muentes
PROFESOR DESIGNADO

RESUMEN

El sistema de salud moderno se caracteriza por la aplicación de lo último en tecnología electrónica en los equipos médicos. El diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los pacientes depende de la tecnología aplicada.

Las condiciones en las que operan algunos centros de salud de nuestro país no son las adecuadas, por tanto disminuyen la funcionalidad de los equipos médicos porque no se aplican ciertos procedimientos importantes para su mantenimiento y buen uso.

Dadas las premisas anteriores, lo que se pretende, es establecer normas de procedimientos básicos para el uso de los equipos médicos de tal forma que éstos se encuentren en condiciones óptimas de operación, garantizando su confiabilidad, la seguridad eléctrica y la reducción de tiempos de inactividad, para así prevenir riesgos e incrementar la productividad y la calidad del servicio.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS MEDICOS.....	1
1.1. Analizador de electrolito.....	1
1.1.1. Partes principales del equipo.....	1
1.1.2. Funcionamiento.....	1
1.2. Analizador hematológico.....	3
1.2.1. Partes del equipo.....	3
1.2.2. Funcionamiento.....	4
1.3. Bomba de infusión.....	5
1.3.1. Partes del equipo.....	5
1.3.2. Funcionamiento.....	6
1.4. Centrifugadoras.....	7
1.4.1. Partes de los equipos.....	7
1.4.2. Clasificación.....	9

1.4.3. Funcionamiento	9
1.5. Desfibrilador.....	10
1.5.1. Elementos básicos.....	10
1.5.2. Funcionamiento	11
1.6. Electroestimulador.....	12
1.6.1. Partes principales del equipo.....	12
1.6.2. Funcionamiento	13
1.7. Electrocardiógrafo.....	13
1.7.1. Diagramas de bloques básicos del electrocardiógrafo	14
1.7.2. Funcionamiento	14
1.8. Espectrofotómetro.....	19
1.8.1. Partes principales del equipo.....	19
1.8.2. Funcionamiento	19
1.9. Esterilizador a vapor	20
1.9.1. Partes del equipo.....	20
1.9.2. Funcionamiento	21
1.10. Fotocolorímetro.....	23
1.10.1. Partes principales del equipo.....	23
1.10.2. Funcionamiento	23
1.11. Incubadora para neonatos	25
1.11.1. Descripción física del equipo	26
1.11.2. Funcionamiento	27

1.12. Microscopio para laboratorio clínico.....	29
1.12.1. Partes del equipo.....	30
1.12.2. Funcionamiento	31
1.13. Microscopio quirúrgico	33
1.13.1. Partes del equipo.....	34
1.13.2. Funcionamiento	36
1.14. Monitor de signos vitales.....	37
1.14.1. Partes del equipo.....	37
1.14.2. Funcionamiento	38
1.15. Oxímetro de pulso.....	39
1.15.1. Partes del equipo.....	39
1.15.2. Funcionamiento	41

CAPÍTULO 2

SEGURIDAD ELÉCTRICA.....	42
2.1. Fisiología del shock eléctrico	42
2.2. Conexiones a tierra.....	48
2.3. Corrientes de fuga	52
2.3.1. Corrientes de fuga a tierra	55
2.3.2. Corrientes de fuga en el chasis.....	56
2.3.3. Corrientes de fuga a través del paciente.....	56
2.4. Clasificación de los equipos electrónicos para uso médico	57

2.4.1. Tipo de protección.....	57
2.4.1.1. Protección tipo I	57
2.4.1.2. Protección tipo II	58
2.4.1.3. Protección tipo III	59
2.4.1.4. Simbología de los tipos de protección que debe indicarse en los equipos electrónicos de uso médico	60
2.4.2. Niveles de protección	61
2.4.2.1. Equipos tipo B.....	61
2.4.2.2. Equipos tipo BF.....	61
2.4.2.3. Equipos tipo CF.....	61
2.4.2.4. Simbología de los niveles de protección que debe indicarse en los equipos electrónicos de uso médico	62
2.5. Normas para la aplicación de equipos seguros	63
2.6. Inspección de seguridad eléctrica.....	66
2.6.1. Procedimiento para medir las corrientes de fuga en el chasis del equipo.....	66
2.6.2. Procedimiento para medir las corrientes de fuga en los cables...	67
2.6.3. Procedimiento para medir la resistencia de aislamiento	67
2.7. Límites máximos de corrientes de fuga según el NEC, NFPA y límites de corriente seguros según la AAMI.....	68
2.8. Estándares para prueba de seguridad.....	68

CAPÍTULO 3

MANTENIMIENTO PREVENTIVO	70
3.1. Introducción	70
3.2. Procedimiento general del Mantenimiento Preventivo	71
3.2.1. Inspección de las condiciones ambientales del equipo	71
3.2.1.1. Humedad.....	72
3.2.1.2. Vibraciones mecánicas	72
3.2.1.3. Polvo	72
3.2.1.4. Seguridad de la instalación eléctrica.....	73
3.2.1.5. Temperatura.....	73
3.2.2. Inspección externa e interna del equipo	74
3.2.3. Limpieza externa e interna del equipo	74
3.2.4. Lubricación y engrase de partes del equipo	75
3.2.5. Reemplazo de ciertas partes del equipo.....	75
3.2.6. Ajuste y calibración.....	76
3.2.7. Revisión de seguridad eléctrica.....	77
3.2.8. Pruebas de funcionamiento	77
3.3. Frecuencia del mantenimiento preventivo.....	77
3.4. Frecuencia de aplicación de las rutinas de inspección según la AAMI	79
3.5. Documentación.....	79
3.5.1. Instructivo de uso de los formatos para realizar los informes de mantenimiento preventivo.....	80

3.5.1.1. Especificaciones técnicas	80
3.5.1.2. Hoja de vida	81

CAPÍTULO 4

NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS EQUIPOS

MÉDICOS	83
4.1. Analizador de electrolito	83
4.1.1. Mantenimiento preventivo	83
4.1.2. Prueba de seguridad eléctrica	85
4.2. Analizador hematológico	86
4.2.1. Mantenimiento preventivo	86
4.2.2. Prueba de seguridad eléctrica	87
4.3. Bomba de infusión	88
4.3.1. Mantenimiento preventivo	88
4.3.2. Prueba de seguridad eléctrica	90
4.4. Centrifugadoras	91
4.4.1. Mantenimiento preventivo	91
4.4.2. Prueba de seguridad eléctrica	93
4.5. Desfibrilador	94
4.5.1. Mantenimiento preventivo	94
4.5.2. Prueba de seguridad eléctrica	95
4.6. Electrobisturí	96

4.6.1. Mantenimiento preventivo.....	96
4.6.2. Prueba de seguridad eléctrica	97
4.7. Electrocardiógrafo.....	98
4.7.1. Mantenimiento preventivo.....	98
4.7.2. Prueba de seguridad eléctrica	100
4.8. Espectrofotómetro.....	101
4.8.1. Mantenimiento preventivo.....	101
4.8.2. Prueba de seguridad eléctrica	102
4.9. Esterilizador a vapor	103
4.9.1. Mantenimiento preventivo.....	103
4.9.2. Prueba de seguridad eléctrica	104
4.10. Fotocolorímetro.....	105
4.10.1. Mantenimiento preventivo.....	105
4.10.2. Prueba de seguridad eléctrica	106
4.11. Incubadora para neonatos	107
4.11.1. Mantenimiento preventivo.....	107
4.11.2. Prueba de seguridad eléctrica	108
4.12. Microscopio para laboratorio clínico.....	109
4.12.1. Mantenimiento preventivo.....	109
4.12.2. Prueba de seguridad eléctrica	111
4.13. Microscopio quirúrgico	112
4.13.1. Mantenimiento preventivo.....	112

4.13.2. Prueba de seguridad eléctrica	113
4.14. Monitor de signos vitales.....	114
4.14.1. Mantenimiento preventivo.....	114
4.14.2. Prueba de seguridad eléctrica	115
4.15. Oxímetro de pulso.....	116
4.15.1. Mantenimiento preventivo.....	116
4.15.2. Prueba de seguridad eléctrica	116

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Principio de medición del analizador de electrolito	2
Figura 1.2.	Sistema de medición del analizador de electrolito	3
Figura 1.3.	Contador de células de sangre	5
Figura 1.4.	Partes de la bomba de infusión.....	6
Figura 1.5.	Sensor de flujo	7
Figura 1.6.	Centrifugadora	8
Figura 1.7.	Esquema básico de un desfibrilador	11
Figura 1.8.	Esquema básico del electrobisturí.	12
Figura 1.9.	Diagrama de bloques básico del electrocardiógrafo.	14
Figura 1.10.	Obtención del EKG de 12 derivaciones.....	17
Figura 1.11.	Onda patrón de un electrocardiograma.....	18
Figura 1.12.	Principio de funcionamiento del espectrofotómetro.....	20
Figura 1.13.	Partes básicas del esterilizador a vapor.....	21
Figura 1.14.	Principio de funcionamiento del fotocolorímetro	24
Figura 1.15.	Modelo de una incubadora para neonatos.....	25
Figura 1.16.	Componentes involucrados en la circulación del aire (Vista lateral)	26
Figura 1.17.	Microscopio para laboratorio clínico.....	31
Figura 1.18.	Microscopio quirúrgico con soporte de suelo	33
Figura 1.19.	Microscopio quirúrgico de techo, montado sobre rieles	34
Figura 1.20.	Monitor de signos vitales.....	39

Figura 1.21. Oxímetro de pulso tipo pinza para dedo.....	40
Figura 1.22. Oxímetro de pulso de tipo pinza para oreja.....	40
Figura 1.23. Sensor multiuso, diseñado para una variedad de usos. Aplicable para neonatos, y monitoreo de adultos en cualquier sitio del cuerpo	40
Figura 2.1. Diferencia de potencial desarrollada en células musculares....	44
Figura 2.2. Conexión con tierra	49
Figura 2.3. Conexión sin tierra	49
Figura 2.4. Circuito de falla, con el chasis conectado al cable de tierra.....	50
Figura 2.5. Situación de una mala conexión a tierra	51
Figura 2.6. Circuito eléctrico equivalente de la figura 2.5.....	51
Figura 2.7. Tierras equipotenciales	52
Figura 2.8. Acoplamiento capacitivo e inductivo	53
Figura 2.9. Capacitancias creadas por los cables dentro de las líneas de energía.....	54
Figura 2.10. Corriente de fuga a tierra	55
Figura 2.11. Corriente de fuga en el chasis	56
Figura 2.12. Corriente de fuga a través del paciente	57
Figura 2.13. Protección tipo I	58
Figura 2.14. Protección tipo II	59
Figura 2.15. Protección tipo III	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Derivaciones bipolares, unipolares y precordiales.....	15
Tabla 2.1.	Corrientes de macroshock para 115 V - 60hz	46
Tabla 2.2.	Corrientes de microshock para 115 V - 60hz.....	47
Tabla 2.3.	Simbología de los tipos de protección que deben indicarse en los equipos electrónicos de uso médico.....	60
Tabla 2.4.	Simbología de los niveles de protección de los equipos electrónicos de uso médico.....	62
Tabla 2.5.	Estándares recomendados de equipos bio – tecnológicos (76BT y AAMI)	68
Tabla 2.6.	Estándares para prueba de seguridad.....	69
Tabla 3.1.	Intervalos de inspección recomendados por la AAMI	79
Tabla 4.1.	Proporción de flujo y volumen entregado por la bomba de infusión.....	89

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en la elaboración de normas para realizar el mantenimiento preventivo de los equipos médicos básicos que se encuentran en las diferentes áreas de hospitales, clínicas y centros de salud del país, debido a que el tratamiento y manejo de estos equipos, en algunos casos, no es el adecuado. Así mismo se presenta un procedimiento general para verificar la seguridad eléctrica y la confiabilidad de los equipos médicos, especialmente en las áreas críticas.

Conociendo el funcionamiento, la descripción de las partes generales, buenos procedimientos y uso adecuado de dichos equipos médicos, se pone a disposición del personal de mantenimiento este trabajo, para que los equipos electrónicos de uso médico operen en óptimas condiciones cumpliendo su tiempo de vida útil.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS

1.1. ANALIZADOR DE ELECTROLITO

Equipo de laboratorio clínico, controlado por un microprocesador que realiza la determinación de sodio, potasio, cloro, calcio y pH en suero, plasma, sangre y orina a través de la medición de potenciales (mV).

1.1.1. PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO

- Electrodo de referencia.
- Electroodos selectivos.
- Un panel de control y un despliegue visual.
- La tarjeta electrónica con su microprocesador.

1.1.2. FUNCIONAMIENTO

La determinación de los electrolitos en muestras se efectúa mediante el principio de medición de potenciales (mV) a electrodos selectivos de iones. Cuando la membrana de los electrodos de cada uno de los iones de sodio, potasio, cloro, calcio y pH, se sumerge en la solución, las partículas cargadas (iones) se acumulan sobre la membrana hasta alcanzar

el equilibrio dinámico, formándose un potencial. El potencial de cada electrodo se mide con respecto a un voltaje fijo y estable determinado por el electrodo de referencia (de plata o de cloruro de plata).

El potencial es conducido por el electrodo interno a una tarjeta electrónica controlada por un microprocesador donde se obtiene la concentración de un ión en la muestra. Se puede decir que, un electrodo selectivo de iones consiste en una membrana que selecciona a un ión determinado. Ver las figuras 1.1 y 1.2.

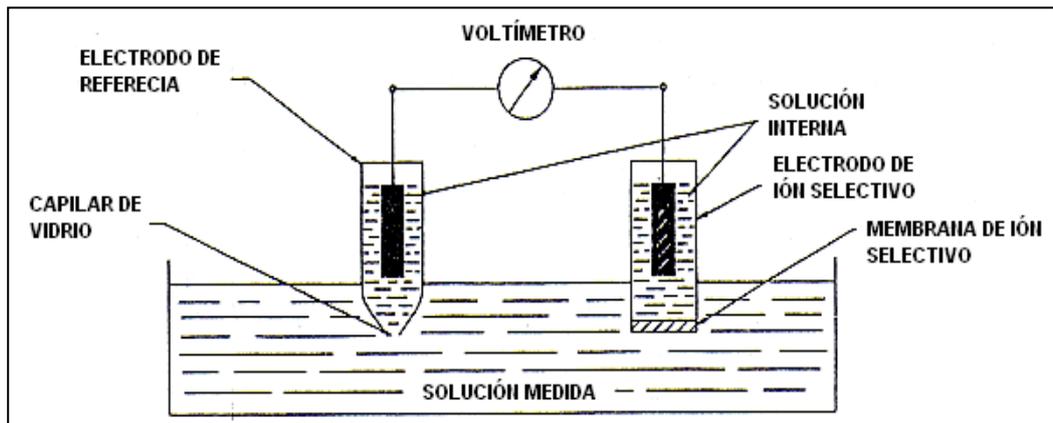


Figura 1.1. Principio de medición del analizador de electrolito.

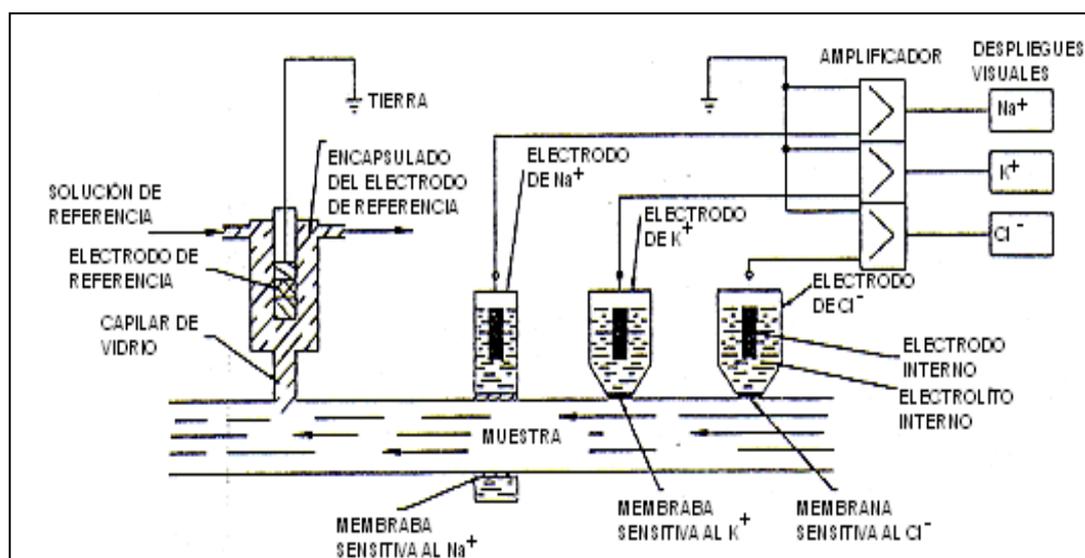


Figura 1.2. Sistema de medición del analizador de electrolito.

1.2. ANALIZADOR HEMATOLÓGICO

Es un equipo que permite el análisis in-vitro de muestras de sangre. Puede obtener hasta 18 parámetros de la sangre, entre los cuales se encuentran los glóbulos blancos o leucocitos; glóbulos rojos o eritrocitos; hemoglobina; hematocrito; volumen corpuscular medio; hemoglobina corpuscular media; concentración corpuscular media de hemoglobina; índice de distribución de los eritrocitos; plaquetas; volumen plaquetario medio, etc.

1.2.1. PARTES DEL EQUIPO

El equipo es compacto y consta de las siguientes partes:

- La tarjeta electrónica.

- La neumática de dilución: Compuesta por válvulas, mangueras y bomba de presión y bomba de vacío.
- Un panel de control con el respectivo despliegue visual.

1.2.2. FUNCIONAMIENTO

El principio de medida se basa en la variación de impedancia entregada por el paso de la célula a través de un micro-orificio calibrado.

La muestra se diluye en una solución electrolítica (diluyente, conductor de corriente). La conductividad del diluyente es muy diferente a la de las células. La dilución es aspirada a través de un micro-orificio calibrado en el cual, a cada lado del orificio se encuentran dos electrodos por los que circula una corriente constante.

Cuando la célula atraviesa el orificio, la resistencia eléctrica (o impedancia) entre los dos electrodos aumenta de manera proporcional al volumen de la célula. De esta manera, cuenta las diferentes células que componen la sangre y las clasifica según su volumen. Ver figura 1.3.

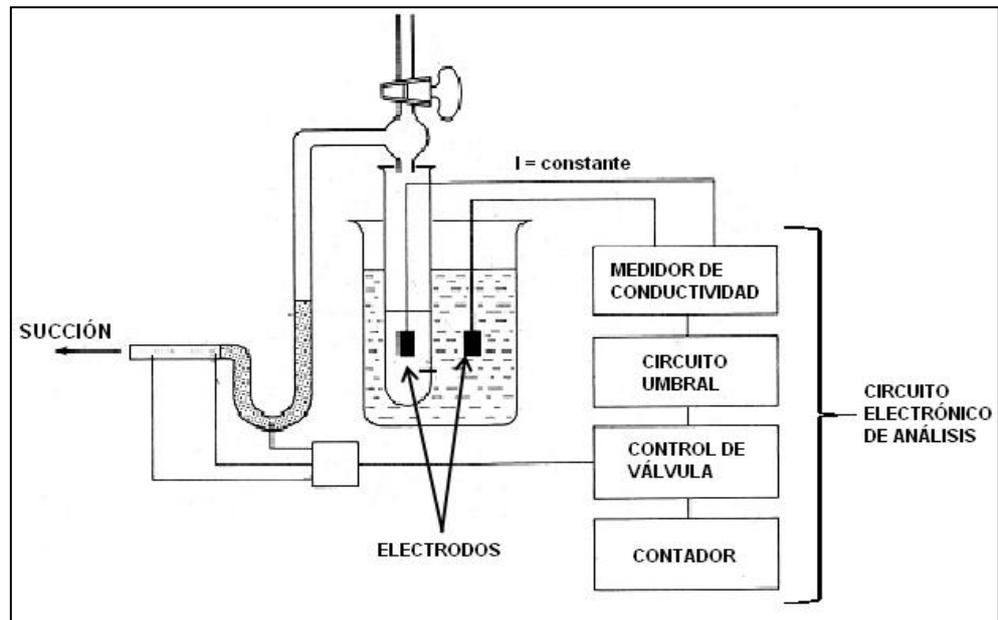


Figura 1.3. Contador de células de sangre.

1.3. BOMBA DE INFUSIÓN

Es un dispositivo electrónicamente controlado y programado que permite entregar cantidades constantes y exactas de fluido en un período de tiempo especificado. Éste dosifica el medicamento y puede ser introducido en el organismo por varias vías (intravenosa, intramuscular o respiratoria).

1.3.1. PARTES DEL EQUIPO

- Controles e indicadores.
- Despliegues visuales.
- Transductor de presión.

- Mecanismo de bombeo.
- Detector de burbujas de aire.
- Batería.
- Sensor de flujo, el cual avisa al usuario si el recipiente está vacío. Es un dispositivo opcional. (Ver figuras 1.4 y 1.5).

1.3.2. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del equipo es automático, ya que seleccionando los parámetros del flujo en volumen/tiempo y mediante circuitería electrónica, permite controlar el mecanismo de bombeo del equipo el cual se basa en un transductor de presión que regula el control de líquido a suministrar al paciente. Adicionalmente, estos equipos poseen un sensor que controla la cantidad de medicamento que queda en el frasco y alarmas para avisar cuando está por acabarse.

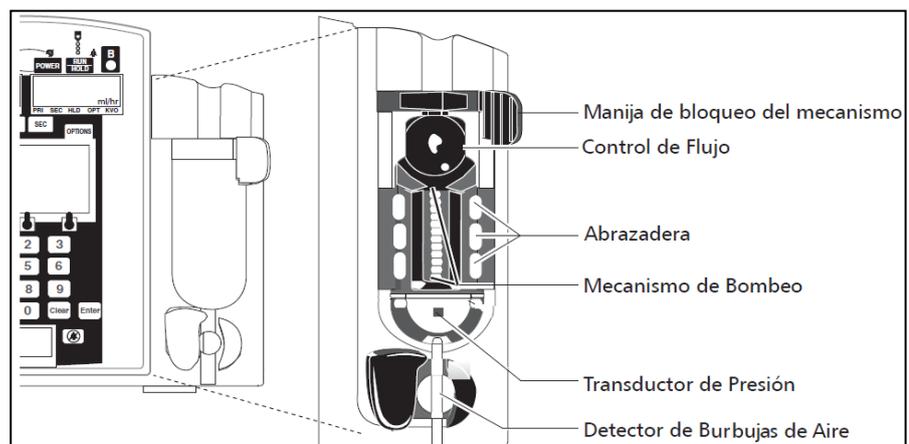


Figura 1.4. Partes de la bomba de infusión.

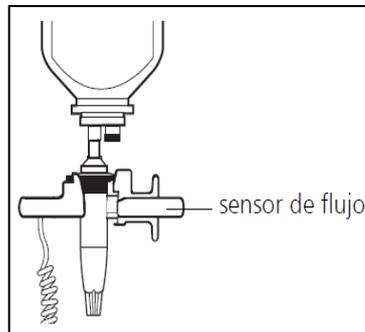


Figura 1.5. Sensor de flujo.

1.4. CENTRIFUGADORAS

Es un equipo utilizado en los laboratorios clínicos, para la separación de una muestra líquida en sus componentes de acuerdo a sus densidades, utilizando la fuerza centrífuga.

1.4.1. PARTES DEL EQUIPO

- **Tapa:** Impide el acceso a las muestras, mientras éstas están en movimiento.
- **Cámara o gabinete:** Es el espacio físico donde se realiza el proceso de centrifugación.
- **Soporte o base:** Es generalmente de materiales pesados y con sistemas de fijación a las superficies, de modo que brinde estabilidad al equipo.

- **Interruptor de encendido:** Controla el suministro de energía al equipo.
- **Control de Tiempo:** Controla el tiempo de centrifugación.
- **Despliegues visuales:** Muestran la velocidad de centrifugación, en revoluciones por minuto (RPM) y el tiempo de centrifugación.
- **Freno manual o automático:** Permite realizar la parada de la centrifugadora con mayor rapidez.
- **Control de velocidad:** Permite controlar la velocidad de centrifugación.
- **El rotor:** Es la parte en la cual se colocan los porta-muestras.
- **Porta-muestras:** Son recipientes donde se colocan las muestras. Ver Figura 1.6.



Figura 1.6. Centrifugadora.

1.4.2. CLASIFICACIÓN

Existen dos tipos de centrifugadoras:

- Macro - centrifugadoras: Se usan para realizar análisis de orina o de sangre.
- Micro - centrifugadoras: Se usan para realizar el análisis que permite determinar el hematocrito

1.4.3. FUNCIONAMIENTO

Una centrifugadora consiste de un motor que hace girar un eje (sistema de transmisión), que se encuentra acoplado a un rotor ó cabezal, que es el soporte en el que se encuentran los recipientes con el material que se va a centrifugar.

El rotor es la parte más importante de la centrifugadora; dependiendo del tipo de rotor (horizontal o ángulo fijo), se realiza la separación de la muestra.

El rotor horizontal está formado por un soporte al que se adaptan recipientes que permiten alojar desde dos o varios tubos o porta-muestras (dependiendo de su tamaño) en posición vertical cuando están en reposo, y adoptan una posición horizontal en la rotación (fuerza centrífuga).

En los rotores de ángulo fijo los tubos se adaptan a una cavidad que presenta un ángulo entre 25 y 45° respecto al eje vertical de rotación. Durante el movimiento las partículas chocan contra la pared del tubo, de manera que el sedimento queda repartido entre el fondo y la pared inferior del mismo.

Es necesario mantener la paridad en la colocación de los tubos para mantener el equilibrio en el proceso de rotación.

1.5. DESFIBRILADOR

Es un equipo electrónico de alto voltaje, utilizado para restaurar distintos trastornos del ritmo cardiaco o para hacer que el corazón retorne a su ritmo eléctrico normal, mediante la aplicación de una breve, pero intensa descarga eléctrica.

1.5.1. ELEMENTOS BÁSICOS

- **Generador de alto voltaje.**
- **Capacitor:** Elemento que se carga o almacena la energía necesaria, de tal forma que al descargarse se consiga la desfibrilación.
- **Paletas:** Elementos por donde se descarga la energía hacia el paciente. Ver figura 1.7.

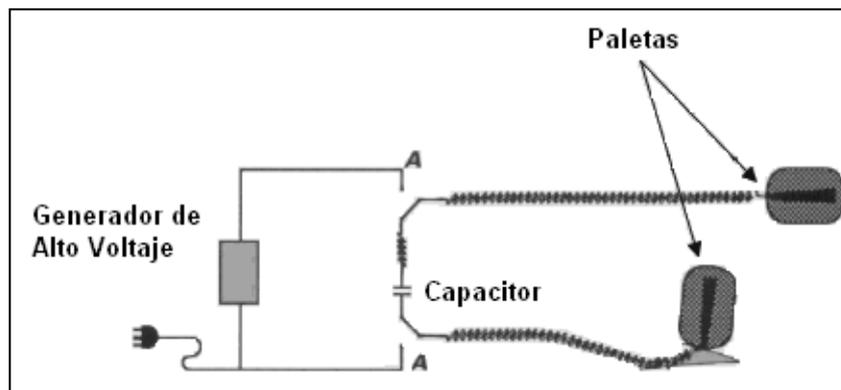


Figura 1.7.- Esquema básico de un desfibrilador.

1.5.2. FUNCIONAMIENTO

Un desfibrilador posee dos terminales denominados paletas, los cuales tienen una polaridad definida y son el sitio de contacto eléctrico entre el equipo y el paciente; es decir, forman el elemento que entrega la energía de desfibrilación.

El desfibrilador almacena energía eléctrica en el capacitor, el cual recibe corriente proveniente de las baterías que a su vez permanecen cargadas mediante la alimentación permanente de la corriente alterna. Cuando se pone en funcionamiento el desfibrilador, el capacitor se carga de energía y la mantiene disponible hasta descargarla en el paciente una vez que se acciona el botón de mando adecuado.

1.6. ELECTROBISTURÍ

Equipo usado en el quirófano para la electrocirugía. Es un equipo electrónico, que genera corrientes de alta frecuencia, con las que se puede cortar tejidos vivos y coagular vasos sanguíneos sangrantes.

1.6.1. PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO

- Fuente generadora de radiofrecuencia (RF).
- Mango quirúrgico.
- Electrodo activo (punta del bisturí).
- Electrodo neutro o placa paciente (hacia donde se dirigen las corrientes de radiofrecuencia RF). Ver Figura 1.8.

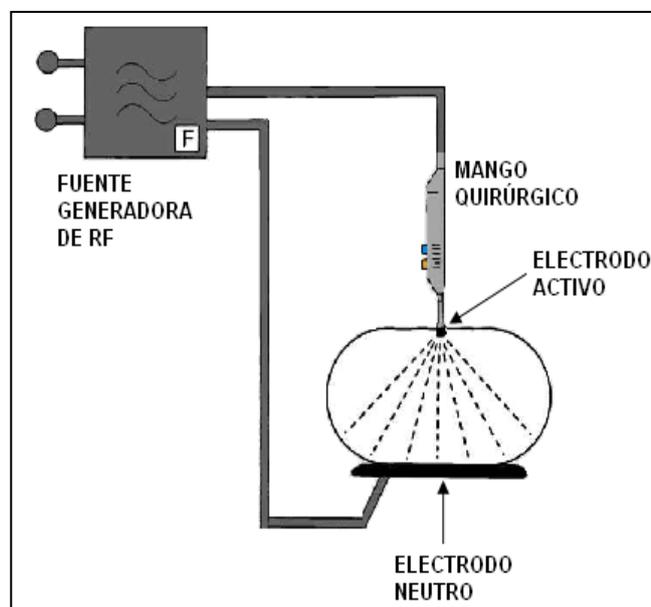


Figura 1.8.- Esquema básico del electrobisturí.

1.6.2. FUNCIONAMIENTO

La fuente generadora de radiofrecuencia es el elemento que transforma la energía eléctrica de la red de suministro en una corriente de alta frecuencia.

Esta corriente se conduce hacia un mango quirúrgico que porta el electrodo activo, el cual tiene forma de lápiz. En la punta de este electrodo se produce una alta concentración de líneas de flujo aplicadas a una pequeña área de la piel, incrementando la densidad de corriente ($J = \text{corriente}/\text{área}$) que permite el corte controlado del tejido. El circuito se cierra a través del cable de línea del electrodo neutro o placa de paciente.

La activación del generador de alta frecuencia se efectúa a través de un interruptor de pedal o un interruptor digital en el mango quirúrgico.

1.7. ELECTROCARDIÓGRAFO

Equipo usado esencialmente en las áreas de cardiología y de cuidados intensivos. Este equipo electrónico, capta, amplifica, filtra y registra en el papel, la actividad eléctrica del corazón, la cual es tomada a través de electrodos colocados en la piel del paciente.

Es el instrumento principal de la electrofisiología cardíaca y tiene una función relevante en el diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares, alteraciones metabólicas y la predisposición a una muerte súbita cardíaca.

1.7.1. DIAGRAMA DE BLOQUES BÁSICO DEL EQUIPO

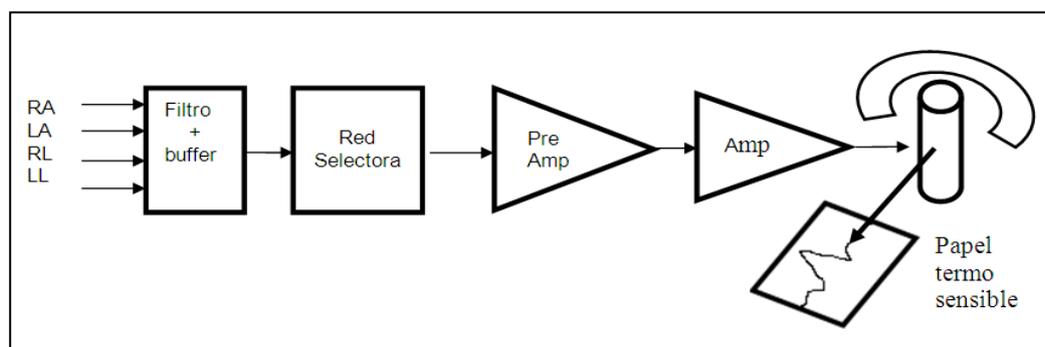


Figura 1.9. Diagrama de bloques básico del electrocardiógrafo.

1.7.2. FUNCIONAMIENTO

El electrocardiógrafo permite la medición del potencial eléctrico entre varios puntos corporales. La ubicación de los electrodos en distintas zonas del cuerpo permite analizar la actividad eléctrica cardíaca. El EKG considera: 6 derivaciones en el plano frontal (3 bipolares y 3 unipolares) y 6 derivaciones en el plano transversal (precordiales). Ver figura 1.10.

Tabla 1.1.

DERIVACIONES BIPOLARES	
1^{era} Derivación D1	Diferencia de potencial entre el electrodo positivo del brazo izquierdo y el electrodo negativo del brazo derecho.
2^{da} Derivación D2	Diferencia de potencial entre el electrodo positivo de la pierna izquierda y el electrodo negativo del brazo derecho.
3^{era} Derivación D3	Diferencia de potencial entre el electrodo positivo de la pierna izquierda y el electrodo negativo del brazo izquierdo.
DERIVACIONES UNIPOLARES	
aVR	El electrodo positivo está en el brazo derecho y es comparado con los electrodos de la pierna izquierda y del brazo izquierdo.
aVL	El electrodo positivo está en el brazo izquierdo y es comparado con los electrodos de la pierna izquierda y del brazo derecho.
aVF	El electrodo positivo está en la pierna izquierda y es comparado con los electrodos del brazo izquierdo y del brazo derecho.

DERIVACIONES PRECORDIALES	
V1	4to espacio intercostal derecho contiguo al esternón
V2	4to espacio intercostal izquierdo contiguo al esternón
V3	Mitad entre V2 y V4.
V4	5to espacio intercostal izquierdo, siguiendo la línea clavicular
V5	5to espacio intercostal izquierdo, sobre la línea axilar anterior.
V6	5to espacio intercostal izquierdo, sobre línea axilar media.

La Figura 1.11, muestra el trazado típico de un electrocardiograma registrando un latido cardíaco normal que consiste en:

- La onda P, la cual indica la contracción de las aurículas.
- El complejo QRS, que indica la contracción ventricular.
- La onda T, que representa la relajación muscular de los ventrículos.
- La zona J, que describe la parte vulnerable del corazón cuando ingresan corrientes externas.

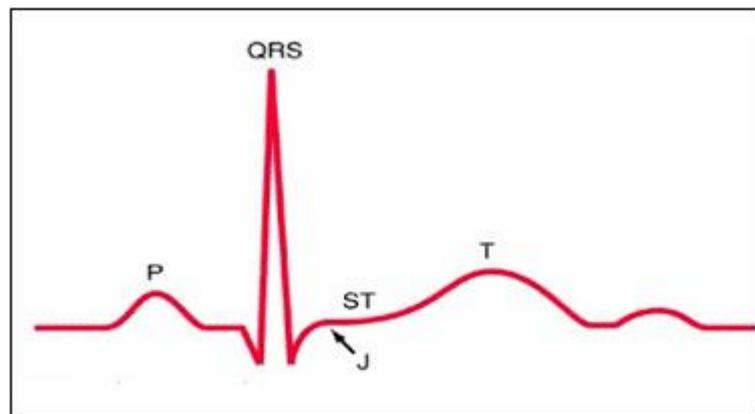


Figura 1.11. Onda patrón de un Electrocardiograma.

1.8. ESPECTROFOTÓMETRO

Es un instrumento utilizado en los laboratorios clínicos, que cuantifica la intensidad de la luz absorbida por un compuesto (normalmente en solución). La luz absorbida para cada longitud de onda es proporcional a la concentración del compuesto en la solución.

1.8.1. PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO

- Fuente de luz.
- Prisma (descompone la luz).
- Sensor óptico.
- Despliegues visuales.
- La tarjeta electrónica con su microprocesador.

1.8.2. FUNCIONAMIENTO

Una fuente de luz blanca se concentra en un prisma, el cual separa la luz en diferentes longitudes de onda continuas (colores) y permite que solo una longitud de onda pase a través de una rendija y la muestra a ser analizada, para luego llegar al sensor óptico donde es medida y mediante cálculos matemáticos se convierte en unidades de absorbancia, lo que permite determinar la concentración de la sustancia absorbente de luz presente en la muestra.

Puede trabajar en los rangos del espectro de luz visible, ultravioleta e infrarroja. Ver Figura 1.12

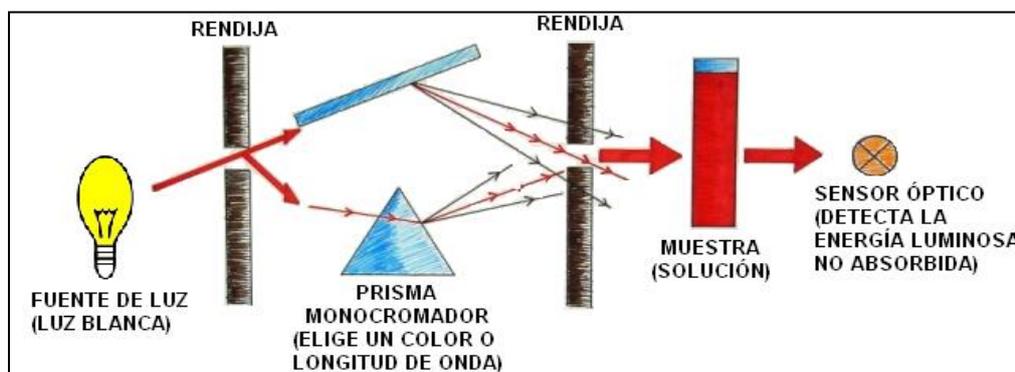


Figura 1.12. Principio de funcionamiento del espectrofotómetro.

1.9. ESTERILIZADOR A VAPOR

El esterilizador elimina todos los microorganismos que están dentro de un objeto o sustancia. La esterilización a vapor es uno de los métodos más antiguos y mayormente usado en los hospitales a nivel mundial. Este método de esterilización es seguro y no contaminante.

1.9.1. PARTES DEL EQUIPO

- Válvula de seguridad.
- Manómetro de la cámara.
- Manómetro de la pre-cámara.
- Empaque de compuerta.
- Compuerta.

- Cámara.
- Pre-cámara.
- Termómetro.
- Válvula reguladora de presión.
- Trampa de vapor. Ver figura 1.13.

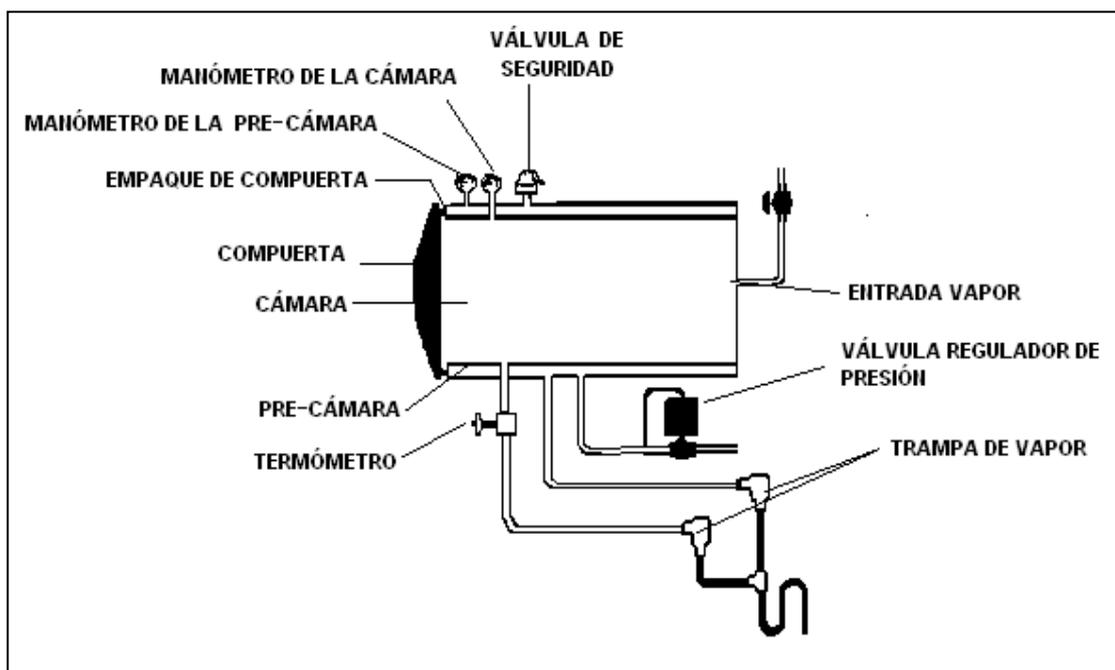


FIGURA 1.13. Partes básicas del esterilizador a vapor.

1.9.2. FUNCIONAMIENTO

Los objetos a esterilizar deben limpiarse de cualquier residuo, como heces y sangre, luego deben ser lavados con agua destilada o desmineralizada para remover los residuos del detergente.

Luego de esto, los objetos deben ser puestos en paquetes dentro de la cámara y se debe seleccionar el tiempo y temperatura de acuerdo al material a esterilizar.

Cuando el vapor entra a la cámara de esterilización, hace contacto con la capa exterior más fresca de la envoltura y se condensa en ella, dejando una pequeña cantidad de agua entre éstos para que se transfiera calor. La condensación del vapor también causa un decremento en su volumen y permite que entre más vapor a la cámara para reemplazar lo que se condensó.

El vapor no continúa condensándose en la capa externa, la cual ya está a la temperatura del vapor, pero si lo hace en la siguiente capa interior, este proceso continúa hasta que el vapor haya calentado todos los objetos dentro del paquete. Cuando el calor ha penetrado en los paquetes y los ha calentado hasta la temperatura deseada, ésta es mantenida durante un tiempo preseleccionado.

Cuando el ciclo de esterilización es completado, el vapor es extraído con la ayuda de un vacío parcial y los objetos

esterilizados son secados usando, tanto una radiación de calor desde la cámara, como el efecto evaporador del vacío.

1.10. FOTOCOLORÍMETRO

Es un equipo utilizado en los laboratorios clínicos, que determina la intensidad de luz absorbida por un compuesto (normalmente en solución). La luz absorbida para cada longitud de onda es proporcional a la concentración del compuesto en la solución.

1.10.1. PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO

- Fuente de luz.
- Filtros fijos.
- Sensor óptico
- El suministro eléctrico.
- La tarjeta electrónica con su microprocesador.

1.10.2. FUNCIONAMIENTO

Una fuente de luz se concentra en un filtro seleccionado, el cual deja pasar una sola longitud de onda. Este destello de luz o longitud de onda se llama luz incidente (I_i), la cual pasa a través de la muestra en estudio.

La muestra está contenida en un tubo ópticamente seleccionado. Después de seleccionar la luz que atraviesa la muestra, ésta emerge como un rayo transmitido (I_o) y llega a un sensor óptico, el cual genera una corriente eléctrica que es proporcional a la intensidad de la energía luminosa que llega al tubo. El sensor óptico está conectado a un circuito electrónico que calcula la absorbancia de la muestra. Ver Figura 1.14.

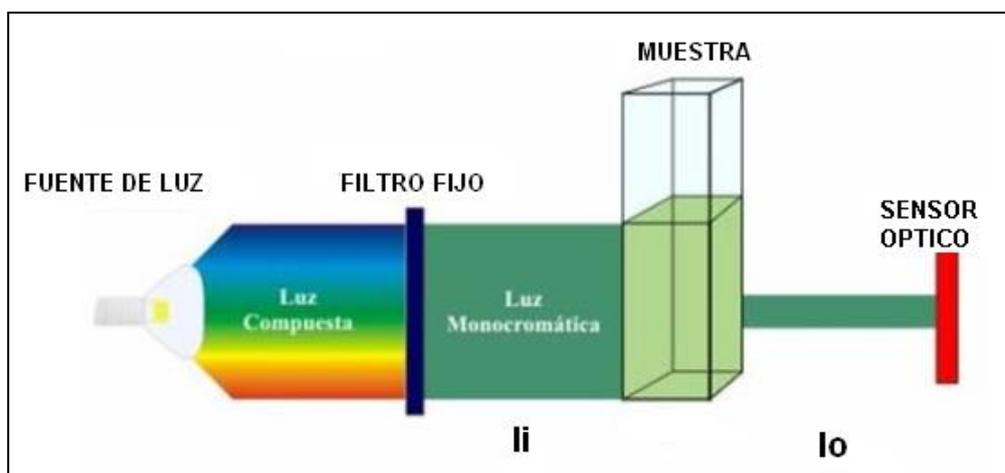


Figura 1.14. Principio de funcionamiento del fotocolorímetro.

La diferencia fundamental entre el espectrofotómetro y el fotocolorímetro, consiste en que el fotocolorímetro trabaja únicamente en el espectro de luz visible, selecciona una longitud de onda determinada y realiza **lecturas discretas** mediante filtros fijos.

En cambio, el espectrofotómetro es capaz de trabajar, no solo con la luz visible sino en otras regiones del espectro electromagnético (ultravioleta e infrarrojo). Además posee un prisma monocromador para seleccionar la longitud de onda deseada y realizar *lecturas continuas*.

1.11. INCUBADORA PARA NEONATOS

Las incubadoras proporcionan a los recién nacidos (neonatos), prematuros o críticamente enfermos, un ambiente con las condiciones óptimas en el que la temperatura, la concentración de oxígeno y la humedad relativa, pueden ser regulados. Ver Figura 1.15.



Figura 1.15. Modelo de una Incubadora para neonatos.

1.11.1. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL EQUIPO

La incubadora con control de temperatura de aire puede ser dividida en los siguientes componentes:

- **Compartimiento para el neonato:** El ambiente que rodea al niño, está aislado a través de paredes y compuertas de acrílico transparente.
- **Unidad procesadora de aire:** Está compuesta por un calentador, el filtro bacteriológico, el humidecedor y un ventilador. Ver figura 1.16.

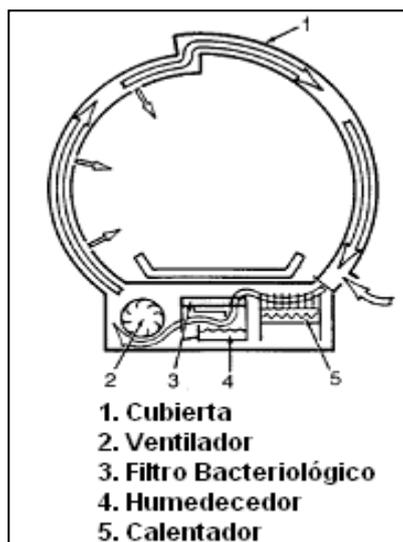


Figura 1.16. Componentes involucrados en la circulación del aire (Vista lateral).

- **Sistema de control:** La mayoría de las incubadoras modernas tiene un sistema de control a través de un microprocesador.

- **Alarmas:** Entre las alarmas visuales y audibles que comúnmente se utilizan en las incubadoras, se encuentran:
 - ✓ **Alarma de flujo de aire:** Es accionada cuando existe una falla en el ventilador.
 - ✓ **Alarma de falla en el suministro de energía eléctrica:** Es accionada cuando la fuente de energía eléctrica del equipo por cualquier razón es desconectada.
 - ✓ **Alarma de sondeo de temperatura:**
Un indicador de luz intermitente y una alarma audible, son accionados cuando existe alguna anomalía en la temperatura del aire o de la piel.

1.11.2. FUNCIONAMIENTO

Los principios en que se basa el funcionamiento de las incubadoras más comunes, son los de calentamiento del aire por convección y los de calentamiento por radiación.

El sistema que utiliza el calentamiento por convección permite el paso del aire con temperatura controlada a través de la cabina que aloja al neonato, para mantenerlo a la temperatura deseada.

En los equipos modernos, la temperatura es regulada utilizando un sistema de control proporcional. Así, la temperatura del flujo de aire hace variar la resistencia del sensor de temperatura o “termistor”, la cual se compara con una resistencia que corresponde a la temperatura deseada.

Algunos modos de operación de la incubadora utilizan la temperatura de la piel del neonato como parámetro de control, colocando un sensor o “termistor” directamente sobre la piel.

Si el neonato requiere mayor supervisión del personal clínico, es común utilizar las incubadoras con el principio de calentamiento por radiación. En este tipo de incubadoras, el neonato se acuesta bajo un elemento radiador de calor, con paredes laterales pequeñas que rodean al neonato para evitar que se caiga. El resto del área que rodea al neonato está abierta, permitiendo el acceso a él.

El elemento radiador consiste en un sistema de calentamiento eléctrico tal como las bobinas hechas de alambre con alta resistividad.

Una superficie metálica reflectora es colocada arriba del elemento radiador para ayudar a enfocar la energía radiante sobre el área de interés.

La corriente eléctrica que pasa a través del elemento radiador debe ser controlada cuidadosamente para suministrar suficiente calor y para mantener la temperatura del neonato, sin llegar a un sobrecalentamiento.

Debido a que el sensor de temperatura o “termistor” se coloca sobre el pecho o abdomen del neonato, se debe tomar en cuenta que éste podría calentarse por la energía radiante y por consiguiente proporcionar una lectura errónea.

1.12. MICROSCOPIO PARA LABORATORIO CLÍNICO

Es un instrumento óptico de precisión, de uso frecuente en los laboratorios clínicos para el estudio de microorganismos. Mediante un sistema de lentes y fuentes de iluminación, este equipo médico puede hacer visible un objeto microscópico y proporciona la amplificación de las imágenes, para ver con detalles y claridad las estructuras pequeñas o invisibles a la vista humana, lo cual es importante para obtener un correcto diagnóstico.

1.12.1. PARTES DEL EQUIPO

- **Oculares:** Lentes situados cerca del ojo del observador, amplifican la imagen de los lentes objetivos.
- **Cabezal:** Contiene los sistemas de lentes oculares. Puede ser monocular o binocular.
- **Revólver:** Contiene los sistemas de lentes objetivos. Al girar, permite cambiar de lentes objetivos.
- **Objetivos:** Lentes situados cerca de la muestra. Amplifican la imagen de ésta.
- **Condensador:** Lente que concentra los rayos luminosos sobre la muestra.
- **Diafragma:** Regula la cantidad de luz que ingresa al condensador.
- **Platina:** Lugar donde se deposita la muestra.
- **Perilla de platina en cruz:** Permite desplazar la muestra, según los requerimientos del observador.
- **Foco:** Dirige los rayos luminosos hacia el condensador.
- **Soporte:** Sostiene la parte óptica. Consta de dos partes: El pie o base y el brazo.
- **Tornillos de enfoque:** Macrométrico, el cual aproxima el enfoque y el micrométrico, que permite conseguir el enfoque correcto.

- **Interruptor de encendido:** Permite encender el equipo.

Ver figura 1.17.

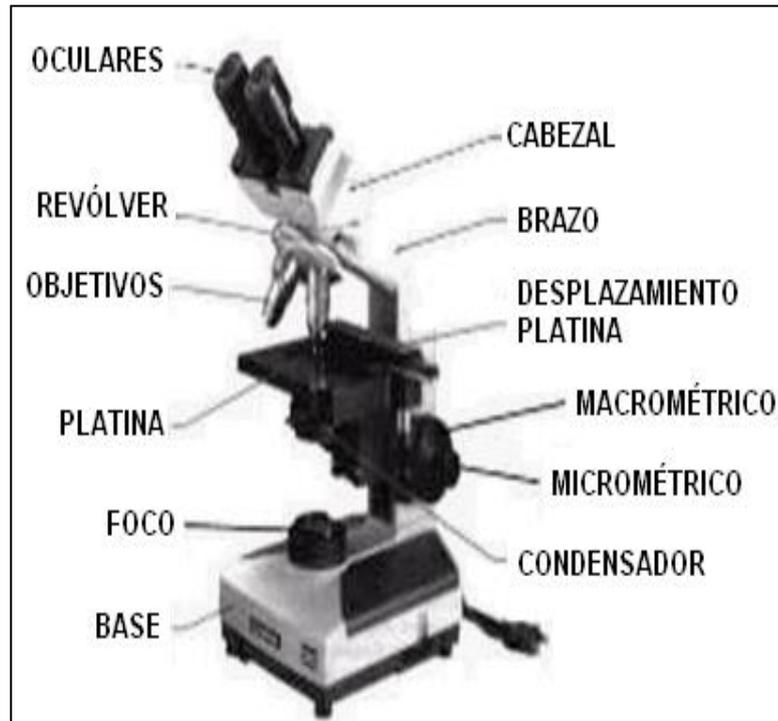


Figura 1.17. Microscopio para laboratorio clínico.

1.12.2. FUNCIONAMIENTO

La luz que entra en el sistema óptico debe enfocarse sobre la preparación o muestra y para esto se utiliza el condensador. Luego se debe colocar el objetivo de menor aumento en posición de empleo y se baja la platina completamente.

A continuación, se coloca la preparación o muestra sobre la platina sujetandola con las pinzas metálicas y se comienza la observación con el objetivo de menor alcance.

Para realizar el enfoque debemos acercar al máximo la lente del objetivo a la muestra, empleando el tornillo macrométrico. Luego, mirando a través de los oculares, se debe separar lentamente el lente objetivo de la preparación o muestra con el macrométrico y cuando se observe algo nítida la muestra, se debe girar el micrométrico hasta obtener un enfoque fino.

Al pasar al siguiente lente objetivo, la imagen debería estar casi enfocada y suele ser suficiente con mover un poco el micrométrico para lograr el enfoque fino. Si al cambiar de lente objetivo se pierde por completo la imagen, es preferible volver a enfocar con el objetivo anterior y repetir la operación.

Una vez finalizada la observación de la muestra, se debe bajar la platina y colocar el objetivo de menor aumento girando el revólver, para luego proceder a retirar la muestra de la platina.

1.13. MICROSCOPIO QUIRÚRGICO

Los microscopios quirúrgicos son utilizados por los cirujanos para magnificar estructuras diminutas. Por ejemplo, nervios, vasos sanguíneos y linfáticos, lesiones, etc., durante una cirugía. (Ver figuras 1.18 y 1.19).

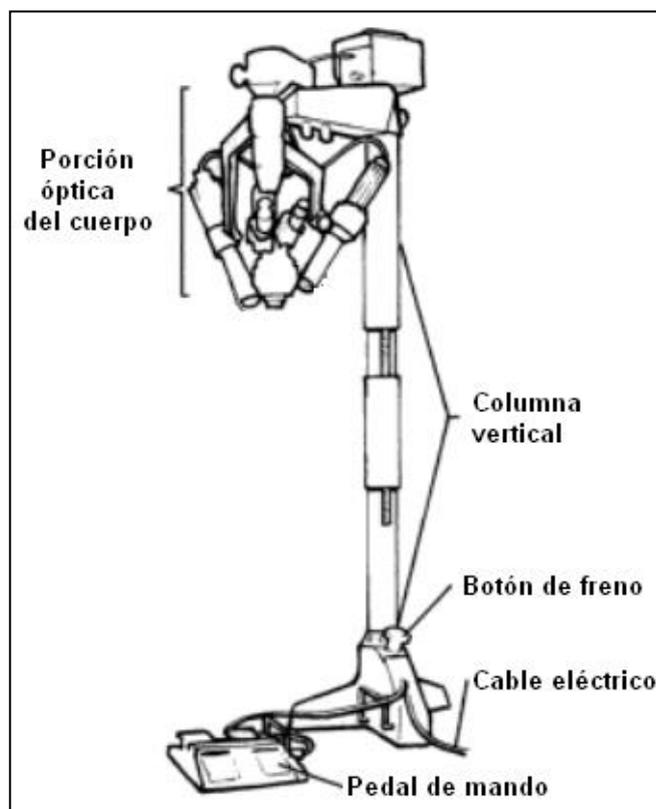


Figura 1.18. Microscopio quirúrgico con soporte de suelo.

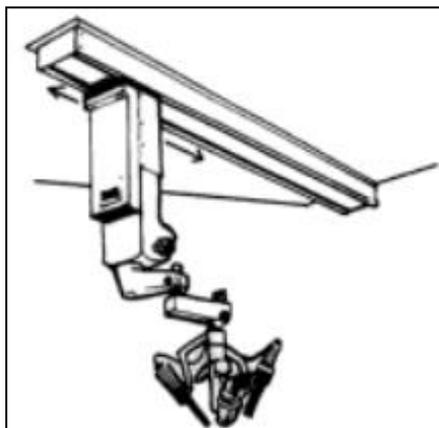


Figura 1.19. Microscopio de techo montado sobre rieles.

1.13.1. PARTES DEL EQUIPO

- **Sistema de soporte:** La porción óptica está instalada sobre una columna vertical que se sujeta al suelo, al techo, a la pared o a una conexión de la mesa del quirófano. El cuerpo del microscopio se une a la columna mediante un brazo articulado y un eje central. Esta estructura coloca el microscopio en la posición deseada.

- **El sistema óptico:** Está compuesto por:
 - **Cabezal:** Contiene el sistema de los lentes oculares. Puede ser monocular o binocular.

- **Lentes oculares:** Lentes situados cerca del ojo del observador; amplifican la imagen que llega de los objetivos.
 - **Cabezal giratorio de amplificación:** Contiene varios lentes objetivos, de modo que la rotación de éste proporciona diferentes amplificaciones sin alterar el foco ni la distancia de trabajo.
 - **Objetivos:** Lentes situados cerca del objeto a ser visualizado, estos amplifican la imagen de dicho objeto.
 - **Pedal de mando:** Controla el enfoque y la amplificación.
- **Sistema de iluminación:** La iluminación del microscopio quirúrgico se realiza con ondas de luz. Cuanto menor sea la longitud de onda mayor será el poder de resolución. La intensidad de la iluminación se modifica mediante un botón de mando situado en el brazo de soporte del cuerpo. El microscopio quirúrgico tiene dos tipos de fuentes de iluminación básicas (paraxiales y coaxiales).
 - **Iluminadores paraxiales:** Uno o más tubos de luz que contienen bombillas de tungsteno o halógeno y lentes de enfoque; los cuales se acoplan al cuerpo del

microscopio en una posición que permita iluminar el campo de visión.

- **Iluminadores coaxiales:** Son iluminadores de fibra óptica y transmiten la luz a través del sistema óptico del cuerpo del microscopio. Éstos iluminan la misma zona del campo de visión u objetivo del microscopio.
- **Otros:** El brazo en el cual está montado el microscopio también puede sostener accesorios, tales como una cámara, un adaptador de sistemas de video, entre otros.
- **Sistema eléctrico:** Con el microscopio quirúrgico hay que adoptar las mismas precauciones que con cualquier otro equipo electrónico del quirófano. Los circuitos deberán estar protegidos contra una sobrecarga mediante interruptores automáticos y fusibles.

1.13.2. FUNCIONAMIENTO

Los microscopios quirúrgicos son similares, en cuanto a diseño, a los microscopios para laboratorio clínico (Capítulo 1.12.2), pero están equipados con características que permiten su uso en el entorno quirúrgico; por ejemplo, iluminación especial, ergonomía más favorable y una mejor calidad en los resultados.

1.14. MONITOR DE SIGNOS VITALES

Los monitores de signos vitales, son equipos electrónicos que miden, recogen y muestran información sobre los signos vitales de un paciente sometido a una vigilancia continua.

1.14.1. PARTES DEL EQUIPO

Un monitor de signos vitales consta básicamente de los siguientes módulos:

- **Procesador de oximetría de pulso:** Controla la intensidad del emisor de luz en el oxipulsímetro.
- **Procesador EKG:** Esta tarjeta provee al procesador principal los datos de la onda del electrocardiograma y datos de respiración.
- **Modulo de presión sanguínea:** El dispositivo determina la presión sanguínea obteniendo la amplitud del pulso del paciente.
- **Tarjeta de suministro de energía.**
- **Tarjeta electrónica principal:** Esta tarjeta conecta a las otras tarjetas entre ellas.

1.14.2. FUNCIONAMIENTO

Estos equipos muestran principalmente los siguientes signos vitales:

- **Monitorización cardíaca y respiratoria:** Esta función se realiza mediante cables conectados a los electrodos que están colocados en el paciente; estos electrodos deberán tener particularidades como una buena adhesión a la piel, deben ser pequeños para el caso de uso en neonatos, deben tener poco peso, no deben ser irritativos para la piel y deben producir el mínimo de interferencias con otros aparatos.
- **Monitorización de la presión arterial:** El monitor detecta los cambios de presión en el brazalete ocasionados por el pulso del paciente como pequeñas variaciones de presión. Se entrega una información de la presión al procesador principal y a un sistema de control neumático.
- **Monitorización de la temperatura corporal:** Esta función se realiza mediante un cable conectado a un electrodo que se colocará en la piel del paciente.
- **Monitorización de la saturación de oxígeno:** Para realizar esta función se cuenta con un oxímetro de pulso, éste se conecta al cable que va con el monitor.

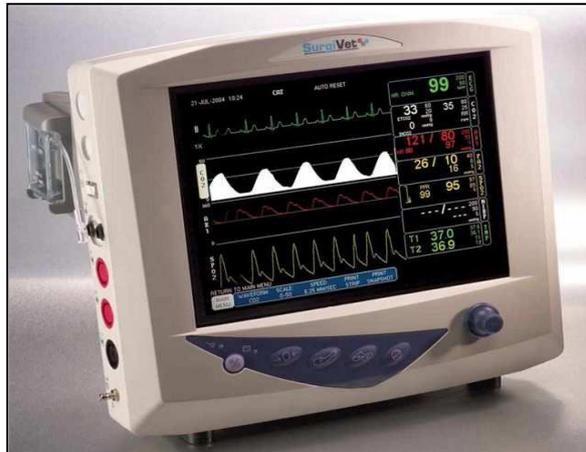


Figura 1.20. Monitor de signos vitales.

1.15. OXÍMETRO DE PULSO

El oxímetro de pulso, mide la saturación de oxígeno de la hemoglobina en la sangre circulante arterial (SaO₂), en el lugar donde está colocado un sensor, habitualmente el dedo de una mano; aunque a veces se utilizan otras zonas del cuerpo como el lóbulo de la oreja o la frente. Las figuras 1.21, 1.22, 1.23, muestran distintos sensores para distintas partes del cuerpo.

1.15.1. PARTES DEL EQUIPO

- **Consola.**
- **Despliegue visual.**
- **Sensor:** Está compuesto por un emisor de luz y un fotodetector.

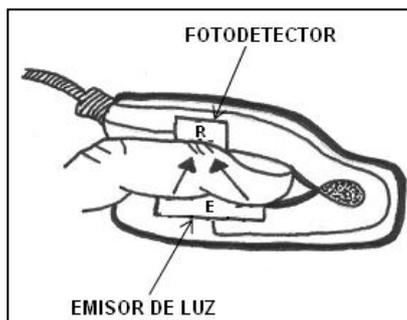


Figura 1.21. Oxímetro de pulso tipo pinza para dedo.

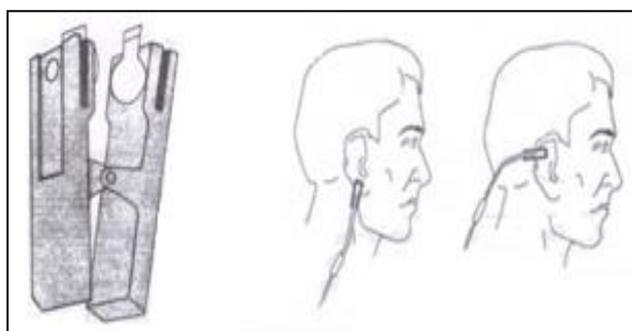


Figura 1.22. Oxímetro de pulso tipo pinza para oreja.

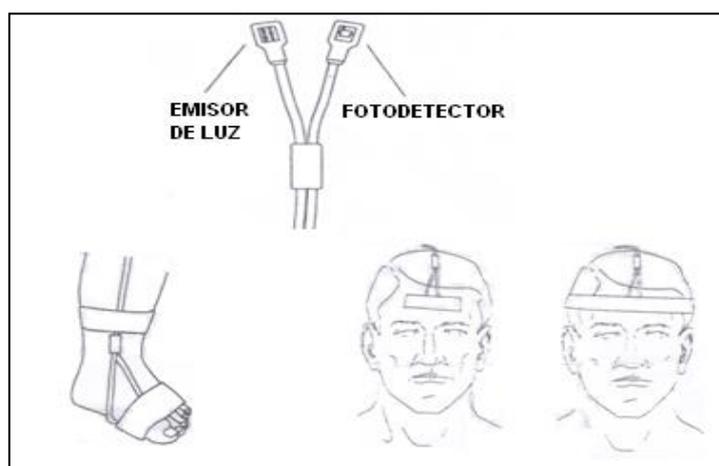


Figura 1.23. Sensor multiuso, diseñado para una variedad de usos. Aplicable para neonatos y monitoreo de adultos en cualquier sitio del cuerpo.

1.15.2. FUNCIONAMIENTO

El oxímetro de pulso emite luz roja e infrarroja a través del tejido y detecta las señales fluctuantes causadas por los pulsos de la presión sanguínea arterial. La sangre bien oxigenada es de color rojo brillante, mientras que la sangre pobremente oxigenada es de color rojo oscuro.

El oxímetro de pulso determina la saturación de oxígeno a partir de esta diferencia de color, lo cual lleva a cabo ópticamente mediante un haz de luz que es enviado desde una fuente infrarroja, y es recogida por un fotodetector, ambos colocados habitualmente en el dedo de la mano.

Las condiciones constantes (flujo sanguíneo venoso, espesor de la piel, hueso, uñas de los dedos, etc.) no causan fluctuaciones, es decir no afectan las lecturas de medición.

CAPÍTULO 2

SEGURIDAD ELÉCTRICA

2.1. FISIOLÓGÍA DE 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: $I = \frac{V}{R}$.

Por medio de esta ecuación, se revelan dos importantes factores acerca de la corriente que puede fluir en un circuito:

- Es directamente proporcional a la magnitud del voltaje; a mayor voltaje, mayor será el flujo de corriente.
- Es inversamente proporcional a la cantidad de resistencia en el circuito; a mayor resistencia, la corriente disminuye.

Entonces, 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, parálisis o fibrilación ventricular.

Una de las razones por la que la electricidad podría tener profundos efectos en el cuerpo humano es que, el cuerpo es por sí mismo un sistema electro-químico, el cual genera numerosos voltajes y corrientes, para su normal funcionamiento.

Todas las células del cuerpo tienen una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre el espacio intracelular (dentro de la membrana celular) y los fluidos intersticiales (fluidos alrededor de la célula). La excitación de los nervios y las células musculares está íntimamente ligada con esta diferencia de potencial.

La corriente, que es el flujo de electrones y más específicamente, la densidad de corriente (A/cm^2), constituyen riesgos directos al cuerpo por sus efectos de quemaduras en la piel y efectos despolarizantes en los músculos y células nerviosas.

A mayor densidad de corriente en una determinada región del cuerpo, más intensos y más localizados serán sus efectos.

La diferencia de potencial desarrollada en el interior de las células musculares en reposo con respecto al fluido intersticial es de -90 mV en promedio.

Cuando estas células son estimuladas, se despolarizan y el potencial aumenta a +20 mV. Toda acción muscular del cuerpo es relacionada por estos potenciales eléctricos. (Ver figura 2.1).

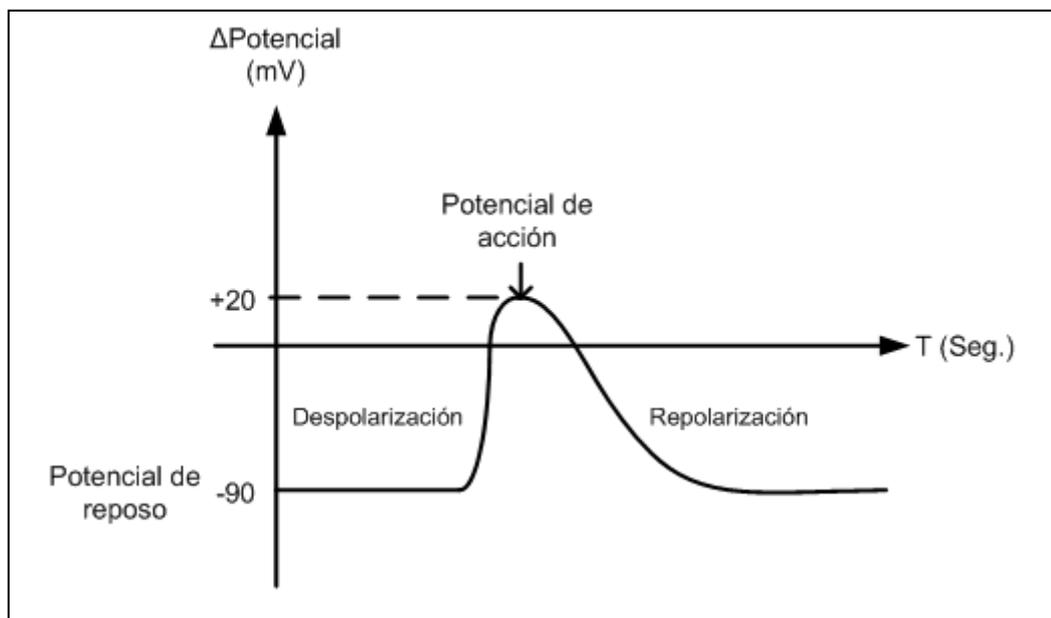


Figura 2.1. Diferencia de potencial desarrollado en células musculares.

Por tanto, el cuerpo depende de los potenciales eléctricos para funcionar, una aplicación externa de potencial puede desordenar la normal actividad celular.

Los efectos de las quemaduras por electricidad están directamente relacionados con la densidad de corriente. El concepto de densidad de corriente es esencial para explicar la diferencia entre el **microshock** y el **macroshock**. Generalmente hablando, el macroshock involucra el paso de corriente dentro y fuera del cuerpo a través de la piel.

Los efectos del **macroshock** son determinados primeramente por la magnitud de la corriente y los puntos de entrada y salida. La magnitud de la corriente es determinada por el voltaje y la resistencia. El rol de los puntos de entrada y salida en macroshock es importante ya que, la corriente sigue una ruta directa.

Así, la corriente, la cual entra por los pies y sale por las rodillas podría causar contracciones musculares involuntarias y posibles quemaduras. La misma corriente ingresando por una mano y saliendo por la otra, podría provocar involuntarias contracciones o parálisis del corazón y los pulmones.

Los efectos del **microshock**, por el contrario, involucran el paso de la corriente que entra y sale o sale y entra directamente por el corazón, y sus riesgos están directamente relacionados a la colocación de dispositivos conductivos en la vecindad inmediata del corazón.

Estos dispositivos tienen efectos peligrosos, ya que la corriente puede evitar pasar por la resistencia de piel del cuerpo y simultáneamente se provee una ruta para la entrada y salida de alta densidad de corriente a través del corazón.

Los pacientes teniendo tal camino de baja resistencia directamente al corazón son altamente susceptibles a voltajes pequeños por la despolarización de los músculos del corazón. En la tabla 2.1 se resumen valores de corriente eléctrica y sus efectos en el cuerpo humano:

Tabla 2.1.

CORRIENTES DE MACROSHOCK PARA 115 V - 60hz	
Valor / Corriente	Efecto
1 mA	Mínimo nivel de percepción
5 mA	Máxima corriente permitida
16 mA	Inmovilidad muscular
40 mA	Dolor intenso
60 mA	Posible desmayo / Probable daño muscular
120 mA	Fibrilación ventricular
500 mA	Parálisis respiratoria
2 A	Contracción del miocardio y quemaduras

Como se indica, el umbral de percepción para corriente eléctrica es aproximadamente de 1 miliamperio. Dependiendo de los puntos de entrada y salida, el umbral para fibrilación ventricular humana causada por el **macroshock** ocurre a un punto bien por encima de este nivel. Sin embargo, el umbral para fibrilación ventricular causado por el **microshock** ocurre a un bajo nivel, según lo indica la tabla 2.2:

Tabla 2.2.

CORRIENTES DE MICROSHOCK PARA 115 V - 60hz	
Valor / Corriente	Efecto
20 – 80 μ A	Fibrilación ventricular en perros
150 – 900 μ A	Fibrilación ventricular en humanos

Los pacientes de un hospital son más susceptibles al shock eléctrico en comparación a personas normalmente saludables, debido a los siguientes aspectos:

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

La AAMI (Asociación para el Desarrollo de la Instrumentación Médica) considera que también son causa de shock eléctrico en los hospitales los siguientes aspectos:

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

Para entender los riesgos asociados con el sistema de distribución eléctrica, se debe conocer los conceptos de conexión a tierra y las corrientes de fuga.

2.2. CONEXIÓN A TIERRA

- Es dirigida intencional o accidentalmente entre un circuito eléctrico de un equipo y tierra.
- Es usada en un equipo por propósitos de seguridad.
- Sirve como retorno para corrientes de fuga.
- Es considerada una neutralidad eléctrica.

Si una falla existe, como en la figura 2.2, la corriente es enviada a tierra. Para entender la importancia de la conexión a tierra, se debe observar la falla mostrada en la figura 2.3, con una conexión sin tierra.

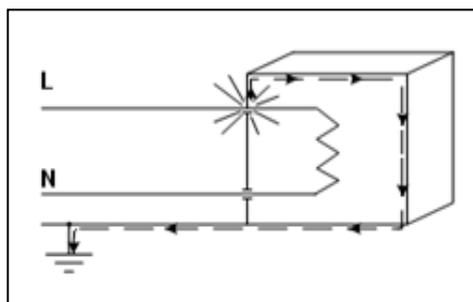


Figura 2.2. Conexión con tierra.

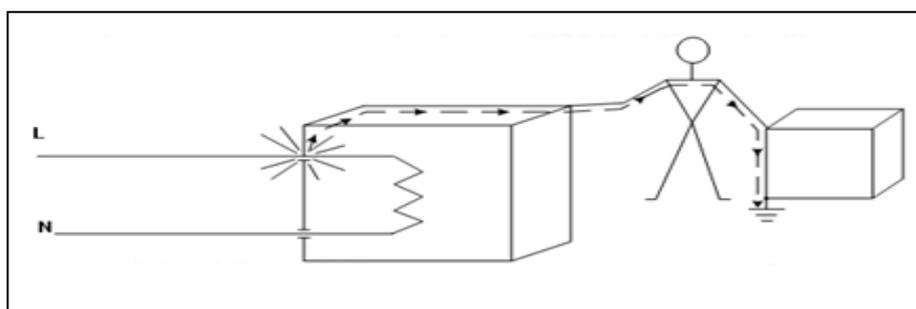


Figura 2.3. Conexión sin tierra.

Cuando las fallas ocurren, el chasis adquiere el potencial de la línea L con ausencia de retorno. Si alguien toca el chasis y al mismo tiempo toca otro instrumento que esté aterrizado, el individuo recibirá un ***macroshock***.

Tomando en cuenta otro caso y observando la importancia de la calidad de los circuitos de tierra, la figura 2.4 muestra un circuito de falla, el cual tiene un cable de tierra.

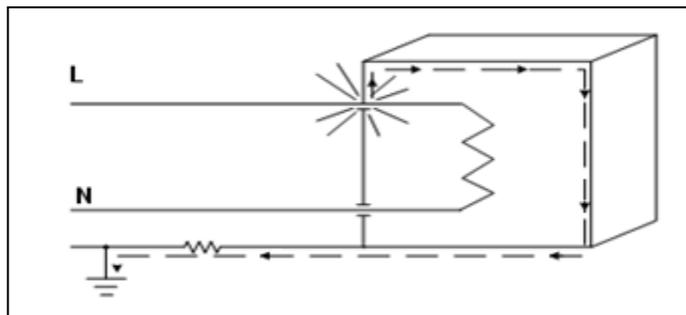


Figura 2.4. Circuito de falla, con el chasis conectado al cable de tierra.

El cable de tierra, sin embargo, tiene una resistencia entre el chasis del equipo y la conexión a tierra. La corriente fluye a través del cable de tierra creando un voltaje, lo cual significa que habrá un potencial en el chasis del equipo. La calidad de la conexión a tierra depende de la cantidad de resistencia de dicha conexión.

Para observar porqué una buena calidad de conexión a tierra es importante, se considera la situación mostrada en la figura 2.5.

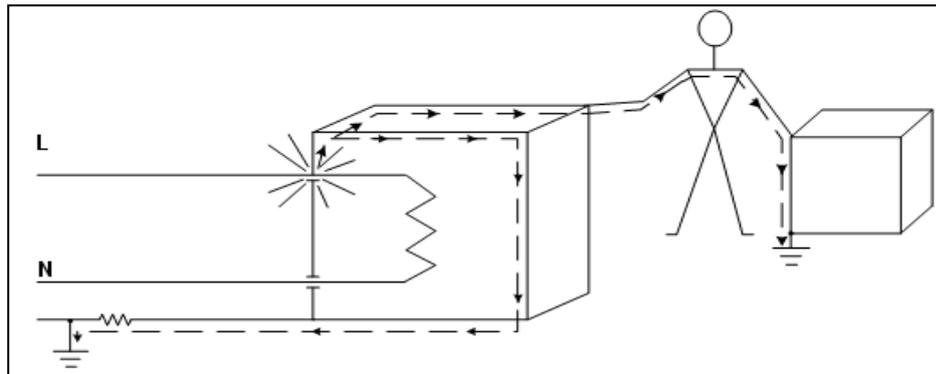


Figura 2.5. Situación de una mala conexión a tierra.

La situación es igual a la figura 2.4, excepto que ahora tenemos una segunda ruta para la corriente de tierra a través del paciente. La figura 2.6 muestra el circuito eléctrico desarrollado:

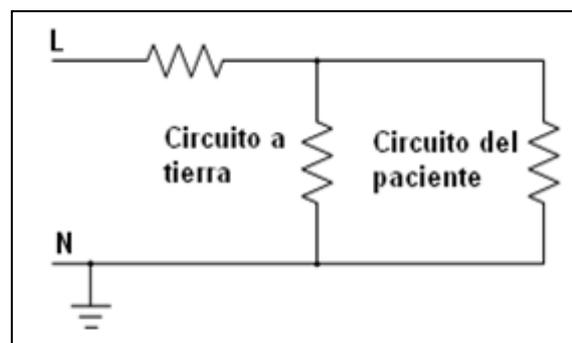


Figura 2.6. Circuito eléctrico equivalente de la figura 2.5.

De los estudios de circuitos paralelos, se sabe que la corriente a través del paciente dependerá de la resistencia de ambos circuitos.

Si la resistencia del circuito de tierra es alta con respecto al circuito del paciente, entonces una cantidad peligrosa de corriente podría pasar a través del paciente. La conexión a tierra debe tener excepcionalmente baja resistencia, porque la resistencia del paciente también es baja.

Para mostrar cuánto ayudan las tierras equipotenciales se considera lo que el flujo de corriente hubiera sido si ambas estuvieran al mismo potencial, tal como se muestra en la figura 2.7. Como se puede observar no existirán corrientes a través del paciente:

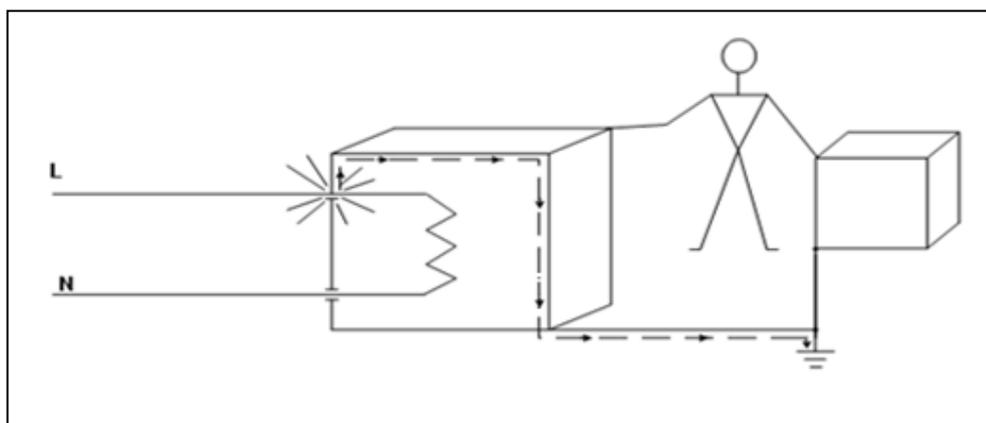


Figura 2.7. Tierras equipotenciales.

2.3. CORRIENTES DE FUGA

La definición de corrientes de fuga según los estándares de seguridad de la AAMI, es la siguiente: Un indeseable flujo de electricidad a través de aisladores que son usados para separar los conductores eléctricos.

De acuerdo a la definición, las corrientes de fuga se originan debido al acoplamiento capacitivo e inductivo. Un ejemplo mostrará como esto es posible.

Las corrientes de fuga capacitivas se desarrollan porque dos conductores separados en el lugar, tienen una cierta cantidad de capacitancia entre ellos. Considerando la línea de energía AC en la siguiente figura 2.8.

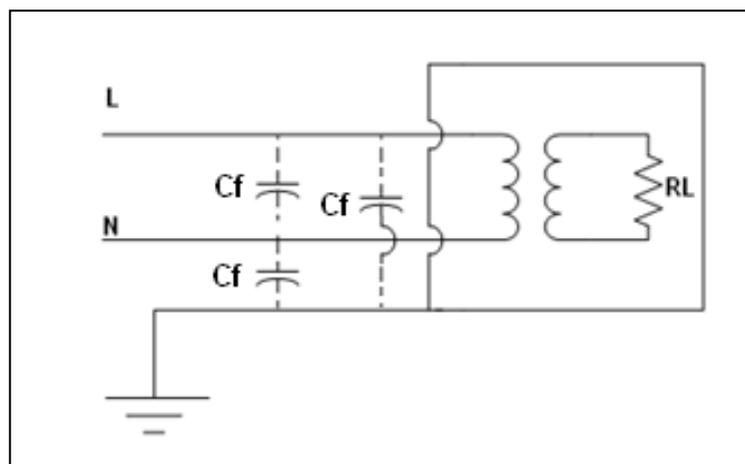


Figura 2.8. Acoplamiento capacitivo e inductivo.

Los cables dentro de la línea de energía en realidad, crean un capacitor debido a que éstos son superficies conductoras separadas por un dieléctrico. De ahí en adelante, se puede tener varias corrientes de fuga debido a la capacitancia, ver figura 2.9.

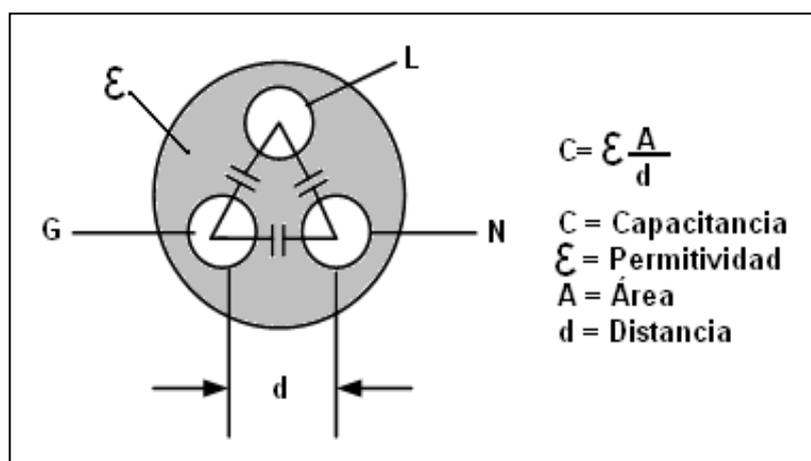


Figura 2.9. Capacitancias creadas por los cables dentro de las líneas de energía.

Muchos equipos tienen capacitores entre el lado de la línea y tierra para filtrar alguna alta frecuencia generada por el equipo.

El bobinado del transformador fue dibujado en la figura 2.8, para mostrar como el acoplamiento inductivo puede causar corrientes de fuga. El transformador por naturaleza de su operación produce un campo magnético. Algunas de las líneas magnéticas de fuerza pueden inducir corrientes cerca de los cables de tierra o al chasis de los equipos.

Se puede observar que algunas corrientes de fuga están presentes en todos los equipos. Por lo tanto, la puesta a tierra de los equipos eléctricos es un imperativo.

Las corrientes de fuga se presentan en todo sistema eléctrico, y son características esenciales del mismo.

Estas corrientes pueden circular a través del paciente, como consecuencia de una pérdida de aislamiento de los conductores, por falla de un conductor activo, por el chasis del equipo, o por una mala conexión a tierra.

2.3.1. CORRIENTE DE FUGA A TIERRA

Es la corriente que circula desde la parte de red, hacia el conductor de protección, a través del aislamiento. Ver figura 2.10.

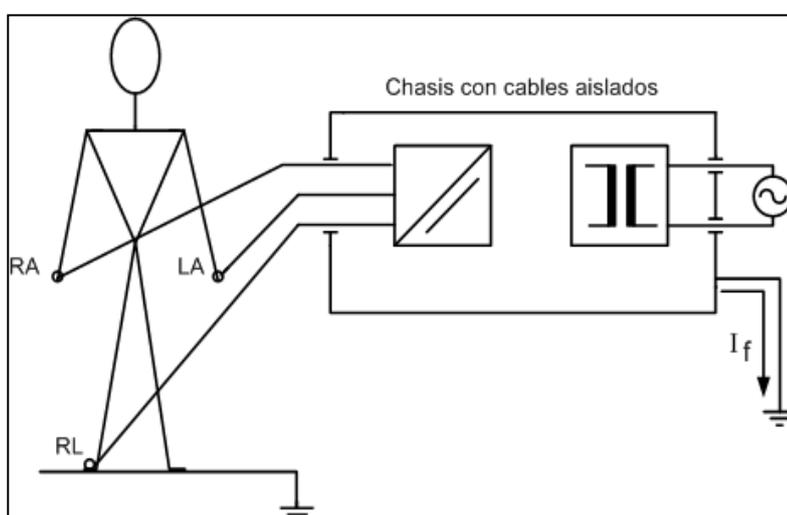


Figura 2.10. Corriente de fuga a tierra.

2.3.2. CORRIENTE DE FUGA EN EL CHASIS

Es la corriente que circula desde el chasis o una de las partes del equipo hacia la tierra, a través de una conexión conductora externa diferente a la conexión del conductor de protección. Por ejemplo, la conexión conductora externa entre el chasis y tierra puede ser el paciente. Ver figura 2.11.

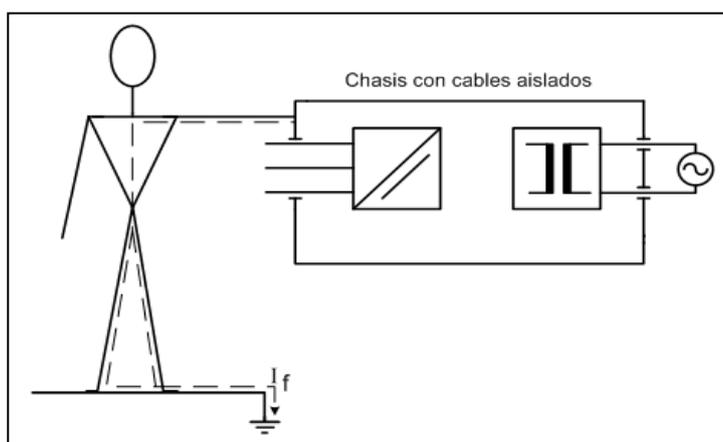


Figura 2.11. Corriente de fuga en el chasis.

2.3.3. CORRIENTE DE FUGA A TRAVÉS DEL PACIENTE

Es la corriente que circula desde la parte aplicable hacia la tierra, a través del paciente (excluyendo cualquier corriente funcional del paciente); o que circula desde el paciente a tierra a través de una parte aplicable aislada. Está corriente es originada por la presencia inesperada sobre el paciente de una tensión procedente de una fuente externa. Ver figura 2.12.

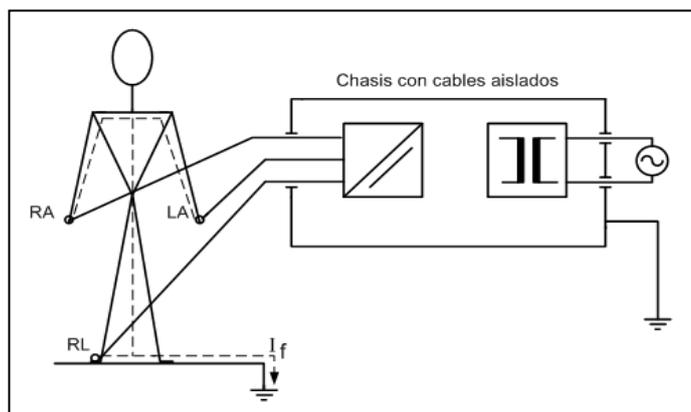


Figura 2.12. Corriente de fuga a través del paciente.

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA USO MÉDICO

Los equipos electrónicos para uso médico con especificaciones de seguridad apropiadas, son esenciales para los programas de seguridad eléctrica en los hospitales. Existen dos maneras de clasificar a estos equipos: Por su tipo de protección y por su nivel de protección.

2.4.1. TIPOS DE PROTECCIÓN

2.4.1.1. PROTECCIÓN TIPO I

Equipos en los que la protección contra las descargas eléctricas no se obtiene únicamente en el aislamiento básico, sino que incluye una medida de seguridad adicional, que consiste en la conexión del chasis (incluyendo las partes metálicas accesibles) a tierra, de

tal forma que en el equipo no circule ningún tipo de corriente, en caso de falla del aislamiento básico.

Ver figura 2.13.

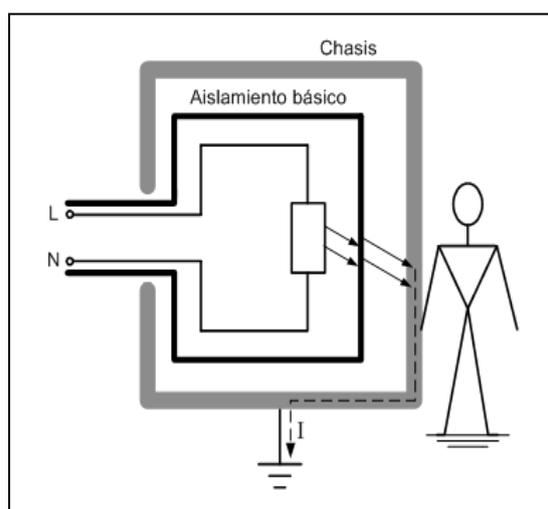


Figura 2.13. Protección tipo I.

2.4.1.2. PROTECCIÓN TIPO II

Equipos en los que la protección contra las descargas eléctricas no se obtiene únicamente en el aislamiento básico, sino que incluye medidas de seguridad adicionales tales como; el doble aislamiento o el aislamiento reforzado, no existiendo conexión a tierra para seguridad y confiando en las condiciones de instalación del equipo. Ver figura 2.14.

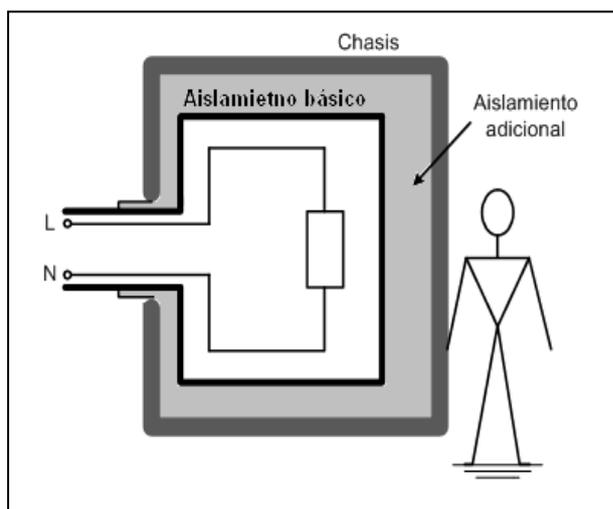


Figura 2.14. Protección tipo II.

2.4.1.3. PROTECCIÓN TIPO III

Equipos en los que la protección contra las descargas eléctricas se basa 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. Para lograr esto se puede usar transformadores para reducir el voltaje en corriente alterna, o usar baterías o pilas (corriente continua). Ver figura 2.15.

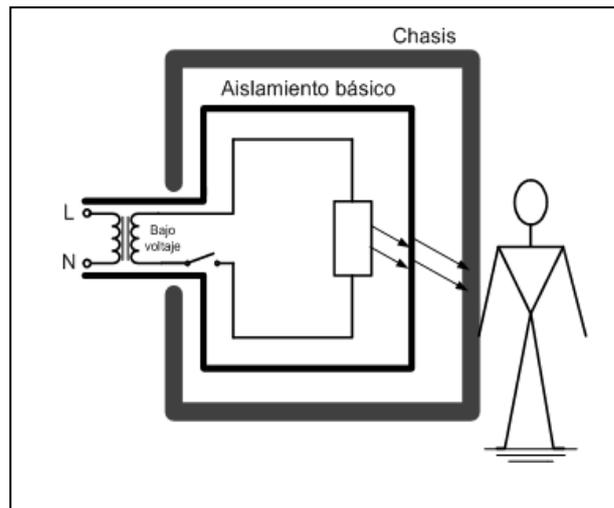
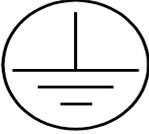
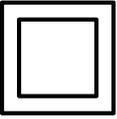


Figura 2.15. Protección tipo III.

2.4.1.4. SIMBOLOGÍA DE LOS TIPOS DE PROTECCIÓN QUE DEBE INDICARSE EN LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE USO MÉDICO

Tabla 2.3.

<i>TIPO DE PROTECCIÓN</i>	<i>SIMBOLOGÍA</i>
Tipo I	
Tipo II	
Tipo III	

2.4.2. NIVELES DE PROTECCIÓN

(Grado de protección contra descargas eléctricas)

2.4.2.1. EQUIPOS TIPO B

Son aquellos equipos de uso médico para aplicación interna y externa en los pacientes, pero no para aplicaciones inmediatas al corazón del paciente. Éstos pueden ser equipos de tipo I, II, o III.

2.4.2.2. 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 μA .

2.4.2.3. EQUIPOS TIPO CF

Son equipos de tipo I, II, o III o equipos con una parte interna de alimentación, 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 aplicaciones inmediatas al corazón del paciente. La corriente máxima permitida en estos equipos es de 10 μA .

2.4.2.4. SIMBOLOGÍA DE LOS NIVELES DE PROTECCIÓN QUE DEBE INDICARSE EN LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS PARA USO MÉDICO

Tabla 2.4.

SIMBOLOGÍA DE NIVELES DE PROTECCIÓN EN LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS DE USO MÉDICO	
<i>TIPO DE EQUIPO</i>	<i>SIMBOLOGÍA</i>
Equipos B	
Equipos BF	
Equipos CF	

2.5. NORMAS PARA LA APLICACIÓN DE EQUIPOS SEGUROS

- A) Las siguientes precauciones generales son aplicadas a los equipos accionados eléctricamente:
1. Enchufes eléctricos que están sueltos, rotos o agrietados, deben ser reportados inmediatamente.
 2. El uso de cables de extensión y regletas debe ser prohibido.
 3. Todo el personal debe ser instruido en el apropiado manejo de los enchufes de los equipos. Los riesgos creados por el jaloneo de cables para remover un enchufe del tomacorriente de la pared deben ser explicados ampliamente.
 4. Los equipos que produzcan una sensación de hormigueo cuando se los toca, que indican sobrecalentamiento por su olor o por el tacto, que han sufrido caídas o han sido sujetos a otro abuso, deberían ser removidos del servicio y reportados inmediatamente. Además, se los debe desconectar de los tomacorrientes en el momento de una descarga eléctrica.
 5. Se debe poner mayor énfasis al reporte de deficiencias menores como: cables eléctricos rotos o enchufes doblados, interruptores en mal estado, luces pilotos y controles en malas

condiciones o que no producen resultados esperados, los cuales podrían causar serias descargas eléctricas que afecten a su entorno.

6. Cuando sea posible, no se debe conectar al paciente a más de un equipo electrónico. El uso de camas eléctricas debe ser evitado en áreas de monitoreo y lugares con pacientes susceptibles a la electricidad.
7. El personal médico apropiado debe ser instruido en que, cuando dos o más equipos electrónicos se conecten al paciente de manera simultánea, éstos deben ser conectados en tomacorrientes adyacentes, y no en tomacorrientes que estén separados más de 1 metro.
8. Los líquidos derramados en áreas donde los equipos eléctricos están en uso, se deben limpiar o secar lo más pronto posible.
9. Se debe evitar tocar un equipo eléctrico y a un paciente eléctricamente susceptible (o a su catéter conductivo, sonda, etc.).
10. Los equipos eléctricos portátiles deben ser ubicados fuera del inmediato alcance de los pacientes cuando sea posible.

11. Los cables de energía eléctrica deben ser arreglados para minimizar la posibilidad de que alguien tropiece con ellos.

12. Se debe evitar daños en los cables de líneas, provocados por la caída de objetos pesados o equipos portátiles sobre ellos.

B) En un programa de seguridad eléctrica para lugares con pacientes susceptibles a la electricidad debe incluirse:

- Establecimiento de sistemas eléctricos seguros.
- Equipos diseñados para uso en pacientes eléctricamente susceptibles.
- Establecimiento de procedimientos de operación seguros.

2.6. INSPECCIÓN DE SEGURIDAD ELÉCTRICA

2.6.1. PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LAS CORRIENTES DE FUGA EN EL CHASIS DEL EQUIPO

- Se conecta un cable del probador de corriente de fuga a tierra en un tomacorriente, y el otro cable al chasis. Se miden las corrientes de fuga del equipo prendido y luego apagado, y se reportan las lecturas obtenidas.
- Se desconecta la tierra del equipo, dejando libre un extremo. Se miden las corrientes de fuga y se reportan las lecturas obtenidas.
- Se revierte la polaridad mientras el equipo no esté aterrizado, usando un tomacorriente en el probador de corrientes de fuga. Se miden las corrientes de fuga con el equipo prendido y luego apagado, y se reportan las lecturas obtenidas.
- Se revierte la polaridad, aterrizando al equipo. Se miden las corrientes de fuga con el equipo prendido y luego apagado y se reportan las lecturas obtenidas.

2.6.2. PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LAS CORRIENTES DE FUGA EN CABLES

- Se conecta un cable del probador de corriente de fuga a tierra. Usando el otro cable de dicho probador, se miden las corrientes de fuga en cada uno de los cables, y se reportan las lecturas obtenidas.
- Se desconecta la tierra en el equipo y se miden las corrientes de fuga de cada cable. Se reportan las corrientes de fuga medidas en cada cable.
- Se revierte la polaridad sin conectar a tierra. Se miden las corrientes de fuga en todos los cables. Se reportan las mediciones obtenidas.
- Se aterriza los equipos mientras la polaridad es invertida. Se miden las corrientes de fuga desde cada uno de los cables. Se reportan las mediciones obtenidas.

2.6.3. PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La resistencia de aislamiento en equipos electrónicos de uso médico puede ser chequeada entre los diferentes componentes (tierra, fuente de poder, partes aplicadas y chasis), pero se

debe considerar que ésta puede ser modificada debido a la humedad, suciedad acumulada u otras influencias.

2.7. LÍMITES MÁXIMOS DE CORRIENTES DE FUGA SEGÚN EL NEC (Código Nacional Eléctrico), NFPA (Asociación Norteamericana de Protección contra Incendios) Y LÍMITES DE CORRIENTE SEGUROS SEGÚN LA AAMI:

Tabla 2.5.

ESTÁNDARES RECOMENDADOS DE EQUIPOS BIOMÉDICOS (76BT Y AAMI)		
MÁXIMA CORRIENTE DE FUGA (Microamperios)		
	Áreas con pacientes	Áreas sin pacientes
Chasis	100 μ A	500 μ A
Cables	50 μ A	
Cables aislados (Todos los nuevos monitores y EKG's)	20 μ A	
Impedancia de cable de tierra	0.15 ohmios	

2.8. ESTÁNDARES PARA PRUEBA DE SEGURIDAD

Especificaciones de operación han sido ubicadas en la siguiente tabla, indicando los actuales requerimientos recomendados:

Tabla 2.6.

ESTÁNDARES PARA PRUEBA DE SEGURIDAD					
ESTÁNDAR	CORRIENTES DE FUGA			IMPEDANCIA DE CABLE DE TIERRA	IMPEDANCIA DEL CONDUCTOR DE ENERGÍA AL CHASIS
	ÁREAS CON PACIENTES		ÁREAS SIN PACIENTES		
	ÁREAS CRÍTICAS	ÁREAS DE CUIDADO GENERAL			
Código Nacional Eléctrico, NEC Artículo 517-13					
Fugas desde el chasis o metal expuesto	100 μ A	500 μ A	--	--	--
NFPA 76BT					
Fuga del chasis	100 μ A	100 μ A	500 μ A	Menor a 0.5 ohmios	Mayor a 1'000.000 ohmios
Fuga en cables	50 μ A	--	--		
Fuga en cables aislados	10 μ A	--	--		
U.L. 544					
Chasis	100 μ A	100 μ A	500 μ A	0.10 ohmios	
Fuga en cables	50 μ A	--	--		
Fuga en cables aislados	10 μ A	--	--		
AAMI ES1-1993					
Chasis	100 μ A	100 μ A	500 μ A		
Fuga en cables	50 μ A	--	--		
Fuga en cables aislados	10 μ A	--	--		

CAPÍTULO 3

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo es un procedimiento que se realiza de manera periódica, para minimizar el riesgo de fallo y asegurar la continua operación de los equipos, logrando de esta manera que éstos puedan operar en condiciones óptimas durante su tiempo de vida útil.

El objetivo de elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo con un enfoque universal, es que puedan ser aplicadas en equipos de diferentes marcas y modelos según sus características específicas.

Las rutinas propuestas constituyen una guía rápida de los pasos necesarios en el mantenimiento preventivo; es decir que dependerá de la planificación y de la capacitación técnica del personal de mantenimiento para lograr el efecto deseado.

3.2. PROCEDIMIENTO GENERAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Debido a la importancia del mantenimiento preventivo de los equipos electrónicos de uso médico para que estos mantengan un funcionamiento adecuado durante sus años de vida útil, se han determinado algunos pasos generales que debe poseer una rutina de mantenimiento:

- Inspección de condiciones ambientales del equipo.
- Inspección externa e interna del equipo.
- Limpieza externa e interna del equipo.
- Lubricación y engrase de partes del equipo.
- Reemplazo de ciertas partes del equipo.
- Ajuste y calibración de partes del equipo.
- Inspección de seguridad eléctrica.
- Pruebas de funcionamiento.

3.2.1 INSPECCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL EQUIPO

Al inicio de una rutina de mantenimiento, se recomienda evaluar las condiciones ambientales que rodean al equipo como el nivel de humedad, presencia de vibraciones mecánicas, polvo, seguridad de la instalación eléctrica y nivel de temperatura.

3.2.1.1. Humedad

El nivel de humedad del ambiente, en el que trabajan los equipos electrónicos, no debe ser mayor al notificado en la hoja de especificaciones del fabricante. Si no se cuenta con esta información o con los medios adecuados de medición, se pueden evaluar sus efectos, como por ejemplo: la oxidación del chasis del equipo, el desprendimiento de la pintura de paredes, etc.

3.2.1.2. Vibraciones mecánicas

La carencia de calibración en algunos equipos médicos electrónicos, puede causar vibraciones mecánicas, las cuales disminuyen la precisión de los mismos.

3.2.1.3. Polvo

Los equipos médicos eléctricos y electrónicos, se ven afectados en su funcionamiento y su tiempo de vida útil, por la presencia de polvo.

Se debe revisar que no exista presencia excesiva de polvo en el ambiente, visualizando los alrededores del equipo o en su interior.

3.2.1.4. Seguridad de la instalación eléctrica

Una instalación eléctrica insegura en un equipo médico ofrece un peligro potencial al equipo mismo y a los operadores, pacientes o público en general. Se debe verificar que la instalación eléctrica, a la que el equipo está conectado, se encuentre polarizada y protegida con medios de desconexión apropiados.

3.2.1.5. Temperatura

El equipo médico no debe estar en exposición directa al sol y su temperatura no debe ser mayor a la del ambiente externo, lo cual puede provocar daños al equipo médico o alterar su funcionamiento.

En los equipos de refrigeración es importante que las instalaciones permitan disipar el calor proveniente del condensador; esto requiere circulación libre de aire por el mismo y, que no existan otros equipos o condiciones que eleven la temperatura ambiental en la que se encuentran estos equipos.

3.2.2. Inspección externa e interna del equipo

Se debe examinar atentamente las partes o accesorios que se encuentran a la vista en el equipo, tales como mangueras, chasis, cables eléctricos y de alimentación; para poder detectar signos de corrosión, impactos físicos, desgastes, sobrecalentamiento, roturas, fugas, partes faltantes, o cualquier señal que obligue a sustituir las partes afectadas o a tomar alguna acción pertinente.

Esta actividad podría conllevar, de ser necesario, a la puesta en funcionamiento del equipo o de una parte de éste, para comprobar si existe alguna anomalía.

3.2.3. Limpieza externa e interna del equipo

Se debe eliminar cualquier vestigio de suciedad, desechos, polvo, hongos, etc., en las partes que componen el equipo, mediante los métodos adecuados según corresponda. Esto podría incluir:

- Limpieza de superficie externa utilizando lija, paños humedecidos en agua, alcohol o en una solución desengrasante, etc.

- Limpieza de residuos potencialmente infecciosos, utilizando desinfectantes y bactericidas no residuales ni corrosivos.
- Limpieza de tarjetas electrónicas, contactos eléctricos, conectores, utilizando un líquido especial de limpieza de contactos eléctricos, brochas, etc.

Para este proceso, el personal de mantenimiento deberá utilizar los instrumentos de protección necesarios como: guantes, mascarillas, etc.

3.2.4. Lubricación y engrase de partes del equipo

Se debe lubricar y/o engrasar las partes del equipo que lo necesiten con cierta regularidad para evitar su deterioro, y deben utilizarse los lubricantes recomendados por el fabricante o su equivalente.

3.2.5. Reemplazo de ciertas partes del equipo

La mayoría de los equipos tienen partes que se desgastan durante su funcionamiento. Los empaques, mangueras, dispositivos protectores, carbones, etc. deben ser reemplazados cada cierto tiempo, según las especificaciones del fabricante, o también el personal técnico de mantenimiento puede proponerlo,

luego de haber realizado el debido análisis. Se debe realizar esto como un paso esencial del mantenimiento preventivo.

3.2.6. Ajuste y calibración

En la rutina de mantenimiento preventivo, es necesario calibrar o realizar ajustes mecánicos, eléctricos, o electrónicos a los equipos médicos.

Para esto se deberá tomar en cuenta lo observado en la inspección externa e interna del equipo y, de ser necesario, poner en funcionamiento al equipo y realizar mediciones de los parámetros más importantes, de modo que estén acordes a normas técnicas establecidas.

Luego, se debe proceder a la calibración o ajuste que se estime necesaria, poner en funcionamiento el equipo y realizar la medición de los parámetros correspondientes, estas dos actividades serán necesarias hasta lograr que el equipo no presente señales de desajuste o carencia de calibración.

3.2.7. Revisión de seguridad eléctrica

Este punto está detallado en el capítulo de seguridad eléctrica y dependerá del grado de protección que se espera del equipo.

3.2.8. Pruebas de funcionamiento

Es importante poner en funcionamiento el equipo en conjunto con el operador, en todos los modos de funcionamiento que éste posea, lo cual además de detectar posibles fallas en el equipo, permitirá dejar al equipo funcionando en óptimas condiciones, según las observaciones que indique el operador.

3.3. FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La decisión de incluir un equipo de uso médico en un programa de mantenimiento preventivo planificado, es delicada y de suma importancia para el bienestar del paciente, de los operadores y de la vida útil del equipo.

La frecuencia de inspección de cada equipo debe ser conforme a las facilidades brindadas en las diferentes áreas de los centros de salud y al número de personal capacitado para esta labor.

Un equipo médico debe estar sujeto a un programa de inspecciones, mantenimiento o verificación de su funcionamiento, sólo si existen varias razones que lo sustenten, como por ejemplo:

- Prevenir fallas en el equipo o en las instalaciones eléctricas del centro de salud.
- Mantener el buen estado del equipo, para que éste pueda ser operado con normalidad durante su tiempo de vida útil.
- Minimizar el tiempo del equipo fuera de funcionamiento.
- Corregir problemas de operación menores, antes que ellos resulten en fallas mayores del sistema o resultados imprecisos.
- Evitar reparaciones excesivamente costosas al proveer mantenimiento a intervalos periódicos.
- Producir un ahorro, de modo que el gasto en mantenimiento de un equipo durante su vida útil sea muy inferior a la adquisición de uno nuevo.
- Reducir la cantidad de repuestos de reserva.
- Cumplir con códigos, estándares, y regulaciones o las recomendaciones rigurosas de los fabricantes.
- Reducir los riesgos de shock eléctrico en pacientes, operadores o visitantes.

3.4. FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE LAS RUTINAS DE INSPECCIÓN SEGÚN LA AAMI

Los intervalos de inspección a equipos médicos recomendados por la AAMI son los siguientes:

Tabla 3.1.

INTERVALOS DE INSPECCIÓN RECOMENDADOS (AAMI)	
Equipos en áreas sin pacientes	Equipos en áreas con pacientes
Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 meses y después de que el equipo es reparado • Cuando se reciben nuevos equipos antes de la aprobación para su compra.

3.5. DOCUMENTACIÓN

Cada equipo médico debe contar con una hoja de vida y de especificaciones técnicas, donde se encuentre el documento inicial de aceptación del equipo (puesta en funcionamiento), su información básica y de las intervenciones hechas o mantenimiento realizado al mismo sea éste preventivo o correctivo, y de los repuestos utilizados.

La documentación se debe llevar tanto en hojas físicas como en archivo digital.

3.5.1. INSTRUCTIVO DE USO DE LOS FORMATOS PARA REALIZAR LOS INFORMES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se detallan los siguientes formatos donde se llevarán a cabo las especificaciones técnicas y hoja de vida del equipo.

3.5.1.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se las incluye en la hoja verde (Ver Anexo 1); aquí se detallará lo siguiente:

- Nombre del equipo.
- Modelo.
- Fabricante.
- Número de serie.
- Código del equipo.
- Área de ubicación dentro del hospital.
- Tipo de manuales que posee el equipo, los cuales pueden ser de operación, de diagramas y de listas de partes.

- Se anotarán los requerimientos técnicos del equipo tales como, voltaje de alimentación, corriente, potencia, características físicas entre otros.
- Si el equipo posee componentes o accesorios de distinto fabricante, se anotarán todas las especificaciones y requerimientos técnicos de éstos. Este punto es importante en caso de necesitar un listado de repuestos.
- Duración de la garantía.
- Se detallará cada que tiempo se debe realizar el mantenimiento al equipo y a sus componentes o accesorios. Esto tiene que estar incluido en las especificaciones del fabricante y también puede ser propuesto por el personal técnico de mantenimiento.

3.5.1.2. HOJA DE VIDA

Se la completará en la hoja amarilla (Ver Anexo 2); aquí se detallará lo siguiente:

- Nombre del equipo.

- Código del equipo.
- Fecha de la puesta en funcionamiento.
- Fechas de las intervenciones realizadas al equipo.
- Tipo de trabajo realizado.
- Repuestos utilizados.
- Nombre de la persona que realizó el trabajo.
- La aprobación firmada por la persona que requirió el trabajo.

En la sección de anexos, se muestran ejemplos detallados de cómo llenar las hojas de los informes de los equipos (Ver Anexos 3 y 4).

CAPÍTULO 4

NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS EQUIPOS MÉDICOS

Las pruebas de seguridad eléctrica que se muestran en este capítulo, están basadas en los estándares mostrados en la tabla 2.6, del capítulo de seguridad eléctrica.

4.1. ANALIZADOR DE ELECTROLITO

4.1.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- El equipo debe colocarse en un área con suficiente ventilación.
- Los tomacorrientes deben estar polarizados para evitar las corrientes parásitas.
- Verificar que en la proximidad del equipo no se encuentren instalados otros equipos que pudieran transmitir vibraciones durante su operación.
- El equipo debe permanecer encendido para prolongar la vida útil de los electrodos.

- En el proceso de limpieza y mantenimiento del equipo se deben usar guantes protectores para evitar cualquier tipo de daño, infección o contagio.
- Reajustar tornillos, tuercas, abrazaderas.
- Revisar que el líquido interno de los electrodos se encuentre en el nivel indicado.
- Realizar la limpieza de cada electrodo con agua destilada y bajo presión.
- Limpiar los contactos o terminales de los electrodos.
- Revisar el buen estado de las mangueras.
- Revisar el buen estado de la aguja de absorción de la muestra.
- Verificar el funcionamiento de la bomba de succión de la muestra.
- Verificar el funcionamiento de los solenoides.
- Revisar el funcionamiento de alarmas audibles y visuales.
- Verificar que el nivel de voltaje medido de los electrodos se encuentre entre 40mV y 100mV, durante el proceso de calibración automática.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.1.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra. 	≤ 500	μA
<ul style="list-style-type: none"> • Impedancia del conductor de energía al chasis. 	≥ 1	MΩ
<ul style="list-style-type: none"> • Impedancia de cable de tierra. 	≤ 0.15	Ω

4.2. ANALIZADOR HEMATOLÓGICO

4.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Los tomacorrientes deben de estar polarizados para evitar las corrientes parásitas y para proteger y prolongar la vida útil del equipo.
- Verificar que en la proximidad del equipo no se encuentren instalados equipos que pudieran transmitir vibraciones durante su operación.
- En el proceso de limpieza y mantenimiento del equipo, se debe usar guantes protectores para evitar cualquier tipo de daño, infección o contagio.
- Limpiar el equipo externamente con un paño húmedo y jabón líquido.
- Revisar cable de alimentación, conectores, fusibles y demás elementos eléctricos y electrónicos.
- Verificar que los elementos de ajuste como tuercas, tornillos, abrazaderas, etc. se encuentren en buen estado y ajustados.
- Revisar el buen estado de las mangueras.
- Revisar el buen estado de la aguja de absorción de la muestra.

- Verificar el funcionamiento de la bomba de presión y vacío.
- Limpiar con cloro las cámaras y transductores de los WBC (glóbulos blancos) y RBC (glóbulos rojos).
- Verificar el funcionamiento de solenoides.
- Verificar el buen funcionamiento de alarmas audibles y visuales.
- Verificar el buen estado de los electrodos de medición.
- Verificar que los reactivos sean los apropiados para el equipo.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.2.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.3. BOMBA DE INFUSIÓN

4.3.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar limpieza externa e interna del equipo.
- Para la limpieza del chasis del equipo use un paño suave humedecido en alcohol o en una solución desengrasante suave y no abrasiva, se puede usar un cepillo de cerdas suaves.
- Se debe presionar ligeramente el transductor de presión y las áreas del detector de burbujas de aire de los canales de bombeo, al realizar la limpieza.
- Inspeccionar cable de red, sensor de flujo, bomba, etiquetas indicadoras de parámetros y demás accesorios.
- La limpieza de las líneas por la cual circula la sustancia del suero suministrado, se realiza de forma automática y para esto se debe usar agua tibia.
- Verificar el funcionamiento del motor de la bomba.
- Realizar lubricación de partes móviles que la requieran si es necesario.
- Verificar el estado de la membrana de la bomba.
- Verificar periódicamente la condición de carga de la batería.

- Verificar el funcionamiento de las alarmas.
- Se debe dejar conectado el equipo al tomacorriente, cuando el equipo no esté en uso, para asegurar que la batería esté cargada completamente, en caso de requerirlo.
- Medir el volumen entregado en ml, ver tabla 4.1.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

Tabla 4.1.

Proporción de flujo y volumen entregado por la bomba de infusión

<i>PROPORCIÓN DE FLUJO ml /hr</i>	<i>VOLUMEN ENTREGADO ±3%</i>	
6	4min	0.4 ml
24		1.6 ml
120	1min	2 ml
480		8 ml

4.3.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra. 	≤ 100	μA
<ul style="list-style-type: none"> • Impedancia del conductor de energía al chasis. 	≥ 1	MΩ
<ul style="list-style-type: none"> • Impedancia de cable de tierra. 	≤ 0.15	Ω

4.4. CENTRIFUGADORAS

4.4.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Revisar la integridad de la estantería donde se encuentra el equipo.
- Comprobar que la superficie donde se encuentra el equipo esté perfectamente nivelada para evitar vibraciones.
- Realizar la limpieza externa e interna del equipo. Para la limpieza externa se puede usar un paño humedecido en alcohol o en una solución desengrasante.
- Revisar antes de cualquier inspección que la centrifugadora esté vacía, descontaminada y limpia de restos de muestras, vidrio o polvo.
- Revisar accesorios metálicos y sintéticos (soporte, cabezal, tapa, empaques, porta-muestras, etc.)
- Revisar el buen estado de: fusibles, cables de alimentación, y componentes eléctricos y electrónicos.
- Revisar el mecanismo de seguridad de cierre de la tapa para que no pueda ser abierta mientras el equipo esté en funcionamiento.

- Revisar las escobillas, rodamientos, carbones y el bobinado del motor.
- Verificar las velocidades estándares de las macro-centrifugadoras y micro-centrifugadoras operando a carga nominal, es decir, con todos los tubos de ensayo o micro-tubos que tiene el equipo. Los rangos de velocidades en los que operan estos equipos para diferentes procesos son los siguientes:
 - Macro – Centrifugadora:
 - Análisis de Orina:
 - Rango de velocidad: 1500 r.p.m. – 1800 r.p.m.
 - Tiempo: 5 min.
 - Análisis de Sangre:
 - Rango de velocidad: 3200 r.p.m. – 3500 r.p.m.
 - Tiempo: 3min.
 - Micro – Centrifugadora:
 - Análisis para Hematocrito:
 - Rango de velocidad: 12000 r.p.m.
 - Tiempo: 3 min.
- Verificar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, señales audibles y despliegues visuales del equipo.

- Verificar funcionamiento de sistemas de frenado manual y automático.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.4.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.5. DESFIBRILADOR

4.5.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Realizar la limpieza externa del equipo, confirmando que se encuentre descargado y preferentemente desconectado.
- Revisar el buen estado de las paletas y sus cables.
- Revisar el buen estado de: Conectores, terminales, cable de alimentación, porta-fusible y demás componentes eléctricos y electrónicos.
- Ajustar tuercas y tornillos del equipo.
- Realizar la limpieza de tarjetas electrónicas y verificar su buen estado.
- Revisar el buen estado de los capacitores.
- Inspeccionar el aspecto físico de las baterías, verificar que los valores de voltajes sean los adecuados y realizar pruebas sin que el equipo esté conectado.
- Verificar la carga del equipo mediante el despliegue visual, el cual debe mostrar el mismo valor seleccionado por el operador.

- Usando el comprobador de desfibrilador, verificar que la energía de salida del equipo, sea igual a la seleccionada por el operador.
- Verificar tiempo de carga y descarga del equipo. Realizar diez pruebas consecutivos y verificar tiempo de carga ≤ 10 segundos en cada uno.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.5.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 100	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.6. ELECTROBISTURÍ

4.6.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Inspeccionar el chasis y el aspecto físico en general.
- Una unidad de electrocirugía está compuesta por tres partes importantes a ser revisadas:
 - Fuente generadora de radiofrecuencia (RF).
 - Electrodo activo (punta del bisturí).
 - Electrodo neutro o placa paciente (hacia donde se dirige la radiación de radiofrecuencia (RF)).
- Retirar todo objeto metálico del área de tratamiento antes de usar el equipo. No es aconsejable usar relojes digitales, radios portátiles, calculadoras de bolsillo, audífonos, celulares, etc. cerca del equipo.
- El equipo debe estar alejado del alcohol, cualquier otro líquido o gas inflamable.
- El equipo debe tener su propio tomacorriente polarizado y aterrizado correctamente.
- Verificar el buen funcionamiento de los controles y selectores del equipo.

- Revisar el cable de alimentación, los conectores, fusibles y demás elementos eléctricos y electrónicos.
- La punta del electrodo activo debe limpiarse, raspándola contra el filo de una cuchilla afilada suavemente.
- Verificar el estado de los interruptores de pie y de mano.
- Verificar el buen funcionamiento de las alarmas audibles y visuales.
- Se debe usar un amperímetro o un vatímetro de RF, para verificar que la potencia de salida del equipo, sea igual a la seleccionada por el operador.
- Verificar la operatividad en todas sus funciones (corte y coagulación) en conjunto con el operador.

4.6.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 100	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.7. ELECTROCARDIÓGRAFO

4.7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Inspeccionar chasis y aspecto físico en general.
- Inspeccionar cables, electrodos, fusibles, terminales, y demás elementos eléctricos y electrónicos.
- Revisar que en ningún cable hayan conectores averiados o que estos falten.
- Efectuar limpieza externa del equipo con un paño humedecido en alcohol o en una sustancia desengrasante.
- Limpiar el exterior de los cables que se conectan al paciente y de los cables de alimentación del equipo con un paño humedecido en alcohol.
- Revisar las condiciones físicas de los electrodos y realizar su respectiva limpieza.
- Se deben secar todos los componentes con un paño suave o con una toalla de papel y esperar hasta que se evaporen todos los restos de alcohol antes de volver a conectar el electrocardiógrafo.
- Inspeccionar las condiciones físicas de la batería y de los conectores de batería.

- Al reemplazar la batería o fusibles, se debe verificar que estos elementos cumplan con las especificaciones técnicas.
- Limpiar el sistema de cabezal de la impresora e inspeccionar que no exista ninguna anomalía en éste.
- Se debe calibrar la impresora si es necesario
- Verificar el funcionamiento apropiado del equipo con un simulador de EKG y realizar una prueba estándar.
- Verificar que las formas de onda aparezcan normales, con amplitud apropiada y sin distorsión o ruido excesivo.
- Verificar que la impresión sea uniforme en toda la página y que el papel se desplace de forma uniforme y suave.
- Inspeccionar el papel de EKG y si se observa que aparece una línea roja o alguna marca en éste, es una señal que indica que está a punto de terminarse y necesita ser cambiado.
- En relación al papel térmico, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:
 - Se lo debe almacenar en un lugar fresco, seco y oscuro.
 - Se debe evitar la exposición a la luz brillante o a fuentes de rayos ultravioletas.
 - Se debe evitar la exposición a solventes, pegamentos o líquidos de limpieza.

- Verificar el funcionamiento del equipo en todos los modos de operación, en conjunto con el operador.

4.7.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 100	μA
• Corriente de fuga entre chasis y electrodos que van al paciente.	≤ 50	μA
• Corriente de fuga entre cables del paciente.	≤ 10	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.8. ESPECTROFOTÓMETRO

4.8.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Los tomacorrientes deben estar polarizados para evitar las corrientes parásitas en el equipo.
- Verificar que el equipo se encuentre alejado de artefactos o equipos que generen vibraciones.
- En el proceso de limpieza y mantenimiento del equipo se debe usar guantes protectores para evitar cualquier tipo de infección o contagio.
- Verificar las conexiones eléctricas, fusibles y limpieza de puntos de contacto.
- Verificar los voltajes de la fuente de poder.
- Verificar que la fuente de luz se encuentre en buen estado. Si no funciona, se debe instalar una nueva, con las mismas especificaciones de la original.
- Verificar el buen estado del prisma monocromador y del sensor óptico.
- Verificar el nivel de transmitancia del equipo. Calibrar si es necesario, ubicando al filtro alrededor de 532.5 nm. y conservando el 100% de transmitancia.

- Verificar el funcionamiento de indicadores pilotos o diodos emisores de luz (LED's), alarmas audibles y despliegues visuales.
- Verificar el funcionamiento de la bomba de succión de la solución.
- Revisar el buen estado de las mangueras.
- Verificar que los elementos mecánicos de ajuste como tuercas, tornillos, abrazaderas, etc., se encuentren en buen estado y ajustados.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.8.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.9. ESTERILIZADOR A VAPOR

4.9.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar la limpieza externa del equipo (Chasis, estructura de soporte, panel de control, empaque de la compuerta, bisagras de puertas etc.) con un paño humedecido en alcohol o en una solución desengrasante.
- Efectuar limpieza interna del equipo (tarjetas electrónicas, contactos eléctricos, trampa de vapor, filtro de vapor).
- Efectuar inspección general de la línea de vapor.
- Realizar la inspección general del sistema eléctrico y electrónico (Cable de alimentación, componentes eléctricos o electrónicos sobrecalentados, etc.)
- Inspeccionar el estado de los termómetros.
- Inspeccionar el estado de los manómetros.
- Verificar el estado de la válvula de seguridad.
- Verificar la presión de entrada del equipo, usando el manómetro instalado en la línea.
- Verificar el estado y funcionamiento de la trampa de vapor.
- Revisar el estado y funcionamiento de los sistemas de protección (Interruptores termo-magnéticos, fusibles, etc.)

- Comprobar controles de generación de aire caliente.
- Inspeccionar la lámpara de señalización y verificar que el control automático de temperatura esté funcionando correctamente.
- Verificar que el tiempo de alcance de temperatura sea el establecido por el fabricante y controlar la fuga de aire caliente.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.9.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.10. FOTOCOLORÍMETRO

4.10.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Los tomacorrientes deben estar polarizados para evitar las corrientes parásitas en el equipo.
- Verificar que el equipo se encuentre alejado de artefactos o equipos que generen vibraciones.
- En el proceso de limpieza y mantenimiento del equipo se debe usar guantes protectores para evitar cualquier tipo de infección o contagio.
- Verificar las conexiones eléctricas, fusibles y limpieza de puntos de contacto.
- Verificar los voltajes de la fuente de poder.
- Verificar que la fuente de luz se encuentre en buen estado. Si no funciona, instalar una nueva, con las mismas especificaciones de la original.
- Revisar el buen estado de las mangueras.
- Verificar el buen estado de los filtros y del sensor óptico.
- Verificar que los elementos mecánicos de ajuste como tuercas, tornillos, abrazaderas, etc., se encuentren en buen estado y ajustados.

- Verificar el funcionamiento de la bomba de succión de la solución.
- Verificar el funcionamiento de indicadores pilotos o diodos emisores de luz (LED's), alarmas audibles y despliegues visuales.
- Verificar el nivel de transmitancia del equipo. Calibrar si es necesario, según las especificaciones del fabricante.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.10.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.11. INCUBADORA PARA NEONATOS

4.11.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Inspeccionar y realizar la limpieza del chasis y del aspecto físico general.
- Revisar el buen estado de calefactor, cable de alimentación, fusible, tomacorrientes y componentes eléctricos y electrónicos.
- Cambiar las mangueras de O₂, cada 3 meses.
- Realizar la limpieza de los accesorios y de los empaques anillados del sistema de O₂. Verificar el buen estado de la válvula del tanque de O₂.
- El filtro bacteriológico no debe limpiarse, sino ser reemplazado cada tres mese o según las especificaciones del fabricante.
- Ajustar tuercas, tornillos y abrazaderas.
- Verificar el estado y funcionamiento del motor para el ventilador.
- Verificar alarmas visuales y acústicas.
- Verificar el buen estado de los sensores de temperatura y de presión.

- Verificar los parámetros de temperatura, oxígeno y humedad dentro del equipo.
- El reservorio de agua debe vaciarse, limpiarse y llenarse diariamente con agua destilada.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.11.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 100	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.12. MICROSCOPIO PARA LABORATORIO CLÍNICO

4.12.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Efectuar inspección externa del equipo (tornillos macrométricos, micrométricos, y el aspecto físico de oculares, cabezal y objetivos).
- Realizar la limpieza de la superficie del equipo con un lienzo seco o con un algodón humedecido en agua con detergente suave o en una solución desengrasante, posteriormente limpiar con un trapo húmedo. Nunca usar alcohol o acetona para realizar la limpieza de la superficie.
- Revisar el sistema eléctrico y cambiar elementos con signos de deterioro.
- Revisar el funcionamiento de partes mecánicas y ópticas. Verificar desplazamientos mecánicos libres de la platina en cruz, porta objetos, diafragmas y revolver.
- Realizar calibración y limpieza del sistema óptico (oculares, objetivos, cabezal, revolver y dispositivos de iluminación). La limpieza de los diferentes lentes se realiza eliminando primero las partículas de polvo con un bulbo inyector de aire, un pincel o soplando fuertemente sobre ellos, para

luego frotar sobre ellos un papel seco especial de limpieza de lentes. En caso de que los lentes estén sucios de grasa o aceite se debe usar xilol.

- Durante el proceso de limpieza de los lentes, nunca deben ser sumergidos en aceite o ponerlos en contacto con muestras líquidas. Además, se debe evitar quitar las lentes objetivos y oculares de su posición original.
- No se deben cambiar los lentes objetivos, tomándolos con los dedos por su estructura metálica, ya que el sudor contiene ácidos grasos y otras sustancias que los dañan, además al moverlos de esta forma se desajustan.
- Verificar que los lentes objetivos no se encuentren rayados, porque de ellos depende la calidad del equipo.
- Cuando en los diferentes lentes del microscopio existe presencia excesiva de hongos, éstos deberán de ser reemplazados por unos nuevos.
- Revisar y ajustar el diafragma y el montaje del condensador.
- Lubricar las diferentes partes del equipo con aceite mineral, en caso de ser necesario.
- Ajustar tuercas y tornillos.

- El equipo debe estar alejado de sustancias tóxicas, de lavaderos, de los rayos del sol, de fuentes de luz y de artefactos que produzcan vibración.
- Para movilizar el microscopio de un sitio a otro, se lo debe sostener en posición vertical, agarrándolo por el brazo o por la base, debido a que son las partes más sólidas del equipo.
- El equipo debe ser protegido con cobertores de tela después de su uso. Evitar cubrir el equipo con plásticos; ya que contribuyen a la formación de hongos en los lentes.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.12.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.13. MICROSCOPIO QUIRÚRGICO

4.13.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Realizar la limpieza de la superficie del equipo con un trapo humedecido en agua; no usar alcohol, acetona u otra sustancia.
- Revisar el estado y funcionamiento de componentes eléctricos y electrónicos.
- Revisar el funcionamiento de partes mecánicas y ópticas.
- Realizar la calibración y limpieza del sistema óptico (oculares, objetivos, cabezal, y dispositivos de iluminación) con desengrasante diluido en agua.
- Limpiar, lubricar y ajustar el sistema de amplificación.
- Lubricar diferentes partes del equipo con aceite mineral, en caso de ser necesario.
- Inspeccionar el sistema hidráulico del equipo.
- Limpiar y verificar el buen funcionamiento del pedal de mando.
- Verificar el rango de operación de los controles de iluminación.
- Verificar el buen estado del cable de video para el monitor.

- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.13.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 100	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.14. MONITOR DE SIGNOS VITALES

4.14.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Realizar la limpieza del chasis del equipo con un paño humedecido en alcohol o en una solución desengrasante.
- Inspeccionar los componentes eléctricos y electrónicos (Cable de alimentación, conectores, tarjetas etc.) y realizar la limpieza de éstos con un líquido limpiador de contactos, brochas, etc.
- Revisar el estado de los cables de EKG.
- Verificar el funcionamiento del selector de derivaciones.
- Verificar el funcionamiento del selector de amplitud de EKG.
- Verificar el pulso de calibración y amplitud del complejo QRS.
- Revisar el sensor de temperatura y verificar las lecturas de temperatura.
- Revisar el funcionamiento del medidor de presión arterial.
- Revisar el estado del sensor de oximetría.
- Verificar el sistema de alarmas en cada módulo
- Verificar el funcionamiento del selector de monitor/diagnóstico.

- Verificar el funcionamiento de equipo con batería interna.
- Verificar el funcionamiento del equipo en todos los modos de operación en conjunto con el operador.

4.14.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 100	μA
• Corriente de fuga entre chasis y electrodos que van al paciente.	≤ 50	μA
• Corriente de fuga entre cables del paciente.	≤ 10	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

4.15. OXÍMETRO DE PULSO

4.15.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Revisar el estado de la consola y aspecto físico en general.
- Limpiar el emisor de luz y el fotodetector con alcohol.
- Limpiar el cable del sensor con alcohol.
- Verificar el estado de la batería.
- Verificar el funcionamiento de las alarmas.
- Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador.

4.15.2. PRUEBA DE SEGURIDAD ELÉCTRICA:

<i>MEDICIÓN</i>	<i>NORMA</i>	<i>UNIDAD DE MEDIDA</i>
• Corriente de fuga entre chasis y cable a tierra.	≤ 500	μA
• Impedancia del conductor de energía al chasis.	≥ 1	$\text{M}\Omega$
• Impedancia de cable de tierra.	≤ 0.15	Ω

CONCLUSIONES

1. Es importante señalar que, algunos centros de salud privados de nuestro país a nivel particular, han implementado ciertas normas para el mantenimiento de sus equipos médicos y así, mantener la garantía de las compañías proveedoras de los mismos, pero con el desarrollo de este trabajo, se pretende difundir a nivel general, normas con estándares internacionales para que sean adoptadas por todos los centros de salud públicos y privados, aceptando sugerencias posteriores de éstos.
2. Las normas de seguridad eléctrica expuestas en este trabajo, son de vital importancia para el buen manejo de los equipos médicos y la seguridad de los pacientes, pero casi nadie las toma en cuenta en nuestro medio. Estas normas son aplicables no solo en equipos electrónicos de uso médico, sino también como base en cualquier ambiente donde existan equipos operados con corriente eléctrica.
3. La carencia de normas sobre el mantenimiento preventivo de equipos médicos, en la mayoría de los hospitales públicos y privados del país, es

una desventaja, en relación con los países del primer mundo que si las poseen.

4. Las normas presentadas en este trabajo permitirán a los técnicos de los equipos médicos, poner en práctica buenos procedimientos de rutina para dar mantenimiento a los equipos de tal forma que éstos se mantengan en óptimas condiciones.
5. El seguimiento sistemático de las actividades incorporadas en las normas de mantenimiento preventivo y de seguridad eléctrica para equipos electrónicos de uso médico elaboradas en este trabajo, dará como resultado el mejoramiento de la calidad de servicio de los hospitales y clínicas del país, ofreciendo la confiabilidad necesaria y la mejor atención a los pacientes.
6. Los técnicos de los equipos médicos, al cumplir responsablemente con las normas de mantenimiento y seguridad eléctrica, proporcionan la confiabilidad de las lecturas entregadas por los equipos, así también la disminución eficaz de los riesgos de shocks eléctricos a operadores y/o pacientes.

7. Los costos de adquisición y reparación de equipos electrónicos de uso médico disminuyen de manera considerable cuando se aplica el mantenimiento preventivo y uso adecuado de los mismos, ya que se mejora la administración de los recursos humanos, técnicos, económicos y materiales de los centros de salud, evitando incurrir en gastos innecesarios.

RECOMENDACIONES

1. Se exhorta a todas las clínicas y hospitales del país, establecer políticas de mantenimiento preventivo para salvaguardar la integridad física de los equipos médicos y, así poder brindar un mejor servicio a los usuarios, enfocado en la confiabilidad de los resultados de los mismos.
2. Se exige al personal técnico de los centros de salud, mayor control en la ejecución de los mantenimientos que se realizan a los equipos médicos.
3. Se sugiere a las clínicas y hospitales del país validar las normas técnicas referentes al mantenimiento de los equipos médicos y su seguridad eléctrica en función de las necesidades de cada centro de salud.
4. Se recomienda al personal técnico, llevar un control eficaz con la documentación resultante de los mantenimientos, describiendo en detalle todo el trabajo realizado junto a los hallazgos encontrados en los equipos, para así poder evitar situaciones de riesgo para la vida de los pacientes.

5. Es necesario que el personal técnico en conjunto con el operador del equipo realicen por lo menos tres pruebas de funcionamiento con estándares de ser posible luego de cada mantenimiento, para así comprobar el correcto funcionamiento del mismo.
6. Es obligación de todo departamento técnico, la elaboración de fichas con los diagramas de las conexiones eléctricas y electrónicas existentes en los equipos; ya que así se podrá disminuir errores en la realización de los mantenimientos preventivos.
7. El uso de las hojas de vida y de especificaciones técnicas que se han detallado en este trabajo debería aplicarse en todos los hospitales como una norma para llevar un control ordenado del mantenimiento periódico que se ha realizado en cada equipo médico y de su información básica.
8. Es importante recalcar que el personal técnico debe conocer a fondo el funcionamiento y las partes de los equipos médicos antes de realizar el mantenimiento preventivo.

ANEXO 3

EQUIPO: <i>Bomba de Infusión</i>		MODELO: <i>BI-7300</i>	
FABRICANTE: <i>MEDITRONIC</i>	# SERIE: <i>265-897-555</i>	UBICACIÓN: <i>Quirófano</i>	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO: <i>01/Enero/2009</i>
CÓDIGO: <i>04321</i>	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		MANUALES: OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SERVICIO <input checked="" type="checkbox"/> LISTA DE PARTES <input type="checkbox"/>
Alimentación: 110 – 230 V		Duración de la garantía: 1 año	
Frecuencia de alimentación: 50/60 Hz			
Potencia máxima consumida: 55 W			
Fusibles de protección: 2 x 500 mA con retardo.			
Batería:			
Características: - Ni-Mh recargable 8,4V – 1800mAh.			
- 3h30min a 4h00min (al estar totalmente Cargada)			
Tiempo de recarga de la batería: - 12 horas al 100%			
Temperatura máxima de operación: 95°C/203°F			
MANTENIMIENTO			
<i>Limpieza del equipo</i>	<i>cada 180 días</i>	_____	<i>cada _____ días</i>
<i>Chequeo de la batería</i>	<i>cada 30 días</i>	_____	<i>cada _____ días</i>
_____	<i>cada _____ días</i>	_____	<i>cada _____ días</i>
_____	<i>cada _____ días</i>	_____	<i>cada _____ días</i>
_____	<i>cada _____ días</i>	_____	<i>cada _____ días</i>

BIBLIOGRAFÍA

- **ALARIS, MEDICAL SYSTEMS**, manual de usuario de la bomba de infusión Signatura Edition GOLD; <http://www.alarismed.co.uk/library/es/dfu/alaris-se-gr.pdf>, San Diego, California Estados Unidos 2002 - 2004.

- **BERRY & KOHN**, “Técnicas de Quirófano”, Editorial Elsevier (décima edición),
http://books.google.com.ec/books?id=iQlihur2exAC&pg=PA352&lpg=PA352&dq=partes+del+microscopio+quirurgico&source=bl&ots=QczQFVfZhm&sig=filSUE3Z7hQ5fnrmtO8l56nN5a0&hl=es&ei=GCfUSYKKEdfMIQe9qcDPDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9#PPA360,M1, desde la página 358 hasta la 363.

- **BIO-TEK INSTRUMENTS INC.**, “Electrical Safety Program Guide”, Vermont 1978.

- **CRITICARE SYSTEMS, INC**, “504 Series Pulse Oximeter Operator’s Manual, Manual de usuario para oxímetro de pulso, facilitado por el Msc. Miguel Yapur Auad.

- “**ELECTROCARDIOGRAMA**”,
<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma>, última actualización de la página: 16 de Mayo del 2009.

- **ING. GARCÍA RAMOS JAVIER**, diapositivas sobre el “Electrobisturi” y el “Desfibrilador” <http://www.slideshare.net/javiergarcia/electrobisturi-desfibrilador-presentation>.

- **JIMÉNEZ MOLINA MARÍA SOLEDAD, TORRALBAS ORTEGA JORDI, RULMÍ BELMONTE LUISA**, “Las constantes vitales, monitorización básica” <http://www.eccpn.aibarra.org/temario/seccion1/capitulo4/capitulo4.htm>,
Barcelona – España, última actualización del documento en Diciembre del 2007.

- **JUANTO SUSANA, IASI RODOLFO, PASTORINO SILVIA, ARBELETCHÉ MÓNICA**, “Espectrofotómetro”, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata; **Equipos.pps**, documento encontrado desde internet por medio del buscador Google, como espectrofotómetro, La Plata, Buenos Aires – Argentina, Noviembre del 2005.

- **KLS MARTIN GROUP**, “Electrocirugía”, Handbuch_HF_2006_ES.pdf, documento encontrado desde internet por medio del buscador Google, como electrocirugía.

- **Manuales facilitados por la empresa Rapiservilab S.A.:**
 - **SINNOWA**, Manual de usuario para Equipo Analizador de electrolito Perlong, China.

- **MEDICAL CORPORATION**, Manual de usuario para Equipo Analizador de electrolito Easy lyte, Estados Unidos.
- **ABX DIAGNOSTIC**, Manual de usuario para Equipo hematológico ABX micros 60, Francia.

- **“MICROSCOPIO”**, http://html.rincondelvago.com/microscopio_5.html.

- **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL SAN SALVADOR**, Proyecto de Mantenimiento Hospitalario “Manual de Mantenimiento Preventivo Planificado”, 3^{era} edición, <http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Manual-de-Mantenimiento-Preventivo-Planificado.pdf> , San Salvador - El Salvador, Octubre de 1999.

- **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL DEL SALVADOR**, Proyecto de Mantenimiento Hospitalario “Manual de Operación y Cuidados del Equipo de Laboratorio Clínico” <http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Laboratorio-Clinico.pdf>, San Salvador - El Salvador, Diciembre de 1998, Paginas desde la 1 hasta la 8.

- **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL DEL SALVADOR**, Proyecto de Mantenimiento Hospitalario “Manual de Operación para Equipos Esterilizadores y Destiladores”,

- <http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Esterilizadores-Destiladores.pdf>, San Salvador - El Salvador, Diciembre de 1998, páginas desde la 3 hasta la 12.

- **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL DEL SALVADOR**, Proyecto de Mantenimiento Hospitalario “Manual de Operación para Incubadora Infantil”
<http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Incubadora-Infantil.pdf>, San Salvador - El Salvador, Octubre 1996.

- **MONITOR DE SIGNOS VITALES.pdf**, “MONITOR DE SIGNOS VITALES”, documento encontrado desde internet por medio del buscador Google, como monitor de signos vitales.

- **SCHOOL OF HEALTH CARE SCIENCES, USAF. DEPARTMENT OF HEALTH SERVICE ADMINISTRATION. SHEPPARD AIR FORCE BASE**, “Environment Safety of Cardiac Care Equipment”, Texas, Enero 1978.