



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE INGENIERIA

MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE MONITOR DE SIGNOS VITALES POET
PLUS 1800

MODALIDAD DE TITULACIÓN

Servicio Social

Enrique Salinas Negrete

No. Cuenta 30304618-1

Carrera: Ingeniería Eléctrica Electrónica

Asesor: M. I. Luis Arturo Haro Ruiz

Nombre de la Empresa: Instituto Nacional de Pediatría

Agradecimientos

A mi padre

Por los consejos que me dio durante su vida, por haber sembrado en mí la semilla de superación y esfuerzo, gracias donde quiera que estés.

A mi madre

Por el amor que me tiene, por siempre dar su máximo esfuerzo y por su admirable ejemplo, sin ella no hubiera alcanzado este anhelo.

A mis hermanos

Por tener la fortuna de contar siempre con ellos incondicionalmente.

A mi madrina

Por su gran amor y por ser una segunda madre.

A mi familia

Por la motivación que me daban y por siempre creer en mí.

A mis amigos

Por su amistad y por todos los momentos que compartimos.

Al personal de Electromedicina del INP

Por compartir su experiencia, por la enseñanzas y en especial a la Ing. Rosalba Serrano por facilitarme material para la elaboración de este trabajo.

A mis profesores

A cada uno de los profesores con los cuales tome cátedra, pero en especial a mis profesores que formaron parte de mi jurado: M.I. Luis Arturo Haro, M.I. Juan Ricardo Damian, M.I. Juan Manuel Gómez, M.I. Sergio Quintana y Ing. Elizabeth Orencio. A todos ellos por enriquecer este humilde trabajo.

A mi querida Universidad

Por abrirme sus puertas, por el privilegio de concluir una licenciatura formando parte esta gran universidad, y por todos los amigos que conocí a lo largo de la carrera. Orgullosamente soy UNAM.

Índice

1.	Objetivo	4
2.	Introducción	4
3.	Instituto Nacional de Pediatría (INP)	5
3.1	Clasificación de Establecimientos Dedicados al Cuidado de la Salud	5
3.2	Estructura Orgánica INP	5
4.	Marco Teórico	8
4.1	Fundamentos de Fisiología Humana	8
4.1.1	Ciclo Cardíaco	9
4.2	Mantenimiento	11
4.2.1	Mantenimiento Predictivo	11
4.2.2	Mantenimiento Preventivo	12
4.2.3	Mantenimiento Correctivo	12
4.3	Monitor de Signos Vitales	14
4.3.1	Clasificación	15
5.	Criticare Poet Plus 1800	16
5.1	Diagrama general de bloques	17
5.2	Módulo de Potencia	19
5.2.1	Tarjetas auxiliares de protección del módulo de potencia	20
5.3	Módulo de la tarjeta principal	22
5.4	Módulo ECG	24
5.5	Módulo SpO₂	26
5.6	Módulo presión arterial no invasiva (PNI)	28
5.7	Módulo Temperatura	30
6.	Conclusiones	32
7.	Anexos	33
7.1	Hoja de especificaciones del equipo	33
7.2	Ensamble del equipo	34
7.3	Parámetros de señales fisiológicas	35
7.4	Derivaciones del ECG	36
7.5	Presión arterial	38
8.	Glosario	39
9.	Bibliografía	41

1. Objetivo

El objetivo de este reporte es compartir mis experiencias relacionadas con el mantenimiento correctivo de los monitores de signos vitales del Instituto Nacional de Pediatría, específicamente los de la marca Criticare modelo Poet Plus 1800. Comenzare con una introducción para bosquejar el contexto y la importancia de este equipo dentro de las instalaciones del INP, ya que la presencia de los monitores de signos vitales esta en todas las aéreas del hospital, posteriormente enlazare los conocimientos adquiridos durante la carrera con cada actividad que realizaba, para de esta manera crear un marco teórico y lograr una mayor comprensión del significado de cada actividad.

Este enfoque de mantenimiento correctivo que le daré a mi reporte se debió a que desafortunadamente en este tipo de mantenimiento hay pocos procedimientos, sumándole a esto que en este tipo de mantenimiento se ocupa más tiempo de reparación porque nunca está previsto además de que no se sabe el lugar donde se presenta la falla, por tanto estropea la operación y planeación del hospital.

Enumeraré las fallas más comunes por módulo, para de esta manera, elaborar una guía rápida para el mantenimiento correctivo de este equipo y así disminuir los tiempos de reparación de estos equipos y contribuir con la mejora de la calidad y volumen de servicios dados por esta institución de salud.

2. Introducción

A lo largo de la historia, la medicina y sus técnicas han ido evolucionando, lo que ha ocasionado que áreas de la ingeniería se involucren en campos de la medicina y ciencias de la salud, teniendo como consecuencia la creación de áreas de estudio interdisciplinarias como lo es la ingeniería biomédica, entiéndase ingeniería biomédica como: “la disciplina encargada de conjuntar los mundos de la ingeniería con la medicina y fisiología para lograr avances en el conocimiento científico y el desarrollo de la tecnología en medicina y biología. Las actividades que eso incluye van desde la aplicación de métodos matemáticos, la ciencia experimental, el desarrollo tecnológico y de aplicaciones clínicas”¹.

La aplicación de todo este conjunto de conocimientos da como resultado nuevas tecnologías. Estas tecnologías no solamente se están utilizando para ayudar a curar enfermedades sino también para prevenir las enfermedades con mejores diagnósticos, así como también son utilizadas para todo tipo de investigación médica o biológica. Los profesionales en el área se han ocupado de la incorporación de los avances tecnológicos en la práctica de la medicina, por lo que se está viviendo un cambio radical de las ciencias médicas en estos momentos, generando la necesidad de integrar nuevos departamentos a las instituciones dedicadas al cuidado de la salud, sobre todo esto se puede observar en los

¹ Ingeniería Biomédica, *Cosmos: Enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México* Vol 1. Ingenierías, diseños y tecnología, pp 51-71 Ed. UAM-I

hospitales; estos nuevos departamentos están enfocados a la gestión tecnológica de estas instituciones de salud, para de esta manera contar con personal especializado que tenga un mejor criterio de las adquisiciones de equipo médico nuevo así como de su respectivo mantenimiento y costos.

3 Instituto Nacional de Pediatría

El Instituto Nacional de Pediatría (INP) es una institución de asistencia pública de la Secretaría de Salud de México, y como su nombre lo dice atiende problemas de salud de la población infantil. Esta institución de salud es de Nivel III debido a que tiene una torre dedicada exclusivamente a la investigación. Para entender mejor como se clasifican los niveles a continuación se dará una breve explicación acerca de la clasificación de estos.

3.1 Clasificación de Establecimientos Dedicados al Cuidado de la Salud

La asignación de niveles en los establecimientos dedicados al cuidado de la salud se basan en la complejidad necesaria para resolver necesidades de salud de acuerdo a la magnitud y severidad de estas. La clasificación de los establecimientos dedicados al cuidado de la salud es la siguiente:

- Nivel I.- Estos son los centros de salud, puestos de salud hogar y clínicas familiares; Estos establecimientos son de primer nivel debido a que solo se atienden problemas de salud de poca complejidad y se realiza la promoción del cuidado y prevención de enfermedades, otra característica importantes es que en estos lugares no se cuenta con internamiento.
- Nivel II.- En este nivel se encuentran hospitales. Estos establecimientos se caracterizan por brindar los mismos servicios que los de primer nivel más a parte servicio de urgencias y hospitalización, enfocándose más a la recuperación del paciente dentro del establecimiento. Generalmente solo cuentan con las siguientes especialidades que son: medicina interna, ginecología, cirugía general, anestesiología y pediatría.
- Nivel III.- En este nivel se encuentran los institutos. Estos establecimientos, atienden los problemas de más alta complejidad y son centros de referencia a nivel regional y nacional; en cuanto a servicios, tienen los mismos que un establecimiento de salud de nivel II, más aparte edificios dedicados a la investigación de problemas de salud complejos.

3.2 Estructura Orgánica INP

Dentro de la organización de este instituto hay varias direcciones y departamentos con tareas específicas para asegurar su buen funcionamiento. El servicio social se

encuentra ubicado en el Servicio de Electromedicina, encontrándose en la parte inferior central de la Figura 1, el Servicio de Electromedicina pertenece al Departamento de Mantenimiento, Subdirección de Servicios Generales y estos a su vez a la Dirección de Administración.

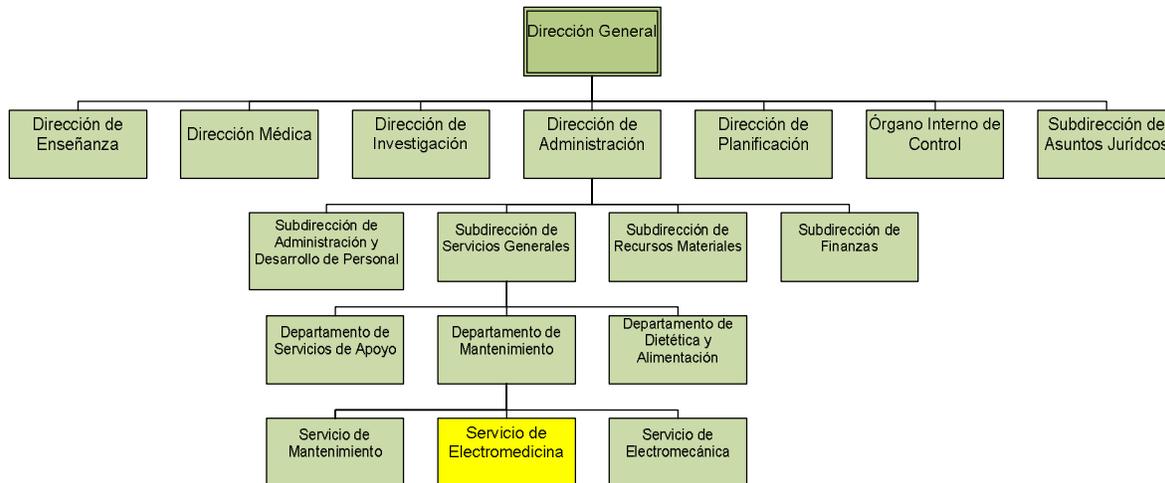


Fig. 1 Estructura Orgánica Operativa INP ²

Una de las actividades más importantes del Servicio de Electromedicina en el Instituto Nacional de Pediatría (INP) es el mantenimiento correctivo y preventivo de equipo médico, para asegurar con esto la disponibilidad de los equipos así como su buen funcionamiento. Con la disponibilidad de los equipos salen beneficiados los pacientes con una mejor atención en tiempo y forma; por otra parte con el buen funcionamiento de los equipos se ayuda a dar un diagnóstico certero y completo para que sirva como una herramienta de apoyo para los médicos y técnicos usuarios de estos equipos.

Esta no es una tarea fácil, ya que es una tarea integral en la cual se requiere una planeación y una estrecha comunicación con todos los departamentos que sean usuarios de equipo médico, así como una retroalimentación de sus experiencias con estos equipos, para de esta manera poder elaborar un programa de mantenimiento tomando en cuenta los tiempos muertos de los equipos y la fiabilidad, es decir la probabilidad en la cual durante un cierto periodo de tiempo específico un equipo pueda realizar sus funciones de manera correcta sin avería.

Sin embargo es muy cierto que toda esta planeación no da resultados del 100 %, por lo cual habrá ocasiones en las que se tiene la necesidad de recurrir al mantenimiento correctivo. Para poder encarar estos imprevistos es necesario tener un “stock” de refacciones, estas refacciones deben ser adquiridas en base a las que tienen una mayor demanda y se deben tener las del equipo de mayor utilización, como por ejemplo los consumibles de los monitores de signos vitales.

² IFAI, Administración Pública Federal, http://portaltransparencia.gob.mx/pot/estructura/showOrganigrama.do?method=showOrganigrama&_idDependencia=12245

El personal del Servicio de Electromedicina debe tener un conocimiento acerca de sistemas electrónicos así como de fisiología, para poder tener un mejor criterio en la resolución de problemas que se presenten en los equipos.

4 Marco Teórico

4.1 Fundamentos de Fisiología Humana

La palabra fisiología proviene del griego *physis* que es naturaleza, y *logos* que es conocimiento ó estudio. La fisiología se puede definir como “una rama de la biología que estudia las funciones características de los organismos vivos, esto es, el conjunto de mecanismos y procesos que colectivamente se llaman vida”³.

Es necesario conocer conceptos básicos de fisiología para auxiliarnos con ellos a determinar un buen funcionamiento de los monitores de signos vitales, con estos antecedentes y el conocimiento de algunas constantes vitales básicas nos ayudaran a dar un mejor mantenimiento y determinar posibles fallas en los equipos. Algunas de estas constantes vitales son: la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la presión arterial, la saturación de oxígeno y la temperatura corporal periférica.

- Frecuencia cardíaca (FC).- Es el número de ciclos cardiacos que suceden en un minuto, ó también se puede decir, que es el número de latidos por minuto, generalmente oscila de 60 a 100 en un adulto saludable sin realizar esfuerzo físico.
- Frecuencia Respiratoria (FR).- Es el número de ciclos respiratorios por minuto, el ciclo respiratorio comprende una fase inspiratoria (activa, de entrada de aire en los pulmones con la introducción de oxígeno) y una fase de espiración (pasiva, se expelle el anhídrido carbónico hacia el exterior). El rango de esta es de 12 a 20 en un adulto saludable sin realizar esfuerzo físico.
- Presión Arterial (PA).- Las unidades de esta medida son los milímetros de mercurio [mmHg] y es la presión ejercida por la sangre a su paso por las paredes arteriales obteniéndose dos valores la presión sistólica que es el valor máximo y la diastólica que es el valor mínimo, estando determinada por el gasto cardíaco y la resistencia vascular periférica, por ello refleja tanto el volumen de eyección de la sangre como la elasticidad de las paredes arteriales. Sus rangos son entre 120 y 139 para la sistólica y entre 80 y 89 para la diastólica.
- Saturación de oxígeno (SpO₂).- Esta es representada en los monitores como un porcentaje, y es medida indirectamente mediante un oxímetro, estando sus rangos por encima de un 90 en una persona saludable, más adelante en el tema 5.5 se hablara más a detalle de este dispositivo.
- Temperatura.- Es una magnitud física medida en grados Celsius o Fahrenheit, la temperatura corporal generalmente oscila en un rango de 35 a 40°C.

³ W.F. Ganong, *Fisiología Médica*, México 18ª edición, Editorial El Manual Moderno, 2000.

4.1.1 Ciclo Cardíaco

Un ciclo cardíaco es la secuencia de eventos eléctricos, mecánicos y sonoros que ocurren durante un latido cardíaco completo. Estos eventos incluyen la despolarización y repolarización del miocardio, la contracción (sístole) y la relajación (diástole) de las diferentes cavidades cardíacas, el cierre y apertura coordinado de válvulas y la producción de ruidos concomitantes. Todo este proceso generalmente ocurre en menos de un segundo. Para entender mejor la función cardíaca a través de este ciclo es necesario dividirlo en fases y observar los diferentes eventos que suceden en cada una de ellas.

Al final de una contracción se inicia la diástole ventricular, que incluye la relajación isométrica, la fase de llenado rápido, la fase de llenado lento y finaliza con la contracción auricular. La sístole ventricular inicia con la contracción isométrica y continúa con la fase de eyección rápida y la fase de eyección lenta, todo este ciclo se puede observar en la Figura 2 de manera gráfica. Es importante recordar que existen diversos determinantes de la función cardíaca que pueden alterar las fases del ciclo.

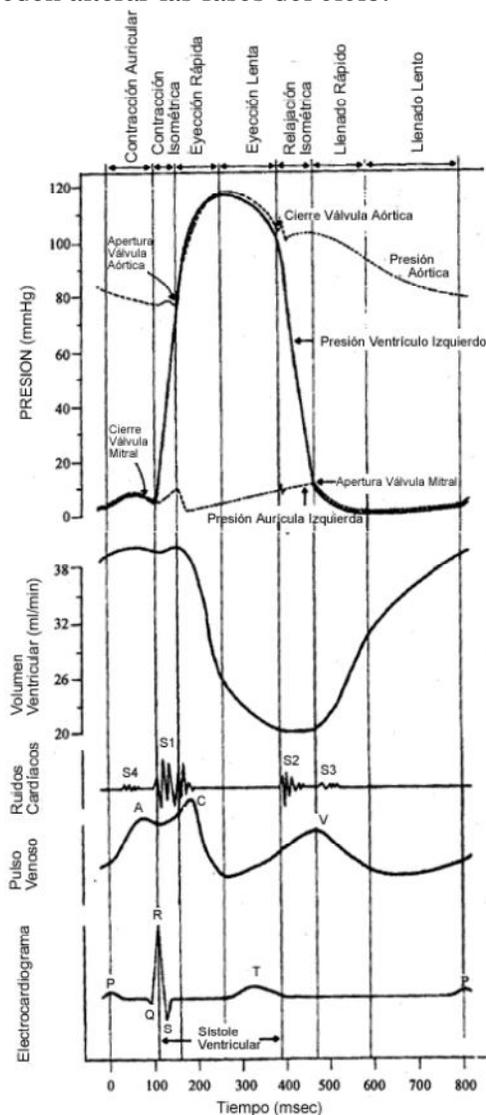


Fig. 2 Ciclo Cardíaco

Como una primera aproximación a estos determinantes podemos afirmar que: La precarga depende del volumen del ventrículo al final de la diástole (VFD), la postcarga representa la presión aórtica en contra de la que el ventrículo debe contraerse, el inotropismo corresponde a la fuerza intrínseca que genera el ventrículo en cada contracción como bomba mecánica, la distensibilidad se refiere a la capacidad que el ventrículo tiene de expandirse y llenarse durante la diástole y la frecuencia cardíaca, es el número de ciclos cardíacos por unidad de tiempo.

- **Secuencia de eventos eléctricos durante el ciclo cardíaco**

- I) **Despolarización Auricular.**- El impulso se origina en el nodo sinoauricular (NSA) y se propaga concéntricamente despolarizando las aurículas y produciendo la Onda P (ver Fig. 2) del electrocardiograma. Inicialmente se despolariza la aurícula derecha y posteriormente la aurícula izquierda.
- II) **Despolarización Ventricular.**- La despolarización inicial ocurre en la porción medial del septum interventricular, en dirección de izquierda a derecha, luego se despolariza la región anteroseptal y posteriormente ocurre la despolarización principal que es la de los ventrículos (del endocardio al epicardio), con un vector resultante dirigido hacia la izquierda ya que la masa del ventrículo izquierdo es mayor que el derecho. Finalmente se despolarizan las bases ventriculares. La despolarización ventricular determina el complejo QRS (Ver Fig. 2) del ECG.
- III) **Repolarización Ventricular.**- La deflexión generada por la repolarización ventricular sigue la misma dirección, que la deflexión inducida por la despolarización ventricular, es decir, tiene el mismo sentido que el complejo QRS. Esta situación es debida a que en la repolarización ocurre el fenómeno eléctrico contrario al de la despolarización y orientada en sentido inverso (del epicardio al endocardio). Este fenómeno se visualiza en el ECG como una onda lenta llamada onda T (Ver Fig. 2).

4.2 Mantenimiento

El mantenimiento se define como “el conjunto de actividades destinadas a mantener o establecer un bien en un estado de condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento para cumplir con una función requerida”⁴. Estas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de gestión.

La gestión del mantenimiento de los equipos médicos es una herramienta fundamental para auxiliar al personal operario y de mantenimiento en el desarrollo, control y dirección de un programa de mantenimiento para el equipo médico garantizando su operación segura y optimizando costos.

Las metas de un proceso de mantenimiento son:

- 1.- Proporcionar un entorno seguro y funcional.
- 2.- Proporcionar documentación esencial y necesaria de todos los equipos y su ubicación.
- 3.- Minimizar la cantidad de tiempo requerido para generar y archivar la documentación de mantenimiento.

Existen tres tipos de mantenimiento: Mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. Los primeros dos mencionados tienen la finalidad de no llegar al mantenimiento correctivo, ya que es el que genera más costos y consume más tiempo de reparación, a continuación se dará una breve descripción de cada uno de estos.

4.2.1 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es el que siempre se persigue y es al que es más difícil realizar, ya que es necesario crear una gran conciencia en los operadores de los equipos para que se tenga un buen cuidado y seguimiento de cada uno de los equipos en todo momento, además se requiere una gran plataforma de equipos avanzados de diagnóstico para poder monitorear diversas variables físicas que sirven como referencia para determinar el buen funcionamiento de un equipo.

Este tipo de mantenimiento persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de los equipos médicos y sus instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, presentes durante la operación del dispositivo.

Para llevar a cabo este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, entre otras) cuya variación servirá como referencia para poder predecir problemas que el equipo este padeciendo. Y como ya se

⁴ González, F. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. España, 2005.

menciono desde un inicio este es el mantenimiento más avanzado pues requiere medios técnicos avanzados y en ocasiones de fuertes bases en los campos de la física, probabilidad y estadística.

4.2.2 Mantenimiento Preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno, es decir, es una revisión periódica en la cual se realiza el intercambio de componentes gastados que pueden fallar. Este tipo de mantenimiento suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene al equipo aunque no haya dado ningún síntoma de falla. Estas intervenciones se realizan de acuerdo a un programa de mantenimiento preventivo.

Este programa de mantenimiento toma como primera referencia para su elaboración, las recomendaciones dadas por el fabricante, para así determinar intervalos de tiempo y piezas críticas que se deben revisar, lubricar o limpiar durante este mantenimiento; también es importante elaborar bitácoras de mantenimiento de los equipos para tener un mejor control del programa de mantenimiento. La bitácora de mantenimiento de un equipo es un archivo en el cual se registra de manera detallada la fecha, hora en que se repara un equipo ó se le da mantenimiento preventivo, también se le puede agregar información como tiempo consumido en la reparación y componentes sustituidos, para que toda esta información sirva de referencia en futuras intervenciones del equipo. Sin embargo, debido a la operación del hospital esto se debe adaptar a los tiempos muertos de los equipos para no interferir con la operación. En los casos donde no se cuente con recomendaciones del fabricante se determinaran las piezas críticas e intervalos de falla de acuerdo con las bitácoras de mantenimiento de los equipos. Este tipo de mantenimiento es el que se realiza en el INP obteniéndose mejores resultados.

4.2.3 Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento se dejó para describirlo al final no por ser el menos importante pero sí por ser el menos deseado, este se puede definir como el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento encargado de mantenimiento por parte de los mismos usuarios.

Como ya se ha venido comentando desde el objetivo de este trabajo, este texto está enfocado al mantenimiento correctivo, ya que es el que genera mayores tiempos de inactividad en los equipos, genera gastos y entorpece las actividades programadas. Este tipo de mantenimiento requiere un gran análisis y una vasta experiencia para poder corregir el problema en el menor tiempo posible.

Durante la estancia en el INP que se está reportando en este trabajo, se pudo percibir que un equipo importante y fundamental en todas las áreas del hospital es el monitor de signos vitales debido a que este elemento es común en diferentes áreas tales como: neonatología,

terapia intensiva, quirófano, urgencia prehospitalización, urgencias hospitalización por mencionar algunas; sin embargo en el hospital se tienen monitores de signos vitales de cuatro marcas diferentes: Philips, Hewlett Packard, General Electric y Criticare. Siendo esta última marca en la que se enfoca este trabajo, debido a que las otras tenían contrato o estaban en garantía, razón por la cual no les daba mantenimiento personal del instituto.

Se comenzará por describir los monitores de signos vitales, su funcionamiento, sus partes, fallas y a la par citando conocimientos adquiridos de las materias cursadas en la facultad para una mejor comprensión de este equipo.

4.3 Monitor de Signos Vitales

Un monitor de signos vitales es un dispositivo que permite sensar, procesar y desplegar en forma visible y permanente los parámetros fisiológicos de un paciente, a parte de esto, algunos tienen un sistema de alarmas que alertan cuando existe alguna situación adversa, o fuera de los límites establecidos.

Los monitores tienen diferentes tipos de configuraciones, dependiendo de la configuración programada, estos miden y despliegan ondas e información numérica para varios parámetros fisiológicos tales como electrocardiograma (ECG), frecuencia respiratoria, presión no invasiva (PNI), presión invasiva (PI), temperatura corporal, saturación de oxígeno en sangre (SpO₂), saturación venenosa de oxígeno (SvO₂), gasto cardiaco, dióxido de carbono (CO₂), presión intracraneana (PIC), presión de gases en vía aérea (anestesia), siendo estos los parámetros más utilizados por los médicos y enfermeras.

Dentro del INP se encuentran 76 monitores de signos vitales de diferentes tipos y marcas y estos están ubicados en los departamentos mostrados en la tabla de la Fig. 3.

Departamento	Número de Monitores
Urgencias Hospitalización	17
Urgencias Prehospitalización	12
Neonatología	21
Terapia Intensiva	17
Quirófano	9

Fig. 3 Distribución de monitores de signos vitales en el INP⁵

El monitoreo permanente es de vital importancia para los médicos y enfermeras, ya que les permite evaluar en todo momento y de forma completa las condiciones fisiológicas del paciente, sin necesidad de estar ellos presentes, además sirve de herramienta para hacer mejores valoraciones y tomar las mejores decisiones en el tratamiento y diagnóstico.

En algunos casos hay monitores que se encuentran conectados a centrales de monitoreo, y pueden compartir información relevante como el despliegue de las curvas de ECG así como alguna otra información, para que de esta manera se permita observar desde otra área las condiciones de todos los pacientes de la unidad sin tener que ir con cada uno de ellos.

5 INP, Instituto Nacional de Pediatría
Inventario 2009, Departamento de Servicio de Electromedicina del INP

4.3.1 Clasificación

Los monitores de signos vitales se clasifican de acuerdo a sus funciones en:

- a) Preconfigurados.
- b) Modulares.

Los parámetros de los preconfigurados son fijados por el proveedor desde la fábrica y no es posible agregarle un parámetro adicional; en cambio en los modulares, el usuario puede seleccionar parámetros, añadiéndole dispositivos conocidos como módulos.

Los monitores modulares proveen módulos independientes para cada uno de los parámetros o para un grupo de parámetros, estos módulos pueden utilizarse en la combinación que se requiera y son intercambiables entre un monitor y otro siempre y cuando los monitores sean de la misma marca y modelo.

De acuerdo a su movilidad se clasifican en:

- a) Fijos
- b) Transportables.

Los fijos como su nombre lo dice se encuentran colocados ya sea en la cabecera del paciente ó a un lado, pero siempre están sujetos a la pared por un soporte especialmente diseñado para cada modelo de monitor, lo único que es universal son los rieles de la pared en los que se fija el soporte.

Los transportables son los utilizados para monitorear a un paciente en un traslado ya sea dentro de la misma institución u otra, estos usan baterías y regularmente son colocados sobre bases con ruedas y estos tienen la capacidad de conectarse a 12 V de DC para el caso de los que son utilizados en ambulancias.

5. Criticare Poet Plus 8100

Con la pequeña introducción dada a los monitores de signos vitales así como su clasificación y funciones, se plasmaran en este trabajo mis experiencias de mantenimiento correctivo en el INP con el monitor de la marca Criticare modelo Poet Plus 1800.

Este monitor fue en el que más me enfoque en la realización de mi servicio social, ya que los demás monitores contaban con contrato o garantía y no podían ser intervenidos por personal del instituto, hablese de los de la marca Philips, Drager y General Electric.

Lo primero que hare será ubicar este monitor dentro de la clasificaciones que mencione. El monitor Poet Plus 8100, es un monitor modular y de transporte. Esto significa que este monitor se puede configurar y se le puede agregar un modulo independiente, además de que tiene la opción de operar con baterías.

Este es un monitor es compacto, ligero como se puede ver en la Fig. 4 y puede utilizarse tanto en adultos, niños y neonatos; en el INP principalmente usan este tipo de monitores en el área de neonatología, razón por la cual son una herramienta importante dentro del INP, debido a que este tipo de pacientes no pueden expresar alguna dolencia y son muy delicados.

El énfasis de este trabajo en el mantenimiento correctivo no es porque sea el más importante sino el menos deseado y tiene que ser arreglado en el menor tiempo posible, y según mi opinión la destreza en resolver un problema de este tipo radica en la experiencia reparando estos equipos así como en una base sólida de conocimientos. Empezare por dar un diagrama de bloques general del equipo para darnos una idea general de cómo es que funciona el equipo, para después ir profundizando en cada modulo mencionando sus principales fallas y la forma en que se solucionan.



Fig. 4 Monitor Criticare Poet Plus 8100 encendido

5.2 Power Module (Modulo de Potencia)

El modulo de potencia es muy similar a una fuente de voltaje de dc como las estudiadas en la facultad, ya que lo primero que se requiere es convertir la corriente alterna en directa, para que de esta forma pueda funcionar toda la circuitería del monitor, además cargarse las baterías.

Para el funcionamiento de esta primera parte, tenemos una fuente de alimentación de 120 V de corriente alterna; el equipo se conecta a esta fuente por medio de una clavija polarizada con tierra física de grado médico, y esta clavija está conectada a un transformador de múltiples salidas por medio de cable calibre 16; entre el cable y el transformador hay un fusible de protección en caso de cortos circuitos en el transformador, el transformador es el encargado de reducir el voltaje de la red, y esta reducción del voltaje va a ser proporcional a la relación que exista entre el numero de vueltas que tenga el devanado primario y secundario, sin embargo en este caso tenemos 3 devanados secundarios y por ende tres voltajes diferentes de salida; después de este transformador sigue un rectificador de onda completa para cada una de las tres salidas del transformador, estos rectificadores se encargan de convertir la corriente alterna en corriente directa, estos rectificadores están compuestos por puentes de diodos; a la salida del los rectificadores tienen un filtro ya que se deben eliminar los rizados del voltaje y dejar plana la señal para de ahí conectarse a un regulador de voltaje; este regulador de voltaje es un circuito integrado y es el que fija el voltaje de salida y trata de mantenerlo constante, en este caso se tienen 3 reguladores de voltaje: 5 V, 9 V y 18 V. Esta primera parte en diagrama de bloques simplificado se puede ver en la Figura 6.

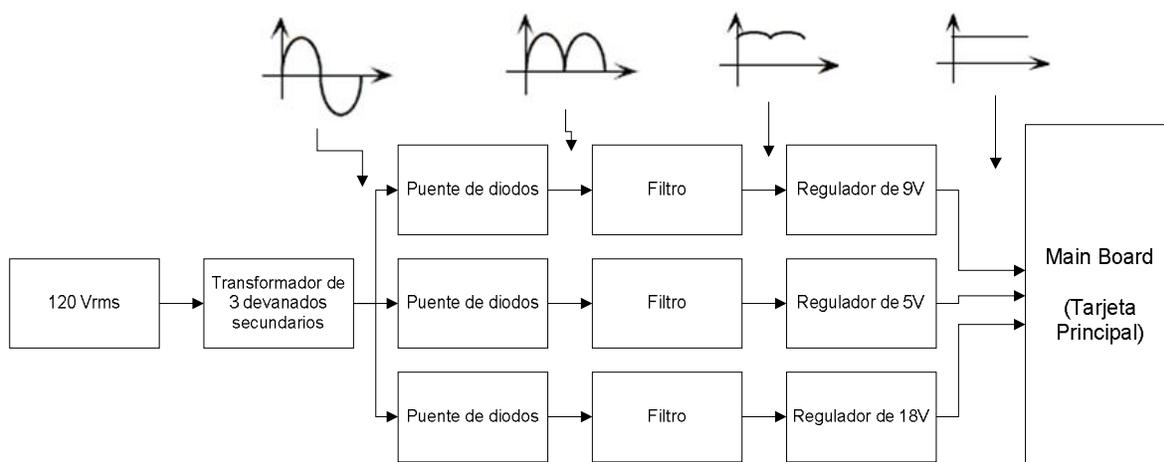


Fig. 6 Diagrama simplificado del modulo de potencia.

- Análisis de fallas

En esta primera parte dentro de las fallas más comunes que presenta el equipo son:

- Sin voltaje fuente de alimentación de AC.
- Cable de alimentación dañado o trozado.

- c) Fusible fundido.
- d) Corto en algún devanado del transformador.
- e) Diodos del puente abiertos.
- f) Filtros secos
- g) Reguladores quemados.

La metodología a seguir tomando en cuenta lo antes mencionado en este trabajo “las revisiones deben realizarse iniciando de lo más sencillo a lo más complejo y de la entrada a la salida”, primero verificar la toma de alimentación de los 120 V_{CA}. Para realizar esta prueba se utiliza un multímetro, dentro de las instalaciones del INP se contaba con un multímetro autorango marca Fluke modelo 179, por lo tanto se selecciona la función de voltmetro en CA, si esta primera fuente de alimentación se encuentra bien, es decir el voltmetro marca 120 V_{CA} ±10%, se prosigue verificando los fusibles del equipo ya que estos eran de fácil acceso, después se continua con el cable, en caso contrario que hubiera problemas con la fuente de alimentación, se llama a los encargados de mantenimiento para que repararan la falla y vuelva a tener suministro eléctrico ese enchufe.

La verificación del cable es sencilla, se selecciona el multímetro en su función de continuidad para comprobar que el cable no estuviera trozado, si este cable se encontraba trozado o presentaba algún problema, se tiene que reemplazar el cable.

El transformador es una falla común sin embargo en estos casos se tiene que abrir el equipo, para mayor información de cómo desensamblar el equipo ver Anexo 1. Se inicia checando en primera instancia la resistencia de los devanados y la relación de transformación midiendo el voltaje en los secundarios, debido a que no se contaba con equipo para medir la resistencia del aislamiento esta prueba no se realiza en el INP, sin embargo basta con solo medir las resistencias de los devanados y sus relaciones de transformación midiendo los voltajes. Por ende se necesita medir cada salida de voltaje y la forma de su señal de cada etapa hasta llegar a la salida del regulador.

5.2.1 Tarjetas auxiliares de protección del modulo de potencia.

Como se puede observar en el diagrama de la Fig. 7, esta primera etapa cuenta con un ventilador, bocina y termistor, esto se debe a que por ser un equipo médico requiere ciertos sistemas redundantes y de protección. Este sistema de protección esta monitoreando permanentemente la temperatura del transformador para que después de una cierta temperatura programada encienda el ventilador y si esta temperatura sobrepasa un límite enciende una bocina para alertar a los usuarios.

Dentro de las principales fallas que se encuentran en estas tarjetas auxiliares son:

- a) Termistor dañado
- b) Ventilador con devanado en corto.
- c) Bocina dañada.
- d) Falla en circuito controlador de carga de baterías UC3906.
- e) Baterías con celdas dañadas.

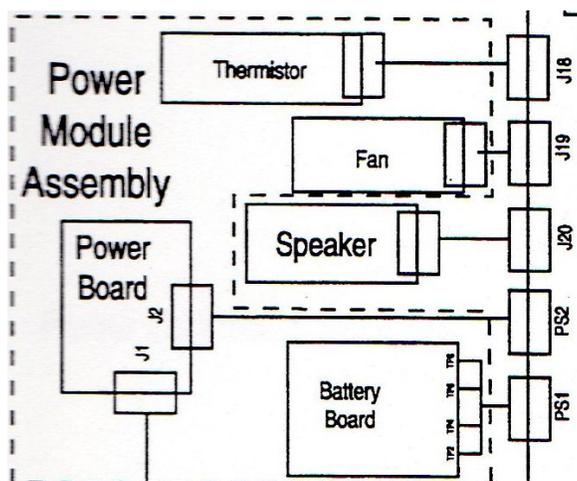


Fig. 7 Diagrama de bloques del Power Module con la tarjeta de carga de baterías.

Para poder detectar una falla en el termistor (Ver Fig. 7) se necesita acercar un cautín caliente a este, si enciende el ventilador y suena la bocina significa que este no tiene ningún problema, en caso de que no encienda el ventilador pero si suene la bocina, se procede a verificar el ventilador. Para verificar el ventilador lo podemos conectar directo a una fuente de DC de 9 V, si enciende el problema se encuentra en el termistor.

La pcb (printed circuit board) encargada de la carga de las baterías esta relacionada con esta primera etapa, el circuito principal de esta tarjeta es el UC3906 y de acuerdo con la hoja de especificaciones sus principales características son: control óptimo para máxima capacidad de la batería, lógica interna que proporciona tres posibles estados de carga, las cuales son estado de corriente elevada, sobrecarga controlada y carga flotante o de standby, tiene referencia interna para el control de la temperatura de la celdas de la batería durante la carga, control de la tensión y la corriente de carga, corriente de consumo sin carga de 1.6 mA. Se verifica el buen funcionamiento de este circuito cuando hay problemas con la recarga de las baterías, en caso de que no hubiera problemas con este circuito, se realizan pruebas de retención de la carga de las baterías, esto es cargando las baterías al 100% y midiendo el tiempo que tardan en descargarse sin estar conectado a alguna carga.

5.3 Modulo de la tarjeta principal.

Esta tarjeta prácticamente es una computadora, en esta tarjeta se encuentra un procesador, memorias, relojes, circuitos para interfaces de entrada y salida, pines de entrada y salida tanto para señales analógicas como digitales. Esta tarjeta se puede considerar como una caja negra que recibe todas las señales de los diferentes módulos y se encarga de la adquisición y procesamiento de la información para que aparezca en la pantalla. De acuerdo con la hoja de especificaciones del equipo la arquitectura que tiene este sistema es Harvard debido a que usa dos memorias diferentes una para almacenar los datos y otra para las instrucciones, como consecuencia de estas dos memorias tiene un bus de datos y otro de instrucciones o también llamado de control.

Debido a la arquitectura que posee esta tarjeta y para que cumpla con su función que es principalmente el procesamiento de las señales, se puede decir que tiene un juego de instrucciones, un hardware y un software optimizados para las aplicaciones que requieren operaciones numéricas a muy alta velocidad sobre todo cuando se están utilizando varios módulos simultáneamente. También cabe mencionar que esta arquitectura es la más óptima para el procesamiento y representación de señales analógicas en tiempo real, sin embargo también juegan un papel importante los convertidores analógicos digitales, porque estos están conectados a los puertos de entrada y dan la resolución de la señal.

Esta tarjeta es bastante compleja debido a que todos los circuitos que utiliza son de montaje superficial, pero a pesar de eso, se logra apreciar de manera visual las partes básicas que componen esta tarjeta.

Una representación en bloques de manera simplificada de esta tarjeta es la mostrada en la Figura 8.

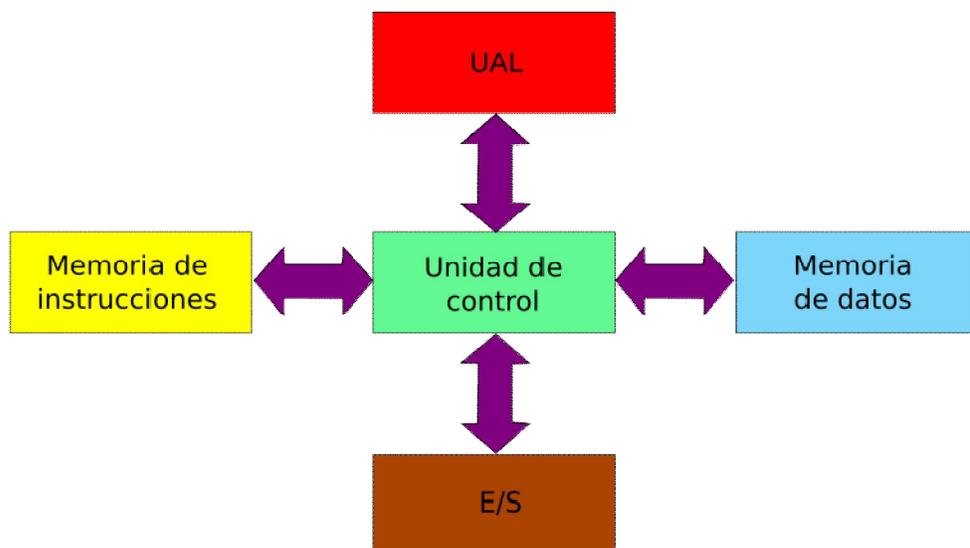


Fig. 8 Diagrama de bloques tarjeta principal

Las fallas más comunes en esta tarjeta son:

- a) Soldaduras frías.

- b) Partículas de polvo

Para tener acceso a esta tarjeta lo primero que se tiene que hacer es desensamblar el equipo, un vez desensamblado, se desconectan todos los conectores y módulos, para poder iniciar un inspección de manera visual, una vez localizado un punto soldadura fría se cubre la tarjeta con papel aluminio alrededor del punto de soldadura fría dejando expuesto solamente el punto de soldadura fría, esto es para disipar el calor que no se aplica directamente al punto de soldadura fría y de esta manera no se dañen componentes vecinos. El aire caliente que se aplica con la estación de soldado debe estar a una temperatura de 350 °C y no se debe de aplicar por más de 10 segundos, se puede aplicar pasta para soldar líquida llamada “flux” en caso de que siga sin hacer un buen contacto la soldadura, una vez estando la soldadura bien se sopetea toda la tarjeta con aire para eliminar partículas de polvo que generen problemas de funcionamiento de la tarjeta.

Si el procedimiento anteriormente descrito no funciona y la falla de esta tarjeta persiste se necesita reemplazar por una nueva, debido a que la gran mayoría de los circuitos en esta tarjeta son de montaje superficial y es complicado hacer cambios de componente además también es muy complicado determinar que componente exactamente esta dañado debido a que el conjunto de toda esta tarjeta solo se puede apreciar como una caja negra que tiene entradas y salidas, por lo tanto lo único que queda es verificar sus entradas comprobando el buen funcionamiento del modulo de potencia y de los módulos de interface; y sus salidas que dan a la pantalla.

En síntesis en este módulo se realizan reparaciones a nivel tarjeta y no a nivel componente, esto se hace tomando en cuenta las desventajas que tiene una reparación a nivel componente como lo son un mayor tiempo de reparación, dificultad para conseguir circuitos integrados de montaje superficial, utilización de herramienta más avanzada y posible daño colateral a otros componentes por el calor aplicado al momento de realizar soldados. En cambio una reparación a nivel tarjeta tiene ventajas como lo son: menor tiempo de reparación y mayor durabilidad de la tarjeta.

5.4 Modulo ECG

El modulo del electrocardiógrafo entrega una información de vital importancia en el monitoreo de un paciente, ya que registra las variaciones del potencial eléctrico cardiaco.

Este modulo es alimentado a través de la tarjeta del modulo principal, la tarjeta del ECG tiene un conector para el cable de los electrodos, los electrodos que se utilizan son de plomo y están cubiertos por una solución que permite un mejor sentido de las diferencias de potencial, estos electrodos son colocados de acuerdo a la derivación deseada, el Poet Plus 1800 permite conectar hasta 5 electrodos; también esta tarjeta tiene su amplificador de instrumentación, esta parte se encarga de amplificar las variaciones del potencial eléctrico cardiaco, ya que estas variaciones tienen un intervalo de 0.5 a 4 mV, este amplificador es un solo circuito integrado; la señal fisiológica una vez que sale de esta etapa de amplificación entra a una etapa de compensado de offset y una de filtrado, el compensado de offset trata de eliminar las componentes de DC de la señal y los filtros son un paso bajas y el otro un supresor de banda que está ajustado a 60 Hz debido al ruido que causa la red eléctrica. La señal que entrega la tarjeta del ECG a la tarjeta principal es analógica y la tarjeta principal recibe esta señal por medio de uno de sus convertidores analógicos digitales para después procesarla y mostrarla en el display.

Este módulo lo podemos representar en el diagrama de bloques simplificado mostrado en la Figura 9.

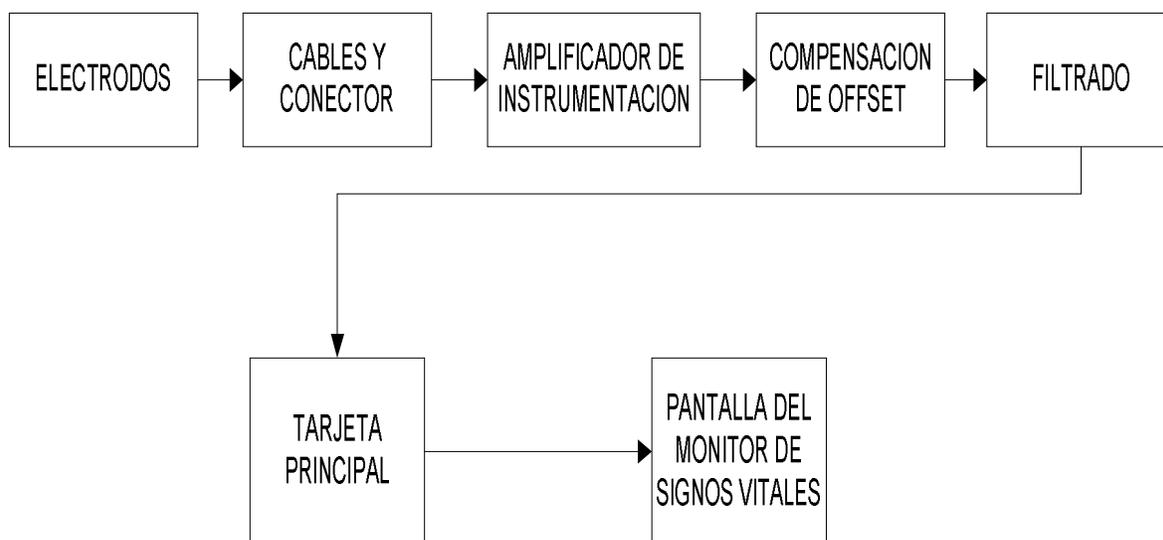


Fig. 9 Diagrama simplificado modulo de ECG

Dentro de las principales fallas de este equipo se encuentran:

- a) Cables trozados.

- b) Soldaduras frías.

La falla más frecuente es que los cables se encuentren trozados, esta falla se puede apreciar si la pantalla del monitor no muestra señal alguna del ECG o muestra ruido de muy baja amplitud, la causa principal que origina esta falla se debe a que los cables por el simple hecho de estar conectados a un paciente sufren trozaduras por los movimientos del paciente sobre todo cuando se encuentra dormido y de manera involuntaria los jala, en estos casos si no se cuenta con cables nuevos para el reemplazo hay que verificar la continuidad en los cables para poder repararlos, una vez localizada la trozadura hay que soldar el cable.

El equipo de apoyo que se utiliza para esta reparación son: multímetro, aguja, cautín, soldadura y termofit; lo primero que se hace es picar el cable con una aguja con el fin de que la aguja haga contacto con los cables y sea esta aguja utilizada como interface entre las puntas del multímetro y el cable, la utilización de la aguja es con el propósito de no quitarle el forro a los cables y de esta manera empezar a medir la continuidad desde el conector hasta el sensor, hay que recordar que esta reparación solo es provisional mientras se restablece el abastecimiento de cables nuevos en el almacén.

En caso de que la falla no se encuentre en los cables, se procede a verificar la tarjeta no presente soldaduras frías, en caso de que presente soldaduras frías se requiere soldar nuevamente el punto con una estación de soldado de aire caliente a 300°C.

Si la falla no se corrige con los procedimientos antes mencionados, es conveniente cambiar la tarjeta completa, ya que por la complejidad de la tarjeta es susceptible a dañarse si se intentan reemplazar circuitos integrados con métodos convencionales, y esto es porque son circuitos integrados de montaje superficial que están montados en pistas de cobre milimétricas por lo tanto al tratar de extraerlos se pueden dañar las pistas u otro circuito integrado, sin embargo no es común que se dañe la tarjeta.

5.5 Modulo de SpO₂

Este es el módulo del oxímetro de pulso, se encarga de medir de manera indirecta la saturación de oxígeno en la sangre de manera no invasiva y aprovecha la información para determinar las pulsaciones por minuto del corazón, se basa en la absorción diferencial de la luz por parte de la sangre, para determinar el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina en la sangre arterial, para obtener esta medida diferencial de la luz se utiliza un sensor que transmite dos longitudes de onda: luz roja de 660nm y luz infrarroja de 905nm, estas dos a traviesan el dedo de un paciente y son censadas por un foto receptor, la señal proveniente del fotodiodo produce una corriente que es función lineal de la intensidad de la luz, siendo esta corriente medida como densidad de potencia óptica incidente, se convierte a voltaje mediante un amplificador de corriente a voltaje, y la amplitud de la onda dependerá de la magnitud del pulso arterial, de la longitud de onda de la luz utilizada y de la saturación de oxígeno. Todo esto se basa en la ley de Beers, que dice “la absorción total de un sistema de absorbedores es igual a la suma de sus índices de absorción independientes, de modo tal, que ante una fuente de luz de intensidad constante, y una concentración de hemoglobina dada, la saturación de oxígeno de la hemoglobina es una función logarítmica de la intensidad de la luz transmitida a través de la muestra de hemoglobina”⁶. En la Figura 10 se muestra un diagrama a bloques simplificado de este módulo.

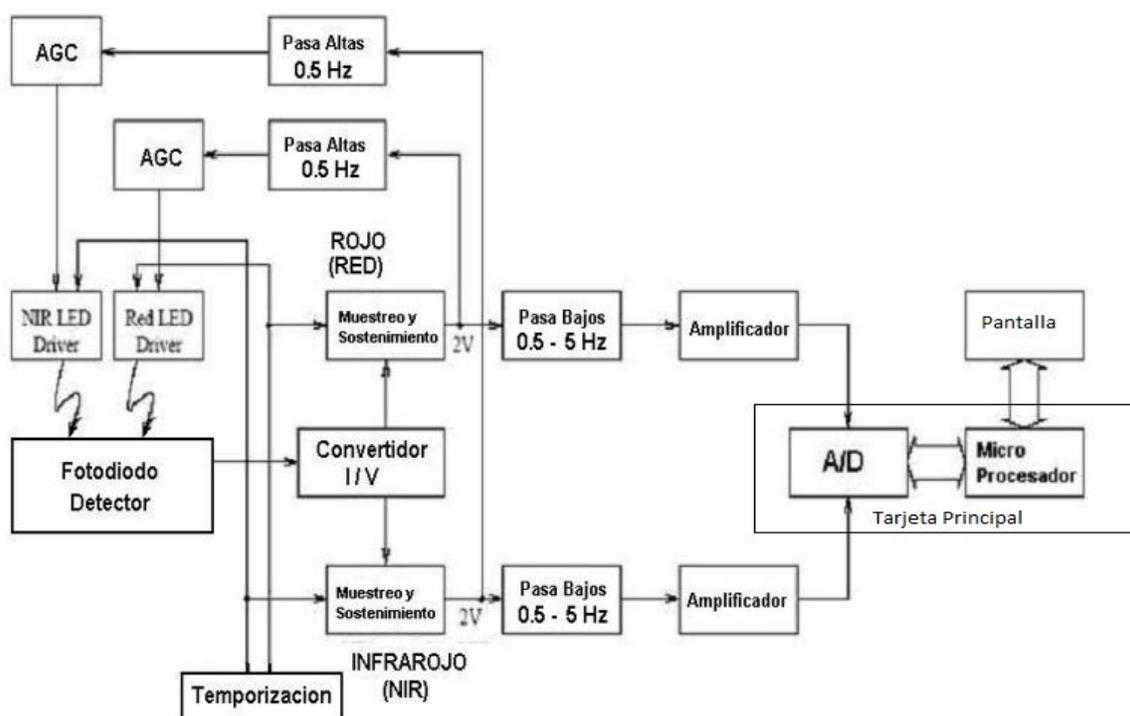


Fig. 10 Diagrama del modulo de SpO₂

6 G. WEBSTER John, Houghton Mifflin, *Medical Instrumentation Application and Design*, 1996

Las fallas más frecuentes en este modulo son:

- a) Cables trozados.

- b) Soldaduras frías.

La razón por la cual la falla principal siempre se encuentra en los cables, es porque de igual manera que los cables del ECG, estos se encuentran conectados al paciente, por lo tanto, por el mismo movimiento de los pacientes se generan trozaduras en los cables, la manera en que se verifica la continuidad de los cables es quitándole un pedazo del forro exterior que cubre todos los cables, hasta que se vean todos los cables, a diferencia del ECG aquí se necesita quitar un pedazo de forro ya que dentro del forro hay seis cables independientes que conectan al sensor con un pin del conector. Con una aguja hay que verificar la continuidad de cada cable, comenzando desde el sensor hasta el pin conector de cada uno de los cables, de igual manera que en el ECG se pueden soldar los cables de manera provisional en caso de no contar en el almacén con el sensor y cable ya que es una sola pieza.

En caso de que no estén dañados los cables y el sensor, se prosigue con verificar que la tarjeta que no presente soldaduras frías, en caso de que si presente soldaduras frías es necesario volver a soldar ese punto con una estación de aire caliente a una temperatura de 300°C; si la falla no se corrige con esto es necesario cambiar el modulo completo.

5.6 Modulo de presión arterial no invasiva (PNI)

Es modulo funciona a través de un método oscilométrico, esto significa que su funcionamiento se basa en monitorear las variaciones de la señal de presión en una banda inflable que se coloca regularmente alrededor del brazo. Cuando se activa este módulo lo primero que enciende es una bomba de aire que empieza a inflar el brazalete hasta el punto máximo en el cual el sensor deja de sentir oscilaciones (debido a que deja de circular la sangre por la arteria), después se abre una válvula que ocasiona que la banda se desinflen, mientras la banda se desinfla desde un nivel por encima de la presión sistólica, las paredes de la arteria comienzan a vibrar u oscilar a medida que la sangre fluye a través de la arteria parcialmente obstruida estas vibraciones son captadas por el transductor de presión que monitorea la presión del brazalete. Mientras la presión sigue disminuyendo, las oscilaciones aumentan hasta una amplitud máxima y luego disminuyen hasta que el brazalete se desinfla y el flujo de la sangre vuelve a la normalidad.

Dentro de las principales fallas en este módulo son:

- a) Brazalete perforado.
- b) Ductos y conectores con fuga de aire.
- c) Válvula defectuosa al cierre.
- d) Bomba de aire con devanado quemado.
- e) Tiristores sin conmutar.
- f) Soldaduras frías.

De todas estas fallas antes mencionada se puede decir que la más común son los orificios en el brazalete y ductos que no permiten el inflado, esto se ocasiona debido a que muchas veces el brazalete o los ductos son perforados por alguna aguja, otra razón por la cual se dañan conectores y ductos es por el uso, los ductos después de un tiempo comienzan a presentar grietas debido a que son de hule. En todos estos casos se sustituye el brazalete y conectores, este elemento es considerado también como un consumible y se tienen repuestos en el almacén.

La falla principal de la válvula es que se quede abierta por lo tanto no permite el inflado del brazalete, esta falla se puede ubicar una vez cambiando el brazalete y conectores por unos nuevos para descartar un fuga de aire, posteriormente se debe cerrar el ducto que conecta con la válvula de manera manual (presionándolo), una vez hecho todo esto si el brazalete se infla, se puede asegurar que el problema está en la válvula y es necesario cambiarla.

En caso de que sea la bomba la que no enciende, se inicia por revisar la resistencia del motor de la bomba de aire, la cual debe ser mayor a 3Ω , si la resistencia es menor se necesita cambiar la bomba de aire. Antes de remplazar la bomba también es necesario verificar el buen funcionamiento de los tiristores, esto se puede hacer haciendo funcionar la

tarjeta y midiendo el voltaje de entrada de la bomba, en caso de que no conmute, se necesita cambiar el tiristor.

Si después de la revisión no se encuentran problemas en ninguno de estos componentes críticos, se procede a inspeccionar de manera visual la tarjeta de control con el fin de localizar soldaduras frías, una vez localizadas, si las hay, se aplica el método que se ha venido mencionado para soldar los puntos que presenten este problema. Si el problema no se soluciona es necesario cambiar la tarjeta completa.

De igual manera como lo he venido haciendo se presentara en la Figura 11 un diagrama de bloques simplificado de este módulo.

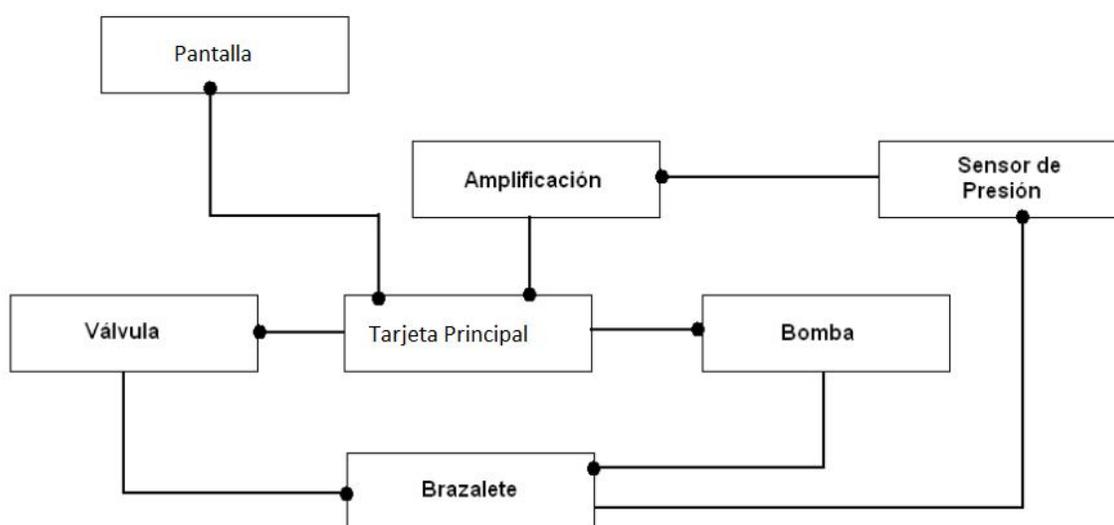


Fig. 11 Diagrama simplificado del módulo de presión arterial no invasiva (PNI)

5.7 Módulo de Temperatura

Este módulo es el menos complicado, se encarga de medir la temperatura del paciente, consta de una sonda que tiene un termistor y un conector plug. Los termistores se caracterizan por una elevada resistividad, un alto coeficiente de temperatura y un corto tiempo de respuesta, debido a su elevada resistividad disminuye el error debido a la resistencia inherente de los alambres de unión y el acondicionador de señal, su única desventaja es su pequeño intervalo de medición, pero para su aplicación en la detección de temperaturas corporales es bueno ya que las mayoría de las mediciones se encontraran entre 35 y 40° C.

El diagrama de bloques simplificado de este modulo se muestra en la Figura 12.

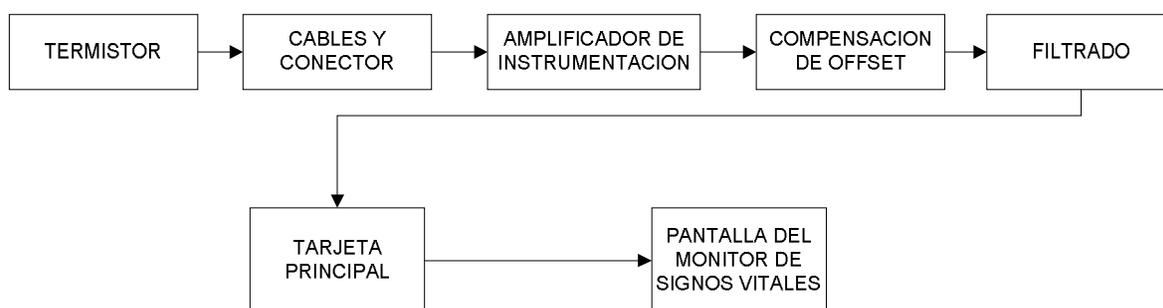


Fig. 12 Diagrama simplificado del módulo de temperatura

Las fallas que puede presentar este módulo son:

- a) Cables trozados.
- b) Sensor dañado.
- c) Soldaduras frías.

Una de las principales fallas en este módulo, se encuentra la trozadura de los alambres que unen al conector con el sensor, de igual manera se puede hacer una reparación provisional si no se cuenta en el almacén con un sensor nuevo, esto es con la ayuda de un multímetro se mide la continuidad desde el conector hasta el sensor para localizar la parte del cable que está trozado, una vez lo localizado, se quita el forro de esa parte, se solda y se aísla con termofit.

En caso de que el cable no tenga ninguna trozadura y el sensor siga sin medir significa que el sensor está dañado, regularmente estos sensores se dañan por ser expuestos a temperaturas fuera de sus especificaciones. Sin embargo en algunos casos a pesar de estar dañados los sensores perciben una medición, pero debido al pequeño rango que puede tener la temperatura corporal, estos son detectados por el mismo software del equipo, además otra forma de corroborar esta información es comparando la medición del equipo con una medición de un termómetro de mercurio.

Si en alguno de estos componentes mencionados no se encuentra el problema, es necesario realizar una inspección visual de la tarjeta para localizar soldaduras frías, una vez localizados estos puntos, se tienen que soldar con la técnica antes mencionada, en caso de que esto no solucione el problema es necesario cambiar el modulo completo.

6. Conclusiones

Este escrito se enfocó principalmente en dos cosas; monitor de signos vitales y mantenimiento correctivo, esto fue debido a la gran importancia que tienen los monitores de signos vitales en una institución de salud y en el mantenimiento correctivo porque es el menos deseado pero sin embargo siempre se presenta y consume tiempo valioso para el médico y el paciente.

El análisis del monitor de signos vitales se realizó a través de bloques para facilitar la comprensión y el funcionamiento de cada módulo, además es más práctico en el mantenimiento debido al gran nivel de integración que hay en las tarjetas, es decir, es fácil ubicar cada tarjeta y los componentes que tienen para así saber cuál sustituir de acuerdo a la función que realiza el dispositivo. Con todo esto lo que se pretende es que este escrito sirva como una ayuda al momento de realizar mantenimiento correctivo en monitores de signos vitales, me basé en el Poet Plus 1800 debido a que fue el monitor con el que tuve más acercamiento, sin embargo todos los monitores de signos vitales se basan en el mismo funcionamiento, lo que varía es la forma en que se disponen sus tarjetas, el software, la manera en que se desensambla el equipo y sus consumibles principalmente.

Conociendo perfectamente todas las bases y la distribución de las tarjetas, se espera que las experiencias plasmadas en este reporte sirvan como una ayuda para disminuir el tiempo de reparación, cuando monitores de signos vitales sufren algún daño y de esta manera entorpecer en lo menos posible la operación y calidad de los servicios médicos que ofrece una institución gubernamental de salud a sus pacientes.

El resultado obtenido es una mayor disponibilidad de los monitores en todas las áreas, así como la disponibilidad de un mayor tiempo para realizar mantenimiento preventivo y aminorar las incidencias de mantenimientos correctivos, el cual involucra un mayor tiempo para corregir estas fallas.

A manera de sugerencia sería un área de oportunidad tratar de hacer un programa de mantenimiento predictivo, aunque para este tipo de programas se requiere una gran inversión y una capacitación a todo el personal para que esto se cumpla.

7. Anexos

7.1 Hoja de especificaciones del equipo

Especificaciones técnicas	
ECG	
Número de derivaciones:	3 o 5
Vista de derivaciones:	Seleccionable por el usuario; I, II, III, aVR, aVL, aVF, V (5 deriv.); I, II, o III (3 deriv.)
Selección de ganancia:	x1f, x1, x2 y x4
Respuesta de frecuencia:	Diagnóstico: De 0,05 a 100 Hz (-3 db); Monitor: De 0,5 a 40 Hz (-3 db) ST: De 0,05 a 40 Hz (-3 db)
Protección contra electrocirugía:	Si
Protección contra desfibrilador:	Si
Detección/rechazo de marcapasos:	Si
Precisión de ST:	±2 mm o ±5% de lectura, el que sea mayor, en un rango cardíaco de 30 a 120 lpm
Rango ST:	De -6,0 a +6,0 mm
Presión arterial no invasiva	
Técnica:	Medida oscilométrica durante el inflado
Ciclo de medición: autom.:	2, 3, 5, 10, 15, 30 min; 1, 2, 4 horas
Presión máx. del manguito:	Adultos: 300 mmHg; Neonatos: 150 mmHg
Rango de adultos:	30-250 mmHg
Rango de neonatos:	30-150 mmHg
Resolución:	1 mmHg
Precisión del transductor:	±2 mmHg o ±2% de lectura, el que sea el mayor, sobre rango completo
Modo STAI:	5 min de lecturas continuas
Oximetría de pulso	
Rango:	De 1% a 99%
Resolución:	1%
Precisión:	Rango de 70% a 99%: ±2%; rango de 50% a 69%: ±3%; <50%: no especificado
Método:	LED de doble longitud de onda
Frecuencia cardíaca (pulso)	
Fuente:	Seleccionable por el usuario: Inteligente, ECG, PI, pletismografía, PNI
Rango:	20 a 300 lpm (30-240 lpm, PNI)
Precisión:	±1 lpm o ±1% (ECG), el que sea mayor
Temperatura	
Canales:	2
Rango, Precisión:	De 20° a 45° C (de 68° a 113° F): ±0,1° C
Resolución de pantalla:	±0,1°
Sonda:	Series YSI-400 e YSI-700
Respiración	
Frecuencia:	6 a 150 respiros/min
Resolución:	1 respiros/min
Precisión:	±1% o ±1 respiros/min, el que sea mayor
Fuente:	Seleccionable por el usuario: Inteligente, CO ₂ , ECG-TI
CO₂	
Unidades:	mmHg; %; kPa; Torr
Escala de forma de onda:	0 a 3,13%, 0 a 6,25%, 0 a 12,5%, y 0 a 25%
Método:	Infrarrojo no dispersivo, calibración automática
Compensación de N ₂ O:	Manual; Act/Des, seleccionable por el usuario
Rango:	0 a 99 mmHg; 0 a 12,5%; 0 a 12,5 kPa; 0-99 Torr
Resolución:	1 mmHg; 0,1%; 0,1 kPa; 1 Torr
Frecuencia de muestreo:	Toma lateral; seleccionable: 150 ml/min o 50 ml/min
Precisión:	±2 mmHg, ±0,3 % de volumen, ±0,3 kPa, o ±2 Torr a 150 ml/min y frecuencia respiratoria de ≤ 35 respiros/min
Tiempo de subida:	350 ms (10-90%) a 150 ml/min
Presión arterial invasiva	
Canales:	2
Sitios del transductor:	Seleccionables: ART, PA, Ix, RV, LA, RA, PVC, PIC
Rango de presión:	-10 mmHg a 300 mmHg
Transductor:	Respuesta de frecuencia 0 a 20 Hz; Sensibilidad 5 µV/mmHg; Impedancia >300 ohms
Precisión:	±1 mmHg o ±1%, el que sea mayor
Alarmas	
Indicación:	Audible; visual (EN475)
Silencio:	Si; de 2 minutos o permanente
Tendencias	
Memoria:	24 h en intervalos de 30 segundos
Presentación:	Tabulada, gráfica
Pantalla	
Pantalla:	TFT de color activo de 10,4"
Resolución:	640 x 480 píxeles
Formas de onda:	Hasta 6
Tipos de forma de onda:	Derivaciones ECG I, II, III, aVR, aVL, aVF, V; CO ₂ ; O ₂ ; respiración; PI; pletismografía; CO ₂ respiración por respiración; histogramas de ST
Velocidad de barrido:	6,25; 12,5; 25; 50 mm/seg
Idiomas:	Inglés, francés, alemán, italiano, portugués y español
Controles	
Teclas:	9; activadas por membranas
Mando giratorio:	Presionar y girar; 24 pasos/vuelta
Salidas del sistema	
Puertos Com:	Compatibles RS 232; DB9 (Com1); mini din analógico (Com2)
Llamada a enfermera:	Interruptor de contacto; clavija de altavoz estéreo de 3,5 mm, 14 mm de longitud
Desfib/Sinc:	Conector BNC
Puerto de video:	D-Sub 15 de alta densidad
Impresora	
Tipo:	Impresora térmica de línea
Vel. del papel:	12,5; 25; 50 mm/seg
Propiedades físicas	
Peso:	12 libras; 5,45 kg (sin baterías)
Tamaño:	13,3" (alto) x 12,5" (ancho) x 8,8" (fondo); 33,7 cm (alto) x 31,8 cm (ancho) x 22,2 cm (fondo)
Requisitos de alimentación eléctrica	
Voltaje:	100, 120, 220, 240 V CA; 50/60 Hz
Consumo de energía:	35 W normal
Baterías:	2 baterías de plomo selladas; duración: 2 h, normal; tiempo de recarga: 4,5 h
Características medioambientales	
Temperatura de funcionamiento:	15° a 35° C (59° a 95° F)
Temperatura de almacenamiento:	-5° a 50° C (23° a 122° F)
Humedad de funcionamiento:	15% a 90%, sin condensación
Clasificación	
Tipo de protección:	Equipo de Clase I
Grado de protección:	Tipo CF, a prueba de desfibriladores
Seguridad:	EN 60601-1

7.2 Ensamble del equipo

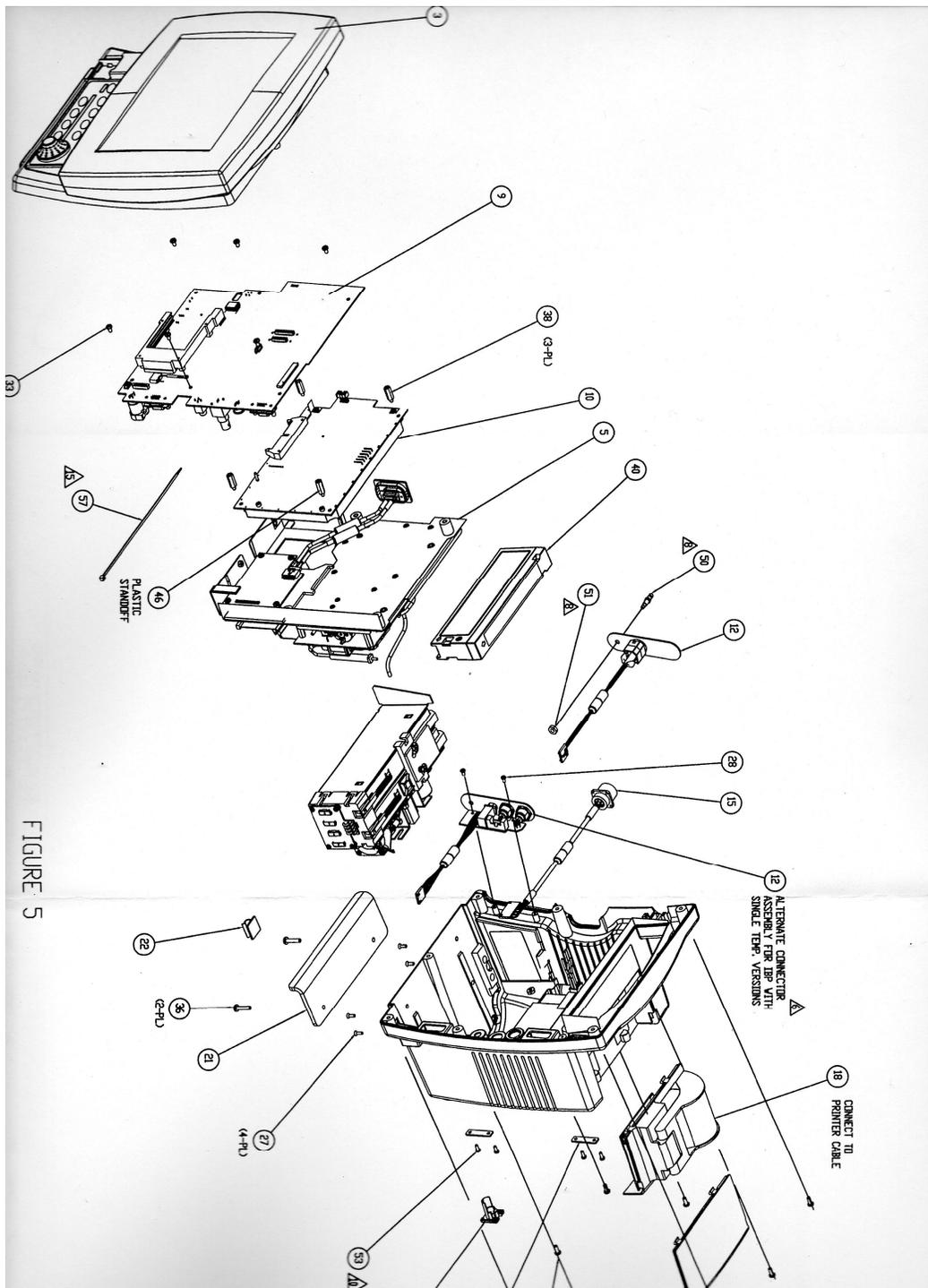


Fig. 13 Ensamble de Monitor

7.3 Parámetros de señales fisiológicas

Parámetro o técnica de medida	Rango de medida	Frecuencia de la señal [Hz]	Método o sensor estándar
Balístocardiógrafo (BCG)	0 – 7 ms	DC - 40	Acelerómetro, galga extensiométrica
Flujo arterial	1 – 100 ml/s	DC - 20	Flujómetro (electromagnético o ultrasónico)
Presión arterial	1 – 400 mmHg	DC - 50	Galga extensiométrica, manómetro
pH sangre	6.8 – 7.8 pH	DC - 2	Electrodos específicos
Electrocardiograma (ECG)	0.5 – 4 mV	0.1 - 250	Electrodos de superficie
Electroencefalograma (EEG)	5 – 300 μ V	DC - 150	Electrodos para el cuero cabelludo
Electromiograma (EMG)	0.1 – 5 mV	DC - 10000	Electrodos de aguja
Electrooculograma (EOG)	50 – 3500 μ V	DC - 50	Electrodos de contacto
Electroretinograma (ERG)	0 – 900 μ V	DC - 50	Electrodos de contacto
Respuesta galvánica de la piel (GSR)	1 – 500 k Ω	0.01 - 1	Electrodos de piel
pH gástrico	3 – 13 pH	DC - 1	Electrodo de pH, electrodo de antimonio
Potenciales nerviosos	0.01 – 3 mV	DC - 10000	Electrodos de aguja o superficiales
Fonocardiograma	Rango dinámico de 80 dB, umbral 100 μ Pa	5 - 2000	Microfono
Flujo de aire (Neumatografía)	0 – 600 l/min	DC - 40	Sensor de presión diferencial
Ratio de respiración	2 – 50 por minuto	0.1 - 10	Galga extensiométrica, termistor nasal
Temperatura corporal	33- 40 °C	DC – 0.1	Termistor, termopar.

7.4 Derivaciones del ECG

La disposición específica que guardan los electrodos al momento de su colocación sobre la superficie corporal recibe el nombre de derivación.

Existen 12 derivaciones estándares del ECG: 6 en el plano frontal llamadas derivaciones de los miembros y 6 en un plano horizontal llamadas derivaciones precordiales. Y se obtiene de las señales medidas a través de 10 electrodos colocados en la superficie de la piel.

Estos 10 electrodos se colocan de la siguiente manera: uno en cada una de las extremidades, es decir en miembros inferiores y superiores, de los cuales el colocado en la pierna derecha es utilizado como referencia eléctrica para reducir la interferencia externa y los otros 6 restantes en el pecho del paciente.

Estas derivaciones se pueden clasificar en:

- Bipolares: DI, DII, DIII.
- Unipolares: aVR, aVL, Avf
- Precordiales: V1, V2, V3, V4, V5, V6

Bipolares

Las derivaciones bipolares registran la señal eléctrica del corazón entre dos electrodos específicos.

- DI, es la diferencia de potencial medida entre el electrodo del brazo derecho y el brazo izquierdo.
- DII, es la diferencia de potencial entre el electrodo del brazo derecho y la pierna izquierda.
- DIII, es la diferencia de potencial entre el electrodo del brazo izquierdo y la pierna izquierda.

La unión entre estas tres señales representa la figura conocida como el triángulo de Einthoven.

Unipolares

Las derivaciones unipolares se obtienen midiendo el voltaje entre el electrodo colocado en una de las extremidades y el promedio de los otros dos, es decir que para el registro de estas derivaciones se requieren tres electrodos y su nombre esta dado por las siglas de las palabras Augmented Vector (aV) y el sitio de la colocación Right arm (R), Left arm (L) y left Foot (F).

Cada una de estas 12 derivaciones representa diferentes perspectivas de la actividad eléctrica del corazón.

La vista esquemática de las derivaciones unipolares y bipolares es la siguiente:

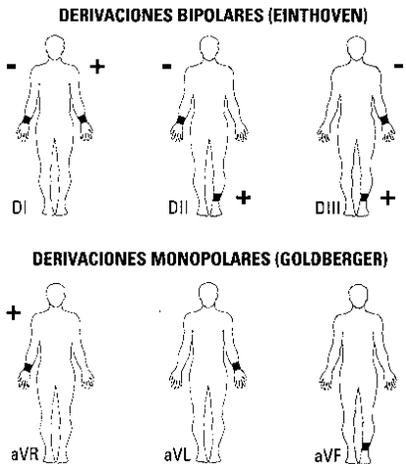


Fig. 14 Derivaciones unipolares y bipolares

Precordiales

Las derivaciones precordiales miden el voltaje entre los electrodos colocados en el pecho y el promedio de todos los voltajes de los electrodos de los miembros y estos van desde V1 a V6.

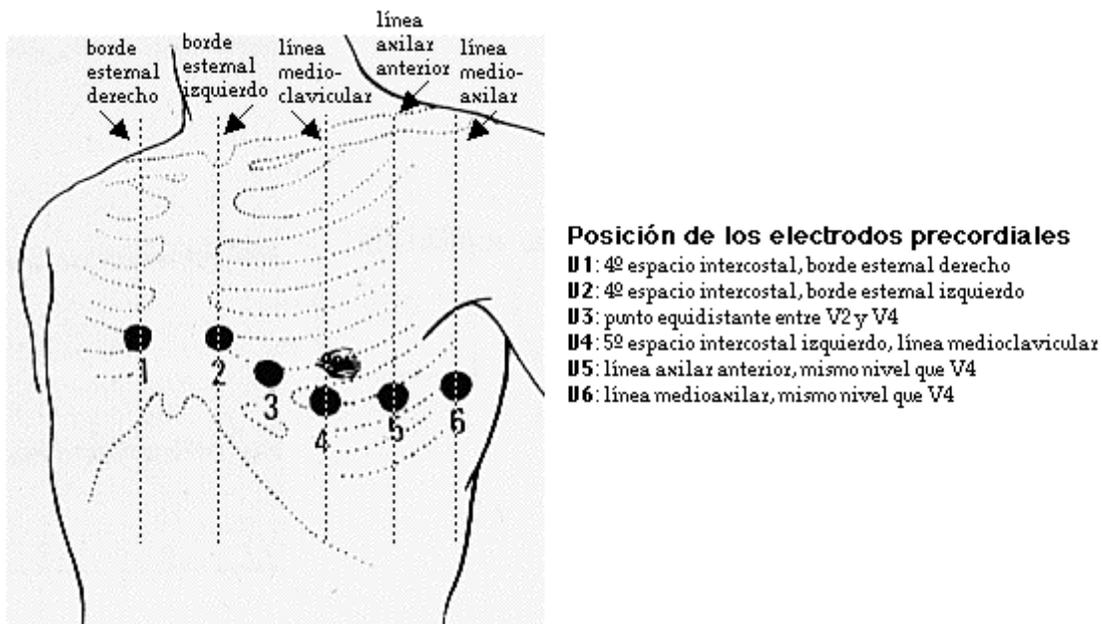


Fig. 15 Derivaciones precordiales

7.5 Presión Arterial

La presión arterial es llamada así debido a la presión que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales, las cuales a su vez modifican su tensión para regular esta. La presión arterial está directamente relacionada con las fases del ciclo cardiaco principalmente con la sístole y diástole del ventrículo izquierdo que es de donde se bombea la sangre oxigenada.

La presión sistólica es el valor de la máxima presión alcanzada durante el ciclo cardiaco, el valor normal de la presión sistólica es de 120 mmHg, por lo tanto la presión diastólica es la presión más baja, se considera valores normales alrededor de los 80 mmHg.

Los métodos para medir la presión arterial pueden clasificarse en dos: invasivos y no invasivos. De estos dos se puede decir que los métodos invasivos realizan una medición directa y los no invasivos una medición indirecta

Medición directa

Es un método invasivo que se realiza por punción arterial a través de la piel, se conecta la aguja a un transductor de presión para registrar las oscilaciones de la presión.

Medición indirecta

Dentro de estos métodos no invasivos podemos encontrar:

- Método palpatorio o de Riva-Rocci.- En este método se requiere un brazalete inflable conectado a un manómetro o transductor de presión, generalmente el brazalete es colocado en el brazo del paciente con el objetivo de comprimir la arteria y de esta manera poder palpar en que momento se obstruye la arteria y en que momento regresa a fluir sangre.
- Método auscultatorio de Korotkow.- es similar nada mas que en este método en vez de palpar se escucha.

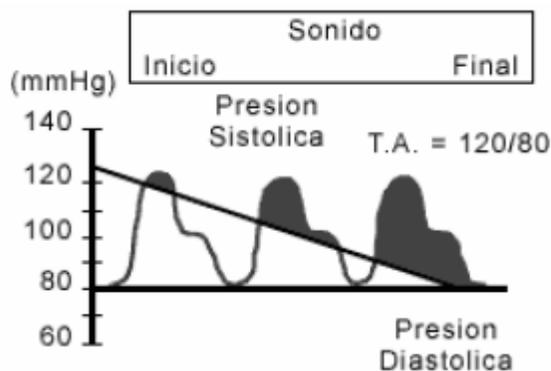


Fig.16 Método auscultatorio

- Método oscilométrico.- Las bases son las mismas solo que en este método se utiliza un transductor de oscilaciones.

Glosario

Ampere	Es la unidad intensidad de corriente eléctrica y forma parte de las unidades básicas en el Sistema Internacional de Unidades.
Bitácora	Es un registro ordenado cronológicamente, en el cual se detallan descripciones de sucesos de algún objeto o lugar.
Consumible	Accesorio de los equipos que esta sometido a un desgaste continuo, motivo por el cual requiere ser intercambiado continuamente.
Circuito Integrado	Es una pastilla pequeña de material semiconductor, de algunos milímetros cuadrados de área, sobre la que se fabrican circuitos electrónicos y está protegida dentro de un encapsulado de plástico o cerámica.
Electrodo	Es una interface utilizada como conductor para hacer contacto con alguna zona deseada del cuerpo. Existen diferentes tipos de electrodos: de aguja, chupón, brazaletes, microelectrodos, etc.
Fisiología	Es la ciencia cuyo objeto de estudio son las funciones de los seres orgánicos.
Gestión	Conjunto de aspectos financieros y función del aprovisionamiento cuya misión es asegurar en todo momento la satisfacción de las necesidades del consumo mediante la regulación de los stocks.
Mantenimiento	Es el conjunto de actividades destinadas a mantener o establecer un bien en un estado de condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento para cumplir con una función requerida.
Microprocesador	Es el circuito integrado digital central y más complejo de un sistema informático, constituido por millones de componentes electrónicos agrupados en un paquete siendo la gran mayoría transistores.
Pediatría	Especialidad médica que estudia al niño y sus enfermedades, cronológicamente la pediatría abarca desde el nacimiento hasta la adolescencia.
Planeación	Es la determinación del conjunto de objetivos por obtenerse en el futuro y el de los pasos necesarios para alcanzarlos a través de técnicas y procedimientos definidos.

Seguridad	Comúnmente se refiere a la ausencia de riesgo o también a la confianza en algo o alguien.
Stock	Es un anglicismo que se usa en español con el sentido de existencias.
Termofit	Es un tubo termo contráctil, este tubo al ser sometido a una temperatura alrededor de los 70° reduce su diámetro hasta en un 50%, es utilizado en la electrónica principalmente como aislante.

Bibliografía

Boylestad, R. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Prentice Hall, 2003.

Criticare System Inc. *Poet Plus 1800 Patient Monitor Service Manual*. 2003

González, F. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. España, 2005.

Herrera, Rios I.T. *Tesis “Protocolos de mantenimiento para el equipo médico del INP”*. UNAM 2011.

Marcombo, Poblet J.M. *Introducción a la Bioingeniería*. Barcelona 1988.

Tortora, Gerard J. *Principios de anatomía y fisiología*. México. Harla, 1977.

Webster John, Houghton Mifflin, *Medical Instrumentation Application and Design*, 1996.