



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

**EL ROL DEL INGENIERO BIOMÉDICO EN MACC MEDICAL EN TEGUCIGALPA,
HONDURAS.**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

11711300 JOSÉ CARLOS NÚÑEZ SIERRA

ASESOR: ING. FERNANDA CÁCERES

CAMPUS TEGUCIGALPA; ENERO, 2023

DEDICATORIA

Dedico esta práctica a la empresa MACC Medical.

Agradezco al dueño de la empresa en el cual realicé mi práctica profesional y al gerente general por otorgar los permisos para poder aplicar los conocimientos aprendidos en mi carrera profesional.

Muchas gracias.

-José C. Núñez Sierra.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser mi luz y guía siempre, a mis amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y demostraron su apoyo y ánimo en todo momento. También a todas aquellas personas que durante estos años de mi carrera universitaria estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Agradezco a todos mis maestros personas, de gran sabiduría y quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en donde me encuentro y sobre todo por haberme enseñado todo lo que sé y más que eso.

Todo este agradecimiento es por y para ustedes.

Muchas gracias.

RESUMEN EJECUTIVO

Los ingenieros biomédicos se encargan de velar por la tecnología, procesos, espacios y demás dentro del sector salud. En Honduras, el principal campo laboral para el ingeniero biomédico se encuentra en los hospitales en el ámbito de la ingeniería clínica y como ingeniero de servicio técnico dentro de empresas distribuidoras de insumos y equipo médico

Al realizar la práctica profesional se ponen en práctica los conocimientos que se lograron adquirir a lo largo de la extensión de la carrera. En este caso, la práctica profesional fue realizada en la empresa MACC Medical la cuál distribuye una variedad de insumos y equipos médicos. Entre los equipos que principalmente distribuyen se encuentran los equipos de cardiología, hospitalización, Rayos X entre otros. En esta oportunidad se logró aprender como revisar el estado de funcionamiento de los equipos y como realizar los mantenimientos preventivos y correctivos además de aprender el armado de variedad de mobiliario médico.

Además, durante la práctica profesional se realizaron diferentes actividades como entregas, capacitaciones, mantenimientos y demostraciones de los equipos. En todas estas actividades se brindó apoyo para la empresa logrando aprender de cada una de ellas. A lo largo del informe se detallarán las actividades realizadas durante la práctica aplicando los conceptos detallados finalizando con un análisis gráfico con porcentajes para cada tarea.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

I.	Introducción.....	3
II.	Generalidades de la Empresa.....	4
2.1	Descripción de la Empresa.....	4
2.2	Descripción del Departamento o Unidad.....	4
2.3	Objetivos del Puesto.....	5
2.3.1	Objetivo General.....	5
2.3.2	Objetivos Específicos.....	5
III.	Marco Teórico.....	6
3.1	Rol del Ingeniero Biomédico en una Empresa.....	6
3.2	Desafíos que enfrentan las Empresas Distribuidoras de Equipo Médico.....	7
3.3	¿Qué son los Dispositivos Médicos?.....	9
3.3.1	Clasificación de los Dispositivos Médicos.....	10
3.4	Departamento de Ingeniería Biomédica (DIB).....	11
3.4.1	Funciones del Departamento de Ingeniería Biomédica.....	11
3.5	Mantenimiento de Equipos Médicos.....	12
3.5.1	Inspección y Mantenimiento Preventivo (IMP).....	12
3.5.2	Mantenimiento Correctivo (MC).....	13
3.5.3	Factores que Influyen en la Falla de los Equipos.....	15
3.5.4	Inspección de Seguridad.....	16
3.5.5	Calibración de Equipo Médico.....	17
3.5.6	Registros de Resultados.....	19
3.6	Programa de Mantenimiento.....	19
3.6.1	Planificación de un Programa de Mantenimiento.....	20
3.6.2	Inventario.....	21
3.6.3	Datos de un Inventario.....	22
3.6.4	Recepción de Equipo.....	23
3.6.5	Capacitación del Personal de Mantenimiento.....	23
3.7	Herramienta y Equipos de Medición.....	26

3.7.1	Equipo de Medición por Categoría de Dispositivo Médico.....	27
3.8	Formatos o Fichas Utilizadas en un DIB.....	27
3.9	Lineamientos Para la Adquisición de Equipo Médico.....	28
3.9.1	Identificación de Proveedores.....	28
3.9.2	Información Necesaria del Equipo para una buena Gestión.....	29
3.9.3	Recomendaciones para Adquisición de Tecnologías Médicas.....	30
3.10	Equipos.....	30
3.10.1	Electrocardiógrafo Cardiovit AT-1, G2 Schiller.....	30
3.10.2	Monitor de signos vitales marca Edan IM-80.....	32
3.10.3	Desfibrilador Schiller HD-7.....	32
3.10.4	Mapa Schiller BR-102.....	33
3.10.5	Ultrasonido CHISON Ebit 50.....	34
3.10.6	Bombas de Infusion.....	35
IV.	Desarrollo.....	38
4.1.1	Semana 1.....	38
4.1.2	Semana 2.....	40
4.1.3	Semana 3.....	43
4.1.4	Semana 4.....	46
4.1.5	Semana 5.....	48
4.1.6	Semana 6.....	52
4.1.7	Semana 7.....	54
4.1.8	Semana 8.....	59
4.1.9	Semana 9.....	64
4.2	Resumen de Actividades.....	68
V.	Cronograma de Actividades.....	71
VI.	Conclusiones.....	72
VII.	Recomendaciones.....	73
VIII.	Bibliografía.....	74
IX.	Anexos.....	79

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Componentes de un programa de mantenimiento.....	12
Ilustración 2. Factores claves para la identificación del mantenimiento.....	20
Ilustración 3. Ciclo de gestión de tecnología médica.....	22
Ilustración 4. Diagrama de flujo de los pasos a seguir para elaborar el plan de capacitación del personal.....	25
Ilustración 6. Electrocardiógrafo Schiller AT-1 G-2.....	31
Ilustración 7. Monitor de signos vitales marca EDAN IM-80.....	32
Ilustración 8. Desfibrilador DEFIGARD HD-7.....	33
Ilustración 9. MAPA Schiller BR-102.....	34
Ilustración 10. Ultrasonido Ebit 50 marca CHISON.....	35
Ilustración 11. Funcionamiento de bomba peristáltica lineales y bombas peristálticas rotatorias.....	37
Ilustración 12. Departamento de biomédica en MACC Medical.....	39
Ilustración 13. Armado de equipo de electroterapia y su respectiva capacitación.....	39
Ilustración 14. Reparación de endoscopio en Hospital DIME.....	40
Ilustración 15. Reparacion de Impresora HUQ en Hospital San Jorge.....	41
Ilustración 16. Revisión de Electrocardiógrafos Schiller AT-1.....	42
Ilustración 17. Entrega de equipos y capacitación inicial del Electrocardiógrafo.....	42
Ilustración 18. Monitor Fetal marca EDAN.....	43
Ilustración 19. Visita y capacitación Ultrasonido SonoEye Chison.....	44
Ilustración 20. Inspección de equipo en bodega (Centrifuga UNICO LX).....	44

Ilustración 21. Armado y ensamblaje de pruebas de esfuerzo marca Schiller.....	45
Ilustración 22. Pruebas de esfuerzo armadas para ser entregadas.	45
Ilustración 23. Instalación y capacitación de prueba de esfuerzo en Hospital CEMESA.	46
Ilustración 24. Medicentro en La Ceiba, Atlántida.....	47
Ilustración 25. Instalación y capacitación de prueba de esfuerzo en Medicentro, La Ceiba.	47
Ilustración 26. Capacitación al personal de enfermería sobre el espirómetro.....	48
Ilustración 27. Reparación de bomba de infusión marca MedCaptain.....	49
Ilustración 28. Congreso de audiología.....	50
Ilustración 29. Equipos de audiología marca Interacoustic.	50
Ilustración 30. Centro Médico PREDISAN, Catacamas, Olancho.	51
Ilustración 31. Mantenimiento preventivo a electrocauterio.	51
Ilustración 32. Mantenimiento preventivo a equipos en PREDISAN (colposcopio).....	52
Ilustración 33. Electrocardiógrafo Cardiovit AT-102 G2.....	53
Ilustración 34. Mantenimiento Correctivo de Rayos X en Centro Médico Juárez, en Nacaome, Valle.	53
Ilustración 35. Bombas de Infusión Marca MedCaptain.	54
Ilustración 36. Sensor de oclusión y burbuja de aire en Bomba de Infusión Med Captain.	55
Ilustración 37. Congreso de Cardiología en Hospital Militar.	56
Ilustración 38. Demostración de Venótomo en Congreso de Cardiología.....	57
Ilustración 39. Entrega y capacitación de Desfibrilador DEFIGARD HD-7.	57
Ilustración 40. Venótomo MedCaptain para canalización.....	58
Ilustración 41. Estetoscopio digital marca ThinkLabs.	58
Ilustración 42. Electrocardiógrafo WelchAllyn.....	59

Ilustración 43. Formato de impresión de electrocardiograma.....	60
Ilustración 44. Capacitación de bombas de infusión MedCaptain a personal de enfermería.	60
Ilustración 45. Demostración del DEA a personal de Cruz Verde.....	61
Ilustración 46. Desfibrilador externo automático.....	62
Ilustración 47. Electroencefalógrafo Neurovirtual.....	63
Ilustración 48. Capacitación equipos para utilizar en Telemedicina.....	64
Ilustración 49. Capacitación Monitor Fetal en El Paraiso.....	65
Ilustración 50. Mantenimiento preventivo Rayos X portátil DRGEM.....	66
Ilustración 51. Mantenimiento preventivo microscopio Olympus.....	66
Ilustración 52. Capacitación Ultrasonido Veterinario Chison.....	67
Ilustración 53. Gráfico de actividades realizadas	69

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Modelos de capacitación empresarial.....	79
---	----

LISTADO DE SIGLAS

AAMI Association for the Advancement of Medical Instrumentation (Asociación para el avance de la instrumentación médica).

ANSI American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).

ASME Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

CMMS Computerized Maintenance Management System (Sistema de gestión de mantenimiento computarizado).

DIB Departamento de Ingeniería Biomédica.

ECRI Emergency Care Research Institute (Instituto de Investigación en Atención de Urgencias).

GCTTS Grupo Consultivo Técnico sobre Tecnología Sanitaria.

GIHT Global Initiative on Health Technologies (Iniciativa Mundial sobre Tecnologías Sanitarias).

GMDN Global Medical Device Nomenclature (Nomenclatura mundial de dispositivos médicos).

GTS Gestión de Tecnologías Sanitarias.

ICONTEC Instituto Colombiano de Normas y Técnicas y certificaciones.

IMP Inspección y Mantenimiento Preventivo.

MAPA Monitor ambulatorio de Presión Arterial.

MC Mantenimiento Correctivo.

MTS Mantenimiento de la Tecnología Sanitaria.

OMS Organización Mundial de la Salud.

SOC2 System and Organization Controls. (Controles del sistema y de la organización).

UMDNS Universal Medical Device Nomenclature System (Sistema universal de nomenclatura de dispositivos médicos)

WHO World Health Organization (Organización Mundial de la Salud).

I. INTRODUCCIÓN

Un Departamento de Ingeniería Biomédica (DIB) en una empresa tiene diversas funciones, las cuales tienen por objetivo: “la suma de todos los procedimientos de ingeniería y gerencia que están aunados en una sola disciplina (Ingeniería Clínica). Esto permite asegurar el uso óptimo de todos los recursos tecnológicos con los que cuenta la institución, ofreciendo apoyo al personal médico y a los servicios clínicos que lo requieran enfocándose en la venta, adquisición y reparación de tecnología médica. (Martínez, 2017).

Sin embargo, hoy en día se ha brindado la oportunidad para que ingenieros biomédicos ejecuten procesos enfocados al diseño, capacitación, desarrollo del mantenimiento y administración eficiente de la tecnología para mejorar las actividades clínicas en el ambiente empresarial.

MACC Medical es una empresa fundada en 2011 dedicada a la importación y comercialización de equipo médico en Honduras. En los últimos dos años la empresa ha vendido 300 equipos y la empresa se encuentra en continuo crecimiento. La empresa está compuesta por doce colaboradores, de las cuales dos personas corresponden al servicio técnico y tres subcontratados para cumplir con la carga de trabajo.

Actualmente en la empresa no existe un departamento de ingeniería biomédica en funcionamiento, solamente hay una persona que realiza diversas funciones en dicha área, por tal motivo se ve limitado con ciertos procesos que son vitales en el manejo de los equipos médicos, siendo una necesidad primordial la propuesta de implementación de dicho departamento.

En consecuencia, se presentarán los trabajos realizados en el departamento de biomédica para MACC Medical desglosando todo lo realizado día a día a través de una bitácora. En este informe se presentará estructurado el planteamiento del problema, el marco teórico que sustentará la parte teórica de la investigación y por ultimo los resultados y conclusiones.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

MACC Medical es una empresa fundada en 2011 que ha estado en constante desarrollo, dedicada a la importación, distribución y comercialización de equipo médico. Ha vendido aproximadamente 300 equipos en los últimos dos años y continua en permanente crecimiento aún en situación de pandemia.

Los equipos de mayor venta en la empresa en los últimos años han sido:

- Monitor de signos vitales marca Edan.
- Electrocardiógrafos marca Schiller.
- Bomba de Infusión marca MedCaptain.
- MAPA marca Schiller.
- Holter marca Schiller.
- Rayos X Estacionarios y portátiles marca DRGEM.
- Esterilizador marca Tuttnauer.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD.

La empresa está compuesta por doce colaboradores, donde cinco de ellos se desempeñan en el departamento de biomédica en el servicio técnico, de los cuales tres son subcontractados, uno es ingeniero en sistemas, otro es técnico en biomédica y tres son técnicos en electricidad, cubriendo de esta manera la carga de trabajo en esta área.

La función principal de los técnicos subcontractados es la instalación de equipo electromecánico y también del mantenimiento de equipos especializados y los de servicio técnico de la empresa se encargan del mantenimiento correctivo y preventivo del resto de los equipos. En la empresa MACC Medical el gerente general, que también es Ingeniero biomédico, desempeña múltiples funciones dentro de la misma. Al no contar con un departamento de biomédica y el no poder cumplir con todas las responsabilidades necesarias que caen sobre él, se presentan atrasos en los servicios brindados tanto en él cómo en las personas encargadas del servicio técnico. Debido a

ello, se ve la necesidad de implementar un departamento de biomédica debidamente estructurado y organizado.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO.

2.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Desempeñar las funciones de asistente del departamento de biomédica dentro de la empresa MACC Medical, sucursal Tegucigalpa.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar instalación y reparación de todo equipo comercializado a los diferentes clientes a nivel nacional.
- Brindar capacitación al personal médico como al de ventas en el buen uso y cuidados de los equipos médicos.
- Implementar formatos de trabajo para proporcionar servicio post venta a los equipos distribuidos en todo el país.
- Proporcionar acompañamiento y asesoría técnica a los clientes con respecto a los equipos médicos distribuidos por la empresa.

III. MARCO TEÓRICO.

3.1 ROL DEL INGENIERO BIOMÉDICO EN UNA EMPRESA.

El ingeniero biomédico en una empresa es aquel capaz de aplicar principios eléctricos, mecánicos, ópticos, y otros propios de la ingeniería al entender, modificar o controlar sistemas biológicos (ej. Humanos y animales), así como diseñar, capacitar, vender, manufacturar dispositivos que puedan monitorear las funciones fisiológicas y asistir en el diagnóstico y tratamiento de pacientes. Al encontrarse trabajando directamente en una empresa se le conoce más apropiadamente como ingenieros clínicos (Herrera Rodríguez, 2020).

Es notable que durante muchos años este rol se vio solventado por el ingeniero electricista o el ingeniero electrónico y muchas nociones sobre lo que debería o no debería hacer un ingeniero biomédico se vieron establecidas en generaciones y generaciones de personas muchas de las cuales aún viven y mantienen dichas nociones sobre la especialidad (es, 2022).

Es correcto afirmar que en las empresas de Honduras la gran mayoría del personal en las áreas de biomédica no son ingenieros biomédicos como resultado del fenómeno del "empirismo" producto del tardío aparecimiento y formalización de la especialidad en nuestro país, y aquellos que se han logrado incorporar a dichos ambientes lo han hecho como técnicos en el área de mantenimiento por la ausencia de estos (es, 2022).

La razón de esto posiblemente se encuentra en que no es hasta el siglo XXI cuando las primeras sociedades formales de ingenieros biomédicos ven su nacimiento en Europa y Norte América y se establecen nociones generales y esquematizaciones más concretas sobre lo que significa ser un ingeniero biomédico y se establece su rol en la sociedad y en el ámbito del sector salud (Herrera Rodríguez, 2020).

Por tanto, se puede ver como esto repercute en mantener la imagen del ingeniero biomédico como un ingeniero que debe "reparar" equipo como su único rol, más como un técnico o personal auxiliar (Herrera Rodríguez, 2020).

Por lo anteriormente expuesto, el papel del ingeniero biomédico en la sociedad hondureña ha sido hasta el día de hoy minimizado en cuanto a su participación e injerencia en el sector salud,

esto disminuye en gran manera el impacto con que la participación de dichos profesionales puede contribuir en el desarrollo de la sociedad (es, 2022).

Teniendo por entendido que tecnología es un término que se refiere no solo a los equipos electrónicos, sino también a infraestructuras, procesos, etc. Que su misión dentro de una empresa es la de ser un intermediario entre el personal clínico / administrativo y dichas tecnologías para facilitar su uso, mejorar su comprensión y aumentar la calidad del servicio prestado al paciente y la satisfacción del personal clínico en su interacción con cualquier dispositivo orientado a su uso médico (es, 2022).

3.2 DESAFIOS QUE ENFRENTAN LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE EQUIPO MÉDICO.

Actualmente las empresas distribuidoras de equipo biomédico enfrentan múltiples cambios tecnológicos, para poder mantenerse a la vanguardia y brindar atención de calidad a la población para estos deben de actualizar constantemente sus equipos biomédicos y servicios, a la vez hacerlo de acuerdo con las nuevas tendencias del mercado y exigencias de sus clientes. En la actualidad los dispositivos biomédicos tienen una fuerte influencia formando parte de la vida cotidiana del personal médico y empresas dedicadas a la distribución influyendo en sus actividades y gestiones de negocios (*Vista de Prospectiva Escenarios futuribles para empresas importadoras de equipos médicos en el Ecuador, s. f.*).

La innovación no es únicamente la incorporación de los avances tecnológicos, lo cual no constituye garantía suficiente de supervivencia para la organización, sino que consiste en ir más allá tratando de adelantarse a las necesidades del mercado y ofrecer productos y servicios de alta calidad, bajo costo y novedosas funcionalidades. Además, proporciona a la empresa la habilidad para reaccionar a los cambios globales y permitir su supervivencia a largo plazo (*Vista de Prospectiva Escenarios futuribles para empresas importadoras de equipos médicos en el Ecuador, s. f.*).

Estos avances tecnológicos han revolucionado la medicina de hoy en día, ya sea en el diagnóstico de enfermedades o en el control por ejemplo un ultrasonido que nos permite ver la evolución del desarrollo de un embrión, con el uso de este equipo se pueden diagnosticar mal formaciones o

identificar algún tipo de enfermedad (*Vista de Prospectiva Escenarios futuribles para empresas importadoras de equipos médicos en el Ecuador, s. f.*)

Con los avances tecnológicos nacen también agencias que regulan y controlan todos los dispositivos lanzados al mercado para asegurar y garantizar la vida de los pacientes. En el área del equipamiento biomédico las agencias más importantes a nivel internacional son: American National Standards Institute (ANSI), Instituto Colombiano de Normas y Técnicas y certificaciones (ICONTEC), Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) (*Vista de Prospectiva Escenarios futuribles para empresas importadoras de equipos médicos en el Ecuador, s. f.*).

La certificación, o evaluación de la conformidad, es la actividad que respalda que una organización, producto, proceso o servicio cumple con los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas. Las marcas de conformidad de ICONTEC se constituyen en un elemento diferenciador en el mercado, mejorando la imagen de productos y servicios ofrecidos y generando confianza frente a clientes, consumidores y el entorno social de las organizaciones (Mendes & Toledo, 2020).

La carrera de Ingeniería Biomédica ha sido catalogada como una de las profesiones mejor pagadas a nivel mundial. Un estudio de CareersCast, portal líder en la búsqueda de empleo, la situó recientemente como la segunda en el ranking de las especialidades con mejor retribución, con una media anual de 81 mil dólares. Asimismo, en la lista de los 10 mejores trabajos que elabora el New York Times junto a la CNN, la Ingeniería Biomédica figura como uno de los mejores empleos en la actualidad, y se proyecta con un crecimiento mayor a 61% en los próximos 10 años (Mendes & Toledo, 2020).

La especialidad, resultado de la aplicación de principios, conocimientos y técnicas de la ingeniería al campo de la medicina, permite el diseño y construcción de productos y tecnologías sanitarias como equipos médicos, dispositivos de diagnósticos, prótesis, unidades de terapia, entre otros. De ahí la importancia que viene cobrando en el mundo del bienestar y la salud (Mendes & Toledo, 2020).

Está información nos confirma que hay una oportunidad de crecimiento en la carrera de ingeniería biomédica así mismo en las empresas dedicadas a la venta y reparación de equipo biomédico, en un mundo altamente competitivo ninguna empresa puede estancarse, la tecnología alcanza a todos los rubros de negocios y las empresas deben de estar a la vanguardia adaptándose a las necesidades de sus clientes (Mendes & Toledo, 2020).

3.3 ¿QUÉ SON LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS?

Según Dongo (2019) los dispositivos médicos son cualquier instrumento, aparato, máquina, software, equipo biomédico u otro artículo similar o relacionado, utilizado solo o en combinación, incluyendo sus componentes, partes, accesorios y programas informáticos que intervengan en su correcta aplicación, destinado por el fabricante para el uso en seres humanos en los siguientes casos:

- Diagnóstico, prevención, supervisión o alivio de una enfermedad (por ejemplo, un eco cardiógrafo, endoscopio, laringoscopio, etc.)
- Tratamiento, alivio o compensación de una lesión de una deficiencia (Por ejemplo, un desfibrilador, espéculo, suturas, laparoscópico , etc.).
- Investigación, sustitución, modificación o soporte de la estructura anatómica o de un proceso fisiológico (Por ejemplo, marcapasos, válvulas cardíacas, Prótesis de Cadera, etc.).

No todos los dispositivos médicos desarrollan una acción terapéutica, como sí lo hacen los medicamentos, los cuales ejercen su acción principal por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos; sin embargo, muchas veces el dispositivo es utilizado para administrar productos farmacéuticos, por ejemplo, una bomba de infusión (Dongo, 2019).

También existen Dispositivos Médicos Combinados, es decir cuando forman con un fármaco un sólo producto destinado a ser utilizado exclusivamente en esta combinación como por ejemplo una máquina de anestesia que se usa para sedar a un paciente por medio de un fármaco (Dongo, 2019).

3.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS.

La clasificación de los dispositivos médicos realizada por el fabricante se fundamenta en los riesgos potenciales relacionados con el uso y el posible fracaso de los dispositivos con base en la combinación de varios criterios tales como, duración del contacto con el cuerpo, grado de invasión y efecto local contra efecto sistémico (Dongo, 2019).

3.3.1.1 *Clase I.*

Son aquellos dispositivos médicos de bajo riesgo, sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión (Dongo, 2019).

3.3.1.2 *Clase II-A.*

Son los dispositivos médicos de riesgo moderado, sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad (Dongo, 2019).

3.3.1.3 *Clase II-B.*

Son los dispositivos médicos de riesgo alto, sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad (Dongo, 2019).

3.3.1.4 *Clase III.*

Son los dispositivos médicos de muy alto riesgo sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad o lesión (Dongo, 2019).

Según Presterl et al., (2019) la clasificación de dispositivos médicos se originó en 1970 por Earle H. Spaulding. La clasificación de Spaulding es la siguiente:

- **Dispositivos no críticos:** Son los dispositivos que entran en contacto con piel intacta o superficial.

- **Dispositivos semi-críticos:** Son los dispositivos que entran en contacto con la membrana mucosa, heridas o piel no intacta.
- **Dispositivos críticos:** Son los dispositivos que penetran la piel, entran en contacto con tejido estéril, membranas mucosas u órganos. Por ende, también se relaciona con sangre y secreciones corporales (Presterl et al., 2019).

Adicionalmente, los dispositivos pueden clasificarse de acuerdo con su tipo de reprocesamiento. Existen dispositivos que requieren una mayor limpieza por lo que demandan un procedimiento previo. Estos incluyen los siguientes dispositivos:

- Termoestable: esterilizable al vapor a 134°C.
- Termolábil: no esterilizable al vapor.

Las altas demandas que sugieren los dispositivos termolábiles es que requieren otros métodos de esterilización diferentes al vapor a alta presión como ser los métodos a bajas temperaturas mediante agentes químicos (Presterl et al., 2019).

3.4 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA (DIB).

Un Departamento de Ingeniería Biomédica (DIB) tiene diversas funciones, las cuales tienen por objetivo: "la suma de todos los procedimientos de ingeniería y gerencia que aunados en una sola disciplina (Ingeniería Clínica) permiten asegurar el uso óptimo de todos los recursos tecnológicos con que cuenta la institución, ofreciendo apoyo al personal médico y a los servicios clínicos que lo requieran (Muriel Balanta, 2022).

3.4.1 FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA.

Según Muriel Balanta (2022) el Departamento de ingeniería Biomédica DIB de una empresa u hospital realiza diversas funciones, que de manera general se pueden dividir en funciones operativas:

- Mantenimiento preventivo y correctivo a equipo médico de acuerdo con el fabricante.
- Rutinas de revisión.
- Capacitación interna al personal del DIB y externa a los hospitales.

- Renovación o adecuación de instalaciones.
- Recepción, instalación y entrega de equipo nuevo.
- Funciones administrativas

Según Muriel Balanta (2022) por la frecuencia con que se realizan estas funciones se clasifican en dos grandes grupos:

- Mantenimiento Preventivo (MP).
- Mantenimiento Correctivo (MC).

3.5 MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS.

El mantenimiento se refiere a toda acción realizada con un equipo médico que esté ligada a su perfecto funcionamiento como ser: calibraciones, limpieza, cambio de partes, pruebas, etc. El mantenimiento de los equipos médicos se puede dividir en dos principales categorías: inspección y mantenimiento preventivo (IMP) y mantenimiento correctivo (MC) como se muestra en la Ilustración 1 (World Health Organization, 2016b).

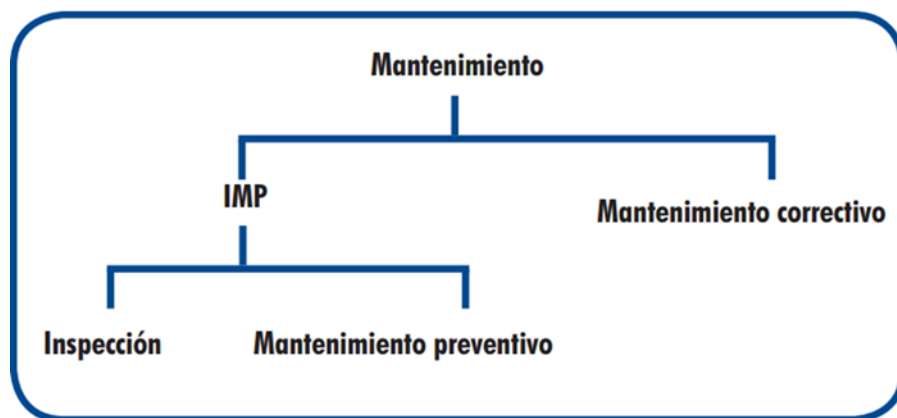


Ilustración 1. Componentes de un programa de mantenimiento.

Fuente: (World Health Organization, 2016a)

3.5.1 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO (IMP).

Por IMP se entienden todas las actividades programadas que aseguran la funcionalidad de los equipos y previenen averías o fallas. Las inspecciones de funcionamiento y seguridad son

procedimientos sencillos que permiten verificar el funcionamiento adecuado y el uso seguro del dispositivo (World Health Organization, 2016b).

Los dispositivos médicos son bienes con un efecto directo sobre la vida humana. Exigen una inversión considerable y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento. Por lo tanto, es importante contar con un programa de mantenimiento adecuadamente planificado y gestionado, para que los equipos médicos de un centro de salud sean fiables y estén disponibles cuando se los necesita para procedimientos diagnósticos y para el tratamiento y seguimiento de los pacientes (World Health Organization, 2016a).

El mantenimiento preventivo (MP) comprende todas las actividades que se realizan para prolongar la vida útil de un dispositivo y prevenir desperfectos por ejemplo, calibración, reemplazo de piezas, lubricación, limpieza, etc (World Health Organization, 2016a).

El mantenimiento preventivo (MP) se realiza con el fin de prolongar la vida útil de los equipos y reducir la frecuencia de desperfectos. Además, en una inspección programada pueden salir a la luz algunos problemas ocultos. Sin embargo, inspeccionar los equipos sólo garantiza que el dispositivo esté en condiciones de funcionar en el momento de la inspección y no excluye la posibilidad de fallas en el futuro; una característica de la mayoría de los componentes eléctricos y mecánicos es que pueden fallar en cualquier momento (World Health Organization, 2016a).

3.5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO (MC).

El mantenimiento correctivo (MC) restituye la función de un dispositivo averiado y permite ponerlo nuevamente en servicio y se considera el proceso para restaurar la integridad, la seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento no programado se consideran sinónimos de reparación por ejemplo, un llamado de un hospital informando que no funciona el mamógrafo, o no funciona la silla de odontología, etc (World Health Organization, 2016b).

Resolución de problemas y reparación las fallas de los equipos se detectan cuando un usuario informa sobre un problema con el dispositivo. Como se mencionó, también puede ocurrir que

durante el procedimiento de IMP un técnico del departamento de ingeniería clínica observe que un dispositivo no está funcionando como debería (World Health Organization, 2016b).

Con el fin de que el equipo vuelva a estar en servicio en el menor tiempo posible, es necesario un procedimiento de resolución de problemas eficiente, en el que se verifique el desperfecto y se determine su origen. En algunos casos los técnicos observarán que el equipo se ha averiado y que es necesario repararlo. El técnico determina entonces qué pasos son necesarios para corregir el problema y que el dispositivo vuelva a funcionar correctamente. El técnico inicia el mantenimiento correctivo, lleva a cabo algunos de los pasos necesarios y recurre a los conocimientos especializados disponibles en el establecimiento o, si esto no basta, a los proveedores externos (World Health Organization, 2016b).

Según World Health Organization (2016b) el mantenimiento correctivo se puede realizar en distintas fases:

- Componentes. En este nivel, lo que falla es un solo componente y la resolución de problemas y la reparación se limitan a reemplazarlo. Con frecuencia, este es el enfoque más eficaz para la reparación de dispositivos eléctricos, dispositivos mecánicos y componentes diferenciados de dispositivos electrónicos (como resistencias o condensadores en un circuito electrónico, o fusibles).
- Tablillas de circuitos. En los dispositivos electrónicos es habitual detectar fallas en una tablilla en particular; en este caso se reemplaza la tablilla y no un componente electrónico individual.
- Dispositivo o sistema. En algunos casos, incluso la resolución de problemas y la reparación de la tablilla es una tarea demasiado compleja o que llevaría demasiado tiempo. En situaciones así, puede ser más costo eficaz reemplazar el dispositivo o subsistema completo.
- Para cada situación, es importante seleccionar un nivel apropiado de mantenimiento. Esto depende de la disponibilidad de recursos financieros, materiales y humanos, y también de la urgencia de un pedido de reparación en particular. En el caso de los equipos de alta prioridad, por ejemplo, es posible que convenga reparar directamente el dispositivo. Cuando se dispone de más tiempo, tal vez sea posible reparar el componente o la tablilla.

Si se propone una reparación de componentes, quizá sea necesario sustituir una pieza. Este enfoque permite optar entre distintas alternativas.

- El reemplazo se puede hacer utilizando repuestos especiales provistos por el fabricante, repuestos genéricos con las mismas características o incluso más complejos (por ejemplo, fusibles) o repuestos obtenidos de equipos fuera de servicio u obsoletos (solo después de una evaluación de riesgos exhaustiva y la autorización del gestor del departamento de ingeniería clínica).

En algunos casos, el técnico observará que el dispositivo funciona de acuerdo con las características de diseño especificadas por el fabricante. De ser así, es necesario ponerse en contacto con el usuario y examinar el entorno de trabajo para establecer por qué el dispositivo no funciona como se esperaba (World Health Organization, 2016b).

3.5.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FALLA DE LOS EQUIPOS.

Cuando se investiga una falla, se deben tomar en cuenta los factores ambientales. Por ejemplo, los problemas con el suministro eléctrico pueden afectar a los dispositivos médicos que funcionan con electricidad. En la medida de lo posible, el voltaje del suministro eléctrico debe ser estable (del valor apropiado), sin distorsiones transitorias, como picos, oscilaciones o caídas de tensión, y también fiable, es decir que las interrupciones del suministro son excepcionales (Ferner & Aronson, 2020).

Lamentablemente, en muchos países en desarrollo estas condiciones ideales no existen. El personal técnico debe colaborar con los responsables del sistema de suministro eléctrico en el establecimiento sanitario y ayudar a que el sistema funcione con la mayor eficacia posible (Ferner & Aronson, 2020).

Con este fin se pueden adquirir reguladores de voltaje, instalar sistemas de alimentación ininterrumpida, usar estabilizadores de tensión y evitar la conexión en serie de cables de extensión/tableros de conexiones. Además, el personal técnico debe trabajar con el personal del establecimiento para asegurarse de que el generador auxiliar esté instalado y funcione, y que el cambio la fuente de suministro alternativa se realiza en menos de diez segundos. Otra posibilidad es seleccionar y adquirir equipos que funcionen con baterías (Ferner & Aronson, 2020).

Las características excepcionales del entorno, como las altas temperaturas , polvo, vibraciones, golpes y la humedad, pueden afectar negativamente a equipos médicos diseñados para climas templados o entornos controlados. Los procedimientos de mantenimiento en un país o una región en particular deberán adaptarse a estos factores locales (Ferner & Aronson, 2020).

La antigüedad y las condiciones de los establecimientos sanitarios también pueden ser un factor que influye en los desperfectos de los equipos médicos. Con el tiempo, los servicios básicos se deterioran y pueden estar sobrecargados o ser obsoletos. Es posible que los establecimientos más antiguos hayan sido construidos según parámetros anticuados. Incluso los establecimientos más nuevos algunas veces no satisfacen todos los requisitos. Por lo tanto, con frecuencia es preciso verificar la infraestructura de servicios y no suponer que funciona correctamente (Ferner & Aronson, 2020).

3.5.4 INSPECCIÓN DE SEGURIDAD.

Se realizan para asegurar que usar el dispositivo es seguro en relación con sus componentes eléctricos y mecánicos. Las inspecciones también pueden incluir verificaciones de radiación, fuga de gases peligrosos o contaminantes químicos. Una vez realizadas las inspecciones , los resultados se comparan con los valores establecidos en la normativa nacional o regional y también con los especificados por el fabricante (Pérez Hernández et al., 2021).

La frecuencia de las inspecciones de seguridad puede ser diferente de la del mantenimiento programado y las inspecciones del funcionamiento; habitualmente se basan en requisitos de reglamentación del fabricante (Pérez Hernández et al., 2021).

Es esencial que todos los establecimientos sanitarios, independientemente de su tamaño, adopten un programa de mantenimiento para los equipos médicos. La complejidad del programa depende del tipo y del tamaño del centro, su ubicación y los recursos requeridos. Sin embargo, los principios de un buen programa de mantenimiento serán los mismos en una zona urbana de un país de altos ingresos que en una zona rural de un país de ingresos intermedios (Lozano, 2021).

Un programa eficaz de mantenimiento de equipos médicos exige planificación, gestión y ejecución adecuadas. En la planificación se toman en cuenta los recursos financieros, materiales y

humanos necesarios para realizar adecuadamente las tareas de mantenimiento. Una vez definido el programa, se examinan y gestionan continuamente los aspectos financieros, relativos al personal y operativos para garantizar que el programa se mantiene sin interrupciones y que se realizan las mejoras necesarias. En última instancia, la ejecución apropiada del programa es esencial para garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos (Lozano, 2021).

3.5.5 CALIBRACIÓN DE EQUIPO MÉDICO.

Algunos equipos médicos, en particular aquellos cuya salida de energía se usa con fines terapéuticos (desfibriladores, electrocauterios, estimuladores fisioterápicos, etc.) requieren calibración periódica (Galván & Rafael, 2021).

Esto significa que los niveles de energía se deben medir y que si hay discrepancia con respecto a los indicados es preciso realizar ajustes hasta que el dispositivo funcione conforme a las especificaciones. Los dispositivos con los que se realizan mediciones (electrocardiógrafos, equipos de laboratorio, básculas, espirómetros) también requieren calibración periódica para asegurar su precisión según parámetros establecidos (Galván & Rafael, 2021).

Calibración es el conjunto de operaciones que establecen, bajo ciertas condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes que indica un instrumento o un sistema de medición, o las cantidades representadas por una medida materializada o por un material de referencia y las cifras correspondientes determinadas por medio de los patrones (Camacho-Cogollo et al., 2017).

Esto quiere decir que la calibración es simplemente medir, comparar contra un patrón y hallar el error y la duda en la medición; el documento que entrega los resultados de esa medición se llama certificado de calibración, el cual debe tener unas características mínimas, dentro de las cuales están la trazabilidad y la incertidumbre (Camacho-Cogollo et al., 2017).

Se deben tener en cuenta las características del equipo que se va a medir, para determinar entre qué valores se encuentra, conforme a las especificaciones del fabricante y a los requerimientos del personal sanitario, ya que no existen mediciones absolutas. Dichos valores reciben el nombre de tolerancia (Camacho-Cogollo et al., 2017).

Como la calibración es un proceso de calidad que se puede denominar la auditoría del ajuste o, en términos más específicos, la auditoría del mantenimiento es fundamental demostrar una independencia real entre el que realiza el ajuste o mantenimiento y quien elabora la calibración, para no ser juez y parte del mismo proceso (Camacho-Cogollo et al., 2017).

Según Galván & Rafael (2021) una calibración confiable debe constar de los siguientes aspectos:

- En la empresa: estar legalmente constituida, contar con un responsable jurídico y un director técnico, utilizar patrones adecuados y demostrar independencia, para no ser juez y parte.
- En el personal: educación, experiencia, capacitación y entrenamiento.

A su vez, según Galván & Rafael (2021) en el certificado de calibración, contener, como mínimo:

- Título (por ejemplo, certificado de calibración), nombre y dirección del laboratorio de metrología y el lugar donde se realizaron las calibraciones, si son diferentes de las del laboratorio.
- Número de identificación único del certificado de calibración, el cual debe estar escrito en cada página, para asegurar que forma parte del certificado.
- Nombre y dirección del cliente.
- Identificación del método usado.
- Descripción no ambigua de los ítems calibrados.
- Fecha de ejecución de la calibración.
- Resultados de la calibración, con sus unidades de medida.
- Los nombres, funciones y firmas de la/las personas que autorizan el certificado de calibración.
- Condiciones ambientales en las que se realizó la calibración.
- Incertidumbre de la medición.
- Evidencia de que las mediciones son trazables.
- Declaraciones de cumplimiento, en las que se debe tener en cuenta la incertidumbre de la medición.

- Informe de los resultados de las calibraciones, antes y después del ajuste o reparación del instrumento para calibración.

3.5.6 REGISTROS DE RESULTADOS.

Por lo general, para registrar los resultados del trabajo de IMP el técnico cuenta con una lista de verificación detallada que debe seguir paso a paso. Esta lista también sirve como recordatorio de los pasos del proceso y, por lo tanto, ayuda a evitar olvidos u omisiones de pasos específicos. Registrar las mediciones y documentar los resultados finales (ya sea en forma de "aprobado/no aprobado" o en valores numéricos) es útil para el trabajo de mantenimiento futuro, incluido el de reparación (World Health Organization, 2016b).

Disponer de las últimas listas de verificación de IMP anteriores para utilizarlas como referencia es extremadamente útil a la hora de adoptar decisiones. Por ejemplo, cuando se trata de equipos que generan energía con fines terapéuticos, disponer de un registro de las últimas lecturas en el formulario de la siguiente inspección ayuda a identificar posibles problemas, ya que los niveles de energía pueden disminuir progresivamente con el tiempo (World Health Organization, 2016c).

3.6 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

Los dispositivos médicos pueden ser relativamente simples o extremadamente complejos. Por ejemplo, los dispositivos manuales para medir la presión arterial (esfigmomanómetros) tienen solo algunos componentes que son fáciles de reparar si se dispone de las piezas, los instrumentos de calibración y las herramientas básicas. Los dispositivos de imagenología o de laboratorio se sitúan en el extremo opuesto (Hermosilla Aedo, 2018).

La reparación de un sistema de resonancia magnética involucra gran cantidad de recursos financieros, materiales y humanos. Entre estos extremos están las bombas de infusión, los desfibriladores, los electrocardiógrafos, y otros dispositivos de complejidad variable (Hermosilla Aedo, 2018).

En las fases iniciales del proceso de planificación de un programa de mantenimiento, es esencial determinar qué tipos de dispositivos se deben incluir en el programa. Esto dependerá del tipo de

establecimientos que el programa deba cubrir, de clínicas de atención primaria a hospitales de atención terciaria, y de la gama de dispositivos en esos centros (Hermosilla Aedo, 2018).

El departamento de ingeniería biomédica debe identificar y seleccionar los dispositivos que es preciso registrar en el inventario, y resolver cuáles de ellos se deben incluir en el programa de mantenimiento. Hay quienes prefieren registrar todos los equipos del centro (y es posible que algunos organismos gubernamentales así lo exijan), pero los estudios han demostrado que no es necesario incluir en el inventario, inspeccionar o mantener todos los equipos, y muy pocos hospitales u organizaciones de atención sanitaria tienen suficiente personal para realizar una tarea de esta magnitud (Hermosilla Aedo, 2018).

3.6.1 PLANIFICACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

La planificación del mantenimiento forma parte de un trabajo más amplio para establecer un programa integral de mantenimiento de la tecnología sanitaria (MTS). Este proceso incluye un examen de los factores clave, como se muestra en la Ilustración 2. El reto para los planificadores es equilibrar estos factores para elaborar un programa de mantenimiento apropiado y costo eficaz acorde con la situación (World Health Organization, 2016c).



Ilustración 2. Factores claves para la identificación del mantenimiento.

Fuente: (World Health Organization, 2016c).

3.6.2 INVENTARIO.

Tipo y cantidad de dispositivos médicos que el hospital o empresa debe registrar y cuales se incluyen específicamente el programa de mantenimiento. Un inventario es una relación detallada de los activos que posee una organización o institución. Para ser útil, un inventario debe mantenerse y actualizarse continuamente de modo que refleje la situación actual de cada activo. Según la naturaleza de la organización y de sus activos asociados, se controlan y actualizan diferentes datos cuando se producen cambios (World Health Organization, 2016a).

Según World Health Organization (2016a) el objetivo es disponer de un registro exacto y actualizado de todos los activos que posee la organización, en el que se refleje la situación actual en cada momento. En el marco de la Gestión de tecnologías sanitarias (GTS), un inventario es el primer instrumento, y el más importante, para lograr una serie de metas generales entre las cuales se pueden mencionar:

- Un inventario de equipos médicos ofrece una evaluación técnica de la tecnología disponible, con información sobre el tipo de su cantidad, y sobre su situación operativa actual.
- El inventario proporciona la base para una gestión eficaz de los activos, facilitando la programación del mantenimiento preventivo y el seguimiento de las tareas de mantenimiento, reparaciones, alertas y órdenes de baja de equipos.
- El inventario puede aportar información financiera para respaldar evaluaciones económicas y presupuestarias.
- El inventario es la base imprescindible para organizar un departamento.
- En el marco general del inventario de equipos se crean, gestionan y mantienen elementos como historiales y cuadernos de uso de los equipos, manuales de uso y reparación, y procedimientos e indicadores de análisis y aseguramiento de la calidad.
- Por otra parte, los inventarios de accesorios, material fungible y repuesto se vinculan directamente con el inventario principal de equipo médico.

Es importante comprender que mantener un inventario exacto no es la finalidad del proceso de GTS, sino que el inventario es una aportación para las numerosas actividades del ciclo de GTS. Ilustración 3.

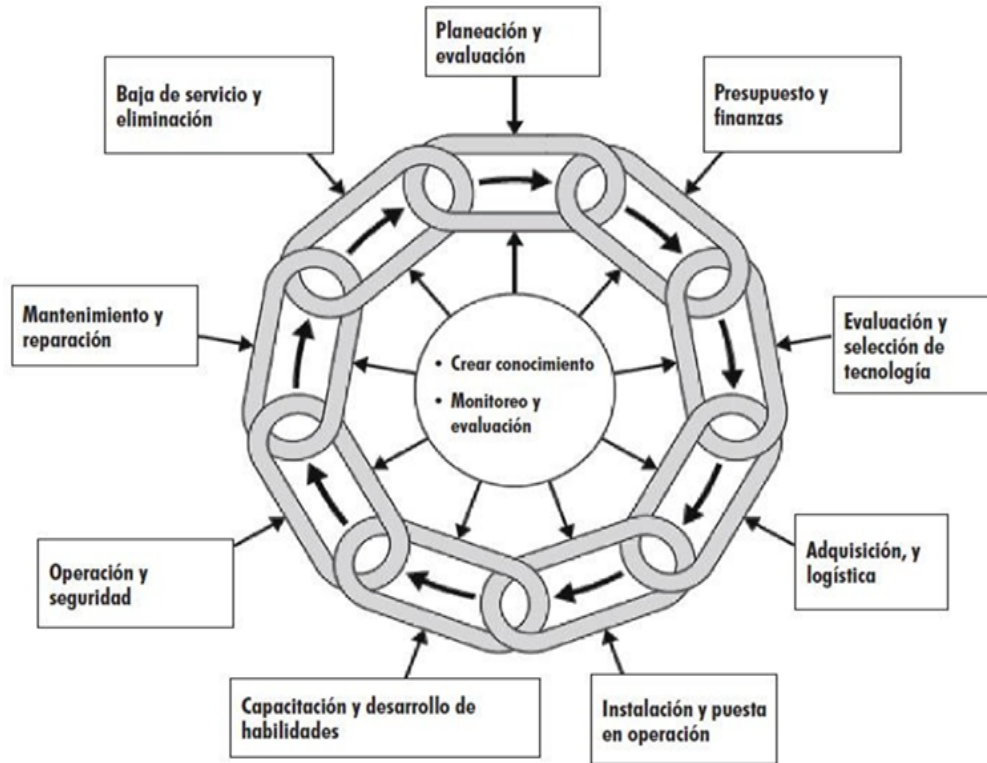


Ilustración 3. Ciclo de gestión de tecnología médica.

Fuente: (World Health Organization, 2016c).

3.6.3 DATOS DE UN INVENTARIO.

Los inventarios son propios de las empresas, hospitales y algunos asignan algún código numérico, letras o combinaciones a los equipos que no son del fabricante. El centro de atención sanitaria tiene distintas necesidades en cuanto a la información que debe incluirse en el inventario sobre cada artículo. En la tabla 1 se muestra una lista de datos que pueden incluirse. En la parte superior del cuadro figura la información mínima que siempre suele incluirse, que proporciona a cualquier departamento la información sobre un equipo que puede resultar necesaria incluso para el sistema de GTS más básico. La tabla 1 se encuentra en la sección **Error! Reference source not found.** (Martínez-Chávez & Martínez-Chávez, 2017).

3.6.4 RECEPCIÓN DE EQUIPO.

Según Martínez-Chávez & Martínez-Chávez (2017) al momento de recibir el equipo médico existen dos condiciones cuando se recibe en la oficina y cuando este es recibido por el hospital o clínica. La verificación al momento de recibir la información es:

- Lista de Empaque.
- Verificar que las cajas este sellada y no dañada.
- Verificar el equipo físicamente que no esté quebrado ni rayado.
- Verificar si trae todos sus accesorios según la lista de empaque.
- Encender el quipo y hacer pruebas de funcionamiento.
- Verificar los manuales técnicos y de servicio.
- Verificar la garantía de fábrica.
- Hacer el ingreso al inventario
- Notificar al proveedor que todo se recibió bien y en su defecto si hay reclamos hacerlos en los próximos 5 días en que se recibió el quipo.
- Ubicar el equipo en el lugar de almacenaje según las indicaciones de fabricante.

Según Martínez-Chávez & Martínez-Chávez (2017) cuando es entrega de equipo al hospital se revisa y entrega de la siguiente manera:

- Entrega el equipo al almacén correspondiente.
- Se procede a la instalación del equipo en la sala o lugar destinado para ello.
- Se capacita el personal que lo usará.
- Se entregan garantías y facturas correspondientes.

3.6.5 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.

La tecnología médica requiere procesos detallados de capacitación. Uno de los aspectos más importantes a considerar más no el único es la clasificación de riesgo de los dispositivos médicos, el cual es un factor muy importante porque pue de cambiar el tiempo y costo de la capacitación (Ortiz-Posadas et al., 2018).

En las instituciones prestadoras de servicios en salud, es necesario una continua capacitación, a causa de las diferentes rotaciones de personal, la adquisición de nuevas tecnologías o la falta de conocimiento por parte del personal asistencial (médico y de enfermería) acerca del uso de los dispositivos médicos (Arias Medina, 2019).

Según Arias Medina (2019) para la capacitación se debe tener en cuenta si es una tecnología nueva, gestionar la capacitación por parte del proveedor y el riesgo de la tecnología. Los factores que hay que considerar al momento de una capacitación son:

- La detección de las necesidades de capacitación.
- La cantidad del personal que va a asistir a la capacitación.
- Los turnos del personal a capacitar.
- Verificar que se tengan todas las herramientas necesarias para la capacitación, es decir, el material teórico, los instrumentos, herramientas y que las instalaciones fuera del hospital sean adecuadas.
- Instructor profesional encargada de ofrecer la capacitación.
- El método de difusión de la capacitación, es decir, el lugar, la fecha, la hora en caso de ser presencial.
- Crear guías rápidas de los equipos.
- Se debe de elaborar una estrategia con diversas herramientas para que el personal sea capacitado en su mayoría.
- Ejecutar el plan de capacitación y verificar por medio de evaluaciones el conocimiento adquirido en la capacitación.
- Documentar los resultados y el personal que asistió a la capacitación.

La Ilustración 4 muestra los pasos a seguir para elaborar el modelo de capacitación.

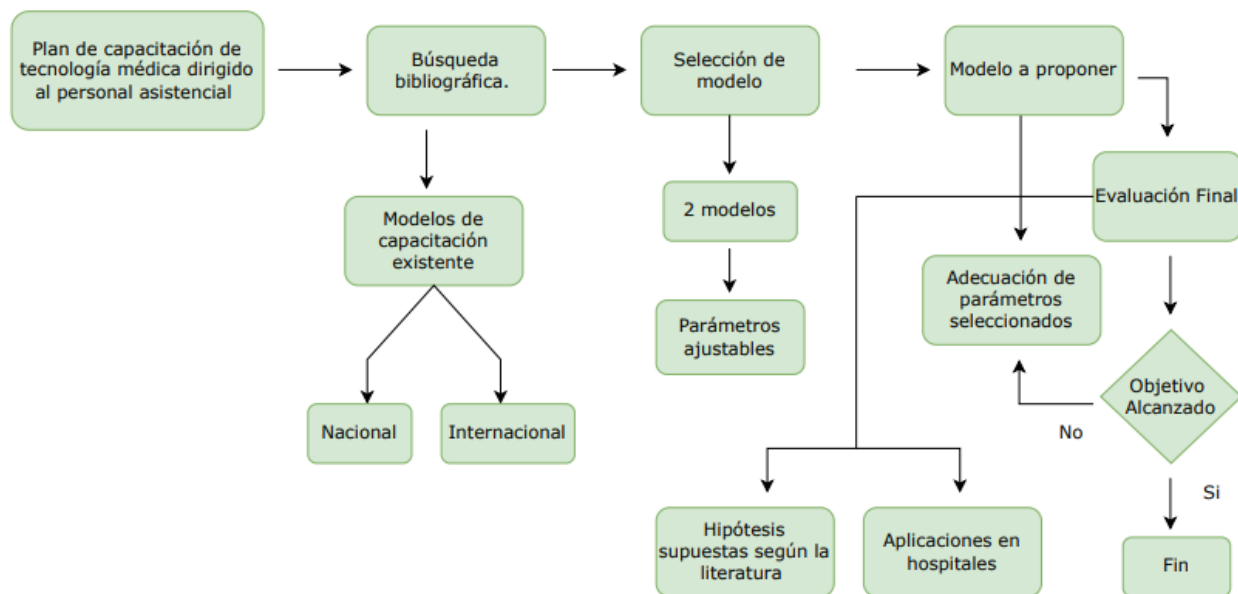


Ilustración 4. Diagrama de flujo de los pasos a seguir para elaborar el plan de capacitación del personal.

Fuente: (Arias Medina, 2019).

Luego de elaborar el plan de capacitación se debe programar con los jefes de los departamentos con que regularidad se realizará la capacitación teniendo en cuenta las necesidades del personal y el área. Además, en que días y en que horario se llevarán a cabo las capacitaciones, esta programación debe contener la fecha en la que se realizará la capacitación, la hora, la duración, el lugar, el nombre del equipo, el modelo y la marca (Arias Medina, 2019).

Y finalmente, se debe ejecutar el plan de capacitación donde se debe pasar la lista de asistencia al iniciar y finalizar la capacitación, aplicar un examen antes de iniciar y uno al finalizar la capacitación para medir los conocimientos adquiridos al personal capacitado (Arias Medina, 2019).

El paso por seguir después de la capacitación y su respectiva evaluación es el análisis de los resultados para detectar las falencias y mejoras necesarias del plan actual de capacitación, ya que este plan se realizará de manera continua y permanente con el personal asistencial, por lo tanto, todo el proceso deberá ser documentado y registrado. El modelo de capacitación se encuentra

resumido en el **Error! Reference source not found.** donde se muestran los pasos a seguir y los aspectos más importantes (Arias Medina, 2019).

3.7 HERRAMIENTA Y EQUIPOS DE MEDICIÓN.

La productividad de los técnicos de equipos biomédicos será limitada si no disponen de las herramientas y los equipos de medición apropiados (Morales Tabares et al., 2016).

Cuando se planifican las compras, se debe tomar en cuenta que la inversión en herramientas y equipos de medición permitirá disminuir los costos de mantenimiento. Además, con el equipo correcto aumentará considerablemente la fiabilidad de las lecturas, la precisión de la calibración y el margen de seguridad para los pacientes y el personal, así como la eficiencia del personal a cargo del mantenimiento (Morales Tabares et al., 2016).

Los procedimientos de IMP y MC requieren diferentes herramientas y equipos de medición, según el tipo de dispositivo. Es posible realizar una gran parte de los procedimientos de IMP y MC satisfactoriamente con un conjunto básico de herramientas y equipos de medición para el mantenimiento de dispositivos electrónicos (medidores de temperatura, voltímetros, dinamómetros, osciloscopios, cajas de sustitución de resistencia y capacitancia, medidor de seguridad eléctrica) (Morales Tabares et al., 2016).

Los hospitales pequeños o clínicas con una cantidad limitada de dispositivos médicos pueden ejecutar su programa con solo algunos instrumentos básicos (por ejemplo, simulador fisiológico, analizador de seguridad y algunas herramientas básicas). En los centros más grandes, con equipos más complejos, es posible que se precisen herramientas y aparatos de prueba más avanzados. Por ejemplo, en un hospital grande con bastantes salas de cirugía y equipos modernos de electrocirugía, un analizador de dispositivos electro quirúrgicos puede ser una compra prudente (Morales Tabares et al., 2016).

La compra de herramientas y equipos más avanzados para realizar pruebas permitirá al personal técnico de ingeniería clínica calibrar, mantener y reparar una gama más amplia de equipos médicos. Si no es posible comprar y mantener determinados equipos de medición, tal vez no convenga aceptar la responsabilidad del mantenimiento del dispositivo relacionado. Con el

mantenimiento adecuado, la vida útil de las herramientas y los equipos de medición puede superar los 10 años (Morales Tabares et al., 2016).

Habitualmente, los equipos de medición se pueden usar durante alrededor de siete años. Los productos altamente especializados como los programas de resolución de problemas y las computadoras portátiles que se conectan a la computadora del laboratorio o los equipos de imágenes pueden tener un ciclo de vida más corto porque las tecnologías de la imagen y de laboratorio cambian a toda velocidad. Las herramientas y en particular los equipos de medición también requieren mantenimiento. Se los debe conservar en buenas condiciones, calibrar a intervalos apropiados y reparar según necesidad (Morales Tabares et al., 2016).

Cuando los recursos son limitados, se debe ser creativo; si se establece una red de técnicos e ingenieros tal vez se pueda compartir las herramientas. Los centros con escasos recursos financieros pueden considerar la posibilidad de rentar o compartir las herramientas y los equipos de medición más costosos con otros hospitales cercanos. El libro *Medical instrumentation in the developing world* (Instrumentación médica en el mundo desarrollado) recomienda un mínimo de herramientas y equipos de medición para los lugares en que escasean los recursos. Estas recomendaciones implican el nivel más básico de inversión en herramientas y equipos de medición para garantizar el mantenimiento satisfactorio de los dispositivos médicos (Morales Tabares et al., 2016).

3.7.1 EQUIPO DE MEDICIÓN POR CATEGORÍA DE DISPOSITIVO MÉDICO.

En **Error! Reference source not found.** se muestra la tabla con la categoría de los dispositivos médicos y el equipo requerido según (World Health Organization, 2016b).

3.8 FORMATOS O FICHAS UTILIZADAS EN UN DIB.

Según Barriere Ávalos (2016) algunos de los formatos que se pueden desarrollar en el DIB son:

- Orden de servicio: se registra cada servicio realizado, ya sea programado o solicitado en cada área del hospital y contiene información general del área, equipo, tipo de servicio y solución efectuada.

- Rutina de revisión: se registran las condiciones generales del equipo durante una revisión simple de sus funciones dentro del área en la que está asignado.
- Inventario: se lleva el registro del equipo médico con que cuenta el hospital, incluyendo localización, marca, modelo, serie , etc.

Estos formatos van a depender si es una empresa distribuidora de equipo médico, un hospital, clínica, CESAMO, CLIPER, etc.

3.9 LINEAMIENTOS PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPO MÉDICO.

Se debe tomar en cuenta que para obtener más información y conocimiento sobre las marcas y los modelos de equipos médicos disponibles en una empresa, no está demás buscar estrategias que amplíen el panorama a la hora de decidir cual comprar, por ejemplo; obtener folletos detallados o especificaciones técnicas de cada uno de los equipos, buscar en bases de datos de las diferentes empresas que comercializa equipo en la región, buscar orientación con proveedores y fabricantes, así como contar con una biblioteca de información técnica de los productos y especificaciones de los equipos médicos con los que ya se cuenta dentro de empresa (Múnera Hincapie, 2017).

Existen actividades previas que deberán tomarse en cuenta en la compra del equipo médico:

- Considerar el tipo de Hospital, clínica o entidad que lo necesita y las cantidades requeridas.
- Necesidad real de compra la tecnología médica.
- Estudio de Mercado.
- Realizar un estudio de factibilidad de la tecnología (Múnera Hincapie, 2017).

3.9.1 IDENTIFICACIÓN DE PROVEEDORES.

Según Múnera Hincapie (2017) es recomendable contar con una lista de proveedores ya sea fabricantes nacionales o internacionales, distribuidores y organizaciones internacionales de suministro. Con la elaboración de la orden de compra o licitación solicitada por el hospital, cliente o institución, la empresa se asegura que los equipos a adquirir tengan las siguientes características:

- Calidad bajo normas nacionales e internacionales.
- Seguridad para pacientes y operativos
- Tiempo de entrega de acuerdo con lo programado
- La capacidad técnica de ofrecer asesoramiento técnico (brindar mantenimiento, reparación de accesorios, consumibles y/o piezas de repuesto).
- Empresas con experiencia en el ramo objeto de la compra/licitación.
- Equipos que cumplen con las normas nacionales y estándares internacionales.

3.9.2 INFORMACIÓN NECESARIA DEL EQUIPO PARA UNA BUENA GESTIÓN.

Para una adecuada gestión tecnológica la empresa deberá revisar y garantizar que las características de estos sean las establecidas dentro de propuesta técnica aceptada contando con lo siguiente:

- Registros sanitarios
- Certificados de calidad según el lugar de origen.
- Listado de consumibles e insumos necesarios
- Listado de entrega de accesorios con numero de parte del fabricante, nombre genérico y costo.
- Listado de refacciones necesarias para el correcto funcionamiento del equipo médico con número de parte del fabricante, nombre genérico y costo.
- Entrega de Manuales, catálogos, fichas o folletos en el idioma de origen y traducción simple al idioma del país o región. Se recomienda solicitar dos guías rápidas de operación.
- El proveedor elegido deberá dar a conocer el tipo de instalación /adecuación del área para garantizar el correcto funcionamiento de su equipo, así como las condiciones en las que deberá operar, así como entregar guías mecánicas para la instalación de sus equipos.
- Garantía de mantenimientos preventivos y/o correctivos (refacciones o piezas incluidas).
(Temas - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud, s. f.)

3.9.3 RECOMENDACIONES PARA ADQUISICIÓN DE TECNOLOGÍAS MÉDICAS.

Está claro que es necesario contratar ingenieros biomédicos a cargo de la planeación y gestión de equipo médico seguido de asignar recursos para el mantenimiento del equipo, priorizar las necesidades para adquisiciones y para lograr proveer la máxima eficiencia y productividad con capacitación adecuada (Múnera Hincapie, 2017).

Según Múnera Hincapie (2017) se recomienda previamente realizar también un análisis sobre:

- La existencia y necesidades actuales
- La población que deberá ser atendida
- La cantidad de insumos y consumibles que se utilizarán la composición del equipo o instrumental quirúrgico que se va a adquirir
- Definir la fuente de financiamiento y/los recursos necesarios.

3.10 EQUIPOS.

Los dispositivos médicos son un componente fundamental de los sistemas de salud; son esenciales para prevenir, diagnosticar, tratar y rehabilitar enfermedades de una manera segura y eficaz. Las etapas que implican la fabricación, regulación, planificación, evaluación, adquisición y gestión de los dispositivos médicos son complejas, pero indispensables para garantizar su calidad, seguridad y compatibilidad con los entornos en los que son utilizados. Los equipos con los que se trabajó durante la práctica se detallan a continuación:

3.10.1 ELECTROCARDIOGRAFO CARDIOVIT AT-1, G2 SCHILLER.

El electrocardiógrafo es un equipo que detecta las señales eléctricas asociadas con la actividad cardíaca y produce un electrocardiograma (ECG), que no es sino un registro gráfico del voltaje contra el tiempo de la actividad eléctrica del corazón. Cuenta con una interfaz amigable e intuitiva que le permite introducir fácilmente los datos del paciente. Su cubierta de silicón permite una limpieza efectiva. Calidad de señal óptima de 32,000 Hz por canal para ECG pediátrico y adulto. Detección de marcapasos y detección de inversión de electrodos («ECG Cardiovit AT-1 G2 electrocardiógrafo con Impresora térmica Schiller.», s. f.).

El CARDIOVIT AT-1 G2 es un equipo ergonómico y ligero (pesa poco menos de 2 kilos). Incluye Pantalla de 5" LCD a color e impresora térmica. Exporta a PDF. («ECG Cardiovit AT-1 G2 electrocardiógrafo con Impresora térmica Schiller.», s. f.).

3.10.1.1 Principio de funcionamiento.

El CARDIOVIT AT-1 G2 es un electrocardiógrafo de 3 canales para ECG de reposo, con modo automático y manual, pantalla a color, impresora térmica integrada y batería recargable. Permite adquirir simultáneamente 12 derivaciones, e imprimir en múltiples formatos, programa de medidas (intervalos, amplitudes, ejes eléctricos) e interpretación disponible. Gracias a su elevada frecuencia de muestreo (32000 Hz) y un mayor ancho de banda, el CARDIOVIT AT-1 G2 ofrece una calidad de señal óptima para ECG pediátricos y de adultos. («ECG Cardiovit AT-1 G2 electrocardiógrafo con Impresora térmica Schiller.», s. f.)

Su impresora térmica de alta resolución puede utilizarse con papel en rollo o plegado en Z, lo que permite adaptarse a las preferencias y requerimientos del usuario.



Ilustración 5. Electrocardiógrafo Schiller AT-1 G-2.

Fuente: («ECG Cardiovit AT-1 G2 electrocardiógrafo con Impresora térmica Schiller.», s. f.)

3.10.2 MONITOR DE SIGNOS VITALES MARCA EDAN IM-80.

El monitor de signos vitales Edan IM-80 o monitor es un dispositivo que detecta, procesa y muestra los parámetros fisiológicos de un paciente conectado a éste. Para lograrlo, utiliza las señales eléctricas del corazón para desplegar gráficamente su estado funcional. Por lo general solo se utiliza en personas que tienen alguna enfermedad cardíaca o que se han sometido a una operación o han sufrido un infarto recientemente (*M80 Manual de Operación, Instalación y Mantenimiento Español | PDF | Punto de Acceso Inalámbrico | Ingeniería Eléctrica, s. f.*).



Ilustración 6. Monitor de signos vitales marca EDAN IM-80.

Fuente: (*M80 Manual de Operación, Instalación y Mantenimiento Español | Punto de Acceso Inalámbrico | s. f.*)

3.10.3 DESFIBRILADOR SCHILLER HD-7.

Un desfibrilador es un equipo electrónico que sirve para el diagnóstico, mediante un electrocardiograma, del ritmo cardíaco del paciente y restablecerlo tras haber sufrido una fibrilación o una taquicardia ventriculares (Schiller, s. f.-b, p. 4).

3.10.3.1 Principio de Funcionamiento.

Recupera a la persona tras una parada cardiorrespiratoria a través de una o varias descargas eléctricas controladas. La parada cardíaca puede ocurrir en circunstancias muy variados, de manera fortuita, debido a el corazón (asistolia), especialmente en casos de arritmias muy graves como la fibrilación ventricular (Schiller, s. f.-b)

Equipo con Interfaz fácil de usar 1-2-3. Cuenta con 7 opciones de preconfiguración, incluyendo NIBP, SpO2 y etCO2. Marcapasos fijo y a demanda. Desfibrilación manual (sincrónica y asincrónica). Tecnología de Onda Bifásica con pulsos MULTIPULSE BIOWAVE® (Schiller, s. f.-b).



Ilustración 7. Desfibrilador DEFIGARD HD-7.

Fuente: (Schiller, s. f.-b)

3.10.4 MAPA SCHILLER BR-102.

El monitoreo Ambulatorio de Presión Arterial (MAPA) es cuando se mide la presión arterial mientras estas viviendo tu vida diaria normal. El monitoreo dura 24 horas. Utiliza una pequeña máquina digital de presión arterial que está unida a un cinturón alrededor de su cuerpo y que está conectada a un brazalete alrededor de la parte superior de su brazo, es tan pequeño que puede dormir con él (Schiller, s. f.-a).

3.10.4.1 Principio de Funcionamiento.

Es un sistema de Monitorización Ambulatorio de Presión Arterial que combina dos técnicas de medición, auscultatoria y oscilometría. Es un equipo ligero y compacto, fácil de utilizar. Te ofrece un alto nivel de confort para su paciente manteniendo mediciones sumamente precisas (Schiller, s. f.-a).

Cuenta con una tecnología tolerante al movimiento la cual evitara en lo posible la necesidad de volver a inflar el brazalete y garantiza la disminución de lecturas erróneas. Tiene una presentación tabular de las mediciones así como un práctico informe que incluye un gráfico, resumen interpretativo, análisis de caída durante el sueño y estadísticas (Schiller, s. f.-a).



Ilustración 8. MAPA Schiller BR-102.

Fuente: (Schiller, s. f.-a).

3.10.5 ULTRASONIDO CHISON EBIT 50.

El nuevo Chison EBit 50 mejora la flexibilidad y el flujo de trabajo a un nuevo nivel. Este Sistema mejora sus procesadores de transmisión y recepción de señal. Como resultado, lo llevan a tener una mayor sensibilidad y una detección de eco más precisa. Además, está equipado con una amplia gama de transductores que adoptan tecnologías innovadoras. Por lo tanto, este modelo promete una experiencia de diagnóstico confiable y como resultado, un rendimiento de alta calidad en todas las aplicaciones (*Ultrasonido Chison EBit 50 - Chison México, s. f.*).

3.10.5.1 Principio de funcionamiento.

La máquina de ultrasonido portátil Chison EBit 50 tiene como objetivo diagnosticar de manera fácil y precisa, con su precio razonable y alta calidad del fabricante de ultrasonido médico Chison (*Ultrasonido Chison EBit 50 - Chison México, s. f.*).

- Ángulo independiente 15" LED (0-30° inclinado)
- Dirección 2D, Súper Aguja, B/BC.
- Porta sondas.
- Batería extraíble.
- Soluciones vasculares.
- Puertos de transductor doble (*Ultrasonido Chison EBit 50 - Chison México, s. f.*).



Ilustración 9. Ultrasonido Ebit 50 marca CHISON.

Fuente: (*Ultrasonido Chison EBit 50 - Chison México, s. f.*)

3.10.6 BOMBAS DE INFUSION.

La bomba de infusión es un dispositivo que se utiliza para suministrar líquidos y medicamentos al cuerpo del paciente en cantidades controladas. Estos equipos, a diferencia del método manual, brindan el beneficio de poder administrar volúmenes muy pequeños de medicamento y a una velocidad específica a un intervalo automático. La capacidad que tienen las bombas para producir presiones altas pero controladas es la razón por la que estos dispositivos son muy útiles para

inyectar medicamento en cantidades controladas en la vía subcutánea o epidural (Michalek et al., 2020).

Según Michalek et al., (2020) existen diferentes tipos de bombas de infusión según el propósito para el cual se utilizan, algunas de ellas son las siguientes:

- Bombas elastoméricas: En este tipo de bomba el medicamento permanece en un depósito esférico elástico y la presión en las paredes impulsa el suministro de líquido.
- Bombas peristálticas: El medicamento es impulsado por un mecanismo de rodillos que generan presión en las tubuladuras en donde se transporta el líquido, empujándolo hacia el paciente.
- Bombas peristálticas lineales: Este tipo de bomba posee rodillos acomodados en forma lineal, en apariencia de dedos, de esta forma se fuerza el medicamento hacia el paciente.
- Bombas peristálticas rotatorias: Se compone de un tubo flexible que tiene un sistema rotatorio de rodillos acomodados en un rotor lo cual genera la fuerza necesaria en diferentes puntos, cuando dicho rotor gira logra empujar el medicamento hacia el paciente.
- Bombas volumétricas: Posee un infusor electrónico haciéndolas más precisas que las peristálticas.
- Bombas de jeringa: Es en la que el medicamento permanece en el depósito de una jeringa y un pistón mediante movimientos controla el suministro del líquido.
- Bombas de pistón: Su funcionamiento es parecido a la bomba de jeringa, el pistón se dirige por un motor que se mueve hacia dentro y hacia fuera de un cilindro. El movimiento hacia dentro empuja el líquido fuera hacia el paciente, mientras que cuando se realiza hacia afuera absorbe el fármaco cargando el contenedor.
- Bombas anestésicas: Estas bombas son parecidas a las bombas de jeringa exclusivamente para sedación o anestesia.

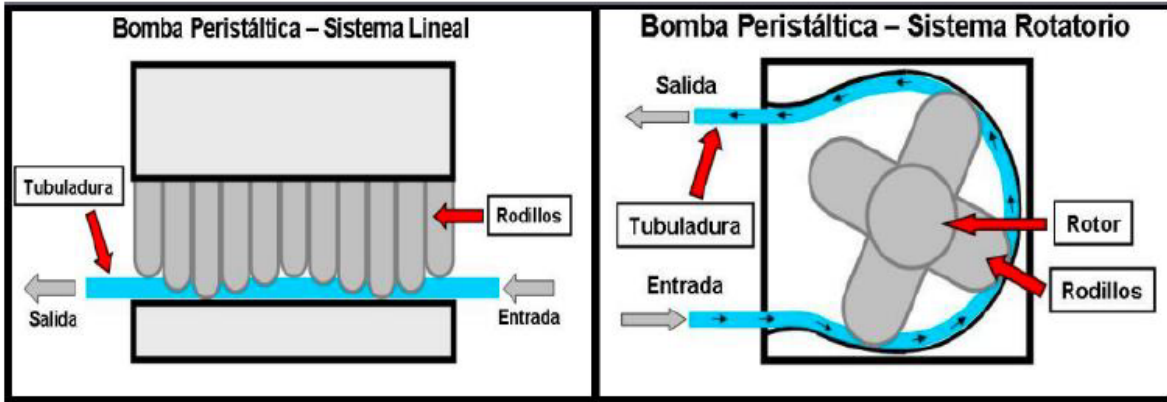


Ilustración 10. Funcionamiento de bomba peristáltica lineales y bombas peristálticas rotatorias.

Fuente: (Michalek et al., 2020)

IV. DESARROLLO.

Durante la extensión de la práctica profesional se destaca la presencia del ingeniero en biomédica para la realización de tareas fundamentales que aseguran que los procesos dentro de establecimientos sanitarios y hospitales se lleven a cabo de forma correcta para salvaguardar la vida del paciente.

En la práctica profesional realizada en MACC Medical en Tegucigalpa, Honduras consistió en muchas actividades como mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos, capacitaciones, revisiones de equipos, entre otros. Todas estas realizadas en diferentes áreas, tanto en el área privada en donde se brindan servicios de diagnóstico o garantía para los clientes, como en el área pública. Cada una de estas actividades serán explicadas a detalle en el presente informe destacando hallazgos y explicando cómo fueron desarrolladas incluyendo ilustraciones de los equipos y del practicante.

4.1.1 SEMANA 1.

En semana 1 se inició la limpieza de todo el departamento de biomédica realizando labores básicas como ser la clasificación de las herramientas en sus respectivos estantes. De igual forma se realizó una limpieza general de toda la sala ubicando cada equipo en lugares donde la habitación se vea de la mejor forma, como se observan en la Ilustración 11.

Luego de ello se abrió un equipo especializado en electroterapia, se estudió el manual una vez llegado a la empresa, luego de ello se realizó el armado del equipo, se realizaron pruebas de funcionamiento y se verificó que todo estaba trabajando de buena forma y luego de esto, se brindó una capacitación sobre un equipo de electroterapia para el personal de terapia física y ocupacional y también a los médicos que fue adquirido por ellos. Estas se observan en la Ilustración 12.

Durante la semana se reportó una falla en el endoscopio en el Hospital DIME y se planificó una visita a este centro ya que la cámara del endoscopio no estaba tomando video y tenía interferencia ya que el especialista no podía ver nada y se hizo la visita con el técnico para verificar por qué no

estaban funcionando y realizar las respectivas reparaciones y mejoras en el equipo. Estas se observan en las fotografías Ilustración 13.



Ilustración 11. Departamento de biomédica en MACC Medical.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 12. Armado de equipo de electroterapia y su respectiva capacitación.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 13. Reparación de endoscopio en Hospital DIME.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 SEMANA 2.

Iniciando la semana 2 se dio inicio realizando una visita en el hospital San Jorge ya que se dio mantenimiento a la impresora HUQ porque tenía problemas de impresión. También se realizó capacitación del monitor fetal hacia el personal de la empresa. De igual forma se crearon formatos de trabajo para entregárselos a los clientes una vez realizado los mantenimientos de los equipos o la entrega de equipo nuevo junto con su tiempo de garantía. Esto se muestra en la ilustración Ilustración 14 e Ilustración 17.

De igual forma se hicieron prácticas y demostraciones con el personal de ventas sobre el monitor fetal y también se visitó el hospital de la policlínica para revisar los monitores de signos vitales, traerlos a la oficina, repararlos y realizar un informe en bases a las cosas que se realizaron.

En esa misma semana ingresaron 15 electrocardiógrafos marca Schiller y se tuvieron que abrir y realizar su inspección y realizar pruebas con los analizadores de ECG para verificar que todos los parámetros están en buenas condiciones y asimismo poder ser entregados a COMSALUD. Estas se muestran en la Ilustración 16.

Al último día de la semana, se realizó capacitación del ultrasonido portátil SonoEye de la marca Chison a los empleados del área y ventas y de igual forma se realizaron prácticas para poder realizar las demostraciones de la mejor manera.



Ilustración 14. Reparacion de Impresora HUQ en Hospital San Jorge.

Fuente: Elaboración propia.

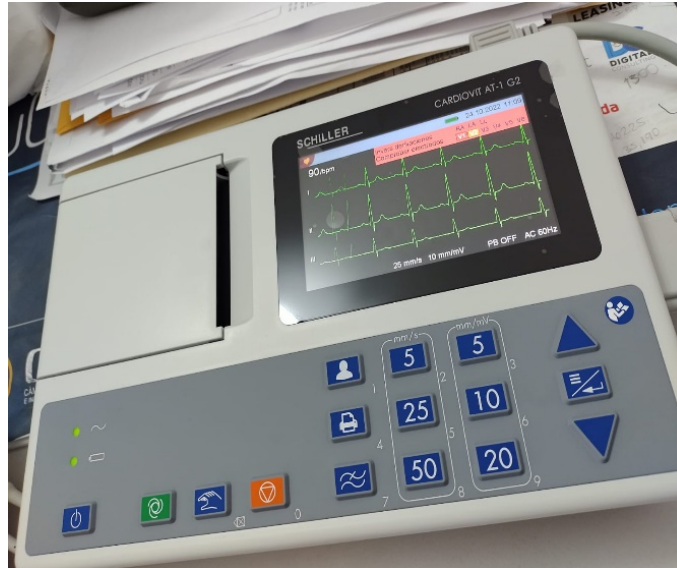


Ilustración 15. Revisión de Electrocardiógrafos Schiller AT-1.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 16. Entrega de equipos y capacitación inicial del Electrocardiógrafo.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 17. Monitor Fetal marca EDAN

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 SEMANA 3.

En semana 3 se visitaron varios endocrinólogos, en donde se les mostró el ultrasonido SonoEye para realizar estudios y en toda esa semana prácticamente se realizaron demostraciones con los especialistas en torre Morazán, torre médico zafiro etc. Se hicieron algunos estudios con los mismos empleados dentro de la empresa utilizando el modo b, modo B/M, color Doppler etc. Estas se muestran en la Ilustración 18.

Se apoyó con la parte administrativa de la empresa con la documentación referente a los equipos y asimismo se realizó un estudio de mercado de los clientes potenciales que pueden adquirir equipo médico de forma inmediata y en los futuros meses. Se realizó el montaje de las pruebas de esfuerzo ya que se necesitaban estar listas para la siguiente semana. Esta se observa en la Ilustración 20.

También se realizó revisión de algunas centrifugas que se encontraban en bodega ya que se encuentran hace un tiempo y se dio una inspección para verificar que todo está funcionando en buena forma. Esta se encuentra en la Ilustración 19.



Ilustración 18. Visita y capacitación Ultrasonido SonoEye Chison.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 19. Inspección de equipo en bodega (Centrifuga UNICO LX).

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 20. Armado y ensamblaje de pruebas de esfuerzo marca Schiller.

Fuente: Elaboración propia.

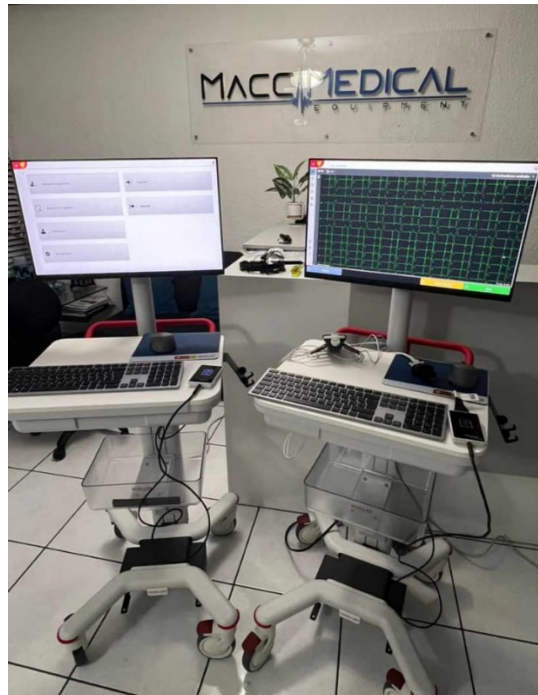


Ilustración 21. Pruebas de esfuerzo armadas para ser entregadas.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 SEMANA 4.

En semana 4 se realizó una gira en la zona norte del país, se visitó Tela, La Ceiba y San Pedro Sula tanto en el sector privado como en el sector público. En el hospital de La Ceiba se visitó el hospital Medicentro, que es especializado en distintas especialidades para poder instalar una prueba de esfuerzo en el área de cardiología y también poder capacitar al personal realizando pruebas para enseñar la forma en que se deben de utilizar el equipo.

El mismo procedimiento se realizó en el hospital CEMESA de San Pedro Sula en el área de cardiología y dio la misma capacitación al personal de enfermería. Esto se muestra en la ilustración. En el municipio de Tela, Atlántida se visitaron centros privados para poder ofrecer equipo médico e insumos. También se realizó el viaje para conocer los nuevos médicos de las distintas especialidades e identificar los servicios que brindan. Esto se muestra en la ilustración Ilustración 22, Ilustración 23, Ilustración 24 e Ilustración 25.



Ilustración 22. Instalación y capacitación de prueba de esfuerzo en Hospital CEMESA.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 23. Medicentro en La Ceiba, Atlántida.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 24. Instalación y capacitación de prueba de esfuerzo en Medicentro, La Ceiba.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 25. Capacitación al personal de enfermería sobre el espirómetro.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 SEMANA 5.

En semana 5 se realizaron varios mantenimientos preventivos. Se dio inicio con el pedal de un aparato que se utiliza en el área de veterinaria que presentaba problemas de corto circuito y quedó en óptimas condiciones para su uso. Asimismo, se arregló un MAPA (Monitoreo Ambulatorio de Presión Arterial) ya que los cables se encontraban pelados y no llegaba la fuerza necesaria para la toma de la presión arterial. Durante la semana también se visitó el Hospital Viera y el Hospital Militar para poder realizar la entrega de insumos que habían sido solicitados por estos.

También se realizó una gira por Olancho, en los departamentos de Juticalpa y Catacamas para visitas de clientes y realizar mantenimiento preventivo de seis equipos en un centro llamado PREDISAN. Los equipos a los cuales se les dio mantenimiento preventivo son colposcopio, impresoras, ultrasonidos, electrocauterios y trituradora. Esto se observa en la Ilustración 30e Ilustración 31.

Asimismo, se revisaron equipos que necesitaban de mantenimiento correctivo para identificar los repuestos que necesitan y realizar las respectivas cotizaciones para la reparación de equipos. En esta gira se realizó un informe al final de todo lo realizado ya que se dejó escrito y detallado todo

lo realizado y al mismo tiempo se le entregó al centro junto con las recomendaciones que se deben de dar para aumentar la calidad de vida de los equipos.

Se finalizó la semana con el congreso de audiología en donde fueron especialistas de otorrinolaringología, fonoaudiologías, audiólogos y se les impartió por médicos e ingenieros biomédicos mexicanos de la empresa INTERACOUSTICS ya que son la empresa que comercializa equipo de audiología para la identificación de enfermedades en el oído. Este congreso se llevó a cabo en 3 días y fue realizado en CADERH. Los equipos que se promocionaron fueron los timpanómetros, audiómetros, OtoRead que es el equipo que se utiliza para la medición de las frecuencias en el oído etc. Las ilustraciones se muestran en la Ilustración 26.



Ilustración 26. Reparación de bomba de infusión marca MedCaptain.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 27. Congreso de audología.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 28. Equipos de audología marca Interacoustic.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 29. Centro Médico PREDISAN, Catacamas, Olancho.

Fuente: Elaboración Propia.



Ilustración 30. Mantenimiento preventivo a electrocauterio.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 31. Mantenimiento preventivo a equipos en PREDISAN (colposcopio)

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 SEMANA 6.

Se inició la semana 6 con la recepción de un electrocardiógrafo AT-102GT de la marca Schiller en el cual se tuvo que realizar el armado y las pruebas del equipo para verificar que se encuentra en excelentes condiciones y luego de esto entregar el equipo en el Hospital Escuela. Esto se observa en la Ilustración 32.

Asimismo, se realizó otra gira en el sur del país visitando el departamento de Valle en los municipios de Nacaome y San Lorenzo y se visitó el Centro Médico Juárez porque el Rayos X de ese centro no estaba funcionando porque el DR no tomaba la exposición ya que los KV's que recibía no eran los óptimos de acuerdo con el área que se deseaba analizar.

De igual forma se identificó que había una falla en el colimador y también que la forma en que se tomaban las imágenes había un error por parte del usuario ya que utilizaba la misma distancia del colimador hacia el paciente sin importar el área de estudio. Todas estas cosas se les explicaron tanto al personal encargado de radiología como al especialista. Cabe mencionar que muchos de

los problemas que presentan los equipos médicos es por falta de capacitación e información y por ese motivo los equipos médicos no trabajan en óptimas condiciones. Esto se observa en la Ilustración 33.



Ilustración 32. Electrocardiógrafo Cardiovit AT-102 G2.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 33. Mantenimiento Correctivo de Rayos X en Nacaome, Valle.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 SEMANA 7.

La semana siete se recibieron muchos reportes de bombas de infusión en mal estado en diversos establecimientos y a raíz de ello se planificaron capacitaciones al personal con respecto al buen uso de las bombas de infusión y la forma en que se debe insertar la venoclisis y la forma de configurar el equipo en base a las necesidades requeridas por los pacientes. Cabe recalcar que la mayoría de las fallas que presenta el equipo es con respecto al tipo de venoclisis que utilizan ya que no todos ellos se deben utilizar ya que los equipos traen predestinado el tipo de venoclisis que deben de utilizar. El término médico venoclisis o cateterismo venoso periférico significa la introducción de líquido a la luz de una vena y se refiere a establecer una vía permeable entre un contenedor de solución y el torrente sanguíneo venoso. Esto se puede observar en la Ilustración 34.



Ilustración 34. Bombas de Infusión Marca MedCaptain.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Ilustración 35 se revisó los sensores de oclusión y de burbujas ya que normalmente es lo que más presenta falla en esos equipos. De igual forma, se realizó una limpieza interna y externa y se verificó la pantalla, así como los botones de encendido y apagado, menú

principal y el botón de abrir y cerrar. También se verificaron los diferentes modos que trae el equipo para identificar si se dá la cantidad de medicamento que se configura.



Ilustración 35. Sensor de oclusión y burbuja de aire en Bomba de Infusión Med Captain.

Fuente: Elaboración propia.

Durante esta semana se participó en un congreso de cardiología que fue llevado a cabo en el Hospital Militar. La empresa recibió la invitación ya que una de las marcas que comercializa es Schiller siendo especializada en esta área. Las actividades que se llevaron a cabo fueron:

- Dar a conocer la empresa y los servicios que brinda hacia todas las personas.
- Mostrar los equipos que se comercializan
- Promover las marcas que cuenta la empresa.



Ilustración 36. Congreso de Cardiología en Hospital Militar

Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 37 se observa que se está realizando una demostración de un electrocardiógrafo, venótomo, desfibrilador, DEA (Desfibrilador externo automático) etc. con las funciones que lleva a cabo cada uno de ellos, esto con el fin de identificar las necesidades que presenta cada departamento del hospital y de los médicos que asistieron al congreso y desean mejorar los servicios que ofrecen a los pacientes.



Ilustración 37. Demostración de Venótomo en Congreso de Cardiología.

Fuente: Elaboración propia.

Durante la semana también se planificó la visita a médicos en el departamento de Comayagua, municipio de Siguatepeque, ya que se pretende aumentar la cartelera de clientes potenciales que deseen adquirir equipos y que ellos puedan mejorar la atención a sus clientes. Se vendió un desfibrilador ya que existe un centro que está expandiendo y se construyó quirófano y sala de hospitalización. Esto se observa en la Ilustración 38.

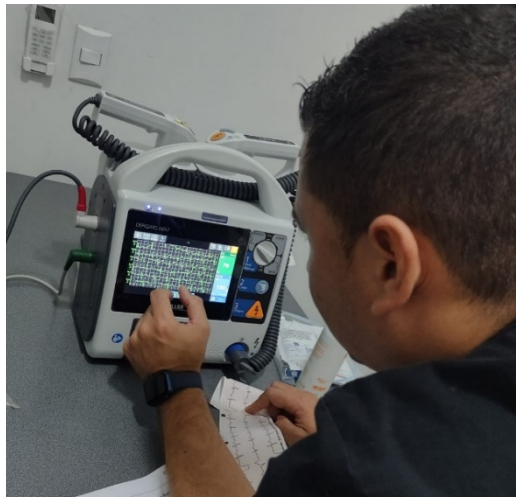


Ilustración 38. Entrega y capacitación de Desfibrilador DEFIGARD HD-7.

Fuente: Elaboración propia.

También durante la semana ingresaron nuevos equipos a la empresa como ser el Venotomo marca MedCaptain ya que en algunos hospitales se identificó que existen pacientes que se les dificulta poder canalizar. Se buscó una empresa internacional que distribuyera algún equipo que cumpla con las necesidades y se adquirió para poder promocionar con los distintos hospitales a nivel nacional. El venótomo es un equipo que muestra las venas del paciente en excelente forma aun en pacientes que presenten dificultad de realizar canalización. Es un equipo fácil de utilizar y trae opciones para aumentar y disminuir zoom, intensidad de luz y cambio de colores. Estas fotografías se pueden observar en Ilustración 39.



Ilustración 39. Venótomo MedCaptain para canalización.

Fuente: Elaboración propia.

Al final de la semana, se recibió la visita de un personal médico ya que desean implementar una clínica con fines educativos en donde se desea mostrar a los alumnos distintos tipos de equipos necesarios en una clínica en donde puedan realizarse distintos estudios por Telemedicina. El equipo que se estudió para implementar es el estetoscopio marca ThinkLabs modelo One. En la Ilustración 40 se ve el equipo en el cual se pueden configurar parámetros como la frecuencia y el volumen para poder escuchar los latidos y a través de este equipo se puede transmitir sonido y el estudio en tiempo real.



Ilustración 40. Estetoscopio digital marca ThinkLabs.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.8 SEMANA 8.

Iniciando la semana 8 se reportó el fallo de un electrocardiógrafo del hospital La policlínica en el cual las derivaciones no estaban funcionando en su totalidad en especial las extremidades del pie derecho y pie izquierdo y la configuración de la impresión se daba en más de dos páginas. El trabajo que se realizó en el equipo es la verificación de las derivaciones y el formato de impresión. Se realizaron estudios en la empresa con el analizador de signos vitales, se midió la continuidad de las derivaciones y se corrigió el formato de impresión de equipo y quedó en buen funcionamiento. Esto se observa en la Ilustración 41.



Ilustración 41. Electrocardiógrafo WelchAllyn.

Fuente: Elaboración propia.

El formato de impresión del equipo se está realizando en una sola pagina en el cual anteriormente se estaba realizando en varias paginas y el personal del hospital ocupa optimizar papel. Esto se observa en la Ilustración 42.

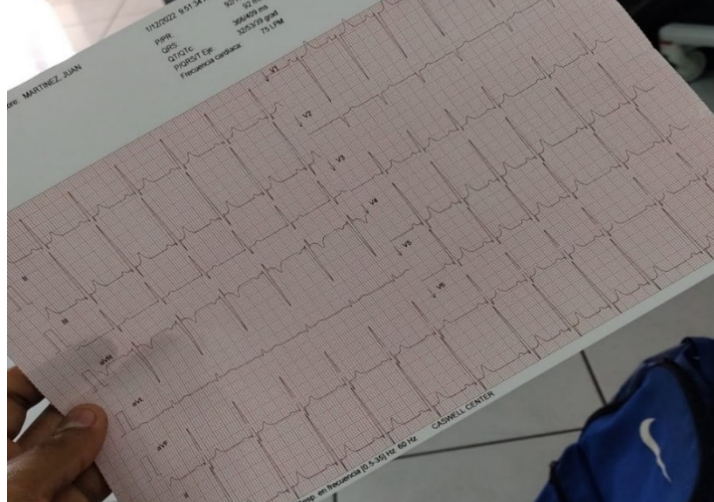


Ilustración 42. Formato de impresión de electrocardiograma.

Fuente: Elaboración propia.

A mediados de semana se realizó la entrega de unas bombas de infusión en Hospital Viera y de igual forma se realizó la capacitación del equipo vendido. Siempre se recalca en estas capacitaciones la importancia de una buena colocación del venoclisis, poder purgar el equipo, revisión del sensor de oclusión y las burbujas. Esto se observa en Ilustración 43.



Ilustración 43. Capacitación de bombas de infusión MedCaptain a personal de enfermería.

Fuente: Elaboración propia.

A finales de semana se recibió una llamada de la Cruz Verde indicando estar interesados en adquirir nuevos equipos entre los cuales desean adquirir DEA (Desfibrilador Externo Automático) para poder implementarlo en conciertos, eventos deportivos, universidades, escuelas etc con el fin de proporcionar soporte inmediato a pacientes que presenten taquicardia o fibrilación.

Para ello se brindó una demostración a médicos, paramédicos y personal administrativo sobre las especificaciones del equipo, la cantidad de descargas que proporciona y los beneficios con los que cuenta el equipo. Esto se puede observar en Ilustración 44.



Ilustración 44. Demostración del DEA a personal de Cruz Verde.

Fuente: Elaboración propia.

Una de las ventajas de este equipo es la realización de un ECG previo a la realización del impulso eléctrico y el equipo identifica esto solo si es necesario de acuerdo con la frecuencia cardiaca que tenga el paciente al momento de realizar el choque eléctrico. Cabe mencionar que el equipo también cuenta con un parlante en el cual el usuario debe de seguir una serie de pasos para la realización del choque. Esto se observa en la Ilustración 45.



Ilustración 45. Desfibrilador externo automático.

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar la semana 8 se recibió un electroencefalógrafo que fue comprado por un médico neurólogo en el cual se tuvo que realizar el armado del equipo y contactarse con la empresa Neurovirtual para poder configurar el equipo y dejar el software del equipo en óptimas condiciones. El armado del equipo se tuvo que realizar en todo un día de trabajo ya que cuenta con diversas partes como ser una cámara, fotoestimulador, monitor, EEG (Electroencefalógrafo), carro de transporte etc. esto se puede observar en la Ilustración 46.



Ilustración 46. Electroencefalógrafo Neurovirtual.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el armado del equipo se procedió a realizar una capacitación de los equipos de Telemedicina que necesita el doctor para fines educativos y que de esta forma se pueda escuchar en tiempo real todo lo dicho y hecho hacia el paciente. Se realizaron pruebas con el estetoscopio y con el ultrasonido Chison Ebit 50 y que se pueda ver tanto la imagen como el sonido en tiempo real. Esto se observa en la Ilustración 47.



Ilustración 47. Capacitación equipos para utilizar en Telemedicina.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.9 SEMANA 9.

En semana 8 se reportó el ingreso a la aduana de un electroencefalógrafo y se inició la semana con el montaje del equipo para realizar el viaje al departamento de El Paraíso, ciudad de Danlí para instalar el equipo y brindar la capacitación.

Asimismo, se realizó un viaje al municipio de Santa Rosa de Lima para entregar un monitor fetal y brindar capacitación al personal de enfermería para el uso del equipo. En la visita a ese centro se reportó que existían dos bombas de infusión en mal estado para poder brindarles mantenimiento correctivo y verificar los modos en los que se puede infundir el medicamento al paciente, esto se observa en la Ilustración 48. En la ilustración se observa el estudio en una madre embarazada en el cual se esta midiendo la frecuencia cardiaca del bebe y también los signos vitales de la madre. Cabe mencionar que la frecuencia cardiaca de un bebe debe ser mayor a 120

y no exceder los 160 latidos por minutos. Se le aplico el transductor en el abdomen de la madre y se busca el corazón del bebe en donde se pueda escuchar de forma clara.



Ilustración 48. Capacitación Monitor Fetal en El Paraiso.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar ese viaje también se realizó mantenimiento preventivo a una impresora HUQ y rayos x portátil marca DRGEM en el municipio de Danlí.

En este mantenimiento se verifico las descargas del equipo junto con los MAs y KV que son valores que el usuario define de acuerdo con el área que se realizará el estudio. A la vez, se realizó limpieza interna y externa del equipo. Esto se observa en la Ilustración 49.



Ilustración 49. Mantenimiento preventivo Rayos X portátil DRGEM.

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los laboratorios establecidos en Tegucigalpa reportó fallas en la óptica de un microscopio que lo utilizan para el departamento de laboratorio clínico. Este equipo presentó bastante suciedad en los lentes y en los focos así que se le proporcionó una limpieza con aire comprimido y alcohol isopropílico en cada uno de los lentes, a su vez se realizó limpieza en todas las partes de este y se verificó que las perillas para aumentar/disminuir la luz y la altura del lente estaban funcionando en excelentes condiciones. Esto se observa en la Ilustración 50.



Ilustración 50. Mantenimiento preventivo microscopio Olympus.

Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo la semana 9 ingresó un ultrasonido veterinario marca Chison para la Clínica Veterinaria Soto; se realizó la entrega del equipo y se dio la capacitación a los médicos en veterinaria y personal del mismo. La capacitación se basó con respecto a los modos que trae el ultrasonido y la aplicación de este. El ultrasonido se entregó con transductor micro convexo y lineal y se realizó una demostración con un perro que se encontraba en la clínica. Esto se observa en la Ilustración 51.



Ilustración 51. Capacitación Ultrasonido Veterinario Chison.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 RESUMEN DE ACTIVIDADES.

Durante la extensión de la práctica profesional se realizaron todas las actividades descritas anteriormente por varias semanas. El resumen de dichas actividades se encuentra detallado en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de actividades realizadas.

Revisión de equipos	25
Mantenimientos preventivos	8
Mantenimientos correctivos	10
Armado de mobiliario hospitalario	18
Inventario de repuestos	2
Ordenar documentación en archivero	1
Capacitaciones a clientes	20
Demostraciones de equipos a clientes	18

Fuente: Elaboración propia.

Con la elaboración de la tabla se logró realizar el gráfico de la Ilustración 52 en donde se refleja que la mayor cantidad de actividades fueron la revisión de equipos con un 24% seguido de la capacitación 19% y del armado de mobiliario y demostración de equipos con un 18%.

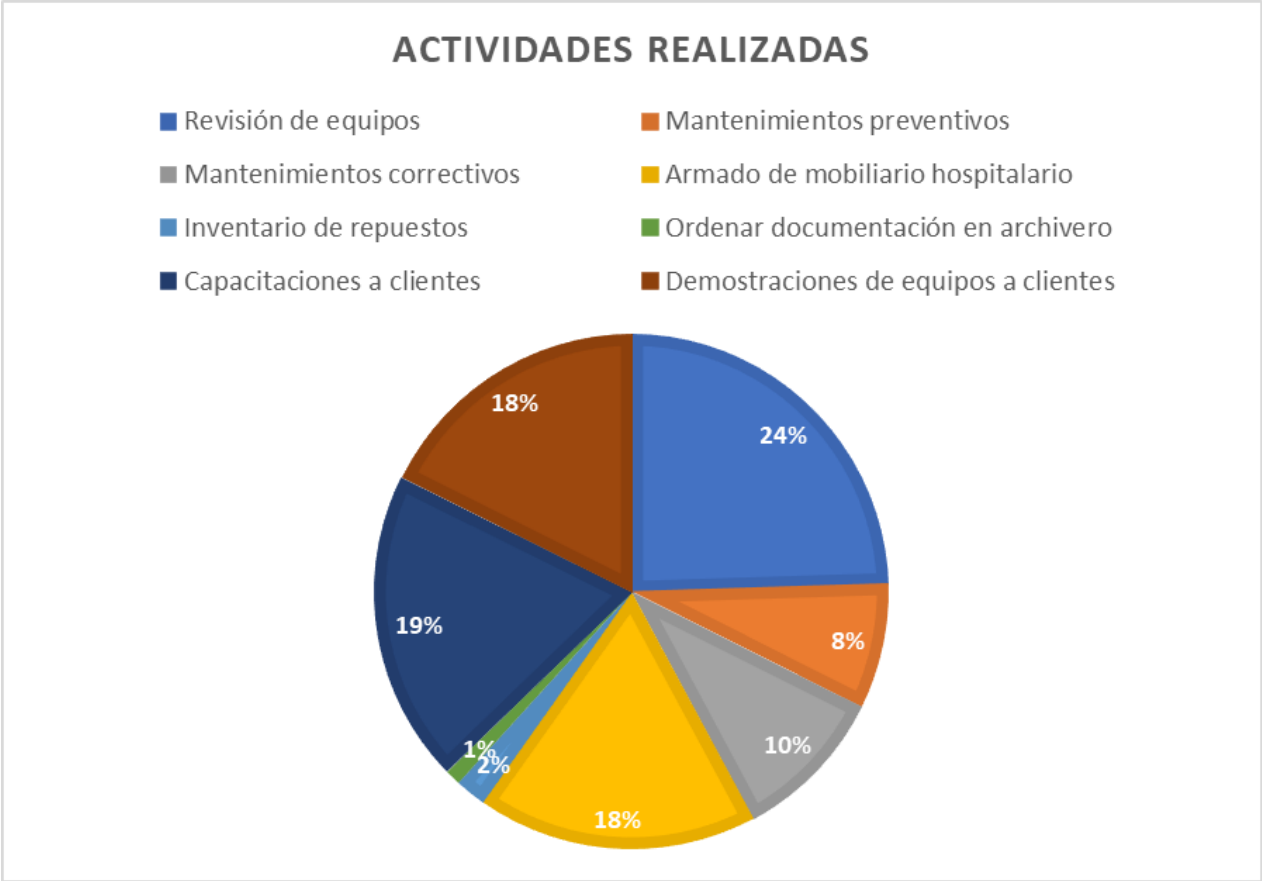


Ilustración 52. Gráfico de actividades realizadas

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, en la Tabla 2 se puede observar las actividades realizadas de acuerdo con cada porcentaje obtenido. Concluyendo que las actividades con menor porcentaje son la realización de inventario de repuestos y ordenar documentación.

Tabla 2. Resumen de actividades en base a porcentaje

Revisión de equipos	24%
Mantenimientos preventivos	8%
Mantenimientos correctivos	10%
Armado de mobiliario hospitalario	18%
Inventario de repuestos	2%
Ordenar documentación en archivero	1%
Capacitaciones a clientes	19%
Demostraciones de equipos a clientes	18%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia.

V. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Actividad	Semanas									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Revisión de equipos										
Mantenimientos Preventivos										
Armado de equipo médico.										
Mantenimiento Correctivo										
Capacitaciones										
Demostraciones										
Inventario										
Trabajo administrativo										

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES.

- El apoyo que brinda el ingeniero biomédico en el departamento de biomédica en MACC Medical consiste en diferentes actividades siendo las más frecuentes los mantenimientos preventivos y correctivos, revisión de equipos y armado de mobiliario médico.
- Las actividades como revisión, instalación y entrega de equipos se realizan para todos los equipos que son adquiridos por los clientes. Durante el desarrollo de la práctica la mayoría de estos equipos fueron bombas de infusión, monitores de signos vitales, electrocardiógrafos, MAPAS y Holter.
- Se realizan mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos complejos instalados en diferentes establecimientos sanitarios, sin embargo, durante la práctica profesional se les dio prioridad a los equipos del área de cardiología y hospitalización.
- Se logró la creación como ser las ordenes de trabajo, comprobante de entrega y reporte de mantenimiento correctivo y preventivo de la documentación que es utilizada en el departamento de biomédica para cada una de las diversas actividades que realiza el ingeniero biomédico que son las ordenes de servicio. Además, existen otros documentos que respaldan las actividades como ingreso y revisión de equipos y capacitaciones a clientes etc.

VII. RECOMENDACIONES.

- Se debe considerar la mejor comunicación entre departamento de biomédica, ventas y logística para evitar confusiones entre la solicitud del cliente con el equipo y el servicio que requiere de la empresa, ya sea armado, desarmado, capacitación o instalación y la entrega del equipo.
- Se debe considerar colocar personal supervisor en San Pedro Sula para un mejor manejo de las actividades de la sede y para generar reportes de dichas actividades a la sede principal en Tegucigalpa.
- Se debe considerar el refuerzo de los conocimientos de circuitos eléctricos y electrónica en los estudiantes mediante proyectos o aplicaciones de la vida real.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- Arias Medina, K. J. (2019). Diseño de un programa de capacitación en el uso seguro de la tecnología biomédica para el personal de salud de la Clínica San Juan de Dios de La Ceja. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/16924>
- Barriere Ávalos, L. R. (2015). Estado de la técnica y prospectiva de la Biomédica en El Salvador y la región centroamericana.
- Camacho-Cogollo, J. E., Torres-Vélez, D. M., Chavarría, T., Camacho-Cogollo, J. E., Torres-Vélez, D. M., & Chavarría, T. (2017). Gestión de equipos médicos: Implementación y validación de una herramienta de auditoría. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 38(1), 76-92. <https://doi.org/10.17488/rmib.38.1.5>
- Dongo, V. (2009). Ley N.º 29459 Ley de los productos farmacéuticos, dispositivos médicos y productos sanitarios. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 26(4), 517-529.
- ECG Cardiovit AT-1 G2 electrocardiógrafo con Impresora térmica Schiller. (s. f.). Schiller. Recuperado 31 de octubre de 2022, de <https://schillerlatam.com/Productos/ecg-cardiovit-at-1-g2/>
- es, el E. (2022). Ingeniero biomédico: El perfil profesional que demandan las farmacéuticas. *El Economista*. <https://www.proquest.com/docview/2669376366/citation/182C7C2EAD4848D1PQ/2>
- Ferner, R. E., & Aronson, J. K. (2020). Medical Devices: Classification and Analysis of Faults Leading to Harms. *Drug Safety*, 43(2), 95-102. <https://doi.org/10.1007/s40264-019-00879-2>

Galván, R., & Rafael, K. (2021). Mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipos biomédicos e industriales de uso hospitalario.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/35577>

Hermosilla Aedo, D. C. del P. (2018). Aplicación del problema de asignación en mantenimiento de equipos médicos. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2843>

Herrera Rodríguez, R. (2010). El ingeniero biomédico en la comunidad: Una experiencia a través de la cátedra del adulto mayor. En: Memorias Universidad 2008.

<https://elibro.net/en/ereader/unitechn/81182>

Lozano, O. del P. V. (2021). Metodología gerencial para el mantenimiento preventivo de equipos médicos mínimos usados en habilitación de cirugías ambulatorias. SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión, 13(1), Art. 1. <https://doi.org/10.15332/24631140.6342>

M80 Manual de Operación, Instalación y Mantenimiento Español | PDF | Punto de acceso inalámbrico | Ingeniería Eléctrica. (s. f.). Scribd. Recuperado 31 de octubre de 2022, de <https://es.scribd.com/document/274495759/m80-Manual-de-Operacion-Instalacion-y-Mantenimiento-Espanol>

Martínez-Chávez, G. A., & Martínez-Chávez, G. A. (2017). Experiencia en la Elaboración de un Inventario Funcional de Equipo de Imagenología. Revista mexicana de ingeniería biomédica, 38(2), 507-515. <https://doi.org/10.17488/rmib.38.2.6>

Mendes, G. H. de S., & Toledo, J. C. de. (2012). Explorando prácticas do desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas do setor de equipamentos médico-

hospitalares. *Gestão & Produção*, 19, 103-117. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000100008>

Michalek, C., Carson, S. L., Michalek, C., & Carson, S. L. (2020). La implementación de la administración de medicamentos con código de barras y las bombas de infusión inteligentes es sólo el comienzo del camino seguro para prevenir los errores de administración. *Farmacia Hospitalaria*, 44(3), 114-121. <https://doi.org/10.7399/fh.11410>

Morales Tabares, Z. E., Vázquez Silva, E., & Caballero Mota, Y. (2015). Optimización del stock de piezas de repuesto para equipos médicos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 9(2), 99-114.

Múnera Hincapie, C. J. (2017). Plan de mercadeo para la distribución de equipos médicos hospitalarios Primus, Skytron y Consolidate por la empresa Ihm Ingeniería. *instname:Universidad Autónoma de Occidente*. <http://hdl.handle.net/10614/9801>

Muriel Balanta, J. F. (2022). Diseño de un modelo organizacional del Departamento de Gestión de la Tecnología Biomédica en el Hospital Universitario del Valle. <https://hdl.handle.net/10614/13970>

Ortiz-Posadas, M. R., Mora-García, T. R., & Piña-Quintero, M. F. (2018). Un Indicador de Evaluación Técnica para Determinar la Prioridad de Sustitución de Equipo Médico. *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, 5(1), Art. 1.

Pérez Hernández, Y., Vanega Osorio, R., Montero Sotolongo, F., Isaac, Z. J., Caveda Medina, O., Pérez Hernández, Y., Vanega Osorio, R., Montero Sotolongo, F., Isaac, Z. J., & Caveda Medina, O. (2021). La capacitación del electromédico en gerencia para el mantenimiento

a equipos médicos. Educación Médica Superior, 35(1).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21412021000100016&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Presterl, E., Diab-El Schahawi, M., Lusignani, L. S., Paula, H., & Reilly, J. S. (2019). Medical Instruments and Devices. En E. Presterl, M. Diab-El Schahawi, & J. S. Reilly (Eds.), *Basic Microbiology and Infection Control for Midwives* (pp. 29-33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02026-2_4

Schiller. (s. f.-a). BR-102 plus Monitor ambulatorio de presión arterial. Schiller. Recuperado 31 de octubre de 2022, de <https://schillerlatam.com/Productos/br-102-plus/>

Schiller. (s. f.-b). Defigard HD7 Monitor con desfibrilador, el equipo más eficaz y preciso. Schiller. Recuperado 31 de octubre de 2022, de <https://schillerlatam.com/Productos/defigard-hd-7/>

Temas—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2022, de <https://www.paho.org/es/topics>

Ultrasonido Chison EBit 50—Chison México. (s. f.). Recuperado 21 de noviembre de 2022, de <https://chisonmexico.com/ultrasonido/colordoppler/ultrasonido-chison-ebit-50/>

Vista de Prospectiva Escenarios futuribles para empresas importadoras de equipos médicos en el Ecuador. (s. f.). Recuperado 27 de agosto de 2022, de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/ECASinergia/article/view/1340/1732>

World Health Organization. (2012a). Guía de recursos para el proceso de adquisición. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44826>

World Health Organization. (2012b). Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico.

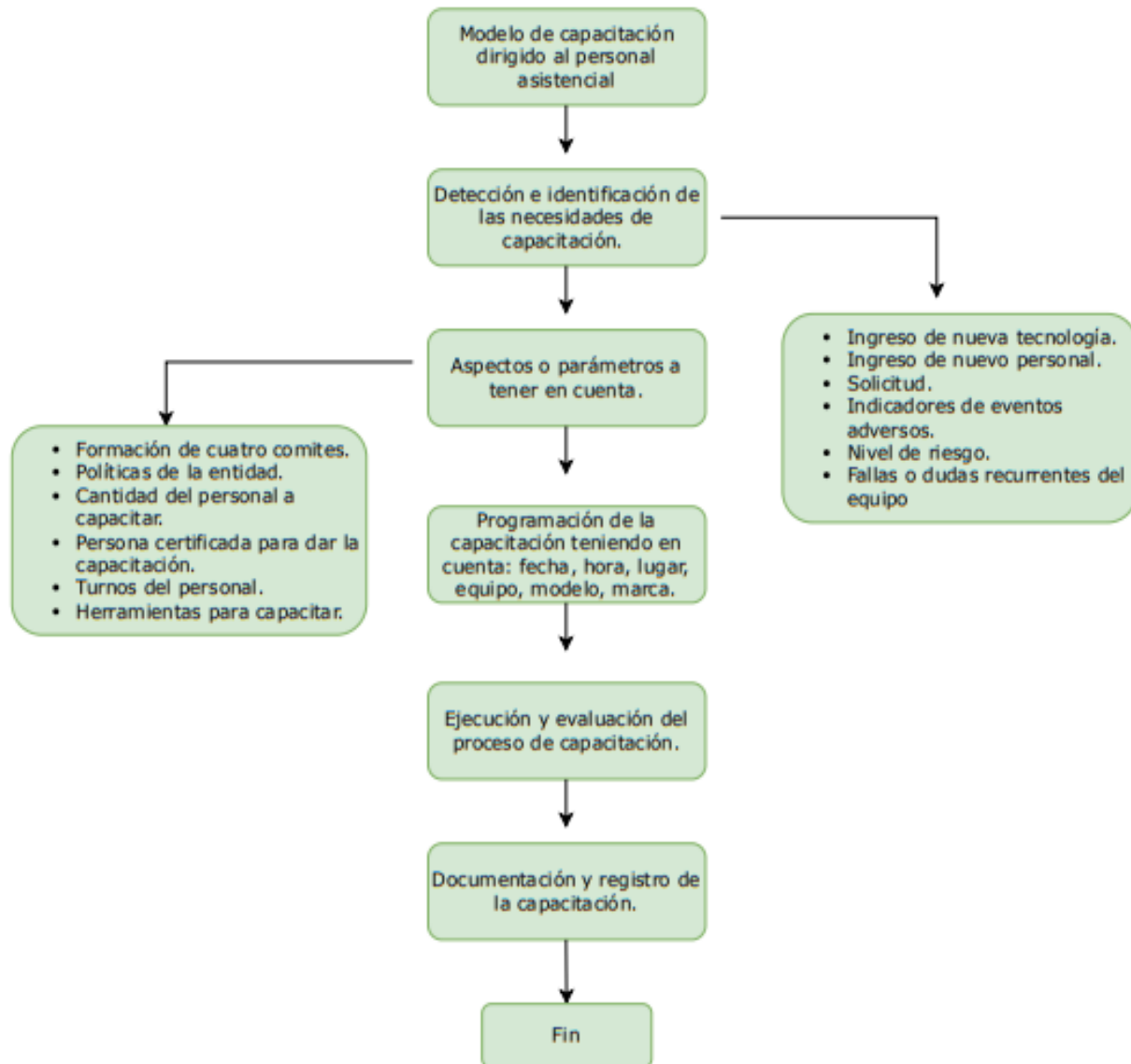
Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44817>

World Health Organization. (2012e). Introducción al programa de mantenimiento de equipos

médicos. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44830>

IX. ANEXOS.

Anexo 1. Modelos de capacitación empresarial.



Fuente: (Arias Medina, 2019).