



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

BMD504 PRÁCTICA PROFESIONAL

HOSPITAL CEMESA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

MIRIAM ZULEMA BADAY TORREZ 21911249

ASESORA: REYNA VALLE

CAMPUS SAN PEDRO SULA, JUNIO DE 2023

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia y a todos los que creyeron en mí desde el minuto cero.

AGRADECIMIENTOS

La gratitud es un estilo de vida más que palabras o acciones, pero con un intento de acercarme a lo que realmente significa; agradezco grandemente a Dios por ayudarme durante todo el proceso formativo y porque su amor y misericordia siempre me han mostrado que no me suelta de su mano.

A mis padres, por ser mi motor, mi impulso y mis ganas de salir adelante, por atreverse a soñar conmigo y perseguir juntos el mismo objetivo. Por mostrarme su amor cada día y enseñarme que siempre hay una forma de salir adelante.

A mi hermano y mi abuelo y demás familiares, por ser mis acompañantes y por su apoyo incondicional, por creer en mí y ser mi cargador de baterías emocional.

A los amigos que la universidad me dio, compañeros de vida cristiana y personas cercanas a mí, que, con su compañía, palabras de aliento y motivación influyeron de forma positiva durante todo el camino.

A mis formadores durante toda mi trayectoria académica en especial al profesor Juan Gabriel Castillo quién al ser mi maestro durante 5 años de primaria formó en gran parte lo que ahora soy y sentó las bases de la curiosidad académica impulsándome siempre a ser mejor y no darme por vencido. A mi jefa académica Reyna Valle por ser parte fundamental durante el proceso, por siempre apoyar cada paso y por atreverse a luchar por el bien de la carrera, destacando siempre por la innovación y excelencia.

Al establecimiento de salud CEMESA por permitirme realizar mi práctica profesional con ellos, por brindarme ese voto de confianza en el inicio de mi vida profesional.

A todos los antes mencionados, gracias totales por el hecho de estar, acompañar y creer.

- Miriam Baday

RESUMEN EJECUTIVO

La práctica profesional se desarrolló en el hospital CEMESA (Centro Médico Sampedrano) en el Departamento de Mantenimiento y Biomédica. Durante las 10 semanas el objetivo principal fue atender todos los llamados en cada una de las áreas, brindando asistencia técnica a los equipos mediante mantenimientos preventivos y correctivos.

El objetivo de los mantenimientos preventivos fue garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos a través de revisiones periódicas y ajustes necesarios. Por otro lado, los mantenimientos correctivos se realizaron para solucionar las fallas identificadas en los equipos y restaurar su operatividad.

Durante la práctica, se adquirió experiencia en el manejo y la resolución de diferentes problemas técnicos relacionados con los equipos de las diferentes áreas hospitalarias. Esto implicó trabajar con equipos de alta tecnología y aplicar conocimientos específicos para identificar y solucionar las fallas de manera eficiente.

Palabras clave: correctivo, equipos, hospital, mantenimiento, preventivo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	4
II.	Generalidades de la Empresa.....	5
2.1	Descripción de la Empresa.....	5
2.2	Descripción del Departamento.....	6
2.3	Objetivos del Puesto.....	7
2.3.1	Objetivo General.....	7
2.3.2	Objetivos Específicos.....	7
III.	Marco Teórico.....	8
3.1	Análisis del Sector.....	8
3.2	Bloque quirúrgico.....	8
3.3	Unidad de Radiodiagnóstico.....	11
3.4	Papel del ingeniero biomédico en un hospital.....	18
IV.	Desarrollo.....	23
4.1	Semana 1: 18-21 Abril 2023.....	23
4.2	Semana 2: 24-28 Abril 2023.....	26
4.3	Semana 3: 02-05 Mayo 2023.....	30
4.4	Semana 4: 08-12 Mayo 2023.....	33
4.5	Semana 5: 15-19 Mayo 2023.....	36
4.6	Semana 6: 22-26 Mayo 2023.....	39
4.7	Semana 7: 29 Mayo-02 Junio 2023.....	41
4.8	Semana 8: 05 – 09 Junio 2023.....	43
4.9	Semana 9: 12 – 16 Junio 2023.....	45
4.10	Semana 10: 19-23 de Junio 2023.....	47
4.11	Cronograma de Actividades.....	49
V.	Conclusiones.....	50

VI. Recomendaciones..... 51

VII. Bibliografía 52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Logo Centro Médico Sampedrano.....	6
Ilustración 2 Organigrama de servicio.....	7
Ilustración 3 Modelo de Máquina de Anestesia que cuenta el hospital. (Maquet Flowi)	9
Ilustración 4 Modelo de MSV que se encuentran en el hospital (Mindray V21)	10
Ilustración 5 Modelo de MSV que se encuentran en el hospital (Mindray V21)	11
Ilustración 6 Sinograma (a) e imagen axial reconstruida (b).....	12
Ilustración 7 Esquema de reconstrucción de la imagen tridimensional a partir de cortes contiguos.....	13
Ilustración 8 Diferencias entre T1 y T1.....	15
Ilustración 9 Transmisión de onda en dos medios diferentes	16
Ilustración 10 Gammacámara.....	16
Ilustración 11 Diagrama de funcionamiento de Gammacamara	17
Ilustración 12 Densitómetro Óseo.....	18
Ilustración 13 Ciclo de gestión de tecnología médica.....	21
Ilustración 14 PLC de esterilizador y electroválvula de vacío.....	25
Ilustración 15 Evidencia de inicio de proceso y fuga de agua en puerta	27
Ilustración 16 Espacio destinado a futuro Departamento de Biomédica.....	27
Ilustración 17 Proceso de retirado de baterías del datascopé CS100	28
Ilustración 18 Cambio de ruedas de camilla.....	28
Ilustración 19 Identificación de falla en placa de control de leds.	29
Ilustración 20 Falla 72 en desfibrilador ZOLL MSeries CCT.....	30
Ilustración 21 Cambio de módulo de voltaje en desfibrilador ZOLL MSeries CCT....	31
Ilustración 22 Balón funcionando con baterías.....	32
Ilustración 23 Bombas funcionales y tarjeta de detección de apertura.....	34
Ilustración 24 Equipos afectados por lluvia	35
Ilustración 25 Calibración de Bombas de Infusión.....	37

Ilustración 26 Estado interno de UPS previo a limpieza	37
Ilustración 27 Ultrasonido funcional.....	38
Ilustración 28 Sensores de posición de esterilizador	39
Ilustración 29 Placa de módulo de bombas dañada	40
Ilustración 30 Placa de módulo de bombas dañada	42
Ilustración 31 Ajuste de celdas y batería de cama hospitalaria.....	42
Ilustración 32 Verificación de enfriamiento de freezer con termocupla.....	43
Ilustración 33 Equipos en desuso en futuro departamento de Biomédica.....	44
Ilustración 34 Termómetro desarmado.	44
Ilustración 35 Baterías de UPS.	45
Ilustración 36 Filtro sucio de Ecógrafo.....	46
Ilustración 37 Colonoscopio.	47

SIGLAS Y GLOSARIO

CEYE	Central de Esterilización y Equipo
ECG	Electrocardiógrafo
MC	Mantenimiento Correctivo
MP	Mantenimiento Preventivo
MSV	Monitor de Signos Vitales
NIBP	Presión Arterial No Invasiva
SPO2	Saturación de Oxígeno
UCIA	Unidad de Cuidados Intensivos Adulto
UCIN	Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal

I. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se evidenciarán las diferentes actividades realizadas en la práctica profesional en el departamento de Mantenimiento y Biomédica del Centro Médico Sampedrano (CEMESA) durante el segundo trimestre del año 2023. Se definirá el papel del estudiante dentro de la institución abordando las actividades pertinentes al departamento de Biomédica, desde la parte técnica hasta la parte de gestión.

Además, en este informe se presentará una propuesta formal para la apertura del Departamento de Biomédica en el hospital, que contemple un espacio adecuado para el desarrollo de todas las actividades relacionadas con el área. También se proporcionará información detallada sobre el establecimiento, incluyendo su historia, misión y visión.

De igual forma se definirán las bases teóricas que el estudiante utilizará con el fin de resolver y cumplir los objetivos planteados durante todo el periodo de su práctica profesional. Finalmente, se presentarán conclusiones basadas en la experiencia obtenida durante todo el proceso, junto con recomendaciones para mejorar las competencias en el proceso educativo y de formación de los profesionales futuros.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se presenta información detallada sobre la empresa donde el estudiante llevará a cabo su práctica profesional. Se incluyen datos relevantes como la historia de la empresa, su misión, visión y valores, así como las actividades específicas relacionadas con el puesto que el estudiante desempeñará.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En 1967, se fundó el Hospital Cemesa con el objetivo de proporcionar servicios de alta calidad a la población del noroeste del país. Un grupo de profesionales médicos se unieron para crear un hospital moderno que ofreciera servicios de salud eficaces con un personal altamente calificado. Desde sus inicios, el Hospital Cemesa ha sido líder en la atención médica y la mejor opción para la salud de la población. (Hospital CEMESA, s. f.)

En 2004, el Dr. José Samara se incorporó como presidente ejecutivo y transformó al hospital en uno con perfil nacional e internacional. Desde entonces, se han realizado expansiones y mejoras en las instalaciones, equipamiento médico y alianzas con prestigiosos hospitales internacionales para ampliar el campo científico y de investigación. (Hospital CEMESA, s. f.)

En 2006, se comenzó la construcción del tercer nivel de los consultorios médicos y la instalación del elevador para ofrecer más especialidades a los pacientes. En 2007, se remodeló el centro de imágenes diagnósticas convirtiéndolo en el más amplio y completo del país con equipos tecnológicos de última generación. En 2008, se ampliaron diferentes áreas administrativas como el lobby principal, caja y admisión. (Hospital CEMESA, s. f.)

En los años siguientes, se continuó expandiendo y mejorando los servicios y las instalaciones físicas del hospital. En 2015, se llevó a cabo una expansión completa que incluyó la construcción de un edificio de tres niveles, que ahora es el lobby principal, quirófanos, área de maternidad, U.C.I., Sala Cuna y U.C.I.N., área de hospitalización con habitaciones privadas, Jr. Suites, Master Suites y las Suites Presidenciales. Además, se construyó un helipuerto capaz de recibir helicópteros de hasta 17 metros de largo. Todas estas actividades han mejorado significativamente la imagen del hospital y su capacidad para brindar servicios médicos de alta calidad en el país. (Hospital CEMESA, s. f.)

En la actualidad, el Hospital Cemesa se ha desarrollado como el hospital más moderno y vanguardista del país, todo gracias a las personas que han creído en nosotros y nos han apoyado grandemente a lograr nuestro sueño, que se simboliza en nuestro slogan: Ser la Mejor Opción para Su Salud. (Hospital Cemesa, 2021).



Ilustración 1 Logo Centro Médico Sampedrano

Fuente: (Hospital CEMESA, s. f.)

2.1.1 MISIÓN

Cuidar de la salud de nuestros pacientes con calidad y seguridad, a través de un recurso humano altamente especializado, respaldado por tecnología de avanzada. (Hospital CEMESA, s. f.)

2.1.2 VISIÓN

Ser la mejor institución hospitalaria de la región. (Hospital CEMESA, s. f.)

2.1.3 VALORES

- Ética
- Excelencia en Servicio
- Sensibilidad
- Liderazgo
- Respeto

(Hospital CEMESA, s. f.)

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El departamento de mantenimiento está conformado por el jefe de mantenimiento y jefe de Biomédica, el objetivo del departamento es brindar soluciones a todos los problemas que surgen dentro del hospital.

Dentro de esta área, se realizan tareas que incluyen el área de biomédica como ser el soporte y asistencia a fallas de equipo médico, sistema de suministro de gases, flujos, gestión, ing. clínica, infraestructura, etc. En vista de que el hospital no cuenta con un área

establecida de Biomédica, las tareas se realizan en el taller de mantenimiento industrial u otro espacio como sala de conferencias o jefaturas de área.

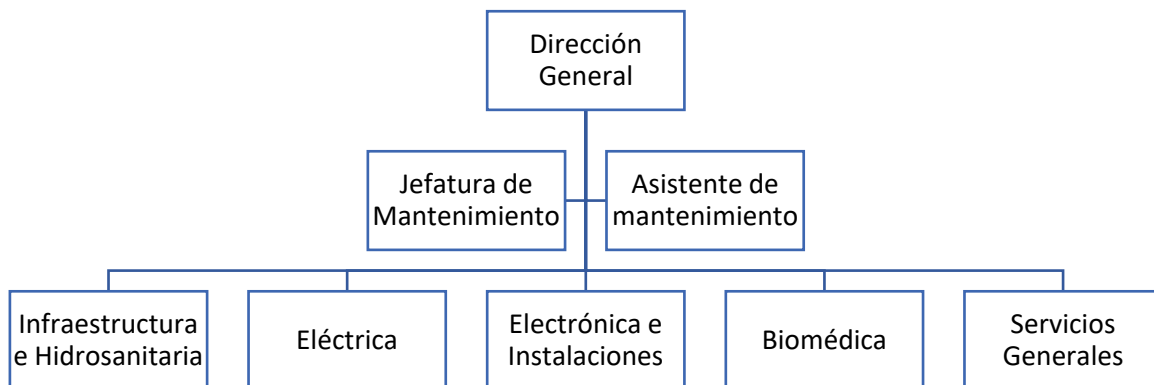


Ilustración 2 Organigrama de servicio

Fuente: (Hospital CEMESA, s. f.)

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar mantenimientos preventivos y correctivos y todas las actividades correspondientes a la ingeniería biomédica en el hospital CEMESA con el fin de aplicar todos los conocimientos y prácticas adquiridas durante toda la carrera.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar mantenimiento preventivo en al menos el 85% de los diferentes equipos médicos.
- Realizar mantenimientos correctivos en los equipos médicos que requieran durante las 10 semanas.
- Evaluar equipos que requieren reemplazo en el área de UCIA.
- Realizar plan de mantenimientos preventivos que abarque el 2023 y 2024.
- Desarrollar recomendaciones estructurales y organizacionales del departamento de Biomédica en un hospital con el fin de implementarlo en el presente año.

III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se tratarán las bases teóricas que el estudiante debe conocer con el fin de llevar a cabo sus tareas durante su Práctica Profesional de forma eficiente.

3.1 ANÁLISIS DEL SECTOR

Hospital Cemesa es una institución privada de salud altamente especializada que brinda servicios a la población de San Pedro Sula, Honduras. El hospital se destaca por su compromiso constante en la adquisición de tecnología de vanguardia y la contratación de personal altamente capacitado en las diferentes especialidades médicas que ofrece la empresa. Aunque pertenece al sector privado de la salud, compite con otras entidades regionales. Lo que distingue a Cemesa de sus competidores es su enfoque en proporcionar atención médica utilizando tecnología de punta, así como su infraestructura y cumplimiento de las normativas.

El hospital cuenta con todas las áreas que rigen en un hospital, siendo más demandante el área de laboratorio, rayos x y quirófanos.

3.2 BLOQUE QUIRÚRGICO

El quirófano es una sala de operaciones. Dichas instalaciones cuentan con diversos sectores que albergan todo lo necesario para el desarrollo de una cirugía y para afrontar sus posibles consecuencias, incluyendo complicaciones que deriven de la intervención, es así como el quirófano es un área de intervención quirúrgica, la cual por la complejidad de la actividad que se realiza en ella tiene un alto nivel de cuidado para seguridad. (Ramírez, 2020)

El bloque quirúrgico es un componente fundamental en un hospital, ya que desempeña un papel crucial en la atención médica de los pacientes que requieren intervenciones quirúrgicas. Es un entorno especializado diseñado para llevar a cabo procedimientos quirúrgicos de manera eficiente y segura. El bloque quirúrgico concentra todos los recursos necesarios para llevar a cabo una cirugía exitosa. Esto incluye salas de operaciones equipadas con tecnología médica avanzada, equipos quirúrgicos, monitoreo de pacientes, personal médico y de enfermería especializado, y suministros quirúrgicos necesarios. Al centralizar estos recursos, se optimiza el uso de los mismos y se garantiza un ambiente controlado y seguro para el paciente.

El bloque quirúrgico está diseñado para cumplir con los más altos estándares de asepsia y control de infecciones. Se implementan rigurosos protocolos de limpieza y esterilización para reducir el riesgo de infecciones asociadas a la cirugía. Además, se promueven prácticas de lavado de manos y uso de equipo de protección personal para todo el personal que trabaja en el bloque quirúrgico. Además, es responsable de coordinar y programar las cirugías de acuerdo con las necesidades de los pacientes y la disponibilidad de recursos. Se realiza una planificación cuidadosa para asegurar que cada cirugía se realice en el momento adecuado, asignando el personal y los recursos necesarios para cada procedimiento. Entre los equipos de mayor demanda que se manejan dentro del bloque quirúrgico y en algunas otras áreas tenemos:

3.2.1 MÁQUINAS DE ANESTESIA

Las máquinas de anestesia son dispositivos médicos utilizados para administrar anestesia general a los pacientes durante los procedimientos quirúrgicos u otros tratamientos médicos que requieren la pérdida de conciencia o insensibilidad al dolor. Estas máquinas están diseñadas para suministrar una mezcla de gases medicinales y agentes anestésicos inhalados al paciente, controlando cuidadosamente la dosis y la concentración para mantener al paciente en un estado anestésico adecuado.

El papel del Ingeniero Biomédico es el de capacitar debidamente a los médicos anesthesiólogos para que hagan el uso debido de las máquinas de anestesia y conozcan el funcionamiento general de la máquina para permitirles conservarlas en las mejores condiciones en todo momento. Así mismo se encarga de brindar apoyo técnico durante cualquier falla por medio del mantenimiento preventivo o correctivo. (Acosta, 2003)



Ilustración 3 Modelo de Máquina de Anestesia que cuenta el hospital. (Maquet Flowi)

Fuente: (Maquet Critical Care AB, s. f.)

3.2.2 MONITOR DE SIGNOS VITALES

La plataforma de monitorización V 12/V 21 es un sistema modular de monitorización de pacientes. La arquitectura del sistema permite a los usuarios personalizar, mediante la eliminación o adición de módulos, los parámetros monitorizados en función de una necesidad de monitorización del paciente o su nivel de agudeza. El diseño modular simplifica la adición de parámetros adicionales con la adición de módulos de parámetros.

La plataforma de monitorización V 12/V 21 se centra en la filosofía de "Facilidad de uso" a la vez que incorpora parámetros de monitorización tradicionalmente muy complejos. La interfaz de usuario minimiza las capas de menús y excesiva interacción del usuario para simplificar la atención al paciente. La plataforma de monitorización de la Serie V maximiza la. La plataforma de monitorización de la Serie V maximiza la cantidad de datos visibles gracias a la orientación vertical de la pantalla. (Mindray, sf)



Ilustración 4 Modelo de MSV que se encuentran en el hospital (Mindray V21)

Fuente: (Mindray, s. f.)

3.2.3 ELECTROCAUTERIO

La Unidad fuerza FX de Valleylab es un generador electro quirúrgico aislado de la salida que proporciona la energía para el corte, desecando el tejido fino fulgurante durante cirugía. El generador se utiliza para los procedimientos electro quirúrgicos bipolar y monopolar. Las características principales de la fuerza FX se enumeran abajo:

1. Control automático de potencia de salida en lo referente a impedancia del tejido fino.
2. Tres modos bipolares: exacto, estándar, y macro bipolar.

3. Tres modos monopolar del coag. (Deseque, fulgurante, y aerosol) y ayuda para la coagulación simultánea.

El sistema de supervisión de la calidad del contacto de Valleylab REM, que protege a pacientes contra quemaduras en el sitio del electrodo de la vuelta del paciente. Ayuda para la electrocirugía ultrasónica usando el sistema 200 de Valleylab CUSA y la pieza de mano de CEM. (Medtronic, s. f.)



Ilustración 5 Modelo de MSV que se encuentran en el hospital (Mindray V21)

Fuente: (Mindray, s. f.)

3.3 UNIDAD DE RADIODIAGNÓSTICO

Radiodiagnóstico es una especialidad que tiene como fin el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, utilizando como soporte técnico fundamental las imágenes y datos funcionales obtenidos por medio de radiaciones ionizantes o no ionizantes, y otras fuentes de energía. Incluye también procedimientos terapéuticos realizados por medios mínimamente invasivos guiados por estas imágenes. (Guía Formativa de la unidad docente de radiodiagnóstico, 2004)

3.3.1 TOMÓGRAFO

Un tomógrafo es un dispositivo médico utilizado para obtener imágenes detalladas y transversales del interior del cuerpo humano mediante la técnica de la tomografía computarizada (TC). También se le conoce como escáner de CT (por sus siglas en inglés, "Computed Tomography"). (Echevarne, 2015)

El tomógrafo utiliza rayos X y tecnología computarizada para generar imágenes en secciones transversales del cuerpo. Estas imágenes se obtienen mediante un proceso de escaneo en el que el paciente se acuesta en una camilla que se desliza hacia el centro del

tomógrafo. El tomógrafo emite una serie de rayos X a través del cuerpo en diferentes ángulos, y los detectores miden la cantidad de rayos X que atraviesan el cuerpo. Estos datos se procesan mediante algoritmos informáticos para reconstruir imágenes transversales o en 3D del área escaneada. El tomógrafo es capaz de proporcionar imágenes detalladas de estructuras internas del cuerpo, como el cerebro, el corazón, los pulmones, los huesos, los órganos abdominales y pélvicos, entre otros. Esto permite a los médicos diagnosticar y evaluar una amplia variedad de enfermedades y condiciones médicas, como tumores, fracturas óseas, obstrucciones de los vasos sanguíneos, anomalías estructurales y otros trastornos. (Echevarne, 2015)

La tomografía computarizada es una herramienta diagnóstica versátil que ofrece imágenes de alta resolución y detalle anatómico, lo que facilita la detección temprana de enfermedades, el seguimiento de la progresión de los tratamientos y la planificación de intervenciones quirúrgicas. Sin embargo, dado que utiliza radiación ionizante, es importante utilizarla con precaución y solo cuando sea necesario, minimizando la exposición del paciente a la radiación. (Echevarne, 2015)

3.3.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En los equipos de TC, los detectores giran solidariamente con el tubo de rayos X. Durante una rotación, los detectores adquieren una serie de proyecciones que, colocadas de forma contigua, constituyen lo que se denomina el sinograma. A partir de este sinograma, aplicando algoritmos de reconstrucción apropiados, se obtiene una imagen axial de la zona anatómica del paciente explorada.

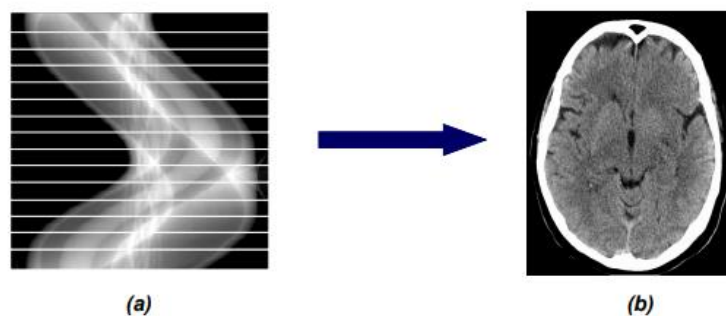


Ilustración 6 Sinograma (a) e imagen axial reconstruida (b).

Fuente: (Echevarne, 2015)

Los equipos de TC helicoidales permitieron pasar del concepto de "corte" físico (la anchura del haz que irradia al paciente transversalmente se corresponde con la anchura de la imagen, "corte" o "rebanada") al de corte o sección de la imagen (después de una adquisición helicoidal, el usuario puede elegir el "plano" de corte a reconstruir y su anchura, debido a que, toda la zona explorada es irradiada en mayor o menor medida dependiendo del pitch y las imágenes transversales se pueden obtener mediante algoritmos de interpolación). Finalmente, los equipos "multicorte" o multidetector, con una mayor cobertura del haz en cada rotación, permiten reducir sensiblemente el tiempo de adquisición, disminuyendo así los artefactos debidos al movimiento del paciente y propiciando un uso más racional de los medios de contraste cuando se efectúan varias fases. A partir de estos avances, se pueden obtener cortes contiguos, con o sin solapamiento, de la zona explorada que, reorganizados en el espacio (reformatted), constituyen la imagen tridimensional (3D) del paciente.

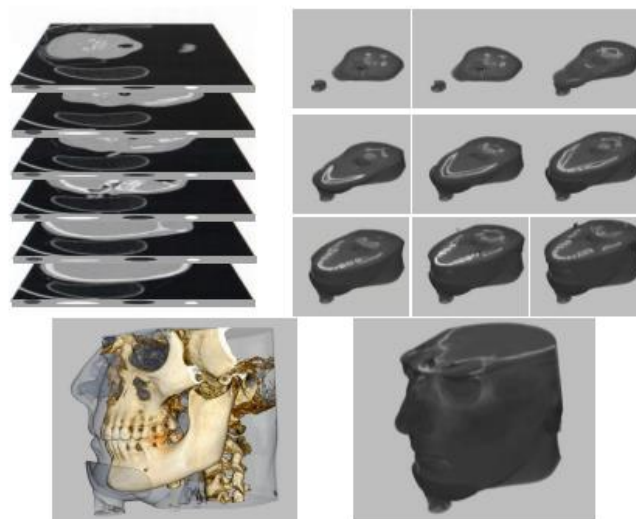


Ilustración 7 Esquema de reconstrucción de la imagen tridimensional a partir de cortes contiguos

Fuente: (Echevarne, 2015)

3.3.2 RESONANCIA MAGNÉTICA

La resonancia magnética (RM) es un estudio a base de campos magnéticos y ondas de radiofrecuencias, produce imágenes y al mismo tiempo analiza características múltiples de los diversos tejidos, estos son la densidad del protón hidrógeno, los tiempos de relajación

T1 y T2 y el flujo sanguíneo dentro de los tejidos. Estos tiempos de relajación T1 y T2 expresan los hallazgos tridimensionales del medio molecular que rodea a cada protón. (Isamar et al., sf)

La secuencia T1 es una medida de la capacidad de dicho protón para intercambiar energía con la matriz química que lo rodea y es una medida de cuán rápido un tejido puede ser nuevamente magnetizado, mientras que T2 se refiere a cuán rápido pierde su magnetización. T1 es el tiempo requerido para girar y recuperar aproximadamente 63% de su magnetización preexcitación. Debido a la alteración de los protones de macromoléculas se pierde magnetización transversal, el tiempo que se requiere para la magnetización transversal es el 37% llamado como magnetización transversal o T2. (Fisher, 2011)

Sabemos que la materia está compuesta por átomos, estos átomos están compuestos por electrones y protones que cuentan con cargas eléctricas, y por tanto se forman campos magnéticos, que pueden ser medidos e incluso modificados por fuerzas magnéticas. El núcleo es una partícula que tiene carga eléctrica, lo que le hace girar, espontáneamente sobre sí mismo, esto le confiere un momento magnético angular de espín (denominado Espín). Este momento magnético posee una dirección (de un polo al otro) y un sentido (de sur a norte). (Martínez et al., s. f.)

Hay dos constantes de tiempo asociadas con el decaimiento de la señal de RMI (resonancia magnética): T1 o tiempo de magnetización longitudinal –llamada así, debido a que los núcleos rotan de vuelta a su estado “vertical” –, la cual corresponde al decaimiento en la señal que resulta del retorno gradual de los protones a su estado inicial y; T2 o tiempo de magnetización transversal –llamada transversal, debido a que es en este plano en el cual el movimiento de los protones se vuelve no uniforme–, corresponde al decaimiento que ocurre, debido a la pérdida de fase de los protones en su movimiento de precesión.

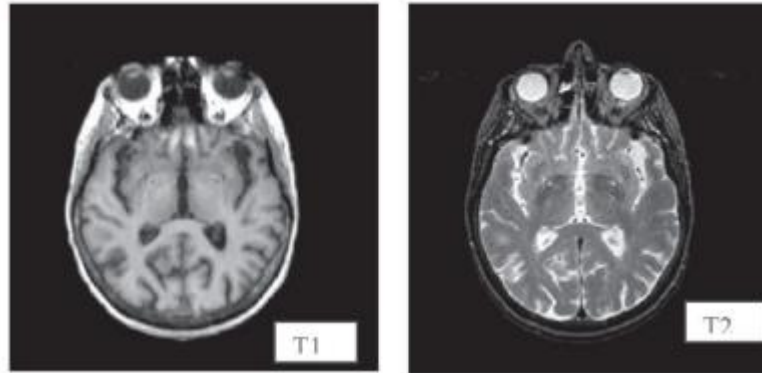


Ilustración 8 Diferencias entre T1 y T1.

Fuente: (Martínez et al., s. f.)

3.3.3 ULTRASONIDO

El método del ultrasonido en la ingeniería es utilizado para el ensayo de los materiales, es una técnica de ensayo no destructivo (END) y tiene diversas aplicaciones, en especial para conocer el interior de un material o sus componentes según la trayectoria de la propagación de las ondas sonoras, al procesar las señales de las ondas sonoras se conoce el comportamiento de las mismas durante su propagación en el interior de la pieza y que dependen de las discontinuidades del material examinado, lo que permite evaluar aquella discontinuidad acerca de su forma, tamaño, orientación, debido que la discontinuidad opone resistencia (conocida como impedancia acústica) al paso de una onda. Las ondas pueden ser sónicas comprendidas en el intervalo de frecuencias entre 20 y 500 kHz y las ultrasónicas con frecuencias superiores a 500 kHz. (Santos De La Cruz et al., 2014)

En el método ultrasónico se utilizan instrumentos que transmiten ondas con ciertos intervalos de frecuencia y se aplican para detectar defectos como poros, fisuras, también para conocer las propiedades básicas de los líquidos y sólidos como la composición, estructura.

El análisis de los materiales mediante ultrasonido se basa en el principio físico: El movimiento de una onda acústica, sabido es que la onda acústica es afectada por el medio a través del cual viaja y se distinguen los siguientes tipos: onda longitudinal, transversal y superficial (Rayleigh), según se muestra en la Ilustración 9, debido a ello ocurren los cambios asociados con el paso de una onda sonora de alta frecuencia a través de un material en uno

o más de los cuatro parámetros siguientes: tiempo de tránsito, atenuación, reflexión y frecuencia. Estos parámetros a menudo pueden estar correlacionados con los cambios de las propiedades físicas, dureza, módulo de elasticidad, densidad, homogeneidad, estructura y grano del material.

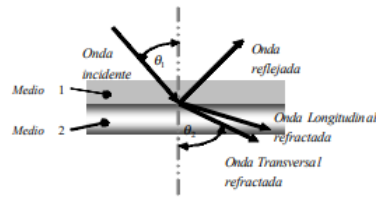


Ilustración 9 Transmisión de onda en dos medios diferentes

Fuente: (Santos De La Cruz et al., 2014)

3.3.4 GAMMA CÁMARA

Según Illanes & Etcheverry (2016) la gammacámara es un dispositivo médico utilizado para realizar estudios de medicina nuclear y obtener imágenes funcionales y anatómicas de órganos y tejidos específicos del cuerpo. Se utiliza ampliamente en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades, como el cáncer, enfermedades cardíacas y trastornos del sistema endocrino.



Ilustración 10 Gammacámara

Fuente: (AnyScan TRIO - Cámara de rayos Gamma con 3 detectores Mediso, s. f.)

La gammacámara consta de varios componentes principales:

1. Colimador: Es una estructura que se coloca frente al paciente y permite la selección de los rayos gamma emitidos por el radiofármaco administrado al paciente. El colimador ayuda a enfocar los rayos gamma para que solo los emitidos en una dirección específica sean detectados por la gammacámara.
2. Cristal detector: Es un material sensible a los rayos gamma, generalmente cristales de yoduro de sodio o germanato de gadolinio. Cuando los rayos gamma interactúan con el cristal detector, generan destellos de luz.
3. Fotomultiplicadores: Son dispositivos sensibles a la luz que se colocan detrás del cristal detector. Convierten los destellos de luz en señales eléctricas.
4. Electrónica de adquisición de datos: Recopila, procesa y almacena las señales eléctricas generadas por los fotomultiplicadores. Estas señales se utilizan para reconstruir las imágenes.

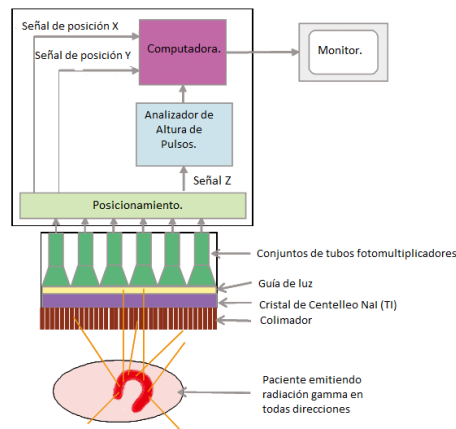


Ilustración 11 Diagrama de funcionamiento de Gammacamara

Fuente: (Illanes & Etcheverry, 2016)

3.3.5 DENSITOMETRÍA ÓSEA

Bajo el término de densitometría ósea (DO) se engloban todas aquellas pruebas diagnósticas no invasivas que miden la masa ósea (MO) en distintas partes del cuerpo mediante técnicas ionizantes o no ionizantes. La técnica invasiva de referencia que constituye el patrón oro o "gold standard" para la evaluación de la masa ósea es la biopsia. Pero tiene sus limitaciones, y al ser un método restringido, cruento, lento y costoso está prácticamente relegado a estudios de investigación. (Cebrián Villar, 2013)

La DMO viene definida por la concentración media de mineral por unidad de área. Existen diferentes métodos para llevar a cabo la medida de la DMO. Los diferentes métodos densitométricos se basan en el principio de la atenuación que sufren los rayos X o los fotones de rayos gamma al atravesar los tejidos. Los valores de atenuación se suelen expresar en equivalentes a grosor mineral con el fin de compararlos con unas curvas basadas en la población normal. El resultado se expresa en desviaciones estándar respecto a estas curvas de normalidad. De todas maneras, el valor obtenido es una medida combinada de tejido óseo, medula ósea y tejido circundante. La medida adecuada de la masa ósea requeriría una densitometría tridimensional que excluyera la medula ósea y los tejidos blandos que rodean al hueso (15). Aunque las unidades de la DMO son g/cm^2 , la mayoría de las decisiones clínicas se basan en el T-score. (Planas & Morote, 2006)



Ilustración 12 Densitómetro Óseo

Fuente: (Planas & Morote, 2006)

3.4 PAPEL DEL INGENIERO BIOMÉDICO EN UN HOSPITAL

El papel del ingeniero biomédico en un hospital es fundamental para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de los equipos y dispositivos médicos. Los ingenieros biomédicos aplican principios de ingeniería y conocimientos técnicos para gestionar, mantener, calibrar, reparar y actualizar los equipos médicos utilizados en el entorno clínico. Algunas de las responsabilidades y funciones específicas de los ingenieros biomédicos en un hospital incluyen:

3.4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Realizar inspecciones regulares, mantenimiento preventivo y pruebas en los equipos médicos para garantizar su correcto funcionamiento. Además, los ingenieros biomédicos

son responsables de identificar y solucionar cualquier avería o mal funcionamiento de los equipos médicos, ya sea mediante la reparación o el reemplazo de componentes.

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)

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).

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).

3.4.2 CALIBRACIÓN:

Realizar ajustes y mediciones periódicas en los equipos médicos es necesario para asegurar que funcionen correctamente de acuerdo con los estándares y especificaciones establecidos. Algunos equipos médicos, especialmente aquellos utilizados con fines terapéuticos, como desfibriladores, electrocauterios y estimuladores fisioterápicos, requieren calibración regular. (Galván & Rafael, 2021).

Esto implica medir los niveles de energía y realizar ajustes si hay alguna discrepancia para que el dispositivo funcione de manera precisa. Los dispositivos utilizados para realizar mediciones, como electrocardiógrafos, equipos de laboratorio, básculas y espirómetros,

también necesitan ser calibrados periódicamente para garantizar su precisión de acuerdo con los parámetros establecidos. La calibración se define como un conjunto de operaciones que establecen la relación entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medición y las cifras correspondientes determinadas por medio de patrones o materiales de referencia, bajo condiciones específicas. (Camacho-Cogollo et al., 2017).

3.4.3 Gestión de inventario y adquisiciones

Según la Organización Mundial de la Salud (2016a), el objetivo es contar con un registro preciso y actualizado de todos los activos de la organización, que refleje su situación actual en todo momento. En el contexto de la Gestión de Tecnologías Sanitarias (GTS), el inventario es el instrumento principal y más importante para lograr una serie de metas generales, que incluyen:

- Proporcionar una evaluación técnica de la tecnología médica disponible, incluyendo información sobre el tipo y cantidad de equipos, así como su estado operativo actual.
- Establecer una base para la gestión eficiente de los activos, facilitando la programación de mantenimiento preventivo y el seguimiento de tareas de mantenimiento, reparaciones, alertas y retiro de equipos.
- Brindar información financiera que respalde evaluaciones económicas y presupuestarias.
- Servir como base fundamental para la organización de un departamento.
- En el marco del inventario de equipos, se crean, gestionan y mantienen elementos como historiales y registros de uso, manuales de uso y reparación, así como procedimientos e indicadores de análisis y aseguramiento de la calidad.
- Además, los inventarios de accesorios, material fungible y repuestos están directamente vinculados con el inventario principal de equipos médicos.

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.

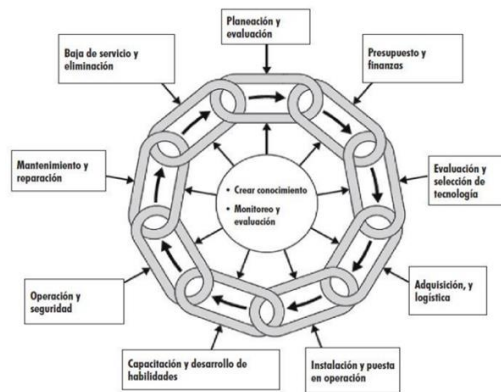


Ilustración 13 Ciclo de gestión de tecnología médica

Fuente: (World Health Organization, 2016c)

3.4.4 SEGURIDAD Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

Las inspecciones se llevan a cabo para garantizar la seguridad en el uso del dispositivo en relación a sus componentes eléctricos y mecánicos. Estas inspecciones también pueden abarcar verificaciones de radiación, fugas de gases peligrosos o contaminantes químicos. Una vez realizadas, los resultados se comparan con los valores establecidos por la normativa nacional o regional, así como con las especificaciones proporcionadas por el fabricante (Pérez Hernández et al., 2021).

La frecuencia de las inspecciones de seguridad puede diferir de la programación de mantenimiento regular y las inspecciones de funcionamiento, y generalmente se basa en los requisitos regulatorios del fabricante (Pérez Hernández et al., 2021).

Es fundamental que todos los establecimientos de atención médica, sin importar su tamaño, implementen un programa de mantenimiento para los equipos médicos. La complejidad de este programa dependerá del tipo y tamaño del centro, su ubicación y los recursos necesarios. Sin embargo, los principios de un buen programa de mantenimiento serán los mismos, ya sea en una zona urbana de un país de altos ingresos o en una zona rural de un país de ingresos intermedios (Lozano, 2021).

3.4.5 FORMACIÓN Y SOPORTE TÉCNICO

Proporcionar formación y asesoramiento a los usuarios y personal médico sobre el uso adecuado de los equipos médicos. También brindan soporte técnico y asistencia cuando surgen problemas o preguntas relacionadas con los equipos.

El papel del ingeniero biomédico es esencial para garantizar la disponibilidad y el rendimiento óptimo de los equipos médicos, lo que a su vez contribuye a la calidad y seguridad de la atención médica proporcionada en el hospital. Su experiencia en ingeniería y tecnología desempeña un papel crucial en la gestión eficiente de los equipos médicos y la implementación de avances tecnológicos en el entorno clínico. (Rodríguez et al., 2015)

El sistema de salud moderno confía en los dispositivos y equipos biomédicos para brindar mayor calidad y mejor servicio a los pacientes, por lo cual es necesario contar con modelos de gestión de mantenimiento, pues esta es una herramienta de apoyo para el personal médico y de ingeniería en el desarrollo, control y dirección de un Programa de Mantenimiento para el Equipo Biomédico, con el fin de contribuir a una operación segura a máximas prestaciones, y con un costo efectivo de la tecnología. (Salazar, 2008)

IV. DESARROLLO

En este capítulo se detallan las actividades realizadas semanalmente durante la práctica profesional.

4.1 SEMANA 1: 18-21 ABRIL 2023

4.1.1 OBJETIVOS

- Conocer las diferentes áreas del hospital dónde se realizarán actividades durante todo el proceso de práctica profesional.
- Identificar equipo que necesite atención dentro el bloque quirúrgico.
- Realizar inspección visual y de funcionamiento de equipos Mindray en conjunto con INFRA.
- Identificar problema con bomba de vacío en esterilizador.
- Instalar de desfibrilador en área de hemodinamia.

4.1.2 INTRODUCCIÓN

Durante la primer semana se conocieron las diferentes áreas que generalmente requieren de mayor atención por parte del departamento, como ser, bloque quirúrgico y central de esterilización. Se realizó un levantamiento de los equipos dentro del bloque quirúrgico que requieran asistencia técnica y se llevó a cabo el proceso de pruebas de funcionalidad e inspección de los equipos Mindray en conjunto con el proveedor INFRA.

4.1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

A continuación, se describen las actividades realizadas durante la primer semana de práctica profesional:

- **Identificación de áreas**

Se realizó un recorrido por todo el hospital conociendo cada una de las áreas y los equipos que en ellas se encuentran. Así mismo se identificó la rutina diaria previo a las actividades de cada día mismo que consiste en:

1. Revisión de las condiciones ambientales en gabinete de control de RM.
2. Inspección de funcionamiento de esterilizador en CEYE.
3. Visita a jefaturas de área para verificar funcionamiento correcto de todos los equipos.
4. Revisar pantallas de control de gases medicinales.

- **Identificación de necesidades en bloque quirúrgico**

Para el desarrollo de esta actividad se visitó el pabellón quirúrgico en diferentes días debido al uso de los mismos. Este espacio cuenta con 6 quirófanos y en cada quirófano hay 1 máquina de anestesia, un MSV, un electrocauterio, lámpara quirúrgica de techo, mesa quirúrgica, torre de laparoscopia.

Durante las visitas se identificaron las siguientes necesidades:

1. En el quirófano 1 y 2 se identificó una pequeña fuga en el toma de gases de WAGD.
2. En el quirófano 2, 3 y 4 se identificó que las lámparas de techo tenían focos quemados.
3. En el quirófano 3 y 4 se identificó que el monitor de signos vitales genera un ruido fuera de lo común.
4. Lavabo quirúrgico fuera del quirófano 2 se identificó en mal estado.

- **Trabajo en conjunto con INFRA**

Se realizó un levantamiento de bombas de infusión, monitores de signos vitales y ventiladores mecánicos de la marca mindray, en total se revisaron 71 equipos. Se realizaron pruebas de funcionamiento e inspección física, así como revisión de componentes y accesorios.

Todos los equipos evaluados pertenecían al área de UCIA, UCIN y Emergencia. La mayoría de los equipos fueron bombas de infusión, se realizó pruebas de los sensores de oclusión, burbujas y verificación de la cantidad infundida. Se identificó que todas las bombas requieren calibración pues el último mantenimiento que recibieron fue en 2019. Luego de la revisión de los equipos se realizó un reporte de lo encontrado para enviar jefatura y estudiar la viabilidad de contratar los servicios de mantenimiento por parte del proveedor.

- **Identificador de problema con bomba de vacío en esterilizador**

Se recibió un reporte de que la máquina no iniciaba su proceso y se procedió a ir a revisar. Durante la revisión se encontró con un error de "junta de presión no lista", este error se venía arrastrando pues la máquina hace unos meses recibió una actualización de software por parte del fabricante, sin embargo, esta no funcionó y se realizó un retorno a la versión

que poseía previo a la actualización, días después del retorno a la versión la máquina a empezado a presentar diversos problemas, siendo el primero la bomba de presión. Luego de una inspección y el seguimiento en los cableados y de la bomba, se identificó cuál es el controlador de la válvula de vacío en el PLC, se procedió a resetear la válvula de forma manual y se descubrió que el equipo podía operar, por lo que se volvió parte de la rutina.

Cabe mencionar que el equipo no posee manual de usuario, por lo que el problema no fue fácil de identificar.



Ilustración 14 PLC de esterilizador y electroválvula de vacío

Fuente: Elaboración propia (2023).

- ***Instalación de Desfibriladores en hemodinamia***

En el área y hemodinamia se recibieron 2 desfibriladores marca ZOLL M, por lo que se procedió a conectar todos los componentes, se realizó verificación de accesorios y pruebas de encendido, apagado, carga de batería y funcionamiento de software. No se realizaron pruebas de descarga debido a que el hospital no cuenta con analizador.

Luego de las revisiones pertinentes se instalaron, uno en el carro rojo del área y el otro en el quirófano, se hizo entrega de los repuestos a jefatura de área y se dieron las indicaciones de uso y cuidados que debían de tener.

4.2 SEMANA 2: 24-28 ABRIL 2023

4.2.1 OBJETIVOS

- Dar seguimiento al esterilizador.
- Medir espacio que se destinará al departamento de Biomédica.
- Retirar baterías de balón de laparoscopia en el área de hemodinamia.
- Reemplazar ruedas de camilla.
- Revisar lámparas quirúrgicas.

4.2.2 INTRODUCCIÓN

Durante la segunda semana se hicieron constantes visitas a la central de esterilización, se visitó el espacio que se reacondicionará para el departamento de biomédica, en el área de hemodinamia se desarmó un equipo para el reemplazo de baterías, se reemplazaron las ruedas gastadas de una camilla y se revisaron lámparas quirúrgicas.

4.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

A continuación, se describen las actividades correspondientes a la semana 2, con ilustraciones de algunas de ellas:

- ***Dar seguimiento al esterilizador***

El lunes a primera hora, se realizó una visita para inspeccionar el esterilizador, se reportó que el sábado se intentó poner a trabajar por lo que el equipo se calentó demasiado, se encontró el botón de emergencia presionado por lo que el equipo se detuvo de forma abrupta durante el intento de funcionamiento, se abrieron las puertas de forma manual con ayuda del PLC y retirar el material, luego se cerraron nuevamente. Se encendió el equipo para una prueba rápida y sin indicar el inicio del proceso el equipo arrancó (Ilustración 4), se encontró fuga de agua en ambas puertas (Ilustración 4) y se determinó que los empaques de ambas puertas contienen daños.

El sistema entró en bloqueo por lo que no permitió detener el proceso que se intervino con el botón de emergencia. Puesto que se requiere la contraseña de servicio y el restablecimiento del software se inició el proceso de gestión de soporte técnico por parte del proveedor en espera de una solución para todos los problemas que el equipo ha presentado.



Ilustración 15 Evidencia de inicio de proceso y fuga de agua en puerta

Fuente: Elaboración propia (2023).

- ***Medir espacio que se destinará al departamento de Biomédica.***

Por parte de dirección se definió que el proyecto del departamento daría inicio, por lo cual se destinó un espacio existente para readecuarlo al taller y oficinas del departamento de Biomédica, se hicieron mediciones e inspección del espacio para realizar una propuesta que se ajuste al espacio que cubra con todas las necesidades de un departamento.

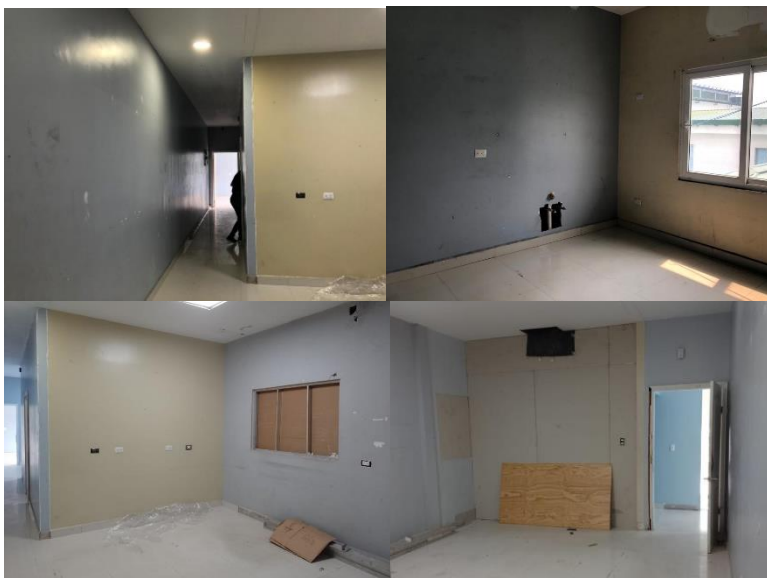


Ilustración 16 Espacio destinado a futuro Departamento de Biomédica.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Retirar baterías de balón de laparoscopia en el área de hemodinamia.**

Se buscó el manual de servicio del datascopio CS100 para proceder a desarmar el equipo y retirar las baterías, se midió el voltaje en cada una de ellas y se descubrió que necesitaban ser reemplazadas pues ya no cargaban y el balón solo funcionaba conectado a la UPS. Se hizo la gestión de compra para reemplazarlas.



Ilustración 17 Proceso de retiro de baterías del datascopio CS100

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Reemplazar ruedas de cama.**

En el área de endoscopia se cambiaron las ruedas de una camilla pues estaban gastadas y el freno no funcionaba bien. Para esto se utilizaron ruedas de una camilla que estaba fuera de servicio y lista para descarte.



Ilustración 18 Cambio de ruedas de camilla

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Revisar lámparas quirúrgicas.**

Durante la inspección de necesidades se descubrió que en el área quirúrgica varias lámparas tenían leds apagados. Se abrieron las 4 lámparas con falla y se identificó que la placa de control de las luces leds presenta un falso en uno de los puertos y que los leds que están conectados en serie con ese puerto no encienden por eso. Se anotaron las especificaciones de la placa y se solicitó la gestión del repuesto por parte de jefatura de quirófanos.



Ilustración 19 Identificación de falla en placa de control de leds.

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.3 SEMANA 3: 02-05 MAYO 2023

4.3.1 OBJETIVOS

- Realizar mantenimiento correctivo en equipos que requieran.
- Revisar equipo que se encontraba en taller.
- Reemplazar baterías de Balón.

4.3.2 INTRODUCCIÓN

Durante esta semana, se llevaron a cabo varias actividades importantes para asegurar un entorno laboral eficiente y seguro. En primer lugar, se procedió a adecuar el espacio de trabajo, organizándolo y limpiándolo para crear un entorno propicio para la productividad. Además, se realizó mantenimiento correctivo en los equipos que lo requerían, asegurando su correcto funcionamiento y prolongando su vida útil. También se revisaron minuciosamente los equipos que se encontraban en taller, verificando cada una de las fallas de acuerdo al manual de servicio. Por último, se llevó a cabo el reemplazo de las baterías del balón, garantizando así que esté siempre preparado para su utilización en situaciones de emergencia.

4.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

- ***Realizar mantenimiento correctivo en equipos que requieran.***

Se recibió un llamado al departamento de hemodinamia reportando una falla en uno de los desfibriladores (Ilustración 9)



Ilustración 20 Falla 72 en desfibrilador ZOLL M Series CCT

Fuente: Elaboración propia (2023)

Lo primero que se hizo fue buscar el manual de servicio dónde se encontró que era una falla en el módulo de voltaje, se realizaron las dos opciones ofrecidas por el manual, primero reiniciar funcionalidades de sistema a configuración de fábrica, se hizo y no funcionó por lo que se procedió a desarmar el equipo para retirar el módulo de voltaje. En el taller se encontraban 3 desfibriladores más con fallas diferentes. Se utilizó uno del mismo modelo para hacer el cambio de módulo. Para desarmar el equipo se siguieron los pasos del manual de servicio paso a paso y con precaución pues el capacitor estaba cargado. Luego de desarmar y retirar el módulo se instaló en el desfibrilador de hemodinamia, se configuró, se realizaron pruebas de funcionamiento y se entregó al departamento nuevamente funcional.



Ilustración 21 Cambio de módulo de voltaje en desfibrilador ZOLL M Series CCT

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Revisar equipo que se encontraba en taller.**

En el taller se encontraban 3 desfibriladores de los cuales uno se utilizó para repuestos. Los otros dos desfibriladores también eran ZOLL pero solo M Series (un modelo diferente), contaban con daños en la carcasa, el plástico estaba tostado, daño en la impresora y en la pantalla. Con la carcasa del que se utilizó como repuestos, se logró

reestablecer el funcionamiento de uno de ellos, adecuando la carcasa y los componentes internos.

- **Reemplazar baterías de Balón.**

Se recibieron las baterías del balón de hemodinamia y se desarmó de nuevo el equipo para instalarlas, se testeó el voltaje de ellas previo a la instalación y se corroboró el diagrama de conexión, se encendió el equipo y se verificó funcionamiento de las mismas conectando el equipo para cargarlas. Así mismo, se retiraron UPS de hemodinamia para revisión y cambio de set de baterías.



Ilustración 22 Balón funcionando con baterías.

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.4 SEMANA 4: 08-12 MAYO 2023

4.4.1 OBJETIVOS

- Revisar bombas de infusión.
- Revisar electrocardiógrafos.
- Revisar equipos de UCIN.

4.4.2 INTRODUCCIÓN

Durante la semana, se llevaron a cabo varias actividades de revisión en el ámbito biomédico para garantizar el correcto funcionamiento de equipos y dispositivos médicos. Se realizó una revisión exhaustiva de las bombas de infusión, asegurándose de que estuvieran calibradas y operando de manera precisa. También se llevó a cabo una revisión minuciosa de los electrocardiógrafos, verificando el estado general de los equipos. Además, se realizaron revisiones en los equipos de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN), asegurándose de que estuvieran en óptimas condiciones para brindar atención médica luego de recibir agua de lluvia.

4.4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

- **Revisar bombas de infusión.**

Se realizó la revisión de las bombas de infusión que se encontraban en el taller, se descubrió que en 3 de ellas el sensor de burbujas necesitaba limpieza con agua destilada o alcohol, se pudo reestablecer el funcionamiento de ellas y se procedió a realizar la calibración de cada una de ellas. En 2 de las bombas SK 600II se determinó luego de una revisión interna que la tarjeta de detección de apertura estaba dañada por eso persistía la alarma de "error de tubo". Se reestableció la configuración en la otra SK pues estaba configurada en chino.

Luego de la calibración, se entregaron a hospitalización las 3 bombas funcionales y se recibieron 6 nuevas para revisión.

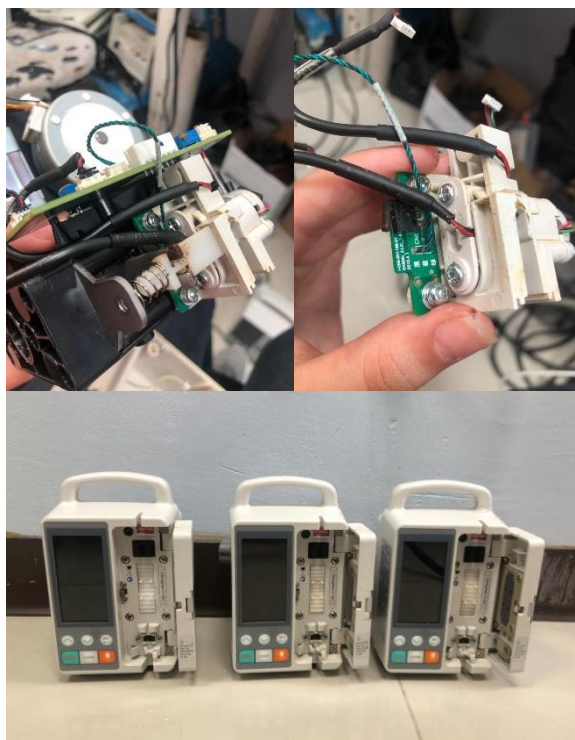


Ilustración 23 Bombas funcionales y tarjeta de detección de apertura.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- ***Revisar electrocardiógrafos.***

Se realizaron pruebas de funcionamiento en los electrocardiógrafos y se descubrió que uno de ellos tiene falla en la pantalla en cambio el otro funcionaba perfectamente solo no tenía papel, se hizo la gestión del papel con el fin de reestablecer el funcionamiento del mismo.

- ***Revisar equipos de UCIN.***

Se revisaron 2 ventiladores mecánicos, 3 incubadoras y 8 bombas de infusión que recibieron agua de lluvia debido una filtración a través de las torres de gases en los cubículos 1, 2 y 3 de UCIN. Se encontró humedad en todas las bombas de infusión, se abrieron y se pusieron a secar para luego probar funcionamiento. Los ventiladores mecánicos no sufrieron daños. De las incubadoras una de ellas tenía agua en la placa principal, desmontamos placas y dejamos secando cada una de las piezas durante todo el fin de semana, pues había bastante humedad.



Ilustración 24 Equipos afectados por lluvia

Fuente: Elaboración propia (2023)

El mismo día se recibió el desfibrilador de hemodinamia nuevamente con un error diferente: "ECG LEAD OFF".

4.5 SEMANA 5: 15-19 MAYO 2023

4.5.1 OBJETIVOS

- Revisar falla en desfibrilador.
- Calibrar bombas de UCIA y Emergencia.
- Limpiar UPS.
- Revisar MSV de emergencia.
- Reinstalar Ultrasonido en nuevo cubículo.

4.5.2 INTRODUCCIÓN

Durante esta semana, se realizó una revisión exhaustiva de un desfibrilador que presentaba una falla, con el objetivo de diagnosticar y solucionar el problema para asegurar su correcto funcionamiento en situaciones de emergencia. Además, se llevó a cabo la calibración de las bombas de infusión de las áreas de UCIA y Emergencia.

Otra actividad importante fue la limpieza de la Unidad de Alimentación Ininterrumpida (UPS), asegurando que el sistema de energía de respaldo estuviera libre de polvo y obstrucciones para evitar posibles interrupciones en el suministro eléctrico. También se realizó una revisión de un MSV de emergencia.

4.5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

- ***Revisar falla en desfibrilador.***

Según el manual la falla se debe a la desconfiguración del módulo de ECG, sin embargo, luego de realizar las simulaciones de ondas e intentar configurarlos seguía presentando la falla. Se desarmó el equipo con el fin de reemplazar el módulo en cuestión, este procedimiento no funcionó por lo que el siguiente paso era reemplazar la placa principal, luego de una revisión profunda y un análisis largo de la situación se determinó que la placa estaba dañada pues la misma contiene soldaduras a nivel micro que indica que fueron re adecuadas y no que es propia del desfibrilador, no se reestableció el funcionamiento del equipo y se prepara para descarte o para repuestos, el reporte pasó a jefatura de área para la realización de las gestiones pertinentes.

- ***Calibrar bombas de UCIA y Emergencia.***

Durante esta actividad, se verificó y ajustó la configuración de las bombas de infusión, asegurándose de que entreguen las dosis correctas de medicamentos de acuerdo con las necesidades de cada paciente. Se utilizan soluciones estándar para comparar y ajustar la tasa de infusión, verificando la exactitud de las bombas. Esta calibración periódica se realiza siguiendo los procedimientos y protocolos establecidos por el fabricante y las directrices clínicas. La calibración precisa de las bombas de UCIA y Emergencia comprenden diferentes tipos de bombas, de la marca Mindray en los modelos BenneFusion, SK 600I y las Kelly Med.



Ilustración 25 Calibración de Bombas de Infusión

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Limpiar UPS.**

Se realizó la limpieza de la Unidad de Alimentación Ininterrumpida (UPS), asegurando que el sistema de energía de respaldo estuviera libre de polvo y obstrucciones para evitar posibles interrupciones en el suministro eléctrico, para esto se utilizó un compresor.



Ilustración 26 Estado interno de UPS previo a limpieza

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Revisar MSV de emergencia.**

Se revisó el monitor de signos vitales de la sala de trauma número 3. Se recibió un reporte de no tomar lectura de NIBP, se realizó inspección de conexión y pruebas de funcionamiento, se encontró que una de las mangueras tenía una fuga, se informó a jefatura de área y se realizó cambio de manguera.

- **Reinstalar Ultrasonido en nuevo cubículo.**

Se reacomodó un espacio que estaba fuera de servicio por pintado del área y se instaló un ultrasonido, conectando el equipo y todos sus accesorios y realizando pruebas de funcionamiento para la verificación de que quede funcional. Se conectó la UPS y se descubrió que uno de los tomas, el que está más cerca del ultrasonido, no tiene polo tierra debido a que es una configuración muy antigua.



Ilustración 27 Ultrasonido funcional

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.6 SEMANA 6: 22-26 MAYO 2023

4.6.1 OBJETIVOS

- Reajustar sensores de esterilizador.
- Mantenimiento preventivo de i1000 en laboratorio en conjunto con Prodylab.
- Reemplazar conector de UPS.
- Terminar calibración de bombas de infusión de UCI y revisar módulo de bombas.

4.6.2 INTRODUCCIÓN

Durante esta semana se realizaron actividades propias del área de mantenimiento tanto preventivo y correctivo con el fin de prolongar la vida útil de la tecnología Biomédica.

4.6.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

- **Reajustar sensores de esterilizador.**

Con el objetivo de solventar los problemas que se han ido presentando con el esterilizador, se realizó una inspección de todos los componentes relacionados a los errores que se habían estado presentando, entre ellos el de las puertas. Se descubrió que los sensores de posición estaban flojos, se reajustaron y el equipo volvió a funcionar de forma correcta.



Ilustración 28 Sensores de posición de esterilizador

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Mantenimiento preventivo de i1000 en laboratorio en conjunto con Prodylab.**
Por parte de laboratorio clínico y con el fin de dar seguimiento programado a los equipos, se procedió a realizar el mantenimiento preventivo del Architec i1000, incluyendo limpieza de carruseles y reemplazo de bomba peristáltica.
- **Reemplazar conector de UPS.**

Una de las UPS que se necesitaba entregar, tenía configuración europea en su conector, se cortó el conector y se reemplazó.

- **Terminar calibración de bombas de infusión de UCI y revisar módulo de bombas.**

Se continuó con la calibración de las bombas de infusión de UCI, así mismo, se revisó uno de los módulos de bombas que estaba con un rotulo de "Dañado", se descubrió que internamente la placa cuenta con sarro y óxido, lo que evita que encienda, así mismo, se diagnosticaron 2 capacitores dañados.



Ilustración 29 Placa de módulo de bombas dañada.

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.7 SEMANA 7: 29 MAYO-02 JUNIO 2023

4.7.1 OBJETIVOS

- Realizar mantenimiento preventivo de ventiladores mecánicos Mindray.
- Revisar cama de UCI.
- Realizar inventario de equipos de Laboratorio.
- Guiar visita de campus Tegucigalpa.

4.7.2 INTRODUCCIÓN

Durante la semana se llevaron a cabo una serie de actividades enfocadas en el mantenimiento y la supervisión de equipos y servicios importantes. Se comenzó con el mantenimiento preventivo de los ventiladores mecánicos Mindray. También se realizó revisión de una de las camas de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), se realizó un inventario completo de los equipos de laboratorio. Además de nuestras responsabilidades técnicas, también pudimos guiar una visita al campus de Tegucigalpa. Durante esta visita, presentamos las instalaciones y proporcionamos información valiosa sobre nuestras actividades y servicios.

4.7.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- **Realizar mantenimiento preventivo de ventiladores mecánicos Mindray.**

Se realizó el mantenimiento preventivo de los ventiladores mecánicos mindray que consiste en la limpieza de filtro externo y reemplazo de filtro interno y celdas. Así mismo se realizan todas las pruebas de calibración con el objetivo de verificar funcionalidad del equipo. Así mismo, se identificó problema de placas/pantalla de dos ventiladores que estaban fuera de servicio. Se realizó cambio de placa de interfaz con el fin de descartar o confirmar dicha probabilidad. Se identificó falla en ambas placas.

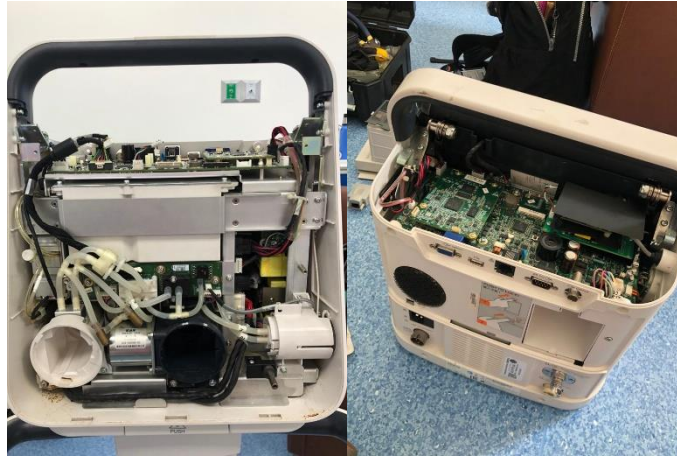


Ilustración 30 Placa de módulo de bombas dañada.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Revisar cama de UCI.**

Se recibió un reporte de que la balanza de una de las camas de UCI estaba descalibrada, por lo que se realizaron pruebas y verificación en todas las celdas de nivel, se reajustaron y se corrigió el problema de balanza. Se identificó el tipo de batería que usa la cama con el fin de pedir otra, pues las que tenía ya habían dado su vida útil.



Ilustración 31 Ajuste de celdas y batería de cama hospitalaria.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Realizar inventario de equipos de Laboratorio.**

Con el objetivo de dar seguimiento y apoyo al proceso de certificación de laboratorio clínico se realizó un inventario completo de todos los equipos del mismo, incluyendo laboratorio clínico y molecular. Se desarrolló un formato donde incluye toda la información pertinente al equipo y al proveedor de servicio técnico en caso de los equipos que se encuentran en comodato.

4.8 SEMANA 8: 05 – 09 JUNIO 2023

4.8.1 OBJETIVOS

- Realizar mantenimientos preventivos a los equipos de laboratorio clínico.
- Mover equipos a espacio designado al departamento de biomédica.
- Organizar Biomed's Homecoming.
- Revisar termómetros digitales.

4.8.2 INTRODUCCIÓN

Durante la semana se llevaron cabo una serie de actividades clave que se centraron en el mantenimiento y la organización de los equipos de laboratorio clínico en apoyo al proceso de certificación, así como en la reubicación de equipos importantes en el departamento de biomédica.

4.8.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- **Realizar mantenimientos preventivos a los equipos de laboratorio clínico.**

Luego de realizar el levantamiento de los equipos pertenecientes al laboratorio se procedió con los mantenimientos preventivos de los mismos, con el fin de dar uso al plan de mantenimiento desarrollado para 2023 y 2024, así mismo se llenó la documentación pertinente a cada equipo y necesarios para la certificación.



Ilustración 32 Verificación de enfriamiento de freezer con termocupla.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Mover equipos a espacio designado al departamento de biomédica.**

Para empezar a dar uso al proceso de utilización del espacio para departamento de biomédica, se movieron los equipos que se encontraban en bodega de consultorios. Todos estos equipos están fuera de servicio por daños y algunos se encuentran hasta descontinuados por lo que no es posible reestablecer su funcionamiento.



Ilustración 33 Equipos en desuso en futuro departamento de Biomédica.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Revisar termómetros digitales.**

Por parte de la jefatura de enfermería de hospitalización se recibieron dos termómetros para revisión. Uno de ellos se pudo restaurar luego del cambio de la perilla de disparo. El otro ya había sido reparado previamente, por lo que se intentó recuperar su funcionamiento, pero ya tenía demasiados cables cortados.



Ilustración 34 Termómetro desarmado.

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.9 SEMANA 9: 12 – 16 JUNIO 2023

4.9.1 OBJETIVOS

- Reemplazar baterías de UPS.
- Trabajar documentación extra de certificación.
- Limpiar filtros de ultrasonido.
- Trabajar en recomendaciones para el departamento de Biomédica.

4.9.2 INTRODUCCIÓN

Durante la semana las tareas abarcaron desde el reemplazo de las baterías de las UPS, hasta la documentación adicional requerida para la certificación, la limpieza de los filtros de ultrasonido y la elaboración de recomendaciones específicas para mejorar los procesos en el departamento.

4.9.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- **Reemplazar baterías de UPS.**

Se reemplazaron las batería de las UPS de hemodinamia, estas se encontraban en mal estado, estaban inflamadas y goteando líquido. Se realizaron pruebas de funcionamiento, reemplazo de conector y se entregaron.



Ilustración 35 Baterías de UPS.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Trabajar documentación extra de certificación.**

El martes de la presente semana se organizó una reunión con la persona a cargo de validar el proceso de certificación del hospital, en esta, surgieron una serie de correcciones y sugerencias a desarrollar en los formatos antes trabajados.

- **Limpiar filtros de ultrasonido.**

Se realizó la limpieza de los filtros de los ecógrafos de hemodinamia. Previamente se recibió un reporte de alarma en el equipo, esta alarma lo que indicaba según manual era la limpieza o el reemplazo de los filtros.



Ilustración 36 Filtro sucio de Ecógrafo.

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.10 SEMANA 10: 19-23 DE JUNIO 2023

4.10.1 OBJETIVOS

- Ajustar movimiento de colonoscopio.
- Atender llamado de Quirófano.
- Revisar monitor de Hospitalización.
- Realizar inventario en emergencia.

4.10.2 INTRODUCCIÓN

Durante la semana se estuvieron realizando actividades de asistencia técnica en las diferentes áreas del hospital, así como también trabajo de gestión actualizando plan de mantenimiento y desarrollo de propuesta organizacional y estructural del departamento de Biomédica.

4.10.3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

- **Ajustar movimiento de colonoscopio.**

Este procedimiento técnico nos permitió garantizar que el equipo estuviera calibrado adecuadamente y en perfectas condiciones de funcionamiento. Al realizar ajustes precisos en el movimiento del colonoscopio, aseguramos una navegación suave y precisa durante los procedimientos, lo que es esencial para obtener resultados diagnósticos precisos y brindar una atención de calidad a los pacientes.

Para esto, se tuvieron que quitar empaques, mover seguros, ajustar angulación en cada uno de los mecanismos internos.



Ilustración 37 Colonoscopio.

Fuente: Elaboración propia (2023)

- **Atender llamado de Quirófano.**

Se recibió un llamado de quirófanos con el reporte de que los electrocauterios de 3 quirófanos no funcionaban. Se retiró uno de los electrocauterios con el fin de revisar, pues los 3 presentaban el mismo problema, se identificó que no era una falla propia del equipo, pues se realizaron pruebas de funcionamiento y de polaridad y todo estaba bien con él. Se programó una revisión a la torre de suministro eléctrica con el fin de determinar el problema. Los tres electrocauterios quedaron funcionando, solo se dio de baja una torre temporalmente.

- **Realizar inventario en emergencia.**

Con el fin de cumplir con uno de los objetivos propuestos, se realizó el levantamiento de los equipos de emergencia, incluyendo los que se encontraban en la bodega de la misma, se recopiló la información asociada a cada equipo.

4.11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

TAREAS DESARROLLADAS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
	18-21 ABRIL	24-28 ABRIL	02-05 MAYO	08-12 MAYO	15-19 MAYO	22-26 MAYO	29-02 JUNIO	05-09 JUNIO	12-16 JUNIO	19-23 JUNIO
Inducción institucional y familiarización con áreas pertinentes al departamento.										
Identificación de necesidad en bloque quirúrgico.										
Levantamiento de inventario de equipo Mindray correspondiente a UCI, UCIN y Emergencia										
Identificación de fallas y mantenimiento correctivo de esterilizador										
Toma de medidas y desarrollo de propuesta para reacondicionamiento de espacio destinado a Departamento de Biomédica.										
Mantenimiento correctivo y preventivo de equipos de hemodinamia										
Revisión, reparación y calibración de bombas que se encontraban en taller.										
Pruebas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y diagnóstico de fallas de equipos de bloque quirúrgico										
Biomed's Homecoming										
Desarrollo de propuesta para el departamento de Biomédica										
Documentación para certificación de Laboratorio ISO 9001										

Fuente: Elaboración propia (2023)

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó el mantenimiento preventivo en al menos el 70% de los diferentes equipos médicos, garantizando su correcto funcionamiento y prolongando su vida útil.
2. Los mantenimientos correctivos fueron realizados de manera oportuna en los equipos médicos que lo requirieron durante las 10 semanas establecidas, asegurando su pronta reparación y disponibilidad funcional para su uso.
3. Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los equipos en el área de UCIA, identificando aquellos que requerían ser reemplazados para garantizar una atención médica óptima y segura.
4. Se elaboró un plan de mantenimientos preventivos que abarcó los años 2023 y 2024, asegurando la programación y ejecución adecuada de las actividades de mantenimiento en el tiempo establecido.
5. Se desarrolló una propuesta para las instalaciones del departamento de Ingeniería Biomédica en el hospital, con el objetivo de implementarla durante el presente año. Esta propuesta buscaba mejorar la eficiencia y funcionalidad de las instalaciones, proporcionando un entorno adecuado para llevar a cabo las tareas relacionadas con la ingeniería biomédica.

VI. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones realizadas se presentan las siguientes recomendaciones al establecimiento de salud y a la universidad.

Recomendaciones a CEMESA

1. Respetar la programación del plan de mantenimientos con el fin de que los equipos funcionen de forma adecuada y se prolongue su vida útil.
2. Realizar un registro de todas las ordenes de trabajo realizadas, incluyendo servicio técnico interno y externo.

Recomendaciones a la Universidad

1. Promover actividades técnicas electrónicas en las clases dónde se estudian los equipos médicos, con el fin de que el alumno pueda tener un contacto directo con los componentes electrónicos y pueda mejorar sus destrezas.
2. Incluir más clases a la carga académica como ser Sistemas Inteligentes o PLC para que el egresado de la carrera tenga conocimientos básicos sobre los controladores de equipos industriales que se pueden encontrar en muchos equipos médicos (Esterilizador, Gabinete de Control de RMN)

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E. B. (18 de Marzo de 2003). *Máquinas para anestesia*. Obtenido de Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa: <http://148.206.53.231/tesiuami/uam5003.pdf>
- AnyScan® TRIO - Cámara de rayos Gamma con 3 detectores by Mediso | MedicalExpo. (s. f.). Recuperado 21 de mayo de 2023, de <https://www.medicalexpo.es/prod/mediso/product-94149-1042135.html>
- 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>
- Cebrián Villar, P. (2013). *Estudio de las alteraciones en la masa ósea mediante densitometría: Prevalencia, factores de riesgo y evolución [Universidad de Valladolid]*. <https://doi.org/10.35376/10324/2901>
- Echevarne, J. J. M. (2015). *Estudio dosimétrico de un equipo de tomografía computarizada de haz cónico para radiología oral y maxilofacial*.
- Fisher, L. (2011). *Historia de la radiología en Nicaragua: la senda de la luz invisible. ¿Cuándo es realmente necesario utilizar la secuencia T1 en resonancia magnética? (Segunda edición ed.)*. Managua: UNAN.
- 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>

Guía Formativa de la unidad docente de Radiodiagnóstico. (2004). Hospitallamoraleja.es.

<https://www.hospitallamoraleja.es/pdf/guia-formativa-tipo-radiodiagnostico.pdf>

Hospital CEMESA. (s. f.). Directorio Médico. (s. f.). Recuperado 27 de abril de 2023, de

<https://www.hcemesa.com/#directoriomedico>

Illanes, L., & Etcheverry, M. E. (2016). *Física de la medicina nuclear: Introducción al control y*

verificación de los equipos. Una guía práctica. Editorial de la Universidad Nacional de

La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/52723>

Isamar, L., Ramírez, R., & Fisher, L. (s/f). Facultad de Ciencias Médicas. Edu.ni. Recuperado el

21 de mayo de 2023, de <https://repositorio.unan.edu.ni/16759/1/16759.pdf>

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), 80-97.

<https://doi.org/10.15332/24631140.6342>

Marco Antonio Perez Cisneros., Marco Alfredo Cedano Olvera, José Vladimir Quiroga Rojas, &

Eduardo Mendez Palos. (2018). ASPECTOS BÁSICOS DE ESTRUCTURA Y DISEÑO DE QUIRÓFANOS.

http://depief.cucei.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/laboratorio_de_ingenieria_clinica.pdf

Martínez, O. H. C., Ramírez, C. A. A., & Suarez, C. A. H. (s. f.). *Resonancia magnética funcional:*

Evolución y avances en clínica.

Maquet Critical Care AB. (s. f.). Equipo de anestesia Flow-i.

https://www.getinge.com/dam/hospital/documents/spanish/flow-i-brochure-es-nonus-mx-0671-rev10-es-non_us-es-non_us.pdf

Mindray. (s/f). V Series Patient Monitors. Mindraynorthamerica.com. Recuperado el 21 de

mayo de 2023, de <https://www.mindraynorthamerica.com/cmsAdmin/uploads/h-0070-00-0727-02-v-series-patient-monitors-operating-instructions-10-0.pdf>

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

Planas, J., & Morote, J. (2006). La densitometría ósea: Un nuevo método diagnóstico para el

urólogo. *Archivos Españoles de Urología* (Ed. impresa), 59(10).
<https://doi.org/10.4321/S0004-06142006001000010>

Ramírez, D. D. P. (2020). DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN ORIENTADO A LOS EQUIPOS

BIOMÉDICOS DE LA CLÍNICA IPS CADENA SALUD DE LA CIUDAD DE CALI.
https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/14356/T10425_%20Diseño%20de%20un%20plan%20de%20gestión%20orientado%20a%20los%20equipos%20biomédicos%20de%20la%20clínica%20IPS%20Cadena%20Salud%20de%20la%20ciudad%20de%20Cali.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, Obando, Sánchez, & Calvo. (2015). *MANUAL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO BIOMÉDICO.*

Santos De La Cruz, E., Cancino Vera, N., Yenque Dedios, J., Ramírez Morales, D., & Palomino Pérez, M. (2014). *EL ULTRASONIDO Y SU APLICACIÓN.* *Industrial Data*, 8(1), 025.
<https://doi.org/10.15381/idata.v8i1.6153>

World Health Organization. (2016a). *Guía de recursos para el proceso de adquisición.* Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44826>

World Health Organization. (2016b). *Introducción a la gestion de inventarios de equipo médico.* Organización Mundial de la Salud.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/44817>

World Health Organization. (2016c). *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos.* Organización Mundial de la Salud.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/44830>