

**PROCEDIMIENTO PARA RECALCULAR LA FRECUENCIA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS MÉDICOS DEL HOSPITAL
BOSA SEGUNDO NIVEL E.S.E.**

CRISTIAN ENRIQUE ARGUELLO TRUJILLO

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMEDICINA**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERIA
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMEDICINA
BOGOTÁ, D.C.
2018**

**PROCEDIMIENTO PARA RECALCULAR LA FRECUENCIA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS MÉDICOS DEL HOSPITAL
BOSA SEGUNDO NIVEL E.S.E.**

CRISTIAN ENRIQUE ARGUELLO TRUJILLO

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMEDICINA**

**ING. INGRID MERCEDES CRUZ BERNAL M.Sc
ASESOR**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERIA
COORDINACIÓN DE INGENIERIA BIÓMEDICA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMEDICINA
BOGOTÁ, D.C.
2018**

Nota de aceptación:

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C. enero 2018

ACTA DE OPCIÓN DE GRADO

FORMATO DE CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES DE AUTOR A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD ECCI

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACIÓN.....	19
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL:.....	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	21
4 ANTECEDENTES.....	22
4.1 HOSPITAL DE BOSA	22
4.1.1 Reseña histórica.....	22
4.1.2 Misión:.....	23
4.1.3 Visión:	23
5. MARCO TEÓRICO	24
5.1 MANTENIMIENTO.....	24
5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	24
5.2.1 Procedimientos para el mantenimiento	25
5.3 INVENTARIO PARA EL MANTENIMIENTO.....	25
5.3.1 Inventario para el mantenimiento basado en control de riesgo	25
5.3.2 Programas de mantenimiento e inspección de equipos médicos orientados al riesgo	25
5.4 DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES BASADA EN EL RIESGO	25
5.4.1 Cálculo del nivel de prioridad	27
5.4.2 Cálculo del índice de mantenimiento preventivo (IPM)	27
5.5 OTROS MODELOS DE CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS BASADO EN EL RIESGO PARA EL CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	27

5.5.1	Modelo de Fennigkoh y Smith	27
5.5.2	Modificación del algoritmo de Fennigkoh y Smith	30
5.6	PLAN DE MANTENIMIENTO.	33
6.	METODOLOGÍA.....	34
6.1	DISEÑO DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORIENTADO AL RIESGO	34
6.1.1	Fase 1: Inventario de mantenimiento	35
6.1.2	Fase 2: Diseño de tabla para inventario de equipos	35
6.1.3	Fase 3: Clasificación de equipos por servicio	36
6.1.4	Fase 4: Selección de equipos a utilizar en el cronograma de mantenimiento	37
6.1.5	Fase 5: Implementación del algoritmo propuesto por la O.M.S.....	40
6.1.6	Fase 6: Creación del cronograma de mantenimiento.....	42
7.	RESULTADOS	43
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
	REFERENCIAS	50
	ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Asignación de rango por criterios.....	26
Tabla 2 Ponderación para el criterio de F.E.E.	28
Tabla 3 Ponderación para el criterio de Riesgo Físico asociado a la Aplicación Clínica.....	29
Tabla 4 Ponderación para el criterio de R.M. Preventivo.....	29
Tabla 5 Clasificación por función del equipo.....	31
Tabla 6 Clasificación por aplicación clínica.....	32
Tabla 7 Clasificación por requisitos de mantenimiento	32
Tabla 8 Antecedentes de averías	32
Tabla 9 Ejemplo de inventario de equipos en el Hospital Bosa segundo nivel E.S.E.....	36
Tabla 10 Ejemplo de clasificación de equipos por servicios	36
Tabla 11 Equipos a incluir en el cronograma de mantenimiento.....	38
Tabla 12 Equipos a incluir en el cronograma de mantenimiento.....	39
Tabla 13 Clasificación de equipos	40
Tabla 14 Clasificación de equipos	41
Tabla 15 Cronograma de mantenimiento.....	46
Tabla 16 Continuación 1 de Cronograma de mantenimiento.....	47
Tabla 17 Continuación 2 de Cronograma de mantenimiento.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Frecuencias de Mantenimiento sin planeación.....	20
Figura 2 Sede Hospitalaria.	22
Figura 3 Consulta Externa.	23
Figura 4 Fases de diseño del cronograma de mantenimiento	34

ANEXOS

	Pág.
ANEXOS 1 Cronograma de mantenimiento preventivo Hospital de Bosa segundo nivel E.S.E.	53

GLOSARIO

CALIBRACIÓN: Algunos equipos médicos, en particular aquellos cuya salida de energía se usa con fines terapéuticos (desfibriladores, unidades electroquirúrgicas, estimuladores fisioterápicos,) requieren calibración periódica. 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 con estadímetro, espirómetros) también requieren calibración periódica para asegurar su precisión según parámetros establecidos. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 12)

COMODATO: El comodato o préstamo de uso es un contrato por el cual una parte entrega a la otra gratuitamente una especie, mueble o bien raíz, para que haga uso de ella, con cargo de restituir la misma especie después de terminado el uso. (jurídica., 2014)

DISPOSITIVO MÉDICO: Un artículo, instrumento, aparato o máquina utilizado en la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de una enfermedad o condición, o para detectar, medir, restaurar, corregir o modificar la estructura o función del cuerpo con fines de salud. Típicamente, el propósito de un dispositivo médico no se logra por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

EQUIPO MÉDICO: Dispositivo médico que exige calibración, mantenimiento, reparación, capacitación del usuario y desmantelamiento, actividades que por lo general están a cargo de ingenieros clínicos. Los equipos médicos se usan con un fin determinado de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o de rehabilitación después de una enfermedad o lesión; se los puede usar individualmente, con cualquier accesorio o consumible o con otro equipo médico. El término “equipo médico” excluye los implantes y los dispositivos médicos desechables o de un solo uso. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

HOJA DE VIDA: Es el registro, continuo de la información básica y específica de cada acción de mantenimiento, reparación o adecuación realizada en la dotación. Está conformada por la ficha técnica y un resumen de los informes de mantenimiento. Mediante este registro se puede determinar y/o decidir con el transcurso del tiempo, el estado físico-funcional del equipo, necesidad de descarte

o reemplazo, análisis de costo/beneficio, etc. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 2)

INSPECCIÓN: El término inspección se refiere a las actividades programadas que son necesarias para asegurar que un equipo funciona correctamente. Incluye las inspecciones de funcionamiento y las inspecciones de seguridad. Estas actividades se realizan junto con el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo o la calibración, pero también se pueden realizar de manera independiente, como actividad programada a intervalos definidos. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 12)

INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO (IMP): Todas las actividades programadas necesarias para garantizar que un equipo médico funciona correctamente y está bien mantenido. Por lo tanto, incluye inspección y mantenimiento preventivo. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 12)

INVENTARIO TÉCNICO: Es un registro descriptivo permanente de los equipos o instalaciones, sobre el cual se basa la planeación, programación, adquisición y control de partes, y la ejecución de otras acciones operativas propias del servicio de mantenimiento. Es elaborado por el responsable de mantenimiento en un formato diseñado para este fin. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 2)

MANTENIMIENTO: actividades desarrolladas con el fin de conservar, retardar, prevenir, reparar o restablecer a su estado normal de funcionamiento de las propiedades de la institución. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 2)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Es una actividad efectuada para corregir una falla cuando se presenta, ya sea por síntomas claros o avanzados o por fallo total. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 3)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Mantenimiento que se realiza para prolongar la vida útil del dispositivo y prevenir desperfectos. El MP habitualmente se programa a intervalos definidos e incluye tareas de mantenimiento específicas como lubricación, limpieza (por ejemplo, de filtros) o reemplazo de piezas que comúnmente se desgastan (por ejemplo, cojinetes) o que tienen una vida útil limitada (por ejemplo, tubos). Por lo general es el fabricante el que establece los procedimientos e intervalos. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 13)

PERIODICIDAD: Frecuencia o intervalo de tiempo de una actividad de mantenimiento. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 3)

PLAN DE MANTENIMIENTO: Instrumento gerencial para proporcionar acciones sistemáticas de trabajo al servicio de mantenimiento. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 3)

PRESUPUESTO: Es el documento que muestra el detalle de los gastos proyectados de acuerdo al plan de mantenimiento, y a la vez permite orientar y canalizar la utilización de los recursos económicos disponibles. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 3)

PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO: Es un registro de las actividades planificadas para el año del mantenimiento, en la que se identifica mediante el nombre, marca y la codificación (en el caso de la dotación), las actividades a realizar, los responsables, la frecuencia y las semanas del año en las cuales se realizaran dichas actividades. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 3)

REQUERIMIENTO DE MANTENIMIENTO: Es un formato diseñado para la solicitud de una acción correctiva, además se convierte en un instrumento de control administrativo. El jefe del servicio solicitante elabora y la hace llegar al responsable de mantenimiento, el cual la revisa y decide si amerita una orden de trabajo. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 3)

TECNOLOGÍA SANITARIA: Aplicación de conocimientos teóricos y prácticos estructurados en forma de dispositivos, medicamentos, vacunas, procedimientos y sistemas elaborados para resolver problemas sanitarios y mejorar la calidad de vida. (Organización Mundial de la Salud, 2014)

RESUMEN

Los equipos o 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. Además, un programa de este tipo prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los costos relacionados con su posesión. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 9)

La planificación de un programa de mantenimiento de tecnología sanitaria comprende factores claves como son: El inventario técnico de los equipos existentes, la metodología que se adoptará para realizar el mantenimiento a los equipos y los recursos financieros, materiales y humanos disponibles para el programa.

Este trabajo se enfocará en una de las fases del inventario técnico, que consiste en calcular las frecuencias de mantenimiento preventivo de los equipos médicos, a fin de realizar un cronograma de mantenimiento, utilizando algunos equipos existentes en el Hospital de Bosa segundo nivel, a finales del mes de julio de 2016. Para ello aremos uso del modelo sugerido por la Organización Mundial de la Salud en el programa de mantenimiento de equipo médico, donde explican cómo calcular la frecuencia de mantenimiento preventivo, dando prioridad basada en el riesgo.

En este modelo se asigna un valor numérico a cada dispositivo de acuerdo a los criterios: función, aplicación clínica, requisitos de mantenimiento del equipo y los antecedentes de fallas o averías; El método a utilizar es una versión modificada del algoritmo propuesto por Fennigkon y Smith para el cálculo de frecuencia del mantenimiento preventivo.

Se clasificarán los equipos, teniendo en cuenta aspectos como: nivel de riesgo, frecuencia de funcionamiento y estado físico, además, la experiencia obtenida en el departamento de Biomédica, será de gran ayuda, al momento de crear las prioridades necesarias para realizar un cronograma de mantenimiento, gestionado hacia las necesidades del hospital.

Palabras claves: dispositivos médicos, cronograma de mantenimiento, frecuencia de mantenimiento preventivo, inventario técnico.

INTRODUCCIÓN

Un programa de mantenimiento tiene como función: garantizar la operación del recurso físico en condiciones de confiabilidad, seguridad, eficiencia y eficacia, de acuerdo con los recursos disponibles. (ESE Hospital San Pedro y San Pablo, 2010, pág. 1)

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 (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 14), para ello se realiza un inventario de mantenimiento de los equipos existentes en el centro de salud, evidenciando la cantidad, estado, características y lugar donde se encuentran instalados. En centros de salud con una amplia cantidad de equipos, es necesario buscar un método de clasificación, para evitar desorden y confusión con la información, en este trabajo se agruparán dependiendo el área donde se encuentran funcionando.

Se utilizará el algoritmo sugerido por la Organización Mundial de la Salud, el cual dá un enfoque basado en el riesgo, para la determinación de prioridades de inspecciones y mantenimientos de los equipos médicos, se establecerá la prioridad más alta a los equipos con mayores posibilidades de causar lesiones al paciente si fallan. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 29). Este documento busca servir como base, para organizar un cronograma de actividades anuales de mantenimiento, llevar un registro de funcionamiento de los equipos y mejorar la gestión de los mismos en cualquier centro de salud.

Los establecimientos de salud tienen como política de calidad el mejoramiento de la atención integral de los usuarios, este compromiso con la sociedad en general y con el paciente en particular impone un reto para todos los servicios, incluyendo por supuesto el área de conservación del recurso físico. 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. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 10)

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. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 9)

El mantenimiento de los equipos médicos se puede dividir en dos principales categorías: inspección y mantenimiento preventivo (IMP) y mantenimiento correctivo (MC). 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. 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.). Las inspecciones se pueden efectuar como una actividad aislada y junto con el MP para garantizar la operatividad; esto es importante porque el MP puede ser bastante laborioso, en el sentido en que se retiran, limpian o reemplazan componentes. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 10) El MC restituye la función de un dispositivo averiado y permite ponerlo nuevamente en servicio. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 9)

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido a una planificación y gestión con falta de mejoras continuas en los aspectos financieros, operativos y de personal, se ha visto afectado el cumplimiento del cronograma de mantenimiento de los equipos médicos, el continuo funcionamiento de algunos equipos y la falta de renovación de la tecnología que ya cumplió su tiempo de uso.

Por tanto, se pretenden revisar uno de los factores importantes como lo es el cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, con el fin de generar cambios en las frecuencias de mantenimiento de algunos equipos médicos y crear distintas prioridades de mantenimiento. Un cálculo correcto de la frecuencia de los mantenimientos preventivos, permite el uso eficiente del tiempo de los ingenieros biomédicos y técnicos, disminuye el tiempo de inactividad de los equipos, los gastos generales y lo más importante garantizar un entorno seguro al personal que interactúe con los equipos o dispositivos médicos.

Se debe seleccionar un método de clasificación de equipos médicos, basado en el riesgo de falla de los mismos y que se ajuste a las necesidades del centro de salud, posteriormente, realizar el cronograma de actividades anuales de mantenimiento de los equipos médicos, dividiendo equitativamente la carga de trabajo en cada mes del año. La mayor parte de los procedimientos de mantenimiento de equipos los realiza el personal técnico del departamento de ingeniería Biomédica. En algunos casos, sin embargo, las tareas rutinarias y fáciles de realizar las lleva a cabo el usuario. Esto permite ahorrar tiempo al personal técnico, que puede dedicarse a tareas técnicamente más complejas y decisivas. (Organización Mundial de la Salud, 2012, pág. 37)

Además del mantenimiento preventivo, se atienden los correctivos que surgen y se lleva un registro de todas las actividades que se le realizan al equipo, documentándolas en un formulario de mantenimiento, normalmente creado por el personal de Ingeniería Biomédica. Estos formatos se incluirán en la hoja de vida del equipo, la cual es creada el día que llega el dispositivo al centro de salud. También se debe programar las calibraciones respectivas de cada equipo, para obtener fiabilidad en la información y evitar diagnósticos erróneos.

A finales del mes de julio de 2016 el departamento de Ingeniería Biomédica contaba con el siguiente personal: Una Ingeniera Biomédica y un pasante de Tecnología en Electromedicina, para satisfacer las necesidades de los equipos y un Ingeniero Biomédico encargado de la gestión de los mismos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo optimizar la frecuencia de mantenimiento preventivo de los equipos médicos en el Hospital de Bosa II Nivel y a su vez mejorar la gestión operativa de los mismos?

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia se trabaja por una gestión del mantenimiento, donde se abarcan tareas como las evaluaciones técnicas de los equipos o dispositivos médicos, la actualización sistemática del inventario físico-funcional, el desarrollo de los protocolos de mantenimiento preventivo y de entorno, la elaboración de los programas de mantenimiento y el diseño y análisis de indicadores de control y gestión. Todo esto se realiza con el fin de mejorar la prestación del servicio de las instituciones de salud, aumentar el ciclo de vida útil de los equipos, cumplir con las normativas y protocolos reconocidos a nivel mundial. (Estrada Puerta & Cifuentes Rodríguez, 2011, pág. 19)

En el hospital de Bosa segundo nivel, existe la necesidad de utilizar un método, que permita mejorar el cálculo de la frecuencia de mantenimiento preventivo en algunos equipos médicos, presentes en el centro de salud a finales del mes de julio de 2016, dando un enfoque basado en el riesgo, para determinar prioridades y verificar si hay ajustes a realizar en el cronograma de mantenimiento actual. El anexo Posteriormente es necesario que se cumpla en su totalidad el programa de mantenimiento propuesto, para poder evaluarlo y efectuar las correcciones que sean necesarias, en vista de mejorar los resultados obtenidos. Los equipos a utilizar, se escogerán teniendo en cuenta aspectos como: Frecuencia de uso, tecnología en mal estado físico o con mal funcionamiento

Gran trascendencia tiene la frecuencia con que se realice el mantenimiento preventivo, de modo que pueda prevenirse el desperdicio de consumibles y repuestos alargando la vida útil del equipo, sin embargo una mala planeación de la frecuencia puede afectar en la precisión del equipo, o la seguridad del paciente. (Sen Salinas & Aguilar Soto, 2015)

Figura 1 Frecuencias de Mantenimiento sin planeación.



Fuente: (Sen Salinas & Aguilar Soto, 2015)

La descripción del diagrama a bloques de la figura 1 es importante dado que en cualquier momento un equipo que presente demasiados mantenimientos preventivos pueda resultar en pérdidas económicas para el hospital, de manera que el reemplazo del equipo sea una solución al problema. Por otra parte, si el mantenimiento preventivo se ha desatendido durante un lapso de tiempo grande, el equipo puede no estar operando como debería, dando diagnósticos no verdaderos o tratamientos inadecuados. (Sen Salinas & Aguilar Soto, 2015)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Utilizar el método propuesto por la Organización Mundial de la Salud, para realizar un cronograma de actividades de mantenimiento preventivo orientado en el riesgo, haciendo uso de algunos equipos existentes en el Hospital de Bosa Segundo Nivel

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un inventario de los equipos médicos existentes en el Hospital de Bosa segundo nivel y clasificarlos dependiendo el área o servicio donde se encuentren funcionando.
- Hacer una selección de equipos médicos, teniendo en cuenta, su estado físico y su frecuencia de uso en el servicio.
- Utilizar los equipos seleccionados para organizar un cronograma de mantenimiento preventivo orientado al riesgo.
- Hacer uso del método propuesto por la organización Mundial de la Salud, para dar prioridad a los equipos con mayor riesgo de lesiones hacia el paciente.
- Obtener cambios en las frecuencias de mantenimiento, para disminuir tiempo y costos en la ejecución del programa, desarrollando solo las actividades que en realidad se requieran.
- Establecer un modelo de cronograma de mantenimiento, donde se garantice el funcionamiento óptimo de los equipos y un ambiente seguro para el personal del entorno.

4 ANTECEDENTES

4.1 HOSPITAL DE BOSA

El hospital de Bosa Segundo Nivel es una Empresa Social del Estado, ubicado en la ciudad de Bogotá D.C., en el barrio Bosa Centro, perteneciente a la localidad de Bosa, presta los siguientes servicios: Hospitalario, quirúrgico, consulta externa, promoción y prevención, urgencias, transporte, apoyo diagnóstico y complementación terapéutica, entre otros servicios. (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E., 2016)

4.1.1 Reseña histórica

Inició su funcionamiento en diciembre 23 de 1983 dándose al servicio para la zona 7ª el Hospital Comunitario de Bosa. Inició labores con los servicios de urgencias (dos camas de observación), maternidad (12 camas), laboratorio clínico, nutrición, trabajo social, estadística y caja. Posteriormente, se puso en servicio la sala de cirugía

En agosto de 1998 se transforma en Empresa Social del Estado con todo su soporte jurídico, legal y reglamentario tomando como base el Acuerdo No. 17 de diciembre de 1997.

Para la prestación del servicio cuenta con dos sedes: Hospitalaria en la Calle 65D Sur No. 79C - 90 y Consulta Externa en la Calle 65 Sur No. 80H – 44. (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E, 2016)

Figura 2 Sede Hospitalaria.



Fuente: (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E, 2016)

Figura 3 Consulta Externa.



Fuente: (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E, 2016)

Dado el Acuerdo de fecha 6 de abril de 2016, “POR EL CUAL SE EFECTÚA LA REORGANIZACIÓN DEL SECTOR SALUD DE BOGOTÁ, DISTRITO CAPITAL, SE MODIFICA EL ACUERDO 257 DE 2006 Y SE EXPIDEN OTRAS DISPOSICIONES” y según lo expuesto en el Capítulo II – Fusión de Entidades, el Hospital Bosa hace parte de la denominada “Subred Integrada de Servicios de Salud Sur Occidente E.S.E.” (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E, 2016)

4.1.2 Misión:

Somos una Empresa Social del Estado integrada a la red suroccidental del Distrito, que presta servicios de salud con calidad científica, centrada en la seguridad del paciente, con un equipo humano competente que genera confianza y satisfacción en sus usuarios. (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E., 2016)

4.1.3 Visión:

En el 2016 el Hospital Bosa segundo nivel será reconocido en la comunidad por satisfacer sus necesidades y expectativas razonables, brindando una atención oportuna, calidad y segura, que genere rentabilidad social. (Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E., 2016)

5. MARCO TEÓRICO

En esta sección encontraremos, información relacionada a la gestión de los equipos médicos y algunas herramientas necesarias para realizar un inventario de mantenimiento preventivo, orientado al riesgo de posibles fallas de la tecnología médica.

5.1 MANTENIMIENTO

Se define mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes (Asociación Española Para La Calidad, 2017)

5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se entiende como aquellas actividades planeadas que aseguran fiabilidad y funcionalidad de los equipos de modo que las fallas que estos puedan tener sean prevenidas. (Sen Salinas & Aguilar Soto, 2015) Se debe considerar un proceso, el cual tiene como objeto principal mantener en buen estado de funcionamiento los equipos o instrumentos. Se define también como el conjunto de acciones técnicas administrativas que se realizan para el cuidado e inspección sistemática de un equipo para detectar fallas menores antes que estas se conviertan en mayores. (Escudero, 2013)

La aplicación del mantenimiento preventivo permite que los equipos puedan ser usados de manera permanente o cuando sea requerido su uso para un procedimiento específico, eliminando los posibles riesgos de paralización prolongada, discontinuidad del servicio y falta de seguridad al paciente en el entorno hospitalario. Este mantenimiento normalmente incluye inspecciones periódicas de instrumentos y equipos, haciendo las tareas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos, que pudieran fallar, alterando el estado operacional del equipo antes de la próxima inspección. (Estrada Puerta & Cifuentes Rodriguez, 2011, pág. 23)

5.2.1 Procedimientos para el mantenimiento

Los Procedimientos para el Mantenimiento deben ser obtenidos a partir del fabricante y/o agencias especializadas, tales como ECRI, AAMI. Los contenidos y la frecuencia de cada uno de los procedimientos para el mantenimiento, no son estándares sino modelos sujetos a una adecuación particular en cada hospital (E. Rodríguez, 2001)

5.3 INVENTARIO PARA EL MANTENIMIENTO

El Inventario para el Mantenimiento se diseña con el propósito específico de servir como herramienta efectiva para llevar a cabo la gestión de mantenimiento del equipo médico. Los criterios a considerar a fin de incluir un equipo médico en el Inventario de Mantenimiento son los siguientes:

- ✓ Aplicación Clínica
- ✓ Riesgo
- ✓ Requerimientos de Mantenimiento Preventivo
- ✓ Otros (Malagón Londoño , Pontón Laverde, & Galán Morera, 2008)

5.3.1 Inventario para el mantenimiento basado en control de riesgo

Se basa en la asignación de prioridad a partir de una evaluación integral de cada equipo. Puede haber equipos que por su bajo nivel de riesgo no se incluyen en el inventario para el mantenimiento y son atendidos durante la inspección o mantenimiento programado a su entorno, a solicitud del usuario o en mantenimiento correctivo solamente. (Malagón Londoño , Pontón Laverde, & Galán Morera, 2008)

5.3.2 Programas de mantenimiento e inspección de equipos médicos orientados al riesgo

Un equipo debe ser sometido a inspección, mantenimiento o verificación cuando:

- Se reduce el riesgo de daño a pacientes, operadores o visitantes.
- Disminuye los costos de explotación del equipo.
- Mejoras en el servicio.
- En cumplimiento de regulaciones legales. (E. Rodríguez, 2001)

5.4 DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES BASADA EN EL RIESGO

Un método utilizado para establecer prioridades de inspección y mantenimiento preventivo (IMP), es asignar la prioridad más alta a los equipos con más posibilidades de causar lesiones al paciente si fallan. Para clasificar los

dispositivos según la prioridad de mantenimiento, e identificar a los de riesgo tan bajo que no lo precisan, es necesario un enfoque sistemático. Durante 20 años, la Joint Commission for the Accreditation of Healthcare Organizations (Comisión Conjunta en Acreditación de Organizaciones para el Cuidado de la Salud) ha exigido un enfoque basado en el riesgo para la determinación de prioridades de IMP de equipos médicos. La experiencia demuestra que si el inventario no se hace para los equipos significativos, este se hace inmanejable o ineficiente. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Los criterios para la clasificación del equipo y el cálculo de la frecuencia de mantenimiento preventivo pueden ser los siguientes:

- Función del Equipo: El papel del equipo en el cuidado del paciente.
- Aplicación Clínica: Considera los resultados sobre el paciente o usuario ante una falla del equipo; el riesgo físico asociado con la aplicación clínica.
- Requisitos del Mantenimiento: Los requisitos del Mantenimiento varían con el tipo de equipo. (E. Rodríguez, 2001) Pueden ser rutinarios (equipos mecánicos, neumáticos o hidráulicos), Promedio (Monitores fisiológicos, bombas de infusión) o extensivos (Ventiladores, máquinas de diálisis y artículos similares.)

Tabla 1 Asignación de rango por criterios

De acuerdo a la función del equipo.	Rango numérico E
Equipos de apoyo a la vida	9
Equipos e instrumentos para la Cirugía y los Cuidados Intensivos	9
Equipos para el tratamiento y la fisioterapia	8
Otros equipos para el monitoreo de variables fisiológicas y el diagnóstico.	6
Análisis de Laboratorio	5
Accesorios del Laboratorio	4
Computadoras y Equipos asociados	3
Otros equipos relacionados con el paciente	2

Aplicación Clínica	Rango Numérico A
Puede producir la muerte al paciente	5
Puede producir daño al paciente u operador	4
Terapia inapropiada o falso diagnóstico	3
Riesgo mínimo	2
Sin riesgo significativo	1

Requerimientos de Mantenimiento	Rango Numérico M
Extensivo	5
Promedio	3
Mínimo	1

Fuente: (Ernesto Rodríguez, 2003)

5.4.1 Cálculo del nivel de prioridad

El nivel de prioridad P_i puede calcularse de la tabla 1 como:

$$P_i = E + A + M$$

Ecuación 1 Fuente: (Ernesto Rodríguez, 2003)

Todo equipo con un ranking de 11 o más alto se incluirá en el Inventario de Mantenimiento de Equipos Médicos.

Equipos con un ranking entre 10 y 3 podrán incluirse en el Inventario de Mantenimiento de Equipos Médicos o en el Inventario de Mantenimiento del Entorno de acuerdo a la propia experiencia del Departamento de Ingeniería Clínica.

Equipos con un ranking menor de 3 se incluirán en el Inventario de Mantenimiento del Entorno.

5.4.2 Cálculo del índice de mantenimiento preventivo (IPM)

Para facilitar el trabajo de sistemas automatizados para el mantenimiento orientado a riesgo en equipos médicos, puede definirse básicamente un Índice de Mantenimiento Preventivo como:

$$IPM = P_i \times (t / T)$$

Ecuación 2 Fuente: (Ernesto Rodríguez, 2003)

En la ecuación 2: P_i es el nivel de prioridad, t es el tiempo transcurrido desde el último mantenimiento y T es el tiempo entre mantenimientos preventivos, el cual es dado por el fabricante, puede emplearse la recomendada por ECRI, o utilizar el tiempo obtenido por la experiencia del personal de mantenimiento del hospital. (Ernesto Rodríguez, 2003)

5.5 OTROS MODELOS DE CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS BASADO EN EL RIESGO PARA EL CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

5.5.1 Modelo de Fennigkoh y Smith

Cada categoría incluye subcategorías específicas a las que se asigna un determinado número de puntos; al sumarlos según la fórmula que figura más adelante, se obtiene un valor total que puede ir de tres (3) a veinte (20). Los

equipos se asignan a diferentes niveles de prioridad en función de dicha puntuación.

➤ **Funcionalidad del equipo electromédico (F.E.E.)**

Este criterio divide a los equipos electromédicos en cuatro subcategorías ordenadas desde los equipos que representan la mayor funcionalidad en relación a la dependencia del soporte de vida: terapéutica, diagnóstico, analítica y otros. Los equipos electromédicos terapéuticos están determinados como los equipos significativamente más funcionales.

Este criterio constituye el 50% del puntaje total asignado al factor de riesgo. Los puntajes asignados para este criterio van desde el 1 al 10. (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

Tabla 2 Ponderación para el criterio de F.E.E.

Ponderación	Función del equipo electromédico	Subcategoría
10	Soporte a la vida.	Terapéutica.
9	Quirúrgica y cuidados intensivos.	Energía mecánica o eléctrica.
8	Terapia física y equipos de tratamiento.	Energía mecánica o eléctrica.
7	Monitorización quirúrgica y monitorización de cuidados intensivos.	Diagnóstico.
6	Monitorización y diagnósticos fisiológicos.	Diagnóstico.
5	Analítica de laboratorio.	Diagnóstico.
4	Accesorios de laboratorio.	Analítica.
3	Procesado de datos del paciente.	Analítica.
2	Otras relacionadas con el paciente.	Otras.
1	Otras no relacionadas con el paciente.	Otras.

Fuente: (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

➤ **Riesgos físicos asociados con la aplicación clínica**

Este criterio permite categorizar a los equipos electromédico dependiendo de las posibles consecuencias que provocarían un fallo o mal funcionamiento del equipo, para el paciente o el personal médico y paramédico. Este criterio corresponde al

25% del puntaje total asignado al factor de riesgo. De acuerdo con este criterio, a cada equipo electromédico se asigna un puntaje que va de 1 a 5. Por ejemplo, por el fallo de un respirador se asigna un puntaje de 5 ya que su mal funcionamiento puede ocasionar la muerte del paciente.

En cambio que el fallo de un ecógrafo se asigna un puntaje de 3 ya que éste puede ocasionar un diagnóstico incorrecto y una terapia no adecuada. (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

Tabla 3 Ponderación para el criterio de Riesgo Físico asociado a la Aplicación Clínica

Ponderación	Riesgo físico asociado a la aplicación clínica
5	Muerte de Paciente
4	Heridas al paciente o al Operador
3	Terapia Inapropiada o Pérdida de Diagnóstico
2	Riesgos No Significativos
1	Riesgos Insignificantes

Fuente: (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

➤ **Requerimientos de mantenimiento (R.M)**

Este criterio representa la periodicidad de los mantenimientos requeridos por el equipo electromédico. Los valores asignados van desde el 1 hasta 5.

Este criterio corresponde al 25% del puntaje total asignado al factor de riesgo. (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

Tabla 4 Ponderación para el criterio de R.M. Preventivo.

Ponderación	Requerimiento de Mantenimiento Preventivo
5	Extensivo (cambio de componentes)
4	Avanzado (requiere calibraciones de rutina)
3	Medio (requiere lubricación)
2	Bajo (limpieza interna)
1	Mínimo (inspección visual de equipos electromédicos no relacionados con el paciente)

Fuente: (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

El valor total del factor de riesgo de cada equipo electromédico es calculado de la siguiente forma:

VALOR NUMÉRICO (EQUIPO)= FUNCIONALIDAD+RIESGO+MANTENIMIENTO

Ecuación 3 Fuente: (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

- ❖ Todo equipo Electromédico con una calificación de 11 o más puntos, se debe incluir en el inventario de mantenimiento de equipos Electromédico.
- ❖ Equipos con una calificación entre 3 y 10 puntos, se incluyen en otro inventario o en el anterior según lo indique la propia experiencia del servicio de Electromedicina o unidad de equipos Electromédicos respectiva.
- ❖ Los equipos Electromédicos con una puntuación menor que 3 se incluyen en el inventario de mantenimiento del entorno, del cual se encarga el servicio de mantenimiento.

Hay cuatro grupos de equipos cuyos intervalos no pueden ser flexibles, independiente de su historia de servicio. Estos son:

- Equipos de apoyo a la vida.
- Equipo con reemplazo obligatorio de partes a plazos fijos.
- Equipos que manejan altos niveles de energía.
- Equipos con intervalos de mantenimiento sujetos a regulaciones de obligatorio cumplimiento. (Ernesto Rodríguez, 2003)

Algunas subcategorías de los criterios de Fennigkon y Smith están dentro de estos cuatro puntos. Para el criterio de funcionalidad del equipo Electromédico, son las subcategorías de puntaje 8, 9 y 10. Para el criterio de riesgo físico asociado a la aplicación clínica, son las subcategorías de puntaje 4 y 5, y, para el criterio de requerimiento de mantenimiento, son las subcategorías de puntaje 4 y 5.

De acuerdo a lo anterior, la suma mínima de factor de riesgo que implica una criticidad importante, que puede afectar a la seguridad del paciente y personal médico y paramédico del o los equipos Electromédicos, es > 16, por ello todos los equipos médicos con un valor mayor o igual a 16 deben ser considerados como críticos y estar bajo el régimen de mantención preventiva programada. (Hospital San Juan de Dios de Cauquenes, 2012)

5.5.2 Modificación del algoritmo de Fennigkoh y Smith

La Organización Mundial de la Salud en el programa de mantenimiento de equipos médicos sugiere una versión modificada del algoritmo propuesto por Fennigkon y Smith para el cálculo de frecuencia del mantenimiento preventivo. (Sen Salinas & Aguilar Soto, 2015).

En este modelo se han establecido criterios de inclusión de equipos para evaluar todas las unidades en uso en un hospital o establecimiento sanitario. Se han asignado valores numéricos a cada tipo de dispositivo según una clasificación por función, aplicación clínica y requisitos de mantenimiento del equipo. La suma del

número para cada subgrupo y la suma o resta de un factor basado en los antecedentes de averías del equipo permiten obtener un número de gestión del equipo (GE).

Número GE:

Número GE # = # función + # aplicación + # mantenimiento + # antecedentes.

Ecuación 4 Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Función del equipo**

Incluye distintas áreas en las que se utilizan equipos con fines terapéuticos, de diagnóstico, de análisis y otros.

Tabla 5 Clasificación por función del equipo

Categoría	Descripción de la función	Puntuación
Terapéutico	Apoyo vital	10
	Cirugía y cuidados intensivos	9
	Fisioterapia y tratamiento	8
Diagnóstico	Control de cirugía y cuidados intensivos	7
	Control fisiológico adicional y diagnóstico	6
Analítico	Análisis del laboratorio	5
	Accesorios del laboratorio	4
	Computadoras y afines	3
Otros	Relacionados con el paciente y otros	2

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Riesgo físico asociado con la aplicación clínica**

Lista los posibles riesgos para el paciente o el equipo durante el uso del dispositivo.

Tabla 6 Clasificación por aplicación clínica

Descripción del riesgo durante el uso	Puntuación
Riesgo de muerte del paciente	5
Posible lesión del paciente o el operador	4
Tratamiento inapropiado o error de diagnóstico	3
Daño al equipo	2
Sin riesgo significativo identificado	1

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Requisitos de mantenimiento**

Describe el nivel y la frecuencia del mantenimiento de acuerdo con las indicaciones del fabricante o la experiencia acumulada.

Tabla 7 Clasificación por requisitos de mantenimiento

Requisitos de mantenimiento	Puntuación
Importantes: exige calibración y reemplazo de piezas periódicos	5
Superiores al promedio	4
Usuales: verificación de funcionamiento y pruebas de seguridad	3
Inferiores al promedio	2
Mínimos: inspección visual	1

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Antecedentes de problemas del equipo**

Incluye toda la información disponible sobre reparaciones del equipo que sirva para evaluar el tipo de dispositivo y determinar un número GE.

Tabla 8 Antecedentes de averías

Promedio de averías del equipo	Factor
Significativo: más de una cada seis meses	+2
Moderado: una cada 6-9 meses	+1
Usual: una cada 9-18 meses	0
Mínimo: una cada 18-30 meses	-1
Insignificante: menos de una en los 30 meses anteriores	-2

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Criterios de inclusión**

Se incluirán en el programa los dispositivos con un valor GE de 12 o superior y se programarán las inspecciones y el mantenimiento preventivos de todos ellos. En cuanto a la aceptación de equipos nuevos, se incluirá en el programa todo dispositivo nuevo que haya sido previamente evaluado y clasificado para su inclusión. Si no ha sido evaluado anteriormente, se creará una clasificación para nuevos dispositivos. El nuevo dispositivo será evaluado de acuerdo con el procedimiento descrito para obtener un número GE e incluido en el programa si corresponde. De ser así, se formularán por escrito procedimientos de inspección, verificación del funcionamiento y mantenimiento preventivo para el nuevo dispositivo. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Frecuencia del mantenimiento**

Los valores correspondientes a los requisitos de mantenimiento también sirven para determinar el intervalo entre inspecciones y procedimientos de mantenimiento, según el tipo de dispositivo.

- Para todos los dispositivos con requisitos importantes de mantenimiento en la clasificación (valor característico de 4 o 5), se programarán tareas de mantenimiento preventivo cada seis meses.
- Para los dispositivos con requisitos usuales o mínimos de mantenimiento (valores de 3, 2 o 1) se programarán tareas de mantenimiento preventivo anuales.
- Para los dispositivos con un valor de GE de 15 o más se programarán inspecciones por lo menos cada seis meses.
- Para los dispositivos con un valor de GE de 19 o 20 se programarán inspecciones cada cuatro meses. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

➤ **Dispositivos no incluidos en el programa**

Todos los equipos relacionados con la atención al paciente, con fines terapéuticos, de supervisión, diagnóstico o análisis que no se incluyan en el programa porque no han obtenido un valor de GE de 12 o más, pueden figurar en el inventario de equipos biomédicos del hospital pero en ellos solo se cubrirán las tareas de reparación. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

5.6 PLAN DE MANTENIMIENTO.

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no, siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos. Hay todo un conjunto de equipos que se consideran no mantenibles desde un punto de vista preventivo, y

en los cuales es mucho más económico aplicar una política puramente correctiva (en inglés se denomina run to failure, o 'utilizar hasta que falle'). El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

- Las actividades rutinarias que se realizan a diario, y que normalmente las lleva a cabo el equipo de operación.
- Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.
- Las actividades que se realizan durante las paradas programadas. (RENOVETEC, 2013)

6. METODOLOGÍA

Teniendo como base, el conocimiento obtenido de distintas fuentes, sobre los métodos que se utilizan para calcular las frecuencias de mantenimiento preventivo en los equipos médicos, se optó inicialmente por actualizar el inventario de la tecnología existente en el Hospital de Bosa segundo nivel; registrando los datos, estado, ubicación y funcionamiento de los equipos. Con la información y la experiencia de trabajo conseguida en el departamento de Ingeniería Biomédica, se realizó una selección de equipos, tomando en cuenta dos aspectos:

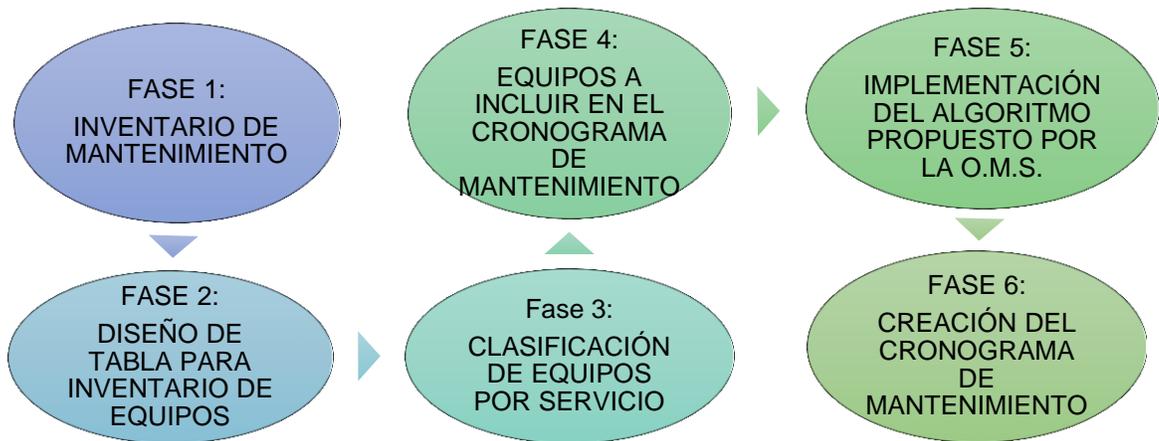
- Mayor uso del equipo en el servicio.
- Tecnología en mal estado físico o más antigua.

Con los equipos elegidos se utilizó el algoritmo propuesto por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) y se generó un cronograma de mantenimiento, el objetivo es comparar las frecuencias obtenidas con las frecuencias existentes en el cronograma de mantenimiento actual presupuestado para el año 2016 del Hospital de Bosa segundo nivel.

6.1 DISEÑO DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORIENTADO AL RIESGO

La figura 4 representa las fases que fueron necesarias para la creación del cronograma de mantenimiento preventivo orientado al riesgo de posibles fallas, haciendo uso de algunos equipos existentes en el Hospital de Bosa segundo nivel

Figura 4 Fases de diseño del cronograma de mantenimiento



Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

6.1.1 Fase 1: Inventario de mantenimiento

En primer lugar se decidió realizar un listado de los equipos existentes en el Hospital de Bosa segundo nivel, a finales del mes de junio del 2016, con el fin de verificar, si el inventario que estábamos trabajando se encontraba actualizado y además, revisar el estado de las hojas de vida de cada equipo, archivadas en el taller de Biomédica.

Para recoger la información se planificó, pasar un día a la semana por cada servicio, disponiendo de una hora para verificar la información de todos los equipos presentes. La hora acordada fue de 1:00pm a 2:00pm de lunes a viernes, pero podía variar según las actividades planeadas para el día. Debido a que en muchas ocasiones, algunos equipos o salas no estaban disponibles, se necesitó pasar más de una vez por cada servicio, esto ocasionó, que la información se recogiese en desorden, para evitar pérdidas de tiempo.

6.1.2 Fase 2: Diseño de tabla para inventario de equipos

Se vio la necesidad de crear una tabla sencilla para registrar la información básica de los equipos encontrados en los diferentes servicios. En la tabla 9 se muestra un ejemplo del inventario realizado.

Tabla 9 Ejemplo de inventario de equipos en el Hospital Bosa segundo nivel E.S.E.

EQUIPO	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	No INVENTARIO
MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	URGENCIAS	5267
ECOGRAFO	PHILIPS HEALTHCARE	CLEARVUE 650	SALA DE ECOGRAFÍA	5527
MONITOR FETAL	EDAN	SONATINA	TRABAJO DE PARTO	3620
ELECTROCARDIOGRAFO	EDAN	SE-12	MEDICINA INTERNA	4674
VENTILADOR	VERSAMED	IVENT 201	URGENCIAS REANIMACIÓN	3635
SUCCIONADOR	THOMAS MEDIPUMP	1630GL	MEDICINA INTERNA	4454
BALANZA DE PISO	HEALTH O METER	PELSTAR 160KG	MEDICINA INTERNA	2014
LAMPARA CIELITICA	MARTIN	D-78532	SALA DE CIRUGÍA GENERAL	2553
MAQUINA DE ANESTESIA	DATX OHMEDA	AESTIVA /5	SALA DE CIRUGÍA GENERAL	2787
DEFIBRILADOR	PRIMEDIC	M290	SALA DE PARTOS	5247
SERVOCUNA	MEDICAL	MCR -300	SALA DE PARTOS	1557

Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

6.1.3 Fase 3: Clasificación de equipos por servicio

Se realizó una clasificación de los equipos dependiendo el lugar o servicio donde se encontraban instalados. Ésta clasificación se hizo con el fin de organizar mejor la información y evitar confusiones o pérdida de la misma. La tabla 10 muestra un ejemplo de ésta clasificación.

Tabla 10 Ejemplo de clasificación de equipos por servicios

EQUIPO	MARCA	MODELO	No INVENTARIO	UBICACIÓN
DESFIBRILADOR	BURDICK	MEDIC 5	1626	MEDICINA INTERNA
SUCCIONADOR	THOMAS MEDIPUMP	1630GL	4454	MEDICINA INTERNA
BALANZA DE PISO	HEALTH O METER	PELSTAR 160KG	2014	MEDICINA INTERNA
MONITOR MULTIPARAMETROS	SIEMENS	SC6002	2638	MEDICINA INTERNA
SERVOCUNA	MEDICAL	MCR300	915	URGENCIAS REANIMACION
DESFIBRILADOR	ZOLL	MSERIES	4332	URGENCIAS REANIMACION
SUCCIONADOR	THOMAS MEDIPUMP	1630	3616	URGENCIAS REANIMACION
VENTILADOR	VERSAMED	IVENT 201	3635	URGENCIAS REANIMACION
ELECTROCARDIOGRAFO	EDAN	SE-12	4308	URGENCIAS REANIMACION
LAMPARA CIELITICA	MARTIN	D-78532	2553	SALA DE CIRUGIA GENERAL
MAQUINA DE ANESTESIA	DATEX OHMEDA	AESTIVA /5	2787	SALA DE CIRUGIA GENERAL
CAPNOGRAFO	DATEX OHMEDA	CAPNOMAC ULTIMA	2791	SALA DE CIRUGIA GENERAL
ELECTROBISTURI	AESCLAP	GN 300	5077	SALA DE CIRUGIA GENERAL
DESFIBRILADOR	ZOLL	MSERIES BIFASICO	3637	SALA DE CIRUGIA GENERAL

Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

6.1.4 Fase 4: Selección de equipos a utilizar en el cronograma de mantenimiento

Esta selección se hizo con el fin de darles prioridad a los equipos, más utilizados en el hospital, de tecnología más obsoleta y en mal estado físico, los cuales generaban mayores inconvenientes en los servicios y por ende requerían más atención y frecuencias de mantenimiento mejor gestionadas. Las tablas 11 y 12 muestran los equipos que fueron seleccionados para realizar el cronograma.

Tabla 11 Equipos a incluir en el cronograma de mantenimiento.

#	EQUIPO	MARCA	MODELO	No INVENTARIO	UBICACIÓN
1	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	5267	URGENCIAS
2	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	5269	URGENCIAS
3	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	5277	URGENCIAS
4	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	5275	URGENCIAS
5	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	5273	URGENCIAS
6	MONITOR DE SIGNOS VITALES	MINDRAY	IMEC 10	5266	URGENCIAS
7	MONITOR MULTIPARAMETROS	BCI	6100-58200A1	1653	URGENCIAS PEDIATRIA
8	MONITOR MULTIPARAMETROS	MINDRAY	IMEC-10	5277	URGENCIAS PEDIATRIA
9	MONITOR MULTIPARAMETROS	EDAN	M8	4700	URGENCIAS PEDIATRIA
10	MESA QUIRURGICA	MINDRAY	HYBASE3000	N/R	SALA CIRUGIA GENERAL
11	MAQUINA DE ANESTESIA	DATEX OHMEDA	AESTIVA /5	2787	SALA CIRUGIA GENERAL
12	ELECTROBISTURI	A ESCULAP	GN 300	1504	SALA CIRUGIA GENERAL
13	LAMPARA CIELITICA	MARTIN	D-78532	2553	SALA CIRUGIA GENERAL
14	SUCCIONADOR	THOMAS MEDIPUMP	1240	3040	SALA CIRUGIA GENERAL
15	CAPNOGRAFO	DATEX OHMEDA	CAPNOMAC ULTIMA	2791	SALA CIRUGIA GENERAL
16	DEFIBRILADOR	ZOLL	MSERIES BIFASICO	3637	SALA CIRUGIA GENERAL
17	MONITOR MULTIPARAMETROS	BCI	ADVISOR	2551	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA
18	MONITOR MULTIPARAMETROS	DATASCOPE	PASSPORT 5L	979	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA
19	MONITOR MULTIPARAMETROS	DATASCOPE	PASSPORT 5L	982	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA
20	MONITOR MULTIPARAMETROS	SIEMENS	SC 6002	1186	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA
21	DEFIBRILADOR	BIRTCHE	CARDIO III-444	998	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA

Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

Tabla 12 Equipos a incluir en el cronograma de mantenimiento.

#	EQUIPO	MARCA	MODELO	No INVENTARIO	UBICACIÓN
22	DESFIBRILADOR	PRIMEDIC	M290	5247	SALA DE PARTOS
23	SERVOCUNA	MEDICAL	MCR -300	1557	SALA DE PARTOS
24	MAQUINA DE ANESTESIA	AMS	200A	4128	SALA DE PARTOS
25	SUCCIONADOR	THOMAS MEDI-PUMP	1630GL	4455	SALA DE PARTOS
26	MONITOR MULTIPARAMETROS	CRITICARE	POET PLUS 8100	4126	SALA DE PARTOS
27	MESA QUIRURGICA	MAQUET	1997	1501/2111	SALA DE PARTOS
28	SERVOCUNA	MEDICAL	MCR 300	920	ADAPTACION NEONATAL
29	MONITOR DE SIGNOS VITALES BASICO	MINDRAY	MEC 1200	5249	ADAPTACION NEONATAL
30	MONITOR DE SIGNOS VITALES BASICO	RIESTER	IMEC- 10	5269	ADAPTACION NEONATAL
31	MONITOR MULTIPARAMETROS	PENLON	PM-8000	3201	ADAPTACION NEONATAL
32	INCUBADORA	ATOM TRANSCAPSULE	V-80TR	1200	ADAPTACION NEONATAL
33	SUCCIONADOR	THOMAS MEDI-PUMP	1245	4207	ADAPTACION NEONATAL
34	DESFIBRILADOR	NIHON KHODEN	CARDIOLIFE TEC-7731E	2552	ADAPTACION NEONATAL
35	SUCCIONADOR	THOMAS MEDI-PUMP	1630GL	2113	ADAPTACION NEONATAL
36	MONITOR MULTIPARAMETROS	PENLON	EM 8000	3203	RECUPERACION DE PARTOS
37	MONITOR MULTIPARAMETROS	SIEMENS	SC 6002	1529	RECUPERACION DE PARTOS
38	ELECTROCARDIOGRAFO	EDAN	SE-12	4308	URGENCIAS REANIMACION
39	SERVOCUNA	MEDICAL	MCR300	915	URGENCIAS REANIMACION
40	DESFIBRILADOR	INNOMED	CARDIO AID 200B	5593	URGENCIAS REANIMACION
41	SUCCIONADOR	THOMAS MEDI-PUMP	16306L	3616	URGENCIAS REANIMACION
42	SUCCIONADOR	THOMAS MEDI-PUMP	16306L	4637	URGENCIAS REANIMACION
43	MONITOR DE SIGNOS VITALES BASICO	MINDRAY	IMEC-10	5270	URGENCIAS REANIMACION
44	MONITOR DE SIGNOS VITALES BASICO	MINDRAY	IMEC-10	5268	URGENCIAS REANIMACION

Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

6.1.5 Fase 5: Implementación del algoritmo propuesto por la O.M.S.

En esta fase se utiliza el algoritmo propuesto por la O.M.S., para conocer la frecuencia de mantenimiento de cada uno de los equipos anteriormente seleccionados (Tablas 11 y 12). Este sistema genera un número de gestión del equipo (GE) y nos da a conocer los criterios que deben cumplir, para que sea incluido en el programa de mantenimiento. Dependiendo el número de GE, sabremos la cantidad de mantenimientos que requiere el dispositivo en el año. Las tablas 13 y 14 nos muestran, las clasificaciones de los equipos con sus respectivas frecuencias de mantenimiento y los criterios tenidos en cuenta para evaluar el nivel de riesgo del equipo.

Tabla 13 Clasificación de equipos

#	Descripción del dispositivo	No. INVENTARIO	UBICACIÓN	Función del equipo	Aplicación clínica	Requisitos de mantenimiento	Antecedentes de averías	# GE	Frecuencia de mantenimiento
1	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5267	URGENCIAS	6	3	3	0	12	A
2	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5269	URGENCIAS	6	3	3	0	12	A
3	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5277	URGENCIAS	6	3	3	+1	13	A
4	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5275	URGENCIAS	6	3	3	0	12	A
5	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5273	URGENCIAS	6	3	3	0	12	A
6	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5266	URGENCIAS	6	3	3	0	12	A
7	MONITOR MULTIPARAMETROS	1653	URGENCIAS PEDIATRÍA	6	3	3	0	12	A
8	MONITOR MULTIPARAMETROS	5277	URGENCIAS PEDIATRÍA	6	3	3	0	12	A
9	MONITOR MULTIPARAMETROS	4700	URGENCIAS PEDIATRÍA	6	3	3	0	12	A
10	MESA QUIRURGICA	N/R	SALA DE CIRUGIA GENERAL	7	4	3	+2	16	S
11	MAQUINA DE ANESTESIA	2787	SALA DE CIRUGIA GENERAL	10	5	5	0	20	T
12	ELECTROBISTURI	1504	SALA DE CIRUGIA GENERAL	9	4	3	0	16	S
13	LAMPARA CIELITICA	2553	SALA DE CIRUGIA GENERAL	7	1	3	+1	12	A
14	SUCCIONADOR	3040	SALA DE CIRUGIA GENERAL	9	2	4	+1	16	T
15	CAPNOGRAFO	2791	SALA DE CIRUGIA GENERAL	6	3	5	0	14	A
16	DEFIBRILADOR	3637	SALA DE CIRUGIA GENERAL	9	5	4	0	18	T
17	MONITOR MULTIPARAMETROS	2551	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA	6	3	4	+2	15	S
18	MONITOR MULTIPARAMETROS	979	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA	6	3	4	+2	15	S

Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

En la tabla 13, Frecuencia de mantenimiento corresponde: A: Anual; S: Semestral, T: Trimestral

Tabla 14 Clasificación de equipos

#	Descripción del dispositivo	No. INVENTARIO	UBICACIÓN	Función del equipo	Aplicación clínica	Requisitos de mantenimiento	Antecedentes de averías	# GE	Frecuencia de mantenimiento
19	MONITOR MULTIPARÁMETROS	982	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA	6	3	4	+2	15	S
20	MONITOR MULTIPARÁMETROS	1186	RECUPERACIÓN DE CIRUGÍA	6	3	4	+2	15	S
21	DEFIBRILADOR	998	RECUPERACION DE CIRUGÍA	9	5	4	0	18	T
22	DEFIBRILADOR	5247	SALA DE PARTOS	9	5	4	0	18	T
23	SERVOCUNA	1557	SALA DE PARTOS	6	4	3	0	13	A
24	MAQUINA DE ANESTESIA	4128	SALA DE PARTOS	10	5	5	0	20	T
25	SUCCIONADOR	4455	SALA DE PARTOS	9	2	4	0	15	T
26	MONITOR MULTIPARÁMETROS	4126	SALA DE PARTOS	6	3	3	0	12	A
27	MESA QUIRÚRGICA	1501/2111	SALA DE PARTOS	7	4	3	0	14	A
28	SERVOCUNA	920	ADAPTACION NEONATAL	6	4	3	+2	15	S
29	MONITOR DE SIGNOS VITALES BÁSICO	5249	ADAPTACION NEONATAL	6	3	3	0	12	A
30	MONITOR DE SIGNOS VITALES BÁSICO	5269	ADAPTACION NEONATAL	6	3	3	0	12	A
31	MONITOR MULTIPARÁMETROS	3201	ADAPTACION NEONATAL	6	3	3	0	12	A
32	INCUBADORA	1200	ADAPTACION NEONATAL	10	5	3	0	18	T
33	SUCCIONADOR	4207	ADAPTACION NEONATAL	9	2	4	+1	16	S
34	DEFIBRILADOR	2552	ADAPTACION NEONATAL	9	5	4	0	18	T
35	SUCCIONADOR	2113	ADAPTACION NEONATAL	9	2	4	+1	16	S
36	MONITOR MULTIPARÁMETROS	3203	RECUPERACION DE PARTOS	6	3	4	+2	15	S
37	MONITOR MULTIPARÁMETROS	1529	RECUPERACION DE PARTOS	6	3	4	+2	15	S
38	ELECTROCARDÍOGRAFO	4308	URGENCIAS REANIMACION	6	3	5	+1	15	S
39	SERVOCUNA	915	URGENCIAS REANIMACION	6	4	3	+2	15	S
40	DEFIBRILADOR	5593	URGENCIAS REANIMACION	9	5	4	1	19	T
41	SUCCIONADOR	3616	URGENCIAS REANIMACION	9	2	4	0	15	S
42	SUCCIONADOR	4637	URGENCIAS REANIMACION	9	2	4	0	15	S
43	MONITOR DE SIGNOS VITALES BÁSICO	5270	URGENCIAS REANIMACION	6	3	3	0	12	A
44	MONITOR DE SIGNOS VITALES BÁSICO	5268	URGENCIAS REANIMACION	6	3	3	1	13	A

Fuente: (Arguello Trujillo, 2018)

En la tabla 14, Frecuencia de mantenimiento corresponde: A: Anual; S: Semestral, T: Trimestral

6.1.6 Fase 6: Creación del cronograma de mantenimiento

Con las frecuencias de mantenimiento de cada equipo calculadas anteriormente (tablas 13 y 14), se inició la creación del cronograma de mantenimiento preventivo, planificando la carga de trabajo por año y organizando principalmente, los equipos con mayor cantidad de mantenimientos. Además, para los meses donde generalmente el personal de mantenimiento sale a vacaciones o hay días de festividades (diciembre-enero), se dispusieron menor cantidad de equipos, con el fin de evitar aplazamientos en los mantenimientos y así poder realizar las actividades en los tiempos agendados.

7. RESULTADOS

1. Basándonos en el algoritmo propuesto por la O.M.S., clasificamos cada equipo y generamos su respectivo número de gestión (GE).

Número GE # = # función + # aplicación + # mantenimiento + # antecedentes.

(Organización Mundial de la Salud, 2012)

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
5267, 5269, 5275, 5273, 5266.

Monitor de signos vitales: $6 + 3 + 3 + 0 = 12$.

Monitor de signos vitales: $6 + 3 + 3 + 1 = 13$. Inventario: 5277

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
1653, 5277, 4700

Monitor multiparámetros: $6 + 3 + 3 + 0 = 12$

Mesa quirúrgica: $7 + 4 + 3 + 2 = 16$. Inventario: N/R

Máquina de anestesia: $10 + 5 + 5 + 0 = 20$. Inventario: 2787

Electrobisturí: $9 + 4 + 3 + 0 = 16$. Inventario: 1504

Lámpara cialítica: $7 + 1 + 3 + 1 = 12$. Inventario: 2553

Succionador: $9 + 2 + 4 + 1 = 16$. Inventario: 3040

Capnógrafo: $6 + 3 + 5 + 0 = 14$. Inventario: 2791

Desfibrilador: $9 + 5 + 4 + 0 = 18$. Inventario: 3637

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
2551, 979, 982, 1186.

Monitor multiparámetros: $6 + 3 + 4 + 2 = 15$

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
998, 5247.

Desfibrilador: $9 + 5 + 4 + 0 = 18$

Servocuna: $6 + 4 + 3 + 0 = 13$. Inventario: 1557

Máquina de anestesia: $10 + 5 + 5 + 0 = 20$. Inventario: 4128

Succionador: $9 + 2 + 4 + 0 = 15$. Inventario: 4455

Monitor multiparámetros: $6 + 3 + 3 + 0 = 12$. Inventario: 4126

Mesa quirúrgica: $7 + 4 + 3 + 0 = 14$. Inventario: 1501/2111

Servocuna: $6 + 4 + 3 + 2 = 15$. Inventario: 920

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
5249, 5269,

Monitor de signos vitales básico: $6 + 3 + 3 + 0 = 12$

Monitor multiparámetros: $6 + 3 + 3 + 0 = 12$. Inventario: 3201

Incubadora: $10 + 5 + 3 + 0 = 18$. Inventario: 1200

Succionador: $9 + 2 + 4 + 1 = 16$. Inventario: 4207

Desfibrilador: $9 + 5 + 4 + 0 = 18$. Inventario: 2552

Succionador: $9 + 2 + 4 + 1 = 16$. Inventario: 2113

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
3203, 1529.

Monitor multiparámetros: $6 + 3 + 4 + 2 = 15$

Electrocardiógrafo: $6 + 3 + 5 + 1 = 15$. Inventario: 4308

Servocuna: $6 + 4 + 3 + 2 = 15$. Inventario: 915

Desfibrilador: $9 + 5 + 4 + 1 = 19$

Número de gestión para los equipos con los siguientes registros de inventario:
3616, 4637.

Succionador: $9 + 2 + 4 + 0 = 15$

Monitor de signos vitales básico: $6 + 3 + 3 + 0 = 12$. Inventario: 5270

Monitor de signos vitales básico: $6 + 3 + 3 + 1 = 13$. Inventario: 5268

2. Para incluir los equipos en el cronograma de mantenimiento se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- El número de gestión de los equipos (GE) tiene que ser igual o mayor a 12 y se programarán los mantenimientos preventivos de todos ellos.

- Los equipos con un número de GE de 15 o más, se les planeará los mantenimientos cada seis meses.
- para los dispositivos con un valor de GE de 19 y 20 se deben programar las inspecciones cada cuatro meses.
- Dispositivos con requisitos importantes de mantenimiento (4 o 5), se les programarán tareas de mantenimiento cada seis meses
- Dispositivos con requisitos usuales o mínimos de mantenimiento (3, 2 o 1), las tareas de mantenimiento serán anuales.
- Equipos con un número de gestión menor a 12, no se incluirá en el cronograma de mantenimiento; figurarán en el inventario, pero sólo se les realizaran tares de reparación.

En nuestro caso, como los dispositivos obtuvieron un valor de GE mayor a 12, todos se incluyeron en el cronograma de mantenimiento.

3. Se realizó el cronograma de mantenimiento preventivo, tomando como muestra algunos equipos del hospital de Bosa segundo nivel. En éste formato se especifican ciertos datos que son necesarios en el momento de ubicar el dispositivo, como también las frecuencias de mantenimientos que requieren cada uno para el año.

En las tablas (15, 16 y 17), podemos ver a los equipos agrupados según su ubicación en el hospital, además, los cuadros rellenos de color gris, al frente de cada dispositivos, muestran la cantidad de mantenimientos que requiere y el mes en que se debe realizar esta actividad. Cada mes está dividido en cuatro semanas, con el fin de resaltar en alguna de estas, la ejecución del mantenimiento. Se marcará en color verde la actividad realizada, en color rojo la actividad que no se hizo y en color amarillo, la actividad que por alguna razón se aplazó.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la realización del inventario de mantenimiento, se conoció el estado y la cantidad de la tecnología biomédica existente, con el fin de ir analizando que equipos podían ser incluidos, para la realización del cronograma de mantenimiento. Además también se verificó, la existencia de errores en los datos (marca, modelo, serie, ubicación, activo o inventario) de los diferentes dispositivos.
- Agrupar los equipos, dependiendo el lugar o servicio instalado, fue una muy buena idea, pues hizo que se disminuyera el tiempo que se utilizaba, para buscar la información de algún dispositivo, y a la vez se evitó confusiones de la información, con respecto a otros equipos de las mismas características.
- Fue de vital importancia, conocer las frecuencias con que se usaban los dispositivos médicos en los diferentes servicios y la experiencia brindada por el departamento de Ingeniería Biomédica, sobre el estado de funcionamiento de los mismos, pues con dicha información se hizo la elección de los equipos, que posteriormente se incluyeron en el cronograma de mantenimiento preventivo.
- Con la implementación del algoritmo propuesto por la O.M.S., se crearon prioridades a los dispositivos médicos, basadas en el riesgo de causar lesiones al paciente por una posible falla, estas prioridades fueron fundamentales a la hora de generar las frecuencias de mantenimiento para cada equipo. Las frecuencias de mantenimiento bien gestionadas, evitan el decremento de la vida útil y la confiabilidad del dispositivo.
- Se disminuyeron las frecuencias de mantenimiento de algunos equipos del hospital de Bosa segundo nivel, las cuales generarían una optimización del cronograma de mantenimiento, del tiempo y los recursos disponibles allí presentes.
- Se recomienda al personal encargado del mantenimiento preventivo o al departamento de ingeniería Biomédica, mantener actualizado el inventario de mantenimiento físico-funcional, debido a que en él, se basa la gestión de mantenimiento de los equipos médicos y los diferentes recursos: recursos financieros, materiales y humanos.

REFERENCIAS

- Arguello Trujillo, C. E. (2018). *PROCEDIMIENTO PARA RECALCULAR LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS MÉDICOS EN EL* . Investigación, Cundinamarca, Bogotá. Recuperado el 19 de Enero de 2018
- Asociación Española Para La Calidad. (2017). *Mantenimiento*. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>
- E. Rodríguez, A. M. (23-25 de Mayo de 2001). *GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS MÉDICOS*. 5. La Habana, Cuba. Recuperado el 14 de Agosto de 2017, de <http://www.sld.cu/eventos/habana2001/arrepdf/00187.pdf>
- Ernesto Rodríguez, D. (2003). *Ingeniería Clínica*. Cuba. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de http://bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/ingenieria_clinica/archivos/T2013/ic-denis.pdf
- Escudero, C. H. (2013). *Mantenimiento Preventivo*. Buenos Aires, Argentina: DUNKEN. Recuperado el 23 de Junio de 2017, de <https://books.google.com.co/books?isbn=9870267297>
- ESE Hospital San Pedro y San Pablo. (20 de Mayo de 2010). *INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS*. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de <http://www.eselavirginia.gov.co/archivos/apoyo/Instructivoparaelmantenimientodeequiposbiomedicos.pdf>
- Estrada Puerta, J. S., & Cifuentes Rodriguez, P. N. (2011). *GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS EN LA FUNDACIÓN CLÍNICA INFANTIL CLUB NOEL: MÓDULO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA*. Recuperado el 23 de Junio de 2017, de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1141/1/TBM00269.pdf>
- Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E. (10 de Octubre de 2016). *Quienes Somos*. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de Reseña Histórica: <http://www.esebosa.gov.co/index.php/quienes-somos>

- Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E. (10 de Octubre de 2016). *Misión*. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de Quienes Somos: <http://www.esebosa.gov.co/index.php/quienes-somos/mision>
- Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E. (10 de Octubre de 2016). *Portafolio de Servicios*. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de SERVICIOS DE SALUD OFERTADOS: <http://www.esebosa.gov.co/index.php/portafolio/portafolio-de-servicios>
- Hospital de Bosa Segundo Nivel E.S.E. (10 de Octubre de 2016). *Visión*. Recuperado el 16 de Enero de 2018, de Quienes Somos: <http://www.esebosa.gov.co/index.php/quienes-somos/vision>
- Hospital San Juan de Dios de Cauquenes. (Noviembre de 2012). PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS MÉDICOS. Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de <http://www.hospitalcauquenes.cl/files/EQ%202.1.%202.2%20Progr.%20mantenimiento%20preventivo%20equipos%20medicos.pdf>
- jurídica., E. (22 de NOVIEMBRE de 2014). *WIKIPEDIA*. Recuperado el 11 de Enero de 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Contrato_de_comodato
- Malagón Londoño , G., Pontón Laverde, G., & Galán Morera, R. (2008). *Administración Hospitalaria* (TERCERA EDICIÓN ed.). Bogotá: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA. Recuperado el 14 de Agosto de 2016, de <https://books.google.com.co/books?isbn=9589181988>
- Organización Mundial de la Salud. (16 de Mayo de 2012). *Dispositivos médicos*. Recuperado el 11 de Enero de 2018, de http://www.who.int/medical_devices/es/
- Organización Mundial de la Salud. (22 de Febrero de 2012). *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos*. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44830/1/9789243501536_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (13 de Marzo de 2014). *Evaluación de las intervenciones y las tecnologías sanitarias en apoyo de la cobertura sanitaria universal*. Recuperado el 11 de Enero de 2018, de http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA67/A67_33-sp.pdf
- RENOVETEC. (2013). *QUE ES UN PLAN DE MANTENIMIENTO*. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de EL PLAN DE MANTENIMIENTO: <http://www.elplandemantenimiento.com/index.php/que-es-un-plan-de-mantenimiento>

Sen Salinas, D. A., & Aguilar Soto, J. G. (2015). *MODIFICACIÓN DEL ALGORITMO DE FENNIGKOH Y SMITH PARA EL CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS MÉDICOS*. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de http://www-optica.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2015/memorias/pdf/MyT2015_71_E.pdf

