



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE BIOMEDICINA

**ESTUDIO DEL ESTADO FUNCIONAL Y DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL
DE MÁQUINAS DE ANESTESIA EN EL BLOQUE QUIRURGICO DE UN
HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Biomédico

AUTOR: Emily Gabriela Lema Vega

TUTOR: Ing. Flavio Vicente Moreno Villamarin

Guayaquil-Ecuador

Febrero 2024

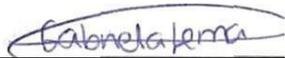
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Emily Gabriela Lema Vega con documento de identificación No. 1727311589
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 29 de enero del año 2024

Atentamente,



Emily Gabriela Lema Vega

1727311589

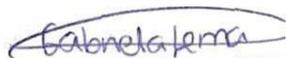
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Emily Gabriela Lema Vega con documento de identificación No. 1727311589, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico : “ESTUDIO DEL ESTADO FUNCIONAL Y DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE MÁQUINAS DE ANESTESIA EN EL BLOQUE QUIRÚRGICO DE UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN GUAYAQUIL”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Biomedicina, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de enero del año 2024

Atentamente,



Emily Gabriela Lema Vega

1727311589

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Flavio Vicente Moreno Villamarín con documento de identificación N° 1205480542, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DEL ESTADO FUNCIONAL Y DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE MÁQUINAS DE ANESTESIA EN EL BLOQUE QUIRURGICO DE UN HOSPITAL DE TERCER NIVEL EN GUAYAQUIL, realizado por Emily Gabriela Lema Vega con documento de identificación N°,1727311589 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 16 de febrero del año 2024



Ing. Flavio Vicente Moreno Villamarín

1205480542

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi querida UPS por brindarme una plataforma excepcional para mi desarrollo académico y personal. Agradezco profundamente a mis dedicados profesores cuya pasión por la enseñanza y orientación han sido fuentes invaluable de inspiración de una manera especial al Ing. Roberto, Dra. Cindy, Ing. Danny e Ing. Carlos. Un agradecimiento especial a mi tutor el Ing. Flavio, cuya guía y apoyo han sido fundamentales en mi trayectoria educativa. No puedo pasar por alto el papel fundamental de mis queridos compañeros de clase, quienes han compartido conmigo risas, desafíos y momentos de aprendizaje e inolvidables. Gracias Julio, Augusto y Luis por hacer el camino un poco más fácil. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi experiencia académica, y estoy ansioso por aplicar los conocimientos adquiridos en este valioso período de mi vida.

Gabriela Lema

DEDICATORIA

Dedicado a mi Querida familia,

A ustedes, mi pilar inquebrantable, dedico este logro que hoy celebro. A ti, mami, mi fuente constante de apoyo y confianza, gracias por creer en mí de una manera que nadie más lo hace. Tus palabras alentadoras y tu amor incondicional han sido mi fortaleza. A ti, papi, agradezco por acompañarme día a día, por ser testigo de mi crecimiento a lo largo de estos cuatro años y por brindarme tu respaldo y apoyo incondicional. A mi hermano Vinicio, agradezco por tus sabios consejos y orientación constante, siempre instándome a ser la mejor versión de mí misma. Y a ti, Gisselle, mi ancla en los momentos de tempestad, agradezco por tu presencia constante que me ha dado estabilidad. Este logro es tanto de ustedes como mío, y cada uno ha contribuido de manera invaluable a mi camino. Gracias por ser mi familia, mi apoyo inquebrantable y mi mayor fuente de amor.

Con gratitud eterna,

Emily Gabriela

RESUMEN

Este estudio profundiza en la evaluación del estado funcional y la determinación de la vida útil de las máquinas de anestesia en un hospital de tercer nivel en Guayaquil, empleando una metodología que integra análisis técnico, económico y clínico adaptados a las necesidades específicas del hospital. La investigación reveló que el 59,32% de las fallas identificadas son de tipo neumático, destacando la importancia de un mantenimiento preventivo adecuado. Se encontró que las máquinas de anestesia Mindray superan el límite recomendado de mantenimientos correctivos, lo cual sugiere una gestión de mantenimiento subóptima en comparación con las máquinas General Electric, que presentan una proporción casi ideal entre mantenimientos preventivos y correctivos.

Los análisis detallados demostraron cómo defectos específicos en componentes críticos como sensores de oxígeno y flujo, así como O-rings, impactan directamente en la funcionalidad del equipo, afectando la seguridad y la eficiencia de la anestesia administrada. Utilizando la metodología de obsolescencia, se determinó la duración efectiva de cada máquina, variando entre 14 y 17,5 años. Este enfoque permitió clasificar las máquinas según su etapa de vida útil y tasa de fallo, recomendando evaluaciones de tecnología médica en intervalos específicos para garantizar su funcionamiento óptimo.

La conclusión del estudio subraya la necesidad de una gestión tecnológica proactiva y una planificación estratégica en la renovación y adquisición de equipos médicos. Se destaca la importancia de adoptar un régimen de mantenimiento que priorice las

intervenciones preventivas sobre las correctivas, asegurando así la continuidad y la calidad de la atención médica. Los resultados proporcionan una base sólida para decisiones informadas respecto a la gestión de máquinas de anestesia, contribuyendo significativamente a la optimización de recursos y la mejora de los servicios de salud en el hospital.

Palabras clave: máquina de anestesia, vida útil, obsolescencia, mantenimiento preventivo, mantenimientos correctivos.

Abstract

This study delves into evaluating the functional state and determining the lifespan of anesthesia machines at a third-level hospital in Guayaquil, employing a methodology that integrates technical, economic, and clinical analysis tailored to the hospital's specific needs. The research revealed that 59.32% of the identified failures are pneumatically related, highlighting the importance of adequate preventive maintenance. It was found that Mindray anesthesia machines exceed the recommended limit of corrective maintenances, suggesting suboptimal maintenance management compared to General Electric machines, which present an almost ideal ratio between preventive and corrective maintenances.

Detailed analyses demonstrated how specific defects in critical components like oxygen and flow sensors, as well as O-rings, directly impact the equipment's functionality, affecting the safety and efficiency of the administered anesthesia. Using the obsolescence methodology, the effective lifespan of each machine was determined,

ranging from 14 to 17.5 years. This approach allowed for the classification of machines according to their life stage and failure rate, recommending medical technology evaluations at specific intervals to ensure optimal operation.

The study's conclusion underscores the need for proactive technological management and strategic planning in the renewal and acquisition of medical equipment. It highlights the importance of adopting a maintenance regime that prioritizes preventive over corrective interventions, thus ensuring the continuity and quality of medical care. The results provide a solid foundation for informed decisions regarding the management of anesthesia machines, significantly contributing to resource optimization and the improvement of health services at the hospital.

Key words: anesthesia machine, lifespan, obsolescence, preventive maintenance, corrective maintenance.

1 INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
---	-----------

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
--	------------

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
---	-----------

1 CAPÍTULO I 1

<i>1.1</i>	<i>Introducción</i>	<i>1</i>
<i>1.2</i>	<i>Descripción del problema</i>	<i>4</i>
<i>1.3</i>	<i>Justificación</i>	<i>5</i>
<i>1.4</i>	<i>Grupo Beneficiario</i>	<i>6</i>
<i>1.5</i>	<i>Objetivos</i>	<i>7</i>
1.5.1	Objetivo General	7
1.5.2	Objetivos Específicos:	7

2 CAPÍTULO II 8

<i>2.1</i>	<i>Marco teórico</i>	<i>8</i>
2.1.1	Gestión de Mantenimiento	9
2.1.2	Vida útil de activos	14
2.1.3	Obsolescencia en equipos	16

2.1.4	Importancia	19
2.1.5	Clasificación por riesgo	20
2.1.6	Mantenimiento preventivo en máquinas de anestesia	21
2.1.7	Mantenimiento correctivo en máquinas de anestesia	21
2.1.8	Mantenimiento predictivo en máquinas de anestesia	22
2.1.9	Gestión tecnológica en equipos médicos	22
2.1.10	Adquisición de tecnología biomédica	22
2.1.11	Renovación	22
2.1.12	Obsolescencia de la tecnología biomédica	22
3	CAPÍTULO III 24	
3.1	<i>Marco Metodológico</i>	24
2.1.	<i>Diseño de estudio</i>	24
3.2	<i>Fase 1 del Análisis</i>	24
3.2.1	Fase 1.1: Análisis Técnico de los Equipos	25
3.2.2	Fase 1.2: Análisis económico	26
3.2.3	Fase 1.3: Análisis Clínico	27
3.3	<i>Fase 2: Análisis de hallazgos</i>	28
3.4	<i>Fase 3: Metodología de obsolescencia</i>	29
3.5	<i>Población</i>	32
3.5.1	Plan de Muestreo	32
3.5.2	Técnica e instrumento de recolección de datos	33
3.5.3	Variables	34

3.5.4	Análisis de datos	36
4	CAPITULO IV	37
4.1	<i>Análisis técnico</i>	37
	40	
4.2	<i>Análisis económico</i>	41
4.3	<i>Análisis clínico</i>	44
4.4	<i>Evaluación Técnica</i>	45
4.5	<i>Evaluación Económica</i>	45
4.6	<i>Evaluación Final</i>	46
5	CRONOGRAMA	49
6	PRESUPUESTO	50
7	CONCLUSIONES	51
8	RECOMENDACIONES	54
9	Bibliografía	57
10	Anexos	61

Índice de Figuras

Figura 1	Representación Gráfica de la Curva de la Bañera para Equipos Médicos.....	16
Figura 2	Fases de investigación	
Figura 3	Matriz de datos técnicos de los equipos de anestesia	26
Figura 4	Matriz de depreciación de máquinas de anestesia.....	27
Figura 5	Ejemplo de un Dashboard para Análisis de Datos de Máquinas de Anestesia	28
Figura 6	Análisis temporal de tipos de falla periodo 2014 – 2023	37
Figura 7	Fallas por orden de trabajo de Maquinas de Anestesia	38
Figura 8.	Matriz de los Mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos MINDRAY en el periodo 2014 - 2023	39
Figura 9.	Tabla de los Mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos General Electric en el periodo 2014 - 2023	40
Figura 10	Matriz de repuesto de maquinas de anestesia	

Figura 11 Costo de los mantenimientos en Maquinas de Anestesia GENERAL ELECTRIC por tipo en el periodo (2014 – 2023).....	41
Figura 12 Costo de los mantenimientos en Maquinas de Anestesia MINDRAY por tipo en el periodo (2014 – 2023).....	42
Figura 13 Consumo mensual en dólares de los equipos pertenecientes a las dos marcas estudiadas.....	43
Figura 14 Valor residual por serie y marca	44
Figura 15 Tabla de evaluación técnica de cada equipo dividido por marca.....	45
Figura 16 Tabla de la evaluación de costos de cada equipo dividido por marca	45
Figura 17 Resultados de la Evaluación de Obsolescencia de Máquinas de Anestesia	46

Índice de tablas

Tabla 1	Variables Evaluadas en el Análisis de Máquinas de Anestesia	25
Tabla 2	Criterios para la Valoración Técnica de Máquinas de Anestesia.....	30
Tabla 3	Criterios para la Valoración Económica de Máquinas de Anestesia	31
Tabla 4	Criterios para la Valoración Clínica de Máquinas de Anestesia.....	31
Tabla 5	Cronograma.....	49
Tabla 6	Presupuesto	50

1 CAPÍTULO I

10.1 Introducción

La presente tesis se embarca en un examen minucioso destinado a comprender el estado operativo de las máquinas de anestesia y a establecer la duración efectiva de su utilidad en el contexto del hospital de Guayaquil. La importancia fundamental de este estudio radica en la necesidad imperativa de mantener un entorno hospitalario que no solo sea eficiente desde el punto de vista operativo, sino también seguro y capaz de proporcionar atención médica de alta calidad. En este sentido, la funcionalidad adecuada del equipamiento médico desempeña un papel crucial en el cumplimiento de estos objetivos.

El hospital de Guayaquil, como centro de atención médica integral, alberga una amplia gama de dispositivos médicos que desempeñan un papel esencial en el diagnóstico, tratamiento y monitoreo de los pacientes. La rápida evolución de la tecnología médica y la constante introducción de nuevos equipos hacen que la gestión efectiva de estos recursos sea un desafío continuo. Por lo tanto, este estudio se propone abordar esta cuestión mediante un análisis exhaustivo del estado funcional de las máquinas de anestesia presentes en el hospital, así como la determinación precisa de su vida útil.

La evaluación del estado funcional implica un examen detallado de la operatividad y rendimiento de cada dispositivo médico, con el objetivo de identificar posibles fallos o deficiencias que puedan impactar en la entrega de servicios de atención médica. Además, la

determinación de la vida útil de estos equipos se convierte en un aspecto crucial para optimizar la gestión de recursos y garantizar la eficiencia a largo plazo del hospital (Vargas, 2023).

Este estudio no solo busca diagnosticar y abordar problemas potenciales, sino que también aspira a proporcionar datos sustanciales que sirvan como base para la toma de decisiones estratégicas en relación con el mantenimiento, actualización y adquisición de tecnología médica en el hospital de Guayaquil. Al comprender a fondo la vida útil de las máquinas de anestesia y su estado funcional, se espera contribuir significativamente a la mejora continua de los estándares de atención médica en este importante centro de salud. En última instancia, esta investigación aspira a ofrecer una perspectiva integral y fundamentada que beneficie tanto a los profesionales de la salud como a los responsables de la toma de decisiones en el ámbito hospitalario.

Los antecedentes de la presente tesis se enmarcan en la creciente importancia de mantener y gestionar de manera eficaz el equipamiento médico en entornos hospitalarios, específicamente en el contexto de un hospital de tercer nivel en Guayaquil. La gestión adecuada de los dispositivos médicos no solo es esencial para garantizar la calidad de la atención médica, sino también para optimizar el uso de los recursos y afrontar los desafíos derivados de la evolución constante de la tecnología médica (Panchi, 2019).

La rápida innovación y el progreso en el ámbito de la tecnología médica han llevado a la introducción constante de nuevos dispositivos y equipos en los hospitales, con el objetivo de los procesos de diagnóstico, tratamiento y monitoreo de los pacientes. Sin embargo, esta evolución tecnológica también ha planteado desafíos significativos en términos de mantenimiento, actualización y gestión de la vida útil de los dispositivos médicos existentes

(Gonzalez & García Sanz-Calcedo, 2021). La falta de una evaluación sistemática y continua del estado funcional de estos equipos puede resultar en problemas operativos, afectando directamente la calidad de la atención y la eficiencia del hospital.

Numerosos estudios han destacado la importancia de la gestión efectiva del equipamiento médico, subrayando la necesidad de establecer prácticas sólidas de mantenimiento preventivo y predictivo para garantizar el funcionamiento óptimo de los dispositivos. La literatura existente también destaca los desafíos asociados con la obsolescencia tecnológica y la importancia de desarrollar una estrategia planificada para la renovación y adquisición de equipos médicos.

En el caso específico de un hospital de Guayaquil, la falta de investigaciones exhaustivas sobre el estado funcional y la vida útil de su equipamiento médico crea una brecha en el conocimiento que esta tesis busca abordar. La comprensión detallada de la operatividad de los equipos médicos presentes en el hospital, así como la determinación precisa de su vida útil, se presenta como un paso crucial para mejorar la eficiencia operativa y garantizar la continuidad de la prestación de servicios de salud de calidad.

En conclusión, los antecedentes de esta tesis se fundamentan en la necesidad imperativa de abordar los desafíos asociados con la gestión del equipamiento médico en el hospital de Guayaquil, considerando las implicaciones directas que esto tiene en la calidad de la atención médica y en la optimización de los recursos disponibles.

10.2 Descripción del problema

El planteamiento del problema en esta tesis se fundamenta en la necesidad crítica de abordar las incertidumbres y desafíos asociados con el estado funcional y la vida útil de las máquinas de anestesia en un hospital de Guayaquil. La complejidad inherente a la gestión de dispositivos médicos, en un entorno hospitalario de tal envergadura, plantea interrogantes sustanciales que requieren una atención detallada para garantizar la calidad de la atención médica y la eficiencia operativa.

En primer lugar, la falta de un análisis sistemático y continuo del estado funcional de las máquinas de anestesia en un hospital de Guayaquil representa una brecha en el conocimiento. La operatividad de estos equipos es esencial para el desempeño efectivo de las funciones médicas, y la ausencia de evaluaciones regulares podría resultar en la detección tardía de posibles fallos, comprometiendo así la calidad de la atención brindada a los pacientes.

Asimismo, la determinación precisa de la vida útil de los equipos médicos se erige como un desafío crucial. La obsolescencia tecnológica, la rápida evolución de la tecnología médica y las limitaciones presupuestarias imponen la necesidad de una planificación estratégica para la renovación y adquisición de nuevos dispositivos. La carencia de información detallada sobre la duración efectiva de la utilidad de los equipos existentes puede conducir a decisiones subóptimas en términos de inversión y recursos, afectando negativamente la capacidad del hospital para mantenerse a la vanguardia en términos de tecnología médica.

En este contexto, la tesis se plantea como una respuesta a estas problemáticas, aspirando a ofrecer una comprensión profunda del estado funcional de los dispositivos médicos en un hospital de Guayaquil y a proporcionar un informe para la toma de decisiones estratégicas en relación con la gestión y renovación de este equipamiento.

En última instancia, el planteamiento del problema busca abordar las incertidumbres inherentes a la gestión del equipamiento médico en un entorno hospitalario complejo, contribuyendo así a la mejora continua de la calidad y eficiencia de los servicios de salud proporcionados.

10.3 Justificación

La justificación de esta tesis se sustenta en la necesidad inminente de abordar las complejidades inherentes a la gestión de las máquinas de anestesia en un hospital de Guayaquil. La relevancia de este estudio se fundamenta en varios aspectos cruciales que inciden directamente en la calidad de la atención médica y en la eficiencia operativa de este centro hospitalario de envergadura.

En primera instancia, la detección temprana de posibles fallos o deficiencias en estos dispositivos es esencial para prevenir situaciones que puedan comprometer la atención médica, permitiendo una intervención oportuna y eficaz.

Adicionalmente, la determinación precisa de la vida útil de los equipos médicos constituye un componente crucial de la gestión eficiente de recursos. En un entorno hospitalario en constante evolución, la obsolescencia tecnológica y la introducción de nuevas tecnologías

plantean desafíos considerables. Una comprensión detallada de la duración efectiva de la utilidad de los dispositivos existentes permite una planificación estratégica para su renovación y adquisición, evitando la obsolescencia prematura y optimizando la inversión en tecnología médica.

Esta investigación no solo se propone abordar problemas inmediatos de mantenimiento y operatividad, sino que también aspira a contribuir al desarrollo de prácticas y políticas que fortalezcan la gestión global del equipamiento médico en un hospital de Guayaquil. La información generada a partir de este estudio proporcionará datos valiosos para la toma de decisiones estratégicas, no solo en términos de mantenimiento y actualización de equipos, sino también en la planificación a largo plazo de inversiones en tecnología médica.

En última instancia, la justificación de esta tesis se apoya en la premisa de que un estudio detallado del estado funcional y la vida útil del equipamiento médico en un hospital de Guayaquil no solo mejorará la eficiencia operativa de la institución, sino que también contribuirá a elevar los estándares de atención médica ofrecidos a la comunidad.

10.4 Grupo Beneficiario

Este trabajo de investigación puede beneficiar no solo al Hospital sino también a los trabajadores de este como es el caso de médicos, personal administrativo y personal técnico, ya que ayudara a agilizar procesos en el momento de la adquisición de equipos médicos con un soporte técnico fundamentado.

10.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Analizar de manera integral el estado funcional de las máquinas de anestesia y determinar con precisión en que etapa de la vida útil se encuentran, con el fin de proporcionar una base sólida para la mejora de la gestión tecnológica de estos equipos y, por ende, elevar la calidad de los servicios de salud ofrecidos por la institución.

1.5.2 Objetivos Específicos:

1. Realizar un análisis del estado operativo de cada máquina de anestesia en el hospital, identificando posibles fallos, deficiencias o necesidades de mantenimiento que puedan afectar la funcionalidad y eficiencia de los equipos
2. Establecer con precisión la duración efectiva de cada máquina de anestesia, aplicando la metodología para la obsolescencia de equipos médicos, el rendimiento histórico y las especificidades técnicas, con el propósito de planificar estratégicamente su renovación y adquisición.
3. Informar a la dirección administrativa-financiera sobre el estado operativo de las máquinas de anestesia del bloque quirúrgico del hospital.
4. Ofrecer recomendaciones específicas para la mejora de las prácticas de gestión del equipamiento médico para el hospital con un enfoque en el mantenimiento preventivo, la actualización tecnológica y la optimización de recursos a corto y largo plazo con los resultados del estudio realizado a las máquinas de anestesia.

2 CAPÍTULO II

2.1 Marco teórico

El marco teórico de la presente tesis se fundamenta en la convergencia de diversas disciplinas que abordan la gestión eficiente del equipamiento médico en entornos hospitalarios, con un enfoque específico en un hospital de Guayaquil. Este marco se estructura en torno a tres pilares fundamentales: la gestión de tecnología médica, el mantenimiento de equipamiento médico y la planificación estratégica para la renovación de dispositivos.

La gestión de tecnología médica se erige como un componente esencial. Este enfoque considera la integración y coordinación de los diversos equipos médicos presentes en el hospital para garantizar un flujo de trabajo coherente y eficiente. La literatura destaca la importancia de una gestión integral que abarque desde la adquisición hasta el retiro de los dispositivos, incluyendo evaluaciones regulares de su estado funcional.

Por otro lado, el mantenimiento de equipamiento médico emerge como un factor crítico en el marco teórico. Se reconoce la necesidad de implementar prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo para asegurar la confiabilidad y operatividad continua de los dispositivos. Este enfoque proactivo no solo contribuye a la prolongación de la vida útil de los equipos, sino que también reduce los riesgos de fallas imprevistas y mejora la seguridad del paciente.

En cuanto a la planificación estratégica para la renovación de dispositivos se presenta como un elemento clave en el marco teórico. La rápida evolución de la tecnología médica y la

obsolescencia de equipos plantean desafíos significativos. La anticipada, basada en evaluaciones precisas de la vida útil de los dispositivos y considerando factores presupuestarios, se revela como una estrategia fundamental para mantener la relevancia y eficacia de la infraestructura tecnológica.

2.1.1 Gestión de Mantenimiento

La gestión de mantenimiento se refiere al conjunto de estrategias, procesos y acciones planificadas que se aplican de manera sistemática para garantizar el funcionamiento óptimo y continuo de los equipos y maquinaria en un entorno específico (Pérez, 2021). En el contexto de la tesis, la gestión de mantenimiento adquiere una relevancia crucial. Implica la supervisión, planificación y ejecución de actividades destinadas a preservar y prolongar la vida útil de las máquinas de anestesia, asegurando su funcionamiento óptimo y confiable.

La gestión de mantenimiento, en términos generales, se erige como un conjunto de prácticas y estrategias dirigidas a asegurar el rendimiento óptimo y la durabilidad de los equipos, maquinaria o instalaciones en un contexto específico (Vahos, Pino, & Maldonado, 2019). La literatura especializada ha demostrado una evolución significativa en esta área, que va más allá de la simple corrección de fallas, abordando la prevención proactiva y la optimización del rendimiento (Castro, Mateus, & Barbieri, 2022).

La gestión de mantenimiento opera de manera coordinada y proactiva. Inicia con un análisis detallado del estado funcional de las máquinas de anestesia, identificando posibles áreas de riesgo o desgaste. A partir de este diagnóstico, se establecen planes de mantenimiento preventivo, que incluyen actividades periódicas de revisión, lubricación y calibración.

Asimismo, como parte de las actividades que conforman la gestión de mantenimiento se implementan medidas correctivas en respuesta a eventos inesperados. De esta manera opera como un sistema integral que involucra a profesionales capacitados, cronogramas planificados y la aplicación de las mejores prácticas en el cuidado y preservación de las máquinas de anestesia, asegurando así su rendimiento óptimo y la seguridad en el entorno quirúrgico del hospital.

Las definiciones asociadas a la gestión de mantenimiento destacan su carácter estratégico, orientado a la planificación y ejecución de acciones sistemáticas para preservar la funcionalidad de los activos. En el entorno hospitalario, la gestión de mantenimiento adquiere una relevancia excepcional, ya que incide directamente en la seguridad y eficacia de los procedimientos médicos. En este contexto, el mantenimiento preventivo y correctivo se configura como parte integral de esta gestión, buscando minimizar los riesgos de fallas, reducir tiempos de inactividad y prolongar la vida útil de los equipos médicos críticos (Solórzano, 2022).

En términos prácticos, la gestión de mantenimiento implica una evaluación sistemática del estado funcional de las máquinas de anestesia. La identificación temprana de posibles problemas o desgastes permite la aplicación oportuna de intervenciones preventivas, como revisiones periódicas, ajustes y calibraciones. Además, en casos de eventos inesperados, se implementan acciones correctivas para restablecer rápidamente la operatividad de los equipos y garantizar la continuidad de los servicios médicos.

La aplicación eficaz de la gestión de mantenimiento no solo asegura la operatividad y seguridad de las máquinas de anestesia, sino que también contribuye a la eficiencia y

continuidad de los servicios médicos.

2.1.1.1 Mantenimiento

El mantenimiento se define como el conjunto de acciones y cuidados sistemáticos realizados en los equipos, maquinaria o instalaciones con el propósito de prevenir o corregir posibles fallas, asegurar su operatividad y prolongar su vida útil (Salazar & Uceda, 2021). En el marco de la tesis, el mantenimiento de las máquinas de anestesia implica la aplicación de técnicas preventivas y correctivas para garantizar su disponibilidad y rendimiento, contribuyendo así a la seguridad y eficiencia en el bloque quirúrgico del hospital de tercer nivel en Guayaquil.

El mantenimiento en el estudio de las máquinas de anestesia tiene como finalidad primordial asegurar la integridad y confiabilidad de estos equipos médicos. Además, busca prevenir posibles fallas que podrían comprometer la seguridad de los pacientes y el desarrollo adecuado de los procedimientos quirúrgicos. La aplicación de un mantenimiento adecuado contribuye a minimizar los tiempos de inactividad, optimizando la operatividad de las máquinas y garantizando la prestación ininterrumpida de los servicios médicos en el bloque quirúrgico.

2.1.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia proactiva y sistemática implementada en diversos sectores, incluyendo la industria, la salud y la tecnología, con el objetivo de evitar o mitigar fallos y prolongar la vida útil de los activos. Se fundamenta en la realización programada de inspecciones, ajustes y sustituciones de componentes, con base en el conocimiento anticipado de las condiciones operativas y el historial de desempeño del equipo.

Este enfoque se diferencia significativamente del mantenimiento correctivo, que se ejecuta como respuesta a fallas imprevistas.

La esencia del mantenimiento preventivo radica en la anticipación y planificación de intervenciones, evitando interrupciones no planificadas y reduciendo el riesgo de averías costosas. Implica la identificación de actividades clave, como la lubricación, ajuste de piezas, limpieza y reemplazo programado de componentes propensos al desgaste. Al abordar estos aspectos de manera regular, se busca mantener las máquinas y equipos en condiciones óptimas de funcionamiento.

La implementación eficaz del mantenimiento preventivo requiere una comprensión profunda de la maquinaria específica y sus necesidades particulares. Este conocimiento se obtiene mediante el análisis detallado de manuales del fabricante, especificaciones técnicas y la experiencia acumulada a lo largo del tiempo. Además, se emplean técnicas predictivas, como análisis de vibraciones, termografía y ultrasonido, para evaluar la salud de los equipos y detectar posibles problemas antes de que se manifiesten.

Una de las ventajas más destacadas del mantenimiento preventivo es su capacidad para minimizar el tiempo de inactividad no planificado, lo que se traduce en una mejora significativa en la eficiencia operativa. Asimismo, contribuye a la seguridad del personal al identificar y abordar riesgos potenciales. La aplicación sistemática de este enfoque también puede tener un impacto positivo en los costos, ya que las reparaciones y sustituciones planificadas tienden a ser menos onerosas que las intervenciones de emergencia.

2.1.1.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, en términos generales, se refiere a la estrategia de intervención que se implementa en respuesta a fallas inesperadas o disfunciones detectadas en activos, maquinaria o equipos. A diferencia del mantenimiento preventivo, que se centra en acciones planificadas para prevenir problemas, el correctivo entra en juego después de que una anomalía se ha manifestado. Este enfoque busca restaurar la funcionalidad normal del equipo y corregir los defectos identificados.

La naturaleza reactiva del mantenimiento correctivo implica que las intervenciones se llevan a cabo cuando surge una avería, lo que puede resultar en tiempos de inactividad no planificados. Dependiendo de la gravedad y la criticidad de la falla, estas interrupciones pueden tener impactos significativos en la productividad y eficiencia operativa. Por lo tanto, el mantenimiento correctivo se considera a menudo una estrategia menos preferible en comparación con el mantenimiento preventivo, ya que implica mayores costos asociados con la pérdida de producción y posiblemente reparaciones más extensas.

Existen dos formas principales de mantenimiento correctivo: el correctivo no planificado, que se realiza de manera inmediata ante una falla inesperada, y el correctivo planificado, que se lleva a cabo en momentos predeterminados para abordar defectos identificados durante inspecciones regulares.

La efectividad del mantenimiento correctivo depende en gran medida de la capacidad para diagnosticar rápidamente las causas subyacentes de la falla y aplicar soluciones adecuadas. Esto requiere un equipo de mantenimiento bien capacitado y la disponibilidad inmediata de piezas de repuesto, lo que puede ser crítico en entornos donde la continuidad operativa es

esencial.

2.1.2 Vida útil de activos

La vida útil de los activos se refiere al período durante el cual un bien o activo, ya sea físico o intangible, puede generar valor o desempeñar su función original de manera eficiente. Este concepto es esencial en la gestión de activos y abarca diversos sectores, desde la industria manufacturera hasta la infraestructura y la tecnología.

En el contexto de activos físicos, como maquinaria, vehículos o edificaciones, la vida útil se determina por la duración estimada en la que estos elementos pueden operar eficientemente antes de alcanzar un estado en el que los costos de mantenimiento y reparación superan los beneficios obtenidos de su uso continuado. Factores como el desgaste, la obsolescencia tecnológica y los avances en la ingeniería contribuyen a la limitación temporal de la vida útil de estos activos.

La evaluación de la vida útil implica considerar diversos elementos. En primer lugar, se examinan las especificaciones técnicas y el diseño del activo, determinando sus capacidades intrínsecas y la resistencia a factores de desgaste. Además, se tienen en cuenta las condiciones operativas y ambientales a las que se expone el activo, ya que estas pueden acelerar o ralentizar su deterioro. La experiencia acumulada y los datos históricos también desempeñan un papel crucial, proporcionando información sobre el desempeño y durabilidad real del activo.

En el ámbito financiero, la vida útil de un activo se integra en los cálculos de depreciación. La depreciación es la asignación sistemática del costo de un activo a lo largo de su vida útil estimada, reflejando la pérdida de valor y la obsolescencia gradual. Esto es esencial

para la contabilidad y la toma de decisiones financieras, ya que afecta los estados financieros y la valoración de activos en los balances corporativos.

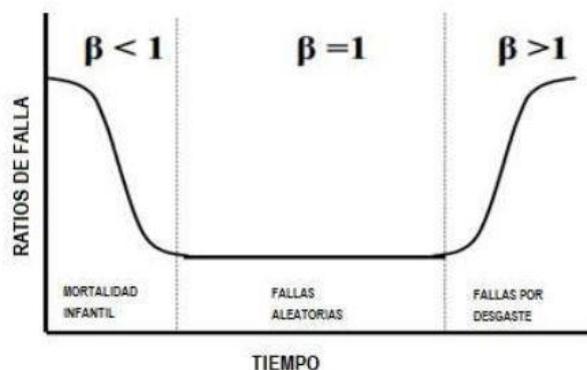
En el caso de activos intangibles, como patentes, derechos de autor o software, la vida útil se vincula con la vigencia legal y la obsolescencia del conocimiento o la tecnología asociada. Estos activos pueden tener una vida útil finita debido a cambios en las regulaciones, avances tecnológicos o la rápida evolución de las tendencias de mercado.

2.1.2.1 Interpretación del gráfico curva de la bañera

La curva de la bañera se grafica y se describe de una forma específica a la función de riesgo, la que cuenta con tres etapas complementarias que abarcan desde el nacimiento del activo, hasta la finalización de su vida útil: la primera sección de la curva, describe una tasa de fracaso (fallo), en disminución, a partir del momento comienza a estar operativo el activo, esta sección es conocida como la zona de fallos prematuros, la segunda parte de la sección de la curva es una tasa de fracaso constante, comúnmente conocida como zona de fallos aleatorios. La tercera parte de la sección es una tasa de fracaso cada vez mayor lo que representa a aquellos años en el que el activo sobrepasa su vida de diseño. (Inga J., & Choccelahua J. 2019)

Figura 1

Representación Gráfica de la Curva de la Bañera para Equipos Médicos



Fuente: Tomado de “Confiability y análisis estadístico para la predicción de fallas, seguridad, riesgo, costo y garantías de los equipos”, (Murillo M,2014)

2.1.3 Obsolescencia en equipos

La obsolescencia en equipos es un fenómeno que describe la condición en la cual un equipo o tecnología se vuelve desactualizado, ineficiente o incapaz de cumplir con los estándares actuales debido a factores como avances tecnológicos, cambios normativos o la falta de soporte y repuestos. Este concepto resulta especialmente pertinente en el campo tecnológico, donde la rápida evolución y la constante innovación pueden hacer que los equipos existentes pierdan su valor y utilidad en comparación con nuevas soluciones.

Existen varios tipos de obsolescencia, siendo la obsolescencia tecnológica la más común. Esta ocurre cuando los avances en la tecnología superan las capacidades y características de los equipos existentes, haciendo que estos se vuelvan ineficientes o incluso inutilizables para satisfacer las demandas actuales. La obsolescencia programada es otro tipo, que implica la fabricación de productos con una vida útil limitada de manera intencional, motivada por razones económicas o estratégicas.

La obsolescencia funcional es otro aspecto relevante, relacionado con la capacidad de un equipo para realizar sus funciones originales. Puede surgir debido a la falta de repuestos, la discontinuación de actualizaciones de software o la pérdida de compatibilidad con otros sistemas. En el ámbito médico, por ejemplo, la obsolescencia funcional de equipos como las máquinas de anestesia puede poner en riesgo la seguridad de los pacientes y afectar la calidad de la atención médica.

La obsolescencia también puede ser percibida, refiriéndose a la percepción del consumidor de que un equipo ya no está a la par con las expectativas actuales, incluso si aún funciona de manera adecuada. Esta percepción puede estar influenciada por la disponibilidad de versiones más nuevas, características adicionales o cambios en las preferencias del mercado.

La gestión eficaz de la obsolescencia en equipos implica la anticipación y la planificación estratégica. Esto puede incluir la evaluación regular de la vida útil y el rendimiento de los equipos, la identificación de alternativas y la implementación de planes de actualización o reemplazo. En entornos críticos como hospitales, donde la obsolescencia funcional de equipos médicos puede tener consecuencias graves, la gestión proactiva y la adopción de tecnologías sostenibles son fundamentales para garantizar la seguridad del paciente y la eficacia de los servicios de salud.

2.1.3.1 Máquina de anestesia

Las máquinas de anestesia son dispositivos médicos diseñados para administrar y controlar la administración de anestesia durante procedimientos quirúrgicos u otros procedimientos médicos. Estas máquinas juegan un papel crucial en la atención médica al mantener al paciente sedado y sin dolor durante la intervención.

2.1.3.2 Principales funcionalidades

Una de las funciones clave de la máquina de anestesia es la administración precisa de gases anestésicos y vapores. Estos gases son mezclados de manera controlada y entregados al paciente a través de un sistema de circulación de gases. Esta función permite al anestesiólogo ajustar la concentración de anestésicos de acuerdo con los requisitos particulares de cada paciente y fase del procedimiento.

Otra función esencial es la monitorización de parámetros vitales del paciente durante todo el proceso anestésico. La máquina de anestesia supervisa continuamente la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la saturación de oxígeno en la sangre y la frecuencia respiratoria. Esta monitorización en tiempo real proporciona al equipo médico información crucial sobre la respuesta del paciente a la anestesia y permite realizar ajustes inmediatos si es necesario.

El control del sistema de respiración mecánica es otra funcionalidad crítica. La máquina de anestesia garantiza la ventilación adecuada del paciente, controlando la frecuencia respiratoria, el volumen tidal y la presión de las vías respiratorias. Además, proporciona modos ventilatorios avanzados para adaptarse a diferentes tipos de pacientes y condiciones clínicas.

La máquina de anestesia también cuenta con sistemas de seguridad integrados, como alarmas sonoras y visuales, para alertar al personal médico en caso de variaciones anormales en los parámetros monitorizados. Esto contribuye a una respuesta rápida y efectiva ante situaciones de emergencia.

La administración de líquidos y medicamentos intravenosos es otra función esencial. La máquina de anestesia permite la administración controlada de fluidos y fármacos, asegurando una respuesta rápida a las necesidades del paciente durante el procedimiento quirúrgico.

2.1.4 Importancia

La importancia de la máquina de anestesia en entornos quirúrgicos es insustituible, ya que desempeña un papel fundamental en la administración segura y efectiva de anestesia durante procedimientos médicos. Su función principal es inducir un estado de insensibilidad al dolor en el paciente, permitiendo que los procedimientos quirúrgicos se lleven a cabo sin causar incomodidades o sufrimiento innecesario.

La máquina de anestesia garantiza un control preciso de la administración de gases anestésicos y vapores, adaptándose a las necesidades específicas de cada paciente y a la fase particular del procedimiento. Esto no solo contribuye a la seguridad del paciente, sino que también permite al equipo médico ajustar la profundidad de la anestesia de manera rápida y eficiente.

La monitorización continua de parámetros vitales, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la saturación de oxígeno, es esencial para evaluar la respuesta del paciente a la anestesia en tiempo real. La máquina de anestesia proporciona datos cruciales que permiten a los anestesiólogos tomar decisiones informadas y realizar ajustes según sea necesario para mantener la estabilidad fisiológica del paciente.

Además, la capacidad de controlar la respiración mecánica y administrar líquidos y medicamentos intravenosos contribuye significativamente a la atención integral del paciente durante el procedimiento quirúrgico. La máquina de anestesia no solo asegura una anestesia adecuada, sino que también facilita la intervención médica al proporcionar un entorno controlado y seguro.

2.1.5 Clasificación por riesgo

- Clase I. Son aquellos dispositivos médicos de bajo riesgo, sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión.
- Clase IIA. Son los dispositivos médicos de riesgo moderado, sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.
- Clase IIB. Son los dispositivos médicos de riesgo alto, sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad
- Clase III. Son los dispositivos médicos de muy alto riesgo sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad

o lesión. (Ministerio de Protección Social, 2005)

2.1.6 Mantenimiento preventivo en máquinas de anestesia

El mantenimiento preventivo en máquinas de anestesia es crucial para el correcto funcionamiento haciéndolo más seguro, confiable y eficiente. Su principal objetivo es lograr prevenir problemas de esta manera prolongando su vida útil, reduciendo el riesgo de fallas inesperadas. Un check list de lo que se realiza normalmente en un mantenimiento preventivo es:

- a) Realizar pruebas de fuga
- b) Realizar prueba en modo ventilador
- c) Realizar prueba de válvula inspiratoria
- d) Realizar pruebas de Seguridad y Alarmas
- e) Realizar pruebas de válvulas PEEP
- f) Realizar limpieza general
- g) Calibración

2.1.7 Mantenimiento correctivo en máquinas de anestesia

El mantenimiento correctivo en máquinas de anestesia se ejecuta cuando el equipo presenta fallas imprevistas o problemas que se pueden presentar cuando la maquina se

encuentre en uso, el check-list de un mantenimiento correctivo es completamente diferente ya que dependerá cual es el fallo que se presente en el momento.

2.1.8 Mantenimiento predictivo en máquinas de anestesia

El mantenimiento predictivo en máquinas de anestesia agrupa la aplicación de técnicas para predecir posibles fallas y planificar un mantenimiento antes de que la falla sea haga presente, de esta manera ayuda a maximizar la disponibilidad operativa de la máquina de anestesia, disminuyendo las interrupciones no planificadas.

2.1.9 Gestión tecnológica en equipos médicos

2.1.10 Adquisición de tecnología biomédica

Es la acción por la cual se realiza la transacción de compra venta de nuevo equipamiento médico según lo requiera.

2.1.11 Renovación

La renovación de equipo biomédico es un proceso crítico en entornos de atención médica que implica la actualización, reemplazo o adquisición de nuevos dispositivos y tecnologías médicas. Este proceso es esencial para asegurar que los centros de salud de todos los niveles cuenten con equipos modernos y eficientes.

2.1.12 Obsolescencia de la tecnología biomédica

Se registra el valor económico de los equipos y los motivos de la pérdida del servicio.

Razones internas (técnicas o funcionales) o externas (económicas) distintas al uso declive físico. Esta se determina con base en los siguientes criterios: a) pérdida de productividad inicial, b) desarrollo de técnicas medicas c) nueva tecnología médica. Todos estos parámetros son esenciales para poder dar de baja a un equipo médico y de esta manera se realiza un reemplazo de tecnología médica.

3 CAPÍTULO III

3.1 Marco Metodológico

El tipo de investigación realizado es descriptivo lo que permitirá analizar de manera integral el estado funcional de las máquinas de anestesia y determinar en qué etapa de la vida útil se encuentran.

2.1. Diseño de estudio

El diseño del estudio se estructuró de manera documental para obtener una visión completa. El proceso se dividió en fases que integraron tanta información cuantitativa, ofreciendo una perspectiva integral, mismas que serán descritas en el siguiente apartado.

Figura 2
Etapas del estudio



3.2 Fase 1 del Análisis

3.2.1 Fase 1.1: Análisis Técnico de los Equipos

La fase inicial de este estudio se centró en llevar a cabo un análisis técnico de las 9 máquinas de anestesia presentes en el hospital de tercer nivel en Guayaquil. Este proceso, esencial para comprender el estado funcional y determinar la vida útil de todas las máquinas de anestesia presentes en el hospital.

Las variables que fueron establecidas en esta fase fueron

Tabla 1

Variables Evaluadas en el Análisis de Máquinas de Anestesia

Variable	Tipo	Naturaleza
Año de Adquisición	Cuantitativa Discreta	Temporal
Área de Uso – Quirófano	Cualitativa Nominal	Categorica
Mantenimientos Preventivos	Cuantitativa Discreta	Conteo
Mantenimientos Correctivos	Cuantitativa Discreta	Conteo
Tipo de fallas	Cuantitativa Discreta	Conteo
Repuestos	Cuantitativa Discreta	Conteo
Servicio Técnico	Cuantitativa discreta	Conteo

Fuente: *Elaboración Propia*

La obtención de esta información de análisis se llevó a cabo mediante la revisión de registros históricos, manuales técnicos de los equipos y entrevistas con el personal encargado de la operación y mantenimiento de las máquinas de anestesia.

La información detallada y exhaustiva obtenida durante la fase 1 del estudio, que se centró en el análisis técnico de las máquinas de anestesia, fue registrada de manera sistemática en una matriz de datos. Esta matriz, integralmente diseñada para capturar los distintos parámetros evaluados, se incorporó como una parte esencial de la base de datos compuesta por

la información recopilada durante todo el proceso de investigación.

Figura 3

Matriz de datos técnicos de los equipos de anestesia

ITEM	NÚMERO DE ORDEN	FECHA	AÑO	SERIE	Modelo	Marca	TIPO DE MANTENIMIENTO	PROVEEDOR	ACTIVIDADES MP	REFUESTOS	CANTIDAD	PRECIO	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	FALLAS	TIPO DE FALLA	OBSERVACIONES
1	0204	03/02/04	2004	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DMN	MANTENIMIENTO		1	0				
2	BLANCO.1	25/01/05	2005	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	BLANCO	MANTENIMIENTO GENERAL		1	220				SE RECOMIENDA REEMPLAZO KIT DE MANTENIMIENTO Y SENSORES DE FLUIDO
3	658.2367.1	06/04/05	2005	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	BLANCO		KIT DE	1	100	Se reemplaza el kit de mantenimiento	SENSOR DE FLUIDO	NEUMÁTICO	
4	658.2367.1	06/04/05	2005	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	BLANCO		KIT DE	1	100	Se reemplaza el kit de mantenimiento	FUSIBLE EN PUEBLE PORTA FUSIBLES	NEUMÁTICO	
5	251	18/01/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	BLANCO		FUSIBLE	2	0	Se cambian dos fusibles	DAÑADOS EN	ELECTRICO	
6	726	18/01/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PERFECTECH	MANTENIMIENTO		1	200				SE RECOMIENDA REEMPLAZO KIT DE
7	726	18/01/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PERFECTECH	MANTENIMIENTO GENERAL + KIT DE MANTENIMIENTO		1	100				SE RECOMIENDA REEMPLAZO KIT DE MANTENIMIENTO
8	726	18/01/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PERFECTECH	MANTENIMIENTO	MANGUERA	1	20				SE RECOMIENDA REEMPLAZO KIT DE
9	726	18/01/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PERFECTECH	MANTENIMIENTO	MANGUERA	1	40				SE RECOMIENDA REEMPLAZO KIT DE
10	751	04/02/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	TECNIPER			1	60	Se reemplaza válvula del control de flujo de Y MOD	No permite seleccionar el flujo	ELECTRÓNICO	
11	766	18/02/08	2008	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO		1	200				SE RECOMIENDA CAMBIO DE SENSOR DE CO2
12	399	23/02/08	2008	DASC10057	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO		1	200				SE RECOMIENDA CAMBIO DE SENSOR DE CO2
13	839	25/06/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO		1	200				SE RECOMIENDA CAMBIO DE SENSOR DE CO2
14	020	25/06/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO GENERAL + KIT DE MANTENIMIENTO		1	200				
15	030	25/06/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO GENERAL + KIT DE MANTENIMIENTO		1	100				
16	030	25/06/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO	KIT DE MANTENIMIENTO	1	20				
17	0689.2	22/02/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	SSS GUPHSC	NEUTRICO		1	200				
18	26	28/02/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO		1	200				
19	54	28/02/03	2003	DASC10053	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO		1	200				
20	86	02/02/02	2002	DASC10052	WATC05	MINDRAY	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	DG BICHED	MANTENIMIENTO		1	200				SE RECOMIENDA CAMBIO DE SENSOR DE CO2

Fuente: *Elaboración propia*

3.2.2 Fase 1.2: Análisis económico

En la segunda fase de este estudio sobre el funcionamiento y vida útil de las máquinas de anestesia, se focalizó en aspectos económicos y financieros cruciales que tienen un impacto directo en la gestión y durabilidad de estos equipos esenciales en el entorno quirúrgico. Los subtemas abordados en esta fase ofrecieron un enfoque integral que incluyó el análisis de depreciación, los costos asociados con mantenimientos correctivos y preventivos, así como el cálculo del gasto anual total que también la información fue establecida en matrices.

Análisis de Depreciación

El análisis de depreciación se configuró como una evaluación detallada de cómo el valor de las máquinas de anestesia disminuyó a lo largo del tiempo. En que la depreciación se evaluó por el método de línea recta, en la que el valor de rescate para todas las máquinas de anestesia fue de \$ 0 y el tiempo de 15 años, todo realizado mediante una matriz.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{C - S}{n}$$

$$\text{Depreciación acumulada} = D + Da \text{ anterior}$$

$$\text{Valor en libros} = C - Da$$

D: Depreciación anual

Da: Depreciación acumulada

C: Costo inicial

S: Valor de rescate

N: tiempo

Figura 4

Matriz de depreciación de máquinas de anestesia

MARCA	VALOR ADQUISICION	ANTIGUEDAD	VALOR ACTUAL
GENERAL ELECTRIC	121.438,80	8,00	57375
APHV00373	36.400,00	9,00	14560
ME15050308	19.040,00	9,00	7616
SM617020022	32.999,40	7,00	17600
SM617020023	32.999,40	7,00	17600
MINDRAY	159.454,40	14,00	10630
DA01100565	33.040,00	14,00	2203
DA01100567	31.124,80	14,00	2075
Total	280.893,20	11,33	68006

Fuente: Elaboración propia

Esta fase proporcionó una visión integral de los aspectos económicos y financieros asociados con las máquinas de anestesia, facilitando la toma de decisiones informadas sobre la gestión y sustitución de los equipos, se obtuvieron los costos totales de operación.

3.2.3 Fase 1.3: Análisis Clínico

La tercera fase de la etapa 1 consistió en el diseño y administración de una encuesta a médicos anestesiólogos que desempeñan su labor en el hospital. Esta encuesta se centró en

recopilar la percepción de los profesionales de la anestesia sobre el rendimiento de las máquinas de anestesia. Las preguntas se orientaron hacia la eficacia, confiabilidad y facilidad de uso percibidas por los médicos anesthesiólogos durante su práctica clínica diaria.

3.3 Fase 2: Análisis de hallazgos

La segunda fase de este estudio, dedicada al análisis de los hallazgos, se constituyó en dos etapas distintas: el análisis técnico y el análisis clínico. Ambas etapas buscaban proporcionar una visión integral del estado funcional de las máquinas de anestesia en el hospital de tercer nivel en Guayaquil, evaluando tanto los aspectos técnicos como la percepción de los médicos anesthesiólogos sobre el rendimiento de los equipos con un software para el análisis y visualización de datos.

Figura 5
Ejemplo de un Dashboard para Análisis de Datos de Máquinas de Anestesia



Fuente: Propia

3.4 Fase 3: Metodología de obsolescencia

La metodología para abordar la obsolescencia de equipos médicos implica un enfoque sistemático y multidisciplinario destinado a comprender, evaluar y gestionar de manera eficaz la pérdida de relevancia y utilidad de estos dispositivos en el ámbito de la atención sanitaria (Limas, 2022). Esta fase final se estableció de acuerdo con las necesidades del Hospital para determinar la obsolescencia se evaluarán tres categorías: Evaluación técnica en la que tendrá la ponderación del 45%, evaluación Económica 35%, y evaluación clínica un 20%, para esto se establece una tabla con ponderaciones, en la que se establece que mientras más cercano este el valor al 100% el equipo deberá ser dado de baja para adquirir nueva tecnología médica.

Tabla 2*Criterios para la Valoración Técnica de Máquinas de Anestesia*

Metodología de obsolescencia				
Evaluación Técnica 45%				
	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Calificación sobre el 35%	Puntuación total sobre el 45%
Años de uso	0-2	20%	7%	
	3-5	40%	14%	
	6-8	60%	21%	
	9-11	80%	28%	
	12-15	100%	35%	
	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Calificación sobre el 20%	
#Mantenimiento Preventivo	0-2	20%	4%	
	3-5	40%	8%	
	6-8	60%	12%	
	9-11	80%	16%	
	12-15	100%	20%	
	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Calificación sobre el 25%	
#Mantenimiento Correctivo	0-2	20%	5%	
	3-5	40%	10%	
	6-8	60%	15%	
	9-11	80%	20%	
	12-15	100%	25%	
Disponibilidad de Repuestos	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Calificación sobre el 25%	
	1	0%	0%	
	0	100%	10%	
Servicio Técnico	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Calificación sobre el 25%	
	1	0%	0%	
	0	100%	10%	

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 3
Criterios para la Valoración Económica de Máquinas de Anestesia

Evaluación Económica 35%			
	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Puntuación total sobre el 35%
Relación Costo Total de Operación/Costo de Adquisición	<0.5	25%	
	$>0.5 \leq 1$	50%	
	$>1 \leq 1.25$	75%	
	>1.25	100%	

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 4
Criterios para la Valoración Clínica de Máquinas de Anestesia

Evaluación Clínica 20%			
	Repuesta	Calificación sobre el 100%	Puntuación total sobre el 20%
Facilidad de uso	75>	25%	
	75%-50%	50%	
	50%-25%	75%	
	25%-0%	100%	

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5 Población

La población objetivo de este estudio se definió como las nueve máquinas de anestesia ubicadas en el bloque quirúrgico de un hospital de tercer nivel en Guayaquil. La selección de esta población se basó en la relevancia crítica de estos equipos para la prestación de servicios de salud en el entorno quirúrgico. La población incluyó todas las máquinas de anestesia operativas en el hospital durante el período de estudio.

3.5.1 Plan de Muestreo

Para abordar la información técnica y cuantitativa, se implementó una técnica de muestreo probabilístico conocida como muestreo aleatorio simple. Cada máquina de anestesia en el bloque quirúrgico tenía la misma probabilidad de ser seleccionada, garantizando así la representatividad de la muestra. La fórmula utilizada para determinar el tamaño de la muestra en el muestreo aleatorio simple fue la siguiente:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{N-1}{P}}$$

Donde:

n representa el tamaño de la muestra.

N es el tamaño de la población (número total de máquinas de anestesia).

P es la precisión deseada del intervalo de confianza.

La precisión (P) se definió considerando un nivel de confianza del 95%, lo que significa

que se acepta un margen de error del 5%. Este enfoque permitió obtener resultados confiables y representativos basados en la información técnica de las máquinas de anestesia.

En cuanto a la encuesta a médicos anestesiólogos, la población objetivo consistió en los once médicos especializados en anestesiología que trabajaban en el hospital durante el período de estudio. La técnica de muestreo utilizada para este grupo fue el muestreo de conveniencia, seleccionando a aquellos profesionales disponibles y dispuestos a participar en la encuesta. Dada la naturaleza específica de la población, el objetivo fue obtener percepciones significativas de los usuarios directos de las máquinas de anestesia.

3.5.2 Técnica e instrumento de recolección de datos

Se implementaron instrumentos cuidadosamente seleccionados que abordaron tanto aspectos técnicos como la percepción clínica de los médicos anestesiólogos. Estos instrumentos se diseñaron con el objetivo de garantizar la obtención de datos precisos y representativos para una evaluación integral.

En la fase de análisis técnico, se llevó a cabo una revisión de documentación institucional, accediendo a registros internos del hospital. Esta revisión permitió recopilar datos cuantitativos cruciales, como el año de adquisición de las máquinas, informes de mantenimientos preventivos y correctivos, y fallas recurrentes. Simultáneamente, se implementó una matriz de datos de análisis técnico, una herramienta estructurada que facilitó la organización y clasificación de la información recopilada, incluyendo variables como tiempo de adquisición, mantenimientos

Para el análisis de depreciación, se diseñó un registro de costos operativos, un formulario destinado a recopilar datos económicos y financieros. Este instrumento se enfocó en registrar los costos asociados con repuestos, mantenimientos preventivos y correctivos. Paralelamente, se administró una encuesta a personal técnico.

La fase de análisis de hallazgos incorporó dos instrumentos específicos. El primero fue el análisis técnico, que se basó en la matriz de datos de análisis técnico previamente elaborada. Esta herramienta permitió revisar y evaluar los resultados obtenidos en el análisis técnico de las máquinas de anestesia, identificando patrones, tendencias y áreas de mejora basadas en los hallazgos técnicos recopilados.

El segundo instrumento en esta fase fue la encuesta a médicos anestesiólogos, diseñada y administrada para recopilar datos cualitativos sobre la percepción clínica del rendimiento de las máquinas de anestesia. Las preguntas abordaron aspectos como eficacia, confiabilidad, interfaz de usuario y respuesta a emergencias, proporcionando una perspectiva directa de los usuarios finales sobre la utilidad y eficiencia de los equipos.

3.5.3 Variables

Para el desarrollo de la investigación se identificaron varias variables de investigación cruciales para comprender de manera integral la situación de estos equipos médicos.

La primera variable de investigación se centra en el "Año de Adquisición" de las máquinas de anestesia. Esta variable proporciona una línea temporal que contextualiza la antigüedad de los equipos, permitiendo analizar la relación entre el tiempo de uso y su rendimiento.

La segunda variable aborda el "Área de Uso - Quirófano". Este aspecto se refiere al entorno específico donde operan las máquinas de anestesia. Se busca comprender cómo las condiciones particulares del quirófano afectan la eficiencia y durabilidad de los equipos, considerando la naturaleza crítica de este entorno para las intervenciones quirúrgicas.

La tercera variable es la relacionada con los "Mantenimientos Preventivos". Este aspecto involucra la cantidad de intervenciones preventivas realizadas en las máquinas de anestesia, así como la naturaleza de dichas intervenciones. Se busca evaluar la eficacia de estas prácticas en la prolongación de la vida útil de los equipos.

La cuarta variable se refiere a los "Mantenimientos Correctivos". Este aspecto analiza las intervenciones correctivas realizadas a lo largo del tiempo, incluyendo la naturaleza y eficiencia de estas intervenciones. La identificación de patrones y tendencias en los mantenimientos correctivos proporciona información valiosa sobre el estado y posibles mejoras de los equipos.

Dentro de la fase de Análisis de Depreciación, una variable crucial es el "Registro de Costos Operativos". Este aspecto se enfoca en los costos asociados con repuestos, mantenimientos preventivos y correctivos, así como los costos de personal técnico. Estos datos proporcionan una visión económica y financiera de la gestión de las máquinas de anestesia.

En el análisis técnico de hallazgos, una variable clave es la "Eficiencia de los Mantenimientos". Esta variable evalúa la efectividad de las intervenciones técnicas realizadas en las máquinas de anestesia, contribuyendo a la comprensión de la calidad de los servicios de mantenimiento implementados.

Otra variable importante en esta fase es la "Percepción Clínica de los Médicos Anestesiólogos". A través de encuestas, se recopila información cualitativa sobre la eficacia, confiabilidad, interfaz de usuario y respuesta a emergencias percibidas por los profesionales de la anestesia. Esta variable aporta una perspectiva directa de los usuarios finales de los equipos.

3.5.4 *Análisis de datos*

Los datos recopilados en este estudio fueron sometidos a un proceso exhaustivo de procesamiento y análisis para extraer conclusiones significativas. Inicialmente, se ingresaron los datos en un sistema de base de datos digital, utilizando software especializado para garantizar la organización y consistencia de la información.

En la fase de análisis de hallazgos, se utilizó el software estadístico para realizar análisis de tendencias y patrones identificados en las matrices de datos. La percepción clínica de los médicos anestesiólogos se evaluó mediante análisis cuantitativos

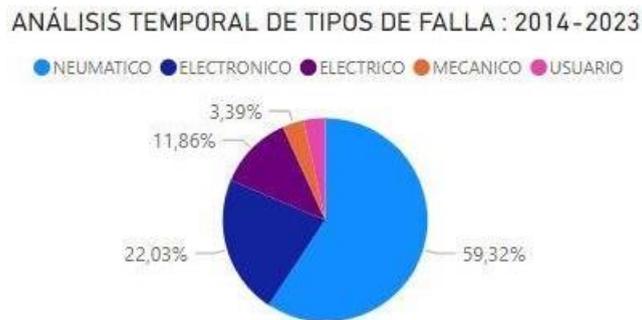
4 CAPITULO IV

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos por el estudio realizado, donde se refleja la utilidad de condensar datos para poder emitir una evaluación y de esta manera determinar el estado del funcionamiento y en que etapa la vida útil de los equipos de anestesia.

4.1 Análisis técnico

El análisis técnico permitió identificar las fallas más reportadas en las máquinas de anestesia, de la misma manera la cantidad de mantenimientos correctivos y preventivos y determinar cómo influye en la vida útil del equipo.

Figura 6
Análisis temporal de tipos de falla periodo 2014 – 2023



Fuente: *Elaboración Propia*

Se clasificaron en cinco categorías las fallas presentadas en las máquinas de anestesia en nueve años, que fueron las siguientes: neumático, electrónico, eléctrico, mecánico y de usuario, donde el tipo de fallas neumáticas es del 59.32%.

Figura 7
Fallas por orden de trabajo de Maquinas de Anestesia



Fuente: *Elaboración Propia*

Las fallas específicas que con más frecuencia se presentaron en las máquinas de anestesia fueron las fugas en el sistema neumático con el 15,87%, en segundo lugar, el sensor de flujo averiado con el 9.52% y fugas en el fuelle con el 7,94%.

Las fugas en el sistema neumático de las máquinas de anestesia pudieron ser el resultado de varios factores, incluyendo conexiones incorrectas o desgaste de los componentes que conectan al paciente con el sistema, así como fallas en el caudalímetro o baja presión en el sistema.

El daño a los sensores de flujo puede ser causado por el desgaste natural de más de 10mil oras de uso según lo indicado en el manual de servicio de las máquinas de anestesia, la contaminación por partículas, manipulación inadecuada, o fallas eléctricas, lo que subraya la importancia de mantener un mantenimiento regular y calibraciones precisas.

Figura 8.

Matriz de los Mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos MINDRAY en el periodo 2014 - 2023

Marca	ANTIGUEDAD	PREVENTIVO	CORRECTIVO	CALIBRACION	TOTAL
<input checked="" type="checkbox"/> MINDRAY	14	79	40	5	124
DA01100565	14	19	6	1	26
DA01100567	14	19	10	1	30
DA08100813	14	16	7	1	24
DA9C100502	14	14	12	1	27
DA9C100503	14	19	6	1	26
Total	14	79	40	5	124

Fuente: *Elaboración Propia*

Los Mantenimientos preventivos y correctivos fueron en el estudio una de las variables cuantitativa discretas en la que se contabilizo desde el año 2014 hasta el año 2023 mismos que fueron adquiridos de los reportes técnicos realizados por las empresas contratadas por el hospital, la frecuencia más alta de mantenimientos correctivos es de la máquina de anestesia DA9C100502.

Figura 9.

Tabla de los Mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos General Electric en el periodo 2014 - 2023

Marca	ANTIGUEDAD	PREVENTIVO	CORRECTIVO	CALIBRACION	TOTAL
GENERAL	8	69	20	0	89
APHV00373	9	20		0	20
ME15050308	9	19	9	0	28
SM617020022	7	16	7	0	23
SM617020023	7	15	4	0	19
Total	8	69	20	0	89

Fuente: *Elaboración Propia*

En los equipos GENERAL ELECTRIC se evidencio que cuentan con más reportes de mantenimiento registrados desde el periodo de adquisición, se tiene como resultado que el equipo ME15050308 es el equipo con más mantenimientos correctivos a comparación con la máquina de anestesia APHV00373 que tienen la misma fecha de compra.

Figura 10

Matriz de Repuestos para Mantenimiento de Máquinas de Anestesia

Marca	FUELLE	FUSIBLE	KIT DE MANTENIMIENTO	MANGUERA	Modulo gas N-CAiO	ORING'S	Partes de absorber	QUICK CONNECTORS	SENSOR DE FLUJO	Total	
MINDRAY	1	3	21	4				1	1	2	36
DA9C100503		2	7	2							11
DA9C100502			4	1						2	8
DA01100567			4	1				1	1		8
DA08100813	1		3								5
DA01100565		1	3								4
GENERAL	1		21		1	1				6	42
SM617020023			6								9
SM617020022			5		1						8
APHV00373	1		5							3	12
ME15050308			5			1				3	13
Total	2	3	42	4	1	1	1	1	1	8	78

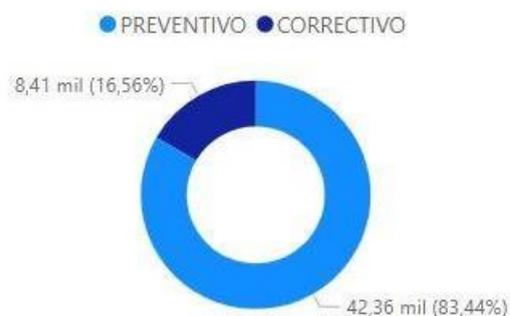
Estos datos representan la cantidad por repuestos que se han cambiado durante el periodo analizado, son 42 kit de mantenimiento los que se han adquirido los mismos que se han utilizado como mantenimiento preventivo para instalar en las máquinas de anestesia y así mejorar su estado funcional, por otro lado, el sensor de flujo se ha adquirido de manera independiente ya que se avería antes del tiempo estipulado por la cantidad de horas de uso.

4.2 Análisis económico

Figura 11

Costo de los mantenimientos en Maquinas de Anestesia GENERAL ELECTRIC por tipo en el periodo (2014 – 2023)

COSTO TIPO DE MANTENIMIENTO (2014-2023)



Fuente: *Elaboración Propia*

Los costos de mantenimiento de las máquinas de anestesia General Electric, En el marco de las operaciones de mantenimiento de la empresa durante el período evaluado, se ha realizado una inversión total de 50,770 dólares en actividades de mantenimiento, distribuidas en dos categorías principales: mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos que

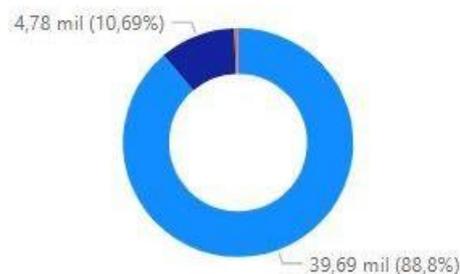
incluían repuestos. De esta suma, una porción significativa, equivalente a 42,360 dólares, se ha destinado a la realización de mantenimientos preventivos. Este tipo de mantenimiento, que representa el 83,44% del gasto total en mantenimiento, se enfoca en la ejecución de tareas programadas, inspecciones, y revisiones con el objetivo de prevenir fallos y asegurar el funcionamiento óptimo de los equipos y sistemas. Por otro lado, los mantenimientos correctivos, que han supuesto un desembolso de 8,410 dólares (equivalente al 16,54% del gasto total en mantenimiento), se han enfocado en la reparación y corrección de fallos o defectos que se han presentado en máquinas de anestesia.

Figura 12

Costo de los mantenimientos en Maquinas de Anestesia MINDRAY por tipo en el periodo (2014 – 2023)

COSTO TIPO DE MANTENIMIENTO (2014-2023)

● PREVENTIVO ● CORRECTIVO ● CALIBRACION



Fuente: *Elaboración Propia*

En el costo total de las máquinas de anestesia MINDRAY se puede analizar que divide claramente la inversión en mantenimiento en estas tres categorías, mostrando una predominancia del mantenimiento preventivo sobre las otras formas de mantenimiento en términos de costos incurridos. Esta distribución sugiere un enfoque de gestión de

mantenimiento que prioriza la prevención sobre la corrección y la calibración, una estrategia común en para minimizar el tiempo de inactividad y maximizar la eficiencia operativa.

Figura 13
Consumo mensual en dólares de los equipos pertenecientes a las dos marcas estudiadas



Fuente: *Elaboración Propia*

Comparando el gasto del consumo eléctrico entre las máquinas de anestesia se pudo evidenciar que las máquinas de anestesia MINDRAY tienen un consumo eléctrico de casi 28 dólares, a comparación con las series de GENERAL ELECTRIC que tienen un consumo de 49 dólares y 32 dólares.

Figura 14
Valor residual por serie y marca



Fuente: *Elaboración Propia*

El valor actual se lo realizo mediante la depreciación lineal, en la que se dio como resultado que para el año 2023 las máquinas de anestesia WATO65X que fueron adquiridas en el 2010 tienen un valor actual de 2,075 dólares, la serie ME15050308 en la actualidad tiene un valor de 7616 dólares, la serie APHV00373 valor es de 14560 dólares, y por ultimo las máquinas de anestesia SM617020022 y SM617020023 tienen un costo de 17600 dólares

4.3 Análisis clínico

En el análisis clínico que se menciona en el anexo 3 se obtiene como resultados que el 75,6% de médicos anesestesiólogos entrevistados están a favor que las máquinas de anestesia son

fáciles en su interfaz de usuario, en el uso del componente neumático y que se encuentran satisfechos con las máquinas de anestesia

4.4 Evaluación Técnica

Figura 15

Tabla de evaluación técnica de cada equipo dividido por marca

Marca	ANTIGUEDAD PROMEDIO	PREVENTIVO	CORRECTIVO	ANTIGUEDAD	S. TECNICO	D. REPUESTOS	TOTAL	PONDERACION TECNICA
MINDRAY	14	20	25	35	0	50	130	59
DA01100565	14	20	15	35	0	10	80	36
DA01100567	14	20	20	35	0	10	85	38
DA08100813	14	20	15	35	0	10	80	36
DA9C100502	14	20	25	35	0	10	90	41
DA9C100503	14	20	15	35	0	10	80	36
GENERAL	8	20	25	21	0	10	76	34
APHV00373	9	20	5	28	0	10	63	28
ME15050308	9	20	20	28	0	0	68	31
SM617020022	7	20	15	21	0	0	56	25
SM617020023	7	20	10	21	0	0	51	23
Total	11	20	25	0	0	60	105	47

Fuente: Elaboración Propia

Con la ponderación referente a la Tabla 1. Se obtuvo como resultado que las maquinas MINDRAY tienen desde 40% hasta el 45% del puntaje, y las máquinas de anestesia GENERAL ELECTRIC SM617020022 con un puntaje de 30, SM617020023 con un puntaje de 28, el puntaje de la serie AP V00373 es de 36% y de la serie ME15050308 es de 37%.

4.5 Evaluación Económica

Figura 16

Tabla de la evaluación de costos de cada equipo dividido por marca

Marca	PREVENTIVO	CORRECTIVO	CONSUMO ELECTRICO	DEPRECIACION	COSTO DE OPERACION	C. ADQUISICION	RELACION	CALIFICACION	TOTAL
MINDRAY	39.690,00	4.780,00	21.481,20	148.824,11	\$214.775,31	159.454,40	1,35	100	35
DA01100565	8.580,00	0,00	4.296,24	30.837,33	\$43.713,57	33.040,00	1,32	100	35
DA08100813	8.150,00		4.296,24	30.837,33	\$43.283,57	33.040,00	1,31	100	35
DA01100567	8.140,00	340,00	4.296,24	29.049,81	\$41.826,05	31.124,80	1,34	100	35
DA9C100502	6.380,00	1.140,00	4.296,24	29.049,81	\$40.866,05	31.124,80	1,31	100	35
DA9C100503	8.440,00	3.300,00	4.296,24	29.049,81	\$45.086,05	31.124,80	1,45	100	35
GENERAL ELECTRIC	42.363,19	8.408,16	15.163,20	64.063,44	\$129.997,99	121.424,80	1,07	75	26
APHV00373	10.135,45		5.248,80	21.840,00	\$37.224,25	36.400,00	1,02	75	26
SM617020022	11.805,54	7.409,16	2.332,80	15.399,72	\$36.947,22	32.992,40	1,12	75	26
SM617020023	13.516,20	120,00	2.332,80	15.399,72	\$31.368,72	32.992,40	0,95	50	18
ME15050308	6.906,00	879,00	5.248,80	11.424,00	\$24.457,80	19.040,00	1,28	100	35
Total	82.053,19	13.188,16	36.644,40	212.887,55	\$344.773,30	280.879,20	1,23	100	35

Fuente: *Elaboración Propia*

Para la evaluación se utilizó la *Tabla 2*, en la que la relación del costo total de operación se sumaron los valores de los mantenimientos preventivos, correctivos si tenían repuestos, el consumo eléctrico y la depreciación, la suma de costo de operación se dividió con el costo de adquisición, de esta manera se obtuvo la relación y su respectiva ponderación sobre el 35%.

4.6 Evaluación Final

Como resultado de la metodología empleada para la obsolescencia se establece que cuando el resultado final sea

- Mayor al 75% el equipo se encuentra en la parte de tasa de fallos creciente (obsolescencia) o por lo que el equipo deberá ser cambiado de 3 meses a un año.
- Cuando el resultado sea mayor que 50% y menor al 75% el equipo se encuentra en una tasa de fallo constante 2, en la que se recomienda reevaluar el equipo dentro de 2 años
- Cuando el resultado sea mayor que 25% y menor al 50% el equipo se encuentra en una tasa de fallo constante 1, en la que se recomienda realizar la reevaluación dentro de 4 años
- Cuando el resultado sea mayor que 1% y menor al 25% el equipo se encuentra en una tasa de fallo decreciente, en la que se recomienda realizar la reevaluación dentro de 6 años.

Figura 17

Resultados de la Evaluación de Obsolescencia de Máquinas de Anestesia

Marca	TECNICA	ECONOMICA	CLINICA	FINAL	ETAPA VIDA UTIL	VIDA UTIL ESTIMADA (AÑOS)
MINDRAY						
DA9C100502	41	35	5	81	Tasa de fallo creciente (OBSOLECENCIA)	2,92
DA01100567	38	35	5	78	Tasa de fallo creciente (OBSOLECENCIA)	3,26
DA01100565	36	35	5	76	Tasa de fallo creciente (OBSOLECENCIA)	3,60
DA08100813	36	35	5	76	Tasa de fallo creciente (OBSOLECENCIA)	3,60
DA9C100503	36	35	5	76	Tasa de fallo creciente (OBSOLECENCIA)	3,60
GENERAL ELECTRIC						
ME15050308	31	35	5	71	Tasa de fallo constante 2	4,41
SM617020022	25	26	5	56	Tasa de fallo constante 2	6,53
APHV00373	28	18	5	51	Tasa de fallo constante 2	7,37
SM617020023	23	18	5	45	Tasa de fallo constante 1	8,18

Fuente: *Elaboración Propia*

Cada fila corresponde a una evaluación en específico, técnica sobre el 45%, económica sobre el 35% y clínica sobre el 20%, mientras más alto sea el puntaje significa que el equipo estará en el estado de obsolescencia, y de esta manera se especifica en que etapa de la vida útil se encuentran y cuanto es la vida útil restante aproximada. Se obtuvo como resultado que las cinco máquinas de anestesia MINDRAY se encuentran en tasa de fallo creciente (obsolescencia) lo que significa que deberán ser reemplazadas en máximo un año, mientras que las máquinas de anestesia APHV00373, ME15050308, SM617020022 se encuentran en una Tasa de fallo constante 2 por lo que se deberá reevaluar dentro de 2 años y por último la máquina de anestesia serie SM617020023 deberá tener una revaluación en 4 años, también se calcula la vida útil estimada, en la que se obtiene como resultados que la máquinas de anestesia tienen una vida aproximada de un año a ocho años como se muestra en la tabla. Con estos resultados el hospital podrá gestionar los equipos médicos y planificar la adquisición o reemplazo.

Se socializó los resultados con la dirección administrativa-financiera (Anexo 4) y el personal técnico del hospital fue un paso crucial para generar conciencia sobre la situación

actual y movilizar recursos hacia la renovación y modernización del parque tecnológico del bloque quirúrgico. La colaboración entre diferentes departamentos del hospital será fundamental para abordar estas problemáticas de manera integral, buscando soluciones que no solo mejoren el estado operativo de las máquinas de anestesia, sino que también optimicen los recursos financieros disponibles.

5 CRONOGRAMA

Tabla 5
Cronograma

Día	Semana	Tareas Por Realizar	Estado	Comentarios
1-3	1	Elaboración del esquema detallado	Realizado	Incluir capítulos y secciones
4-7	1	Análisis de datos y revisión de literatura	Realizado	Se comenzó el marco teórico
8-11	2	Redacción de marco teórico	Realizado	Se obtiene feedback del tutor
12-14	2	Desarrollo de metodología	Realizado	Se obtiene feedback del tutor
15-18	3	Elaboración de los parámetros de la matriz	Realizado	
19-21	3	Recolección de datos generales de los mantenimientos	Realizado	
22-25	4	Clasificar tipos de fallas	Realizado	
25-28	4	Recolección de datos de costos	Realizado	
29-35	5	Elaboración de encuesta a realizar	Realizado	Se define las preguntas y se corrigen
34-36	6	Definir tablas de ponderación	Realizado	Se realizaron 3 tablas con su respectivo puntaje
37-41	6	Desarrollo de análisis de resultados	Realizado	Se utilizan las herramientas
42-49	7	Se incluyen gráficos y tablas explicativas	Realizado	Se utiliza power bi para definir la etapa de vida útil y vida restante aproximada
50-51	8	Redacción de conclusiones	Realizado	Relacionar con objetivos de investigación
52-53	8	revisión y edición general del borrador	Realizado	Se obtiene feedback del tutor
55-66	9	Correcciones finales	Realizado	

Fuente: *Elaboración Propia*

6 PRESUPUESTO

Tabla 6
Presupuesto

Categoría	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Transporte	Visita al hospital	50	\$2,00	\$100,00
Equipamiento	Laptop	1	\$400,00	\$400,00
Equipamiento	Internet	2	\$22,50	\$45,00
Materiales de Investigación	Encuestas y Permisos	4	\$2,00	\$8,00
Software	Power Bi suscripción	1	\$18,70	\$18,70
Impresiones	Revisión de avances	8	\$0,80	\$10,00
Total				\$581,70

Fuente: *Elaboración Propia*

7 CONCLUSIONES

Como conclusión del estudio en el que se abordaron varias aristas para evaluar y determinar el estado funcional y vida útil de las máquinas de anestesia, se concluye por la exhaustiva búsqueda bibliográfica que para aplicar la metodología de la obsolescencia se debe analizar tres partes fundamentales las cuales son: el análisis técnico, análisis económico y análisis clínico, los porcentajes y ponderación se adaptaron de acuerdo a las necesidades inherentes del hospital de tercer nivel .

Se efectuó el análisis técnico en el que se obtuvo información relevante para identificar fallas, el 59,32% son fallas de tipo neumáticas, en las que el diagnóstico específico son: fuga en el sistema neumático (15,87%), el sensor de flujo averiado (9,52%) y fuga en el fuelle (7,94%). El total de los mantenimientos preventivos realizados en las máquinas de anestesia MINDRAY es de 79 (66,39%) siendo el costo invertido de \$39.690 por otro lado el total de mantenimientos correctivos es de 40 (33,61%) y el total gastado es de \$4.780 por lo que se concluye que tienen un exceso de mantenimientos correctivos ya que lo recomendado para evitar fallos es que exista una relación del 80% MP Y 20% MC. Se analizó que las máquinas de anestesia GENERAL ELECTRIC tienen un total 69 (77,53%) mantenimientos preventivos en el que el costo es de \$42.363 y 20 (22,47%) mantenimientos correctivos los costos de los repuestos es de \$8,408. En este caso la relación está casi ideal, los repuestos que más se han cambiado son: el sensor de oxígeno, sensor de flujo y O-rings y el repuesto más costoso fue el Módulo de gas N-CAio, que estas partes del equipo estén averiadas afectaron directamente al funcionamiento, debido a que si el sensor de oxígeno se encuentra averiado no se podrá garantizar que se reciba la cantidad exacta de oxígeno durante la anestesia, Si el sensor de flujo

se defectuoso puede resultar en una incorrecta mezcla de gases. Los O-rings evitan las fugas de gas. Por otro lado, el modulo de gas N-CAIO es crucial para ajustar de manera precisa la dosificación de gases.

Se estableció utilizando la metodología de la obsolescencia (evaluación técnica, evaluación clínica y evaluación económica) la duración efectiva de cada máquina de anestesia:

- APHV00373 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 14 años y medio.
- ME15050308, tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 16 años.
- SM617020022 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 14 año.
- SM617020023 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 15 años.
- DA9C100502 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 17 años.
- DA9C100503 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 17 años.
- DA01100565 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 17 años y medio.
- DA01100567 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 17 años y medio.
- DA08100813 tendrá de acuerdo con la evaluación, una duración efectiva de 17 años y medio.

Se realizó el estudio y se definió que las nueve máquinas de anestesia se encuentran en las siguientes etapas. Las máquinas de anestesia con estas series: APHV00373, ME15050308, SM617020022 se encuentran en tasa de fallo constante 2, por lo que recomienda que se evalúe la tecnología médica en 2 años, la serie SM617020023 se encuentra en una tasa de fallo constante 1 por lo que se recomienda que se evalúe los equipos médicos en 4 años. Por último las máquinas de anestesia MINDRAY que se ha extendido su vida útil, se encuentran en su fase final en la tasa de fallo creciente, por lo que el hospital de tercer nivel deberá gestionar la nueva adquisición de máquinas de anestesia en un periodo de un año.

8 RECOMENDACIONES

Con el fin de optimizar la gestión de mantenimiento de los equipos médicos en el hospital, y en particular de las máquinas de anestesia, se propone un conjunto de estrategias orientadas a mejorar el conocimiento sobre el estado y funcionamiento de estos activos críticos. Estas recomendaciones están diseñadas para asegurar una operatividad eficiente y prolongar la vida útil de las máquinas de anestesia, contribuyendo a la calidad y seguridad de la atención médica:

- Estandarización de Reportes de Mantenimiento: Se sugiere la implementación de un modelo estandarizado de reportes de mantenimiento para las empresas contratadas. Este modelo debe incluir una descripción detallada de las actividades realizadas, el diagnóstico o identificación de fallas basado en el manual de servicio específico de cada equipo, así como la duración del mantenimiento y el tiempo que el equipo estuvo fuera de servicio. Esto permitirá un mejor seguimiento y evaluación de la efectividad del mantenimiento.
- Calendario de Mantenimiento Riguroso: Se recomienda establecer y seguir un calendario de mantenimiento exhaustivo que contemple inspecciones diarias, semanales y mensuales. Este enfoque proactivo en la gestión del mantenimiento previene fallas y asegura que los equipos se mantengan en óptimas condiciones de funcionamiento.
- Capacitación Continua: Es crucial ofrecer capacitación técnica anual tanto al personal de mantenimiento como a los usuarios de las máquinas de anestesia. Esta formación debe enfocarse en el correcto uso, cuidado y procedimientos básicos de mantenimiento

preventivo, con el objetivo de minimizar riesgos y optimizar el rendimiento de los equipos.

- **Diversificación de Proveedores para Calibraciones:** Para las calibraciones periódicas requeridas, se aconseja contratar a una empresa diferente de aquella encargada del mantenimiento correctivo y preventivo. Esta práctica busca garantizar la objetividad y calidad del servicio, evitando posibles conflictos de interés.
- **Registro de Cambios de Software y Análisis de Tendencias:** Mantener un registro actualizado de todos los cambios de software y realizar análisis de tendencias en el desempeño de los equipos médicos son prácticas recomendadas para ajustar proactivamente el programa de mantenimiento. Estas acciones permiten identificar patrones que podrían indicar la necesidad de mantenimientos anticipados o ajustes en las estrategias de intervención.
- **Gestión de Stock de Repuestos:** Se sugiere mantener un inventario de repuestos esenciales tanto para mantenimiento correctivo como preventivo. Tener a mano los componentes críticos reduce significativamente el tiempo de inactividad de los equipos, facilitando la realización oportuna de los mantenimientos y asegurando la continuidad operativa del servicio médico.
- **Planificación de la Renovación Tecnológica:** Para las máquinas de anestesia en fase final de su vida útil, es crucial iniciar de inmediato la planificación para la adquisición de nuevos equipos. Esta planificación debe considerar tanto las necesidades clínicas actuales como las proyecciones futuras, asegurando que la tecnología seleccionada ofrezca la mejor compatibilidad con los protocolos de anestesia modernos y los estándares de seguridad.

Implementando estas recomendaciones, el hospital puede mejorar significativamente la eficacia y eficiencia del mantenimiento de sus equipos médicos, lo que se traduce en una mayor seguridad para los pacientes y un mejor rendimiento general de los servicios de salud

9 Bibliografía

- Castro, M. P., Mateus, L. M., & Barbieri, G. (2022). Proceso de gestión de mantenimiento para equipos del departamento de Química: espectrofotómetro infrarrojo.
- Gonzalez, J., & García Sanz-Calcedo, J. (2021). Aplicabilidad de las Cadenas de Markov en la Gestión de los Costos de equipos electromédicos.
- Panchi, S. M. (2019). Implementation of Clinical Engineering Units in Public Health Establishments of Ecuador (No. 1408). EasyChair.
- Pérez, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.
- Salazar, E. A., & Uceda, R. D. (2021). Gestión de mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos en las empresas: una revisión de la literatura.
- Solórzano, E. M. (2022). Estrategias de gestión del mantenimiento de volquetes. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 5(9), 25-33.
- Vahos, J. D., Pino, A. A., & Maldonado, J. J. (2019). Desarrollo de una herramienta de software para la gestión del mantenimiento de infraestructura en el SENA regional Antioquia. *Revista Cintex*, 24(1), 13-19.

Vargas, A. D. (2023). Diseño, implementación y actualización de protocolos y listas de chequeo de mantenimiento preventivo en el programa de gestión de equipo médico del Hospital Pablo Tobón Uribe.

Rendón Ochoa, M. (2022). Diseño de un modelo de evaluación de obsolescencia en la Clínica Cardio Vid para su implementación en los equipos biomédicos del servicio de cirugía.

Moncada Vega, M. H. (2019). Plan de mantenimiento preventivo y conservación de los equipos biomédicos del Hospital La Caleta-Chimbote.

Jurado Ojeda, V. A., & Pacheco Pineda, K. G. (2019). Determinación de los Factores Extrínsecos e Intrínsecos que Afectan la Vida Útil de la Malteada Nutrángel en CÚCUTA en el año 2018-2019.

Torres, F. G. L., Quintanilla, D. C., & Andrade, J. E. O. (2020). Control y contabilización de activos fijos y su incidencia en la toma de decisiones administrativas. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(4), 443-472.

Pérez García, A. (2023). Herramienta de cálculo del costo de mantenimiento anual de

los equipos biomédicos para analizar el proceso de gestión económica del mantenimiento en la Clínica Cardio VID.

Limas, D. C. (2022). Metodología para determinación de obsolescencia de equipos médicos en el hospital de la Universidad Nacional.

Betancur, J. P. (2019). Elaboración de procesos para adquisición y obsolescencia de equipos médicos en el Hospital Marco Fidel Suárez.

Pérez, A. (2023). Herramienta de cálculo del costo de mantenimiento anual de los equipos biomédicos para analizar el proceso de gestión económica del mantenimiento en la Clínica Cardio VID.

Acero, J. S., & Vique, V. (2019). Priorización por obsolescencia de equipos biomédicos para adquisición de nueva tecnología foco imágenes diagnósticas. Gómez, D. L. (2019). Análisis de obsolescencia en los equipos biomédicos de los servicios hospitalización quirúrgica y urgencias de la Clínica León XIII. Henao, D. (2021). Mejoramiento a la gestión de la tecnología biomédica del

Laboratorio Departamental de Salud Pública de Antioquia.

Vargas, A. D. (2023). Diseño, implementación y actualización de protocolos y listas de chequeo de mantenimiento preventivo en el programa de gestión de equipo médico del Hospital Pablo Tobón Uribe.

Panchi, S. M. (2019). Implementation of Clinical Engineering Units in Public Health Establishments of Ecuador (No. 1408). EasyChair.

Gonzalez, J., & García Sanz-Calcedo, J. (2021). Aplicabilidad de las Cadenas de Markov en la Gestión de los Costos de equipos electro médicos.

Anexo 1
Matriz de datos de equipos

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nrpr-acK1HsGtgM3QskfvhuL-C_Zsus-/edit?usp=sharing&oid=109041163458612712615&rtpof=true&sd=true

Anexo 2
Encuesta

Evaluación de Máquinas de Anestesia

¡Bienvenido/a al formulario de evaluación para el proyecto de investigación sobre el estudio del funcionamiento y vida útil de máquinas de anestesia! Tu participación es esencial para recopilar datos valiosos.

Instrucciones: Por favor, tómesese el tiempo necesario para responder a cada una de las siguientes preguntas de manera completa y precisa. Sus respuestas son fundamentales para analizar el estudio.

Facilidad de uso interfaz de usuario

1 2 3 4 5

fácil complicado

Facilidad de uso del componente neumático (flujómetro, vaporizador, circuito paciente)

1 2 3 4 5

fácil complicado

...

¿Cuál es el tiempo estimado de uso de la máquina de anestesia?

0-2 horas

2-4 horas

4-6 horas

6-8 horas

Semanalmente... ¿Cuántos días usa la máquina de anestesia?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

Mencione ¿En cual procedimiento usa la máquina de anestesia?

- Cirugía Gineco- obstetra
- Neurocirugía
- Cirugía Cardiovascular
- Cirugía Gastrointestinal
- Cirugía Ortopédica:
- Cirugía Oftalmológica

Seleccione ¿Cuál de los siguientes modos ventilatorios ha usado?

- SIMV
- CPAP
- PCV
- VCV
- PSV

¿Cuál es la falla más frecuente que a presentado la máquina de anestesia?

- Electrónica- Eléctrica (No enciende la máquina, no funcionan las alarmas, no funciona la interfaz)
- Neumática (fugas de Gases, no suministra oxígeno o aire)
- Mecánica (daño de perilla, ruedas)

1. En una escala del 1 al 10, ¿qué tan satisfecho/a está con el rendimiento general de la máquina?

- | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Insatisfecho | <input type="radio"/> | satisfecho |

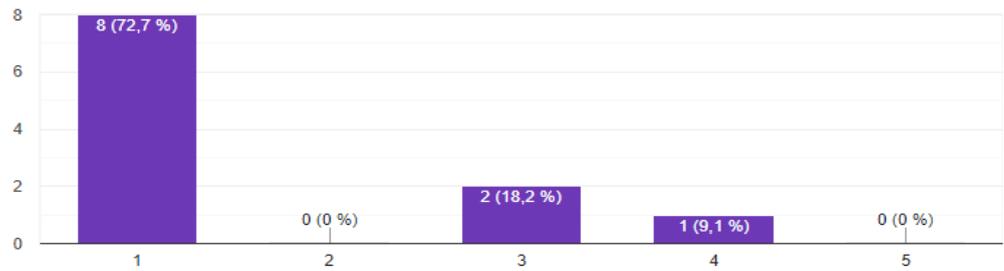
Anexo 2

Repuestas de la encuesta realizada a médicos y licenciados de anestesiología del hospital

Facilidad de uso interfaz de usuario

 Copiar

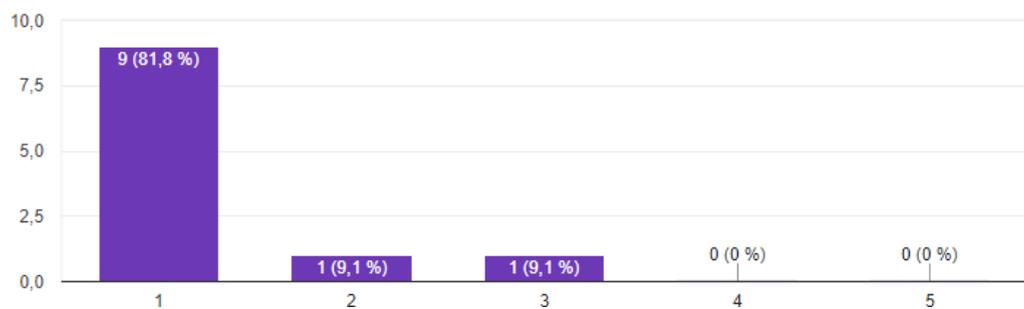
11 respuestas



Facilidad de uso del componente neumático (flujómetro, vaporizador, circuito paciente)

 Copiar

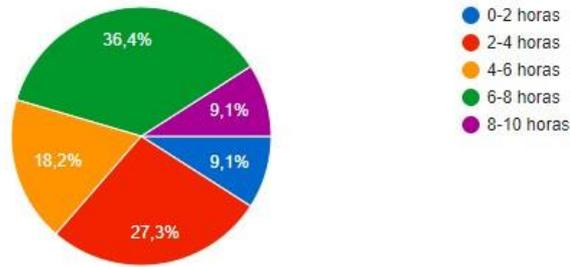
11 respuestas



 Copiar

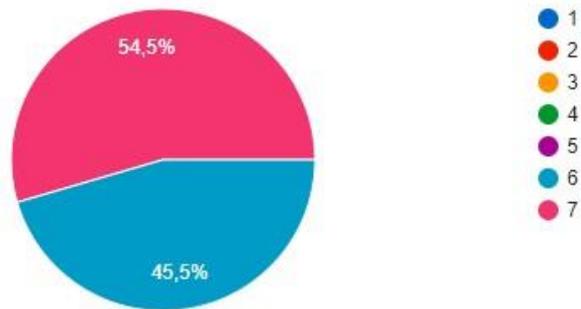
¿Cuál es el tiempo estimado de uso de la máquina de anestesia?

11 respuestas



Semanalmente... ¿Cuántos días usa la máquina de anestesia?

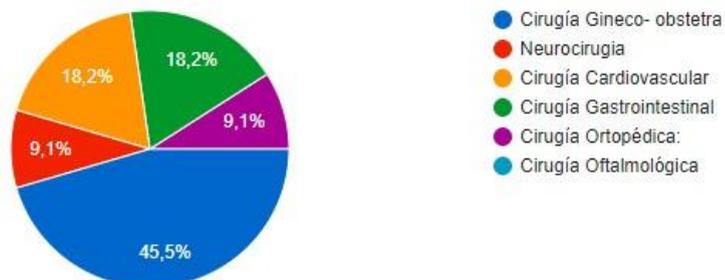
11 respuestas



 Copiar

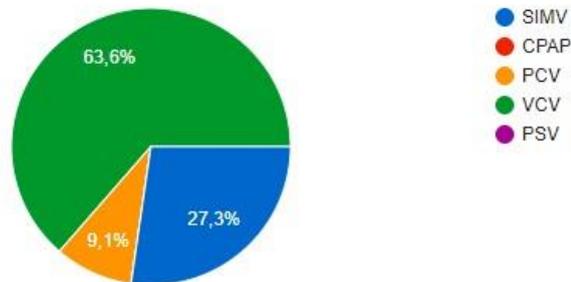
Mencione ¿En cual procedimiento usa la máquina de anestesia?

11 respuestas



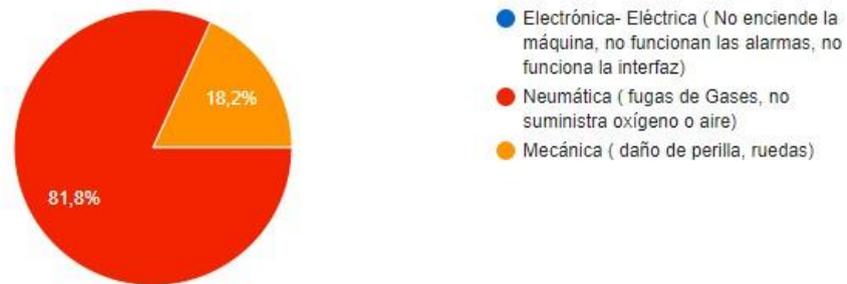
Seleccione ¿Cuál de los siguientes modos ventilatorios ha usado?

11 respuestas



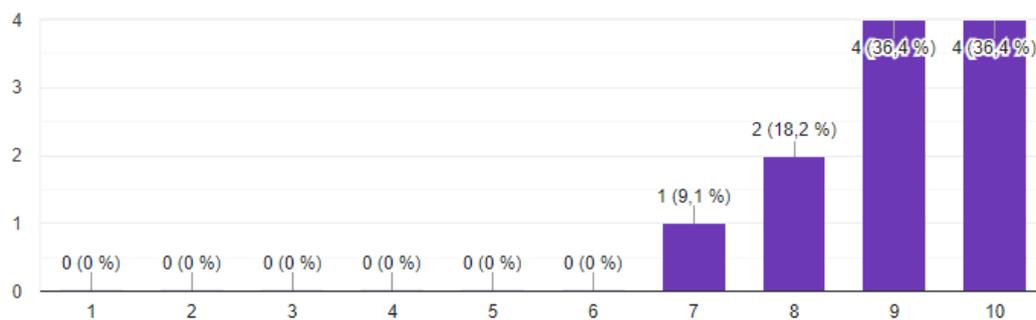
¿Cuál es la falla más frecuente que a presentado la máquina de anestesia?

11 respuestas



1. En una escala del 1 al 10, ¿qué tan satisfecho/a está con el rendimiento general de la máquina?

11 respuestas



Anexo 4

Informe del estado operativo de las máquinas de anestesia

https://docs.google.com/document/d/1tp2sju99uAXt890Ox4m_ZdB991L4_B9G

[DKW1olzzrw/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1tp2sju99uAXt890Ox4m_ZdB991L4_B9G/edit?usp=sharing)