



Diseño de un modelo de evaluación de obsolescencia en la Clínica Cardio Vid para su implementación en los equipos biomédicos del servicio de cirugía

Manuela Rendón Ochoa

Informe de práctica presentado para optar al título de:

Bioingeniera

Asesor interno:

Mabel Catalina Zapata Álvarez, Bioingeniera

MSc(c) Ingeniería clínica

Asesor externo:

Diana Marcela Duque Gómez, Ingeniera Biomédica

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Bioingeniería

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	Rendón Ochoa [1]
Referencia	[1] M. Rendón Ochoa, "Diseño de un modelo de evaluación de obsolescencia en la Clínica Cardio Vid para su implementación en los equipos biomédicos del servicio de cirugía", Práctica Empresarial, Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2022.



Centro de Documentación de la Facultad de Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: John Fredy Ochoa Gómez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A Dios, por ponerme siempre justo en el lugar indicado y por acompañarme en cada instante de mi vida.

A mis padres Jackeline y Sergio que han sido mi sostén a lo largo de todo este camino, que me han ayudado a permanecer en él y no desistir ante los tropiezos. Son mi razón de ser, mi gran motivación y más valioso tesoro.

A mi hermano Felipe que con sus consejos y sinceridad, me ha ayudado a formar mi carácter, haciendo de mi una persona cada vez más fuerte y capaz.

Esto es por ustedes.

Agradecimientos

A mi Universidad de Antioquia y a los profesores de Bioingeniería que marcaron una huella imborrable en mi con su valioso conocimiento; incluyendo a la profesora Mabel Catalina Álvarez por guiarme en la realización de este proyecto.

A mi gran amiga Natalí Flórez por recordarme cada día que puedo llegar muy lejos y por acompañarme en este paso por la Universidad, haciéndolo maravilloso y memorable.

A la Clínica Cardio Vid y a todas las personas del departamento de Ingeniería Biomédica que me brindaron todo su apoyo y disposición en mi proceso de aprendizaje, de forma especial a mis compañeras Adriana Jaramillo, Alejandra Pérez, Sara Lopera, María Camila Botero, Melissa Rodríguez y a mis líderes Alejandra López y Alejandro Arias, quienes me hicieron sentir parte de ellos desde el primer momento.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
II. OBJETIVOS	13
A. Objetivo general	13
B. Objetivos específicos	13
III. MARCO TEÓRICO	14
A. Tecnología en Salud	14
B. Clasificación de dispositivos médicos.....	14
C. Ciclo de vida de los dispositivos médicos.....	15
D. Evaluación de Tecnologías en Salud (ETES)	16
E. Obsolescencia tecnológica	16
F. Marco normativo	16
G. Proceso analítico jerárquico (AHP).....	17
IV. METODOLOGÍA	20
A. Referenciación normativa y de buenas prácticas	20
B. Formulación del modelo de evaluación	21
C. Implementación del modelo en el servicio de cirugía.....	22
D. Análisis de resultados	24
V. RESULTADOS	26
A. Resultados de la referenciación.....	26
B. Elaboración del modelo de evaluación.....	28
C. Selección de la tecnología sujeta a evaluación.....	33
D. Ejecución del modelo y análisis de resultados	35
VI. CONCLUSIONES	42

REFERENCIAS44

ANEXOS.....46

LISTA DE TABLAS

<i>TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS SEGÚN RIESGO..</i>	14
<i>TABLA 2. ESCALA FUNDAMENTAL DEL MÉTODO SAATY.</i>	18
<i>TABLA 3. EJEMPLO DISPOSICIÓN DE VARIABLES EN LA MATRIZ SAATY</i>	18
<i>TABLA 4. VARIABLES IMPLEMENTADAS EN LOS MODELOS REFERENCIADOS.</i>	26
<i>TABLA 5. VARIABLES A EVALUAR EN EL MODELO DE EVALUACIÓN FORMULADO</i>	29
<i>TABLA 6. DEFINICIÓN Y RANGOS DE CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CRITERIO CLÍNICO.</i>	30
<i>TABLA 7. DEFINICIÓN Y RANGOS DE CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CRITERIO TÉCNICO.</i>	31
<i>TABLA 8. DEFINICIÓN DE LA VARIABLE A EVALUAR EN EL CRITERIO ECONÓMICO</i>	32
<i>TABLA 9. RECOMENDACIÓN A PARTIR DEL PUNTAJE FINAL</i>	32
<i>TABLA 10. NIVELES DE PONDERACIÓN PARA VARIABLES DEL CRITERIO CLÍNICO</i>	35
<i>TABLA 11. LISTADO DE EQUIPOS SIN SOPORTE DE REPUESTOS</i>	38

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema general ciclo de vida de la tecnología.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Diagrama general de actividades realizadas.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Actividades correspondientes al cumplimiento del primer objetivo específico</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4. Actividad correspondiente al cumplimiento del segundo objetivo específico</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Actividades correspondientes al cumplimiento del tercer objetivo específico</i>	<i>22</i>
<i>Figura 6. Actividades correspondientes al cumplimiento del cuarto objetivo específico</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Esquema general del proceso de selección de la tecnología a evaluar.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8. Porcentaje de tecnologías a evaluar en el proyecto.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 9. Resultados criterio clínico</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10. Resultados criterio técnico.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 11. Relación vida útil y edad de los equipos</i>	<i>38</i>
<i>Figura 12. Resultados criterio económico</i>	<i>40</i>
<i>Figura 13. Resultados generales de la evaluación de obsolescencia</i>	<i>41</i>

RESUMEN

En la Clínica Cardio VID se implementó en el año 2020 la primera evaluación de obsolescencia en los servicios de cirugía, ayudas diagnósticas y radiología, utilizando el modelo proporcionado por el software de gestión tecnológica *Keeper*. A partir de este primer análisis, se obtuvieron resultados favorables que le permitieron a la clínica proyectar un plan de renovación tecnológica para el 33% de los equipos evaluados en esa ocasión, sin embargo, se concluyó que se debían realizar modificaciones en el modelo, de manera que la información con la que se alimentara fuera veraz y accesible, posibilitando resultados mucho más cercanos a la realidad.

Es por esto, que en el presente proyecto se diseñó un nuevo modelo de evaluación de obsolescencia, el cual se aplicó en 66 equipos biomédicos del servicio de cirugía, seleccionados por su clasificación de riesgo, modalidad de adquisición y consideraciones adicionales de la institución; en dicho modelo se incluyeron los criterios clínico, técnico y económico. Uno de los aspectos importantes en la formulación del modelo de obsolescencia consistió en reconocer la información técnica y económica disponible en el área de ingeniería biomédica para evaluar cada una de las variables del mismo, de manera tal que fuera posible llegar a un resultado útil y confiable para la institución.

Como principal resultado, se obtuvo que 12 de los equipos biomédicos incluidos en el estudio deben ser evaluados nuevamente en un año, mientras que los 54 restantes pueden ampliar este plazo a dos años.

***Palabras clave* — Equipos biomédicos, obsolescencia, renovación, evaluación tecnológica**

ABSTRACT

In 2020, the Clínica Cardio Vid implemented the first obsolescence assessment in the surgery, diagnostic aids and radiology services, using the model provided by the Keeper technology management software. From this first analysis, favorable results were obtained that allowed the clinic to project a technological renewal plan for 33% of the equipment evaluated on that occasion, however, it was concluded that modifications should be made to the model, so that the information fed into it would be accurate and accessible, enabling results much closer to reality.

For this reason, a new obsolescence evaluation model was designed in the present project, which was applied to 66 biomedical equipment of the surgery service, selected according to their risk classification, acquisition modality and additional considerations of the institution; clinical, technical and economic criteria were included in this model. One of the important aspects in the formulation of the obsolescence model consisted in recognizing the technical and economic information available in the biomedical engineering area to evaluate each of its variables, in such a way that it would be possible to reach a useful and reliable result for the institution.

The main result was that 12 of the biomedical equipment included in the study should be re-evaluated in one year, while the remaining 54 can extend this period to two years.

Keywords — Biomedical equipment, obsolescence, renovation, technological evaluation

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de tecnologías en salud (ETES) corresponde a uno de los procesos más importantes que se llevan a cabo dentro del sistema, con el fin de obtener evidencia que aporte en la toma de decisiones, a partir de la investigación y análisis que se realiza de forma integral de acuerdo a las implicaciones clínicas, éticas, sociales y económicas en el uso de las tecnologías sanitarias

[2] considerando esta última como cualquier método implementado en la promoción de la salud, prevención, rehabilitación y diagnóstico de enfermedades

[2].

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la ETES no presenta un alto impacto en la mayoría de los países de América, puesto que se plantea que es necesario un incremento en el entendimiento relacionado a la evidencia clínica, que de paso a la ejecución de evaluaciones confiables de dispositivos médicos [3]. Sin embargo, en los últimos años en países como Colombia se han puesto a disposición de las Instituciones Prestadoras de servicios de Salud (IPS) herramientas y recomendaciones por parte del Ministerio de Salud y Protección Social entorno a este asunto, con el propósito de implementar los procesos de evaluación fundamentados en información de alta calidad, tanto para la adquisición de nuevas tecnologías como para la determinación del reemplazo de las mismas.

Llevar a cabo la evaluación de obsolescencia de los equipos médicos presentes en una IPS proporciona información acerca del estado y funcionalidad de las tecnologías utilizadas en la prestación de servicios, permitiendo así determinar la continuidad o posible renovación de los equipos en cuestión, con el fin de garantizar la calidad en la atención, además de la seguridad e integridad de los pacientes [4].

La Clínica Cardio VID de Medellín es una institución con más de 55 años de experiencia, especializada en diagnóstico y tratamiento integral de enfermedades cardiovasculares, neurovasculares y pulmonares en adultos y niños, pionera en terapia de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), además de trasplante cardíaco y pulmonar [5]. Esta tiene una capacidad

instalada de 136 camas distribuidas en los servicios de Hospitalización, Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) Adultos, Unidad de Cuidados Coronarios, UCI Pediátrica y UCI Neonatal; además de 4 quirófanos, 19 camillas de observación y un inventario de más de 3000 equipos biomédicos [6].

En el año 2020 se implementó la primera evaluación de obsolescencia de la tecnología de los servicios de cirugía, ayudas diagnósticas y radiología. Esta medición se realizó por medio del software *Keeper*, servicio ofrecido por la empresa QSystems y adquirido por la clínica a finales de ese año [7]. Los resultados de la evaluación mencionada fueron positivos y aportantes para la toma de decisiones dentro de la institución, dado que se determinó que 10 de los equipos evaluados se encontraban en buen estado, 27 en estado aceptable y 18 se debían renovar inmediatamente. Sin embargo, se identificó la necesidad de actualizar el modelo existente y evaluar cada variable con información más completa y veraz, que permitiera construir un informe más preciso, debido a que específicamente el criterio económico de la evaluación requiere de datos complejos de obtener y que se estimaron a partir de técnicas financieras.

Por las razones expuestas, en el presente proyecto se diseñó un nuevo modelo de evaluación de la tecnología, que incluye parámetros que pueden ser evaluados con información accesible, real y significativa para la clínica. Adicionalmente, se implementó en el área de cirugía, siendo esta una de las más críticas en la institución, donde se realizan constantemente procedimientos vanguardistas y a su vez donde se encuentran equipos de alta complejidad. Para este servicio clínico es fundamental garantizar que las tecnologías involucradas cumplan con los requerimientos clínicos, económicos y técnicos planteados por la Clínica Cardio VID y recomendados por los entes regulatorios y de calidad como el Ministerio de Salud y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Esto con el fin de garantizar su adecuado funcionamiento y continuidad en la prestación de servicio, direccionando así mismo el proceder de la institución hacia los procesos de habilitación y acreditación en salud.

En el presente informe se incluyen diferentes secciones que dan cuenta del proceso correspondiente a la elaboración del trabajo. Inicialmente se encuentra el marco teórico donde se plantean los conceptos fundamentales para la ejecución del proyecto, luego se exponen cada una

de las actividades ejecutadas para el cumplimiento de los objetivos en la metodología, posteriormente se indican los resultados obtenidos y el análisis de los mismos tanto para el proceso de diseño del modelo de evaluación, como para su aplicación en el servicio de cirugía, y finalmente se presentan las conclusiones.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Diseñar un modelo de evaluación de obsolescencia de la tecnología e implementarlo en el servicio de cirugía de la Clínica Cardio Vid

B. Objetivos específicos

- Realizar referenciación normativa y de buenas prácticas para identificar los criterios que permitan evaluar la obsolescencia de la tecnología de la Clínica Cardio Vid.
- Formular el modelo de evaluación enfocado en el contexto local de la Clínica Cardio Vid con base en la referenciación realizada.
- Identificar la tecnología del servicio de cirugía y la información requerida acerca de esta para la implementación del modelo de evaluación de obsolescencia.
- Analizar los resultados obtenidos a partir de la implementación de la evaluación de obsolescencia.

III. MARCO TEÓRICO

En esta sección se presentan los conceptos más relevantes a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto en cuestión y el marco regulatorio en el cual se enmarca.

A. Tecnología en Salud

Conforme al significado dado por la Red Internacional de Agencias de Evaluación de Tecnologías de la Salud (INAHTA), el concepto de tecnologías en salud abarca cualquier proceso que se emplea para la promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación de enfermedades [8], incluyendo los dispositivos y equipos médicos que son de principal interés en el desarrollo de este proyecto. De forma similar, el Ministerio de Protección Social de Colombia definió hace algunos años las tecnologías en salud como “*el conjunto de medios técnicos y de procedimientos puestos a disposición por la ciencia, la investigación y los operadores del sector salud para sus elecciones de prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación*” [9].

B. Clasificación de dispositivos médicos

Teniendo en cuenta los riesgos potenciales asociados al uso de los dispositivos médicos, estos se clasifican en Clase I, Clase IIA, Clase IIB y Clase III, donde respectivamente corresponden a dispositivos médicos de bajo riesgo, riesgo moderado, riesgo alto y de muy alto riesgo [10] como se presenta en la *TABLA 1* con algunos ejemplos para cada caso.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS SEGÚN RIESGO. ADOPTADO DE [10].

CLASE	NIVEL DE RIESGO	EJEMPLOS
I	Bajo	Instrumental quirúrgico/Gasa
IIA	Moderado	Agujas hipodérmicas/Equipo de succión
IIB	Alto	Ventilador pulmonar/Implantes ortopédicos
III	Muy alto	Válvulas cardíacas/Marcapasos

C. Ciclo de vida de los dispositivos médicos

De acuerdo a la información suministrada por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), el ciclo de vida de la tecnología se divide en dos grandes etapas, *premercado* y *postmercado*, las cuales a su vez están compuestas por subetapas como se muestra en la *Figura 1* [12].

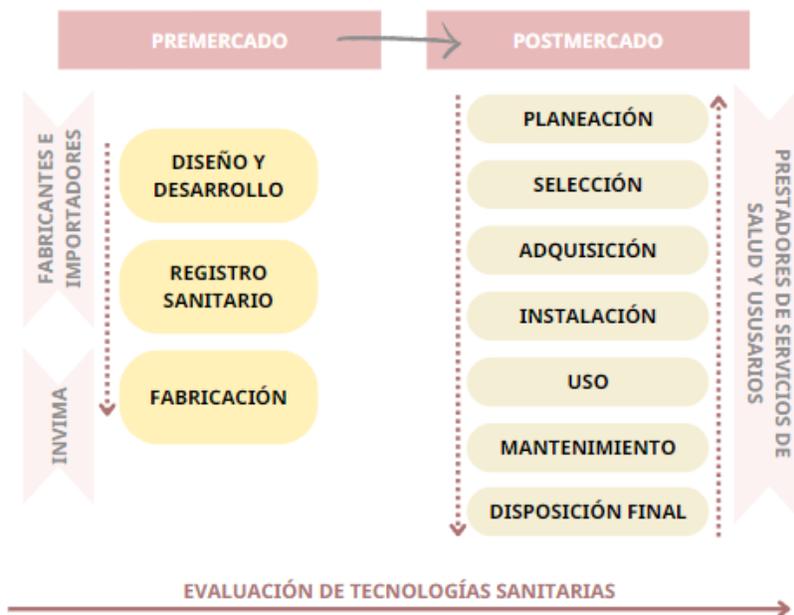


Figura 1. Esquema general ciclo de vida de la tecnología. Adoptado de [12].

A los fabricantes e importadores de tecnología, así como al INVIMA les compete gestionar la etapa del premercado, mientras que el postmercado les corresponde mayormente a las entidades prestadoras de salud y a los usuarios; constituyendo así la evaluación de tecnologías en salud mencionada anteriormente un proceso transversal en todo el ciclo de vida, debido a que continuamente se examina el comportamiento y procesos asociados a la tecnología, de manera que a medida que los equipos pasen a ser obsoletos, se incorpore un plan de renovación que genere el comienzo del ciclo nuevamente.

D. Evaluación de Tecnologías en Salud (ETES)

Según el Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud, ETES corresponde al proceso que examina aspectos como la seguridad y efectividad, además de las implicaciones éticas, sociales y económicas relacionadas al uso de una tecnología en el cuidado de la salud; lo que a su vez permite contar con información relevante para la toma de decisiones entorno a este ámbito [11] .

E. Obsolescencia tecnológica

El estado de obsolescencia tecnológica se alcanza cuando el desempeño de las funciones de un equipo en específico no cumple con las mínimas condiciones económicas, técnicas o estratégicas y estas son superadas por las nuevas tecnologías que surgen en el mercado [13]. Es importante resaltar que un equipo obsoleto no necesariamente es producto de un funcionamiento defectuoso o el cumplimiento de su vida útil [14].

F. Marco normativo

En términos de habilitación en salud, según la resolución 3100 de 2019 [15] , en Colombia aún no se establece de forma obligatoria la implementación de procesos de evaluación tecnológica dentro de las Instituciones Prestadoras de Salud, sin embargo, en la resolución 5095 del 2018 correspondiente al Manual de Acreditación en Salud Ambulatorio y Hospitalario de Colombia, se exigen políticas institucionales que deben ser un punto de partida para el proceso de acreditación al cual la Clínica Cardio Vid apunta en un futuro, y que se establecen específicamente en los estándares 133 y 137 [16]

El estándar 133 plantea que la organización en miras de ser acreditada, debe contar con una política organizacional que se encuentre definida, implementada y a su vez evaluada para los procesos correspondientes a la adquisición, incorporación, monitorización, control y reposición de la tecnología, que deben incluir entre algunos otros, los siguientes criterios:

- Evaluación de confiabilidad que contenga el análisis de fallas y eventos adversos
- Tipo de soporte y tiempo que se garantiza la disponibilidad de repuestos, software, actualizaciones u otros servicios.
- Valoración de costo beneficio, utilidad y costo efectividad de la tecnología.

Así mismo, el estándar 137 describe que se debe establecer una política con los mismos requerimientos descritos en el anterior, pero en este caso direccionado a la renovación de la tecnología, teniendo en cuenta aspectos importantes como:

- Análisis de costos de mantenimiento
- Obsolescencia de la tecnología
- Disponibilidad de repuestos para la tecnología que se pretende renovar
- Seguridad, confiabilidad y facilidad de operación
- Ventajas para el personal que utiliza la tecnología

Adicionalmente, dentro del fundamento normativo del proyecto, también se encuentran la resolución 4816 de 2008 [17] y el decreto 4725 de 2005 [18] , que hacen referencia a parámetros importantes que forman parte del proceso de evaluación de obsolescencia. Entre estos, la evaluación de eventos e incidentes adversos relacionados a la tecnología que permiten cuantificar el riesgo de la misma y requisitos como la capacidad del proveedor de garantizar insumos, partes y repuestos por un tiempo determinado por la vida útil establecida para los equipos o en su defecto 5 años, respectivamente.

G. Proceso analítico jerárquico (AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico corresponde a un método desarrollado por Thomas L. Saaty en los años setenta, en el que se proponen diferentes grados de razón que permiten transformar un problema multicriterio a un nivel de prioridades [19]. Lo anterior, teniendo en cuenta la escala

fundamental presentada en la *TABLA 2* que permite ponderar la importancia que tiene una variable al ser comparada con otra específica y que se ve reflejado numéricamente.

TABLA 2. ESCALA FUNDAMENTAL DEL MÉTODO SAATY.

<i>Escala cuantitativa</i>	<i>Escala cualitativa</i>
1	Igualmente preferida
3	Moderadamente preferida
5	Fuertemente preferida
7	Muy fuertemente preferida
9	Extremadamente preferida
2,4,6,8	Preferencias intermedias entre juicios adyacentes

Para la aplicación de este método se construye una matriz de comparación entre variables, las cuales se disponen en las filas y columnas como se ejemplifica en la *TABLA 3*, y mediante el cálculo del *índice de consistencia* y la *razón de consistencia* definidos por la *Ecuación 1* y *Ecuación 2* [20], respectivamente, se obtienen los pesos correspondientes a cada una de ellas. Es importante tener en cuenta que la razón de consistencia debe ser menor a 0,10 para garantizar que la jerarquía definida es coherente.

TABLA 3. EJEMPLO DISPOSICIÓN DE VARIABLES EN LA MATRIZ SAATY

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>	<i>Variable 3</i>
<i>Variable 1</i>	1	3	7
<i>Variable 2</i>	1/3	1	2
<i>Variable 3</i>	1/7	1/2	1

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

Ecuación 1. Índice de consistencia en método Saaty

Donde $\lambda_{m\acute{a}x}$ constituye el eigenvalor principal de la matriz construida.

$$CR = \frac{CI}{1.98 * \frac{n-2}{n}}$$

Ecuación 2. Razón de consistencia en método Saaty

IV. METODOLOGÍA

En la Figura 2 se presenta el diagrama general de las actividades realizadas en el desarrollo del proyecto.

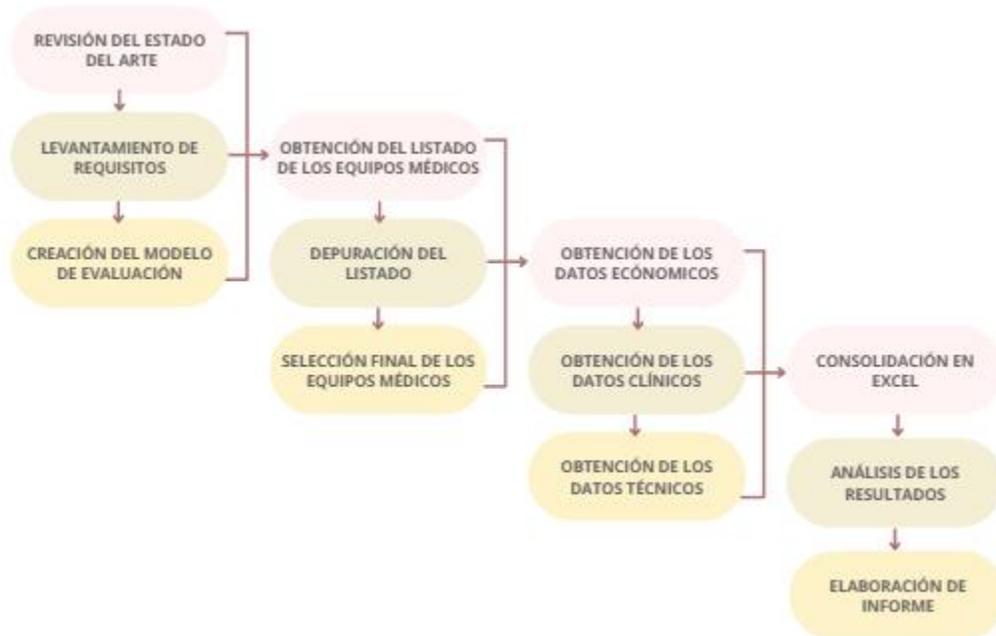


Figura 2. Diagrama general de actividades realizadas.

A. Referenciación normativa y de buenas prácticas

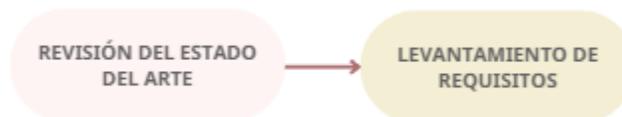


Figura 3. Actividades correspondientes al cumplimiento del primer objetivo específico

1.Revisión del estado del arte

En esta etapa se realizó la revisión bibliográfica de los modelos de evaluación tecnológica diseñados por diferentes autores e instituciones, además de los documentos proporcionados por el Ministerio de Salud, considerando los mejores resultados y recomendaciones para la creación del modelo de evaluación en cuestión.

2. Levantamiento de requisitos

Teniendo como referencia el módulo de evaluación del software *Keeper* existente actualmente en la clínica y la referenciación con otros modelos de evaluación, se definieron las variables a involucrar en los criterios económico, clínico y técnico, así como los pesos asociados a estos y la manera de ponderar los resultados, con el propósito de consolidar un modelo que dé lugar a resultados representativos para la misma.

B. Formulación del modelo de evaluación



CREACIÓN DEL MODELO
DE EVALUACIÓN

Figura 4. Actividad correspondiente al cumplimiento del segundo objetivo específico

1. Creación del modelo de evaluación

Teniendo como fundamento principal la información recolectada en la referenciación, se determinó la inclusión de tres criterios principalmente, correspondientes al clínico, económico y técnico, siendo estos los más comúnmente incluidos en este tipo de modelos de evaluación; los cuales a su vez contienen diferentes variables que permiten obtener la suficiente información acerca de la tecnología a evaluar, también determinadas según las recomendaciones presentadas en la norma y en modelos similares que han sido desarrollados por diferentes autores.

En el caso de los criterios clínico y técnico que contienen más de una variable, la ponderación asociada a cada una de ellas se determinó haciendo uso del método de análisis jerárquico desarrollado por Thomas Saaty, planteando en este, el nivel de importancia que tienen en la Clínica Cardio Vid en el momento de implementar un plan de renovación tecnológica.

Posterior al diseño, el modelo se elaboró en un documento de Excel correspondiente al *Anexo A*, en donde, al ingresar la información correspondiente a cada equipo, se calcula la puntuación

que determina si debe ser renovado de forma inmediata o se debe evaluar nuevamente dentro de los próximos dos años.

C. Implementación del modelo en el servicio de cirugía



Figura 5. Actividades correspondientes al cumplimiento del tercer objetivo específico

1. Obtención del listado de los equipos médicos activos en el servicio de cirugía

En este punto se determinó el alcance del proyecto a la aplicación del modelo en los equipos biomédicos del servicio de cirugía y se utilizó el software Keeper implementado en la Clínica Cardio VID donde se encuentran todos los equipos biomédicos presentes en la institución, para obtener el listado total de las tecnologías ubicadas en el servicio de interés y que se encuentran actualmente en funcionamiento.

2. Depuración del listado teniendo en cuenta la clasificación de riesgo de los dispositivos médicos y su criticidad en los procesos

A partir del listado de equipos médicos completo y entendiendo que los dispositivos de clase IIA, IIB y III son los de mayor interés en el proceso de evaluación de obsolescencia debido a que presentan mayor riesgo potencial en su uso; se descartaron las tecnologías que no cumplieran este criterio de inclusión.

3. Selección final de los equipos biomédicos de interés para la aplicación de la evaluación

Luego de llevar a cabo los filtros por servicio y riesgo, se procedió a definir finalmente con la jefe de ingeniería los equipos médicos que para la institución debían ser evaluados en términos de obsolescencia, teniendo únicamente tecnologías adquiridas en modalidad de compra y que comenzaron su funcionamiento antes del año 2018.

4. Obtención de los datos económicos de los equipos de interés

Con base en los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto “Herramienta de cálculo del costo de mantenimiento anual de los equipos biomédicos para analizar el proceso de gestión financiera de mantenimiento en la Clínica Cardio Vid”, referente a los costos de mantenimiento de los equipos biomédicos de interés para el año 2021, además de la información proporcionada por los diferentes proveedores de tecnología con relación al precio de adquisición de la misma, se evaluó la variable incluida en el criterio económico.

5. Obtención de los datos clínicos de los equipos de interés

Se encuestó al personal asistencial del servicio de cirugía sobre la percepción que tienen de los equipos médicos que se incluyen en la evaluación de obsolescencia teniendo en cuenta marca y modelo de estos, en términos de utilidad, confiabilidad y facilidad en el uso; con el fin de conocer si los equipos cumplen con las expectativas funcionales planteadas en su proceso de adquisición. La encuesta fue aplicada según la especialidad del personal y la tecnología que cada uno de ellos

utiliza diariamente, incluyendo en este caso a enfermeros, perfusionistas, instrumentadores quirúrgicos, cirujanos y anestesiólogos. En el *Anexo B* se presenta el formulario aplicado para la obtención de los datos requeridos en el criterio clínico.

6. Obtención de los datos técnicos de los equipos de interés

Se accedió a las hojas de vida de los equipos seleccionados para la evaluación, las cuales se encuentran consignadas en el software Keeper, para adquirir los aspectos técnicos requeridos por el modelo de evaluación.

7. Consolidación en Excel

Se aplicó el modelo de evaluación por medio de la calificación de cada uno de los criterios.

D. Análisis de resultados



Figura 6. Actividades correspondientes al cumplimiento del cuarto objetivo específico

1. Revisión de resultados arrojados en el proceso de evaluación

Al momento de evaluar todas las variables incluidas en el modelo; se verificaron los resultados de la evaluación y se realizó la clasificación de los equipos que deben ser renovados inmediatamente y los que aún pueden continuar con la prestación del servicio. Finalmente, se analizó esta información para proporcionar las recomendaciones pertinentes a la Clínica Cardio Vid.

2.Elaboración de informe

Se elaboró un informe en el cual se le comunica a la institución el estado actual de la tecnología en el servicio de cirugía proveniente de la evaluación de obsolescencia ejecutada.

V. RESULTADOS

A. Resultados de la referenciación

Para la determinación de los criterios a incluir en el modelo de evaluación diseñado, además de tener en cuenta las recomendaciones basadas en el marco normativo nacional [15] [16] [17][18], se realizó la referenciación de trabajos en los cuales se diseñaban modelos de evaluación para la determinación de la obsolescencia tecnológica, siendo estos un punto de partida para la formulación de las variables a incluir en los criterios clínico, técnico y económico, como se plantea en la TABLA 4.

TABLA 4. VARIABLES IMPLEMENTADAS EN LOS MODELOS REFERENCIADOS

<i>Autores</i>	<i>Nombre del trabajo</i>	<i>Variables en el criterio clínico</i>	<i>Variables en el criterio técnico</i>	<i>Variables en el criterio económico</i>
Juan Sebastián Acero Celemín Vanessa Vique Bernal	“Priorización por obsolescencia de equipos biomédicos para adquisición de nueva tecnología foco imágenes diagnósticas” [21]	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de operabilidad del equipo - Grado de satisfacción - Cobertura de necesidades actuales 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de soporte de consumibles - Eventos adversos asociados - Vida útil contable - Relación entre fecha de fabricación y edad del equipo - Mantenimientos correctivos en el último año - Proveedor de soporte técnico - Disponibilidad de soporte de repuestos 	<ul style="list-style-type: none"> - Relación entre precio de adquisición y costo de mantenimiento anual
Marcelo Antunes Marciano	“Aplicación del método multiparámetro	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora en el tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Edad del equipo 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento en la facturación

<i>Autores</i>	<i>Nombre del trabajo</i>	<i>Variables en el criterio clínico</i>	<i>Variables en el criterio técnico</i>	<i>Variables en el criterio económico</i>
Eliezer Knob Souza	como ayuda a la evaluación de la necesidad de reemplazo de equipo médico”[22]	<ul style="list-style-type: none"> - Preferencia del usuario - Aumento en la estandarización 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Costo de mantenimiento</i> - <i>Tiempo fuera de servicio</i> - Finalización de soporte de fabrica - Reducción de costo 	
Laura Escobar Gómez Carolina Vélez Cardona	“Diseño y validación de metodología para evaluación de obsolescencia y actualización de la documentación del proceso de disposición final de los equipos biomédicos de la clínica nuestra señora de los remedios de Cali”[24]	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia de uso - Grado de satisfacción - Cobertura de necesidades actuales - <i>Seguridad en el uso</i> - Complejidad de uso 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida útil - Fecha de fabricación - Fecha actual - Edad del equipo - <i>Relación entre la edad del equipo y la vida útil</i> - <i>Cantidad de mantenimiento correctivos</i> - Fecha de garantía - Proveedor de soporte técnico - <i>Disponibilidad de soporte de repuestos</i> - Clasificación por riesgo - Manual de servicio y operación - Complejidad de mantenimiento - <i>Eventos adversos o alertas</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Precio de adquisición - Precio actual del equipo - Costo de mantenimiento anual - <i>Relación precio actual y costo de mantenimiento</i> - Costo de reposición - Relación costo de mantenimiento anual y costo de reposición
	“Diseño e implementación de			<ul style="list-style-type: none"> - Precio de adquisición

<i>Autores</i>	<i>Nombre del trabajo</i>	<i>VARIABLES en el criterio clínico</i>	<i>VARIABLES en el criterio técnico</i>	<i>VARIABLES en el criterio económico</i>
Deisy Gabriela León Mera Karen Lisbeth Ceron Sotelo	una herramienta software para evaluar el estado del índice de obsolescencia para los equipos biomédicos del Hospital Universitario San José de Popayán”[25]	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de operatividad del equipo - Grado de satisfacción con el equipo - Cobertura de necesidades actuales - Complejidad en el uso - Utilidad del equipo en relación a su ausencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de soporte de consumibles - <i>Eventos adversos asociados</i> - Vida útil contable - Edad del equipo - Relación de la vida útil contable y la edad del equipo - <i>Mantenimientos correctivos en el último año</i> - Proveedor de soporte técnico - Disponibilidad de repuestos - Clasificación por riesgo - Clasificación biomédica - Manual de operación 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo de mantenimiento por año - <i>Relación costo de mantenimiento por año y costo de adquisición</i>

B. Elaboración del modelo de evaluación

El modelo de evaluación formulado incluye los criterios técnico, clínico y económico asociados cada uno a un 40 %, 30 % y 30 % respectivamente del porcentaje total de evaluación, esto por la determinación interna del departamento de ingeniería. Cada uno de estos criterios abarca diferentes variables a evaluar cómo se ilustra en la TABLA 5, las cuales fueron determinadas con el propósito de obtener resultados representativos para la Clínica Cardio Vid.

¹ Nota: Las variables dispuestas en negrita y cursiva en la TABLA 4 corresponden a las incluidas en el modelo implementado.

TABLA 5. VARIABLES A EVALUAR EN EL MODELO DE EVALUACIÓN FORMULADO

<i>Variables a evaluar por criterio</i>
<i>Criterio Clínico (30%)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Utilidad - Confiabilidad - Facilidad en el uso
<i>Criterio Técnico (40%)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Relación vida útil y edad del equipo - Relación mantenimientos preventivos y correctivos - Tiempo de soporte de repuestos en años - Tiempo fuera de servicio en meses - Cantidad de eventos adversos
<i>Criterio Económico (30%)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Relación costo de mantenimiento y precio actual de la tecnología

1. Criterio Clínico

El criterio clínico se incluyó en el modelo de evaluación con la finalidad de conocer la percepción que presenta el personal asistencial, con relación a la tecnología que usan diariamente en los diferentes procedimientos e intervenciones médicas y de esta manera identificar la pertinencia de la misma dentro de la institución. En este se abarcan los aspectos de utilidad, confiabilidad y facilidad en el uso [16], los cuales se definen como se muestra en la TABLA 6, además de los rangos de calificación establecidos para los mismos haciendo uso del método de ponderación *Saaty* [19] y lo permitido según el contexto local de la clínica.

Es importante resaltar en este punto qué, el peso de cada variable corresponde a la calificación más alta posible, y dependiendo de la apreciación de cada uno de los asistenciales del servicio de

cirugía, puede tomar este valor o uno menor, en caso de que elijan la opción *Mediana, Baja o Ninguna*.

TABLA 6. DEFINICIÓN Y RANGOS DE CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CRITERIO CLÍNICO

<i>Variable evaluada</i>	<i>Definición</i>	<i>Porcentaje en los rangos de calificación sobre el 30%</i>			
		<i>Alta</i>	<i>Mediana</i>	<i>Baja</i>	<i>Ninguna</i>
<i>Utilidad</i>	Capacidad que tiene el equipo para cumplir con el objetivo por el cual fue desarrollado	54,99	36,66	18,33	0,00
<i>Confiabilidad</i>	Probabilidad de que el equipo funcione correctamente sin presentar riesgo alguno	24,02	16,01	8,01	0,00
<i>Facilidad en el uso</i>	Grado de simplicidad que tiene el equipo en su operación.	20,98	13,99	6,99	0,00

2.Criterio Técnico

Este criterio en específico permitió reunir información relacionada con el estado físico y funcional de la tecnología actualmente, teniendo en cuenta el comportamiento que ha presentado a lo largo del último año, además de la proyección que presenta a corto plazo en el mercado. En la

TABLA 7 se presentan las diferentes variables evaluadas en esta sección, con su respectiva definición, además de los rangos de calificación establecidos mediante la misma estrategia utilizada en el criterio clínico (Método Saaty).

TABLA 7. DEFINICIÓN Y RANGOS DE CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL CRITERIO TÉCNICO

<i>Variable evaluada</i>	<i>Definición</i>	<i>Porcentaje en los rangos de calificación sobre el 40%</i>			
<i>Soporte de repuestos</i>	Tiempo en años con el que la tecnología aún cuenta con disponibilidad de repuestos en el mercado, según fábrica	<i>5 años o más</i>	<i>Entre 2 y 5 años</i>	<i>Entre 1 y 2 años</i>	<i>Menos de 1 año</i>
		45,41	34,06	22,71	11,35
<i>Vida útil / Edad del equipo</i>	Relación existente entre la vida útil determinada por el fabricante y la cantidad de años que el equipo ha estado en funcionamiento	<i>No ha cumplido su vida útil</i>	<i>Edad entre el tiempo de vida útil y el doble de esta</i>	<i>La edad ha superado el doble de la vida útil</i>	
		8,21	5,47	2,74	
<i>Mantenimientos correctivos / Mantenimientos preventivos</i>	Relación entre la cantidad de mantenimientos correctivos realizados en el último año y el número de mantenimientos preventivos ejecutados en el mismo periodo de tiempo	<i>Los correctivos superan los preventivos</i>	<i>La cantidad de correctivos se encuentra entre la cantidad de preventivos y el doble de esta</i>	<i>La cantidad de correctivos ha superado el doble de preventivos</i>	
		23,49	15,66	7,83	
<i>Tiempo fuera de servicio</i>	Cantidad de horas en el último año, en las cuales el equipo se encontró fuera de servicio	<i>Menor a un mes</i>	<i>Entre 1 y 3 meses</i>	<i>Mayor a 3 meses</i>	
		16,81	11,21	5,60	
<i>Cantidad de eventos adversos</i>	Eventos adversos reportados en la Clínica Cardio Vid en relación a la tecnología	<i>0 eventos</i>	<i>1 evento</i>	<i>2 o más eventos</i>	
		6,08	4,05	2,03	

3. Criterio Económico

El último criterio de la evaluación de obsolescencia es el económico, el cual permite indagar acerca de la viabilidad que presenta la continuidad de la tecnología en la institución en término de costos, para lo cual se determinó la variable específica a evaluar presentada en la TABLA 8.

TABLA 8. DEFINICIÓN DE LA VARIABLE A EVALUAR EN EL CRITERIO ECONÓMICO

<i>Variable evaluada</i>	<i>Definición</i>	<i>Porcentaje en los rangos de calificación sobre el 30%</i>		
		<i>Los costos no superan en 25% del precio de adquisición actual</i>	<i>Los costos se encuentran entre el 25% y 50% del precio de adquisición actual</i>	<i>Los costos superan el 50% del precio de adquisición actual</i>
<i>Precio de adquisición / Costo de mantenimiento y repuestos</i>	Relación que se presenta entre el valor de adquisición de la tecnología y el costo de mantenimiento y en el último año	100	66,66	33,33

4. Calificación general

Con base en los porcentajes establecidos para cada criterio, en cada caso es posible obtener un puntaje máximo, de 0.3, 0.4 y 0.3 para el clínico, técnico y económico, respectivamente, por lo tanto, dependiendo del puntaje total obtenido a partir de la suma de cada uno de ellos, se realiza una recomendación específica, que se muestra en la TABLA 9.

TABLA 9. RECOMENDACIÓN A PARTIR DEL PUNTAJE FINAL

<i>Puntaje total</i>	<i>Recomendación</i>
Mayor a 0.6	Evaluar nuevamente en dos años
Menor o igual a 0.6 y mayor a 0.4	Evaluar nuevamente en un año
Menor o igual a 0.4	Renovar inmediatamente

C. Selección de la tecnología sujeta a evaluación

En la Figura 7 se presentan de forma resumida los datos correspondientes a la cantidad de equipos en el servicio de cirugía, luego de aplicar cada uno de los criterios de inclusión planteados al comienzo del proyecto, correspondientes a la clasificación por riesgo, adquisición por modalidad de compra e inicio de funcionamiento de la tecnología antes del año 2018.

Inicialmente, mediante el software *Keeper* implementado en la institución se extrajo la información relacionada a toda la tecnología presente en el servicio, en donde se encontró que se cuenta con una totalidad de 372 equipos biomédicos de todo tipo. Sin embargo, para la aplicación de la evaluación son de interés 286 de los ya mencionados, debido a la clasificación en la que se encuentran según su riesgo, tomando en cuenta únicamente los equipos con mayor criticidad en su uso. Posteriormente, en esta última submuestra se aplicó un criterio de inclusión adicional, correspondiente a la modalidad de compra, descartando tecnologías que se encuentran en comodato, donación, arrendamiento o demostración, disminuyendo la muestra inicial del estudio a 184 equipos. Finalmente, teniendo en cuenta sólo los equipos que comenzaron su funcionamiento antes del año 2018 y mediante el análisis realizado por la jefe del departamento de ingeniería en donde se tiene en cuenta el comportamiento general que han tenido las tecnologías en la Clínica Cardio Vid los últimos años, se determinó que para la evaluación de obsolescencia se tendrán en cuenta sólo 66 equipos, correspondiente al 17,41% de la totalidad de equipos utilizados en cirugía.

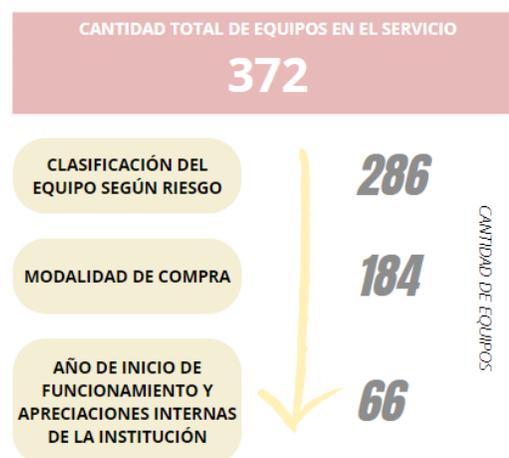


Figura 7. Esquema general del proceso de selección de la tecnología a evaluar.

Dentro de los 66 equipos a evaluar, se encuentran diferentes tipos de tecnologías como se ilustra en la Figura 8, de la cual se observa que la que presenta mayor cantidad de equipos son *monitores de signos vitales* con 10 unidades, correspondientes al 15.2% de la muestra a evaluar, seguido de *electrobisturías* y *mesas de cirugía* representando el 10.6% y 9.1%, respectivamente con 7 y 6 unidades; por último se encuentran *máquinas de anestesia* junto con *lámparas cielíticas* con el 9.1% cada una; representando las tecnologías que se utilizan con mayor frecuencia en cirugía y que a su vez son más indispensables en las intervenciones y procedimientos realizados en el servicio.

Adicionalmente, dentro de las tecnologías con menor número de equipos en el servicio, se encuentran el *equipo de odontología portátil*, el *flujómetro vascular veriq*, la *lámpara pielítica*, el *manujet III*, el *micromotor módulo odontológico*, el *microscopio quirúrgico*, la *torre de laparoscopia*, el *monitor invos* y el *sistema de calentamiento de líquidos y sangre*; cada uno sólo con una unidad existente; siendo equipos de suma importancia en el servicio pero que aun así, no se requiere de su uso constantemente o de forma simultánea en varios quirófanos.

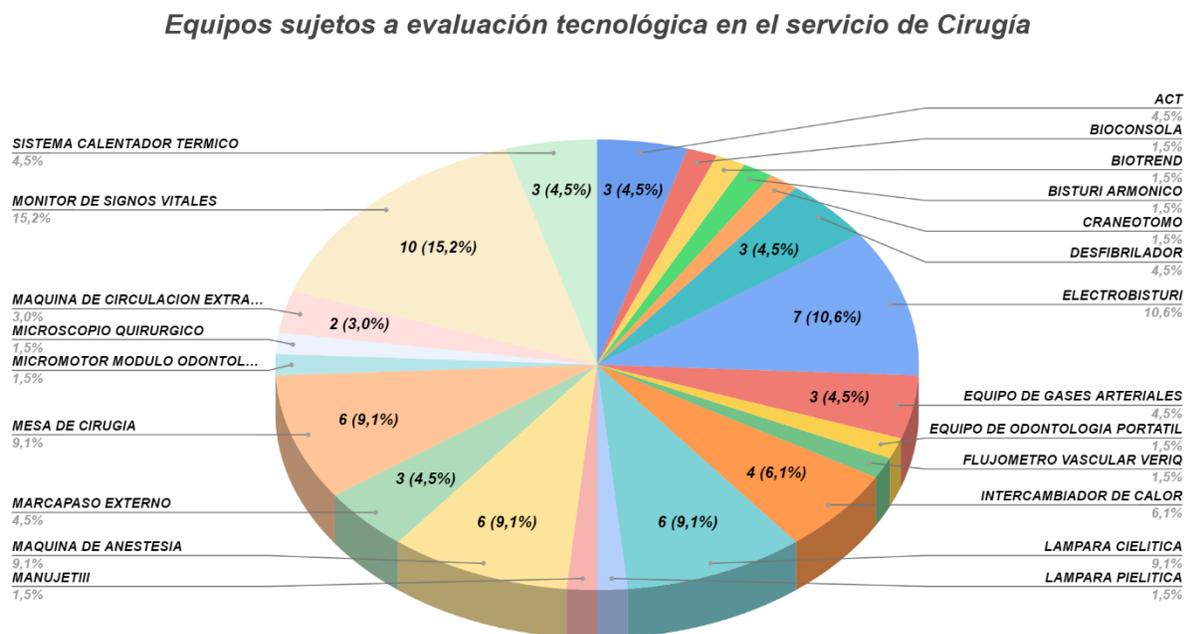


Figura 8. Porcentaje de tecnologías a evaluar en el proyecto.

D. Ejecución del modelo y análisis de resultados

En el *Anexo A* se encuentra consignada la ejecución del modelo de evaluación de todos los equipos involucrados en el estudio, con sus respectivos resultados y recomendaciones básicas.

1. Implementación criterio clínico

La implementación de esta parte del modelo de evaluación se llevó a cabo con los resultados obtenidos de la encuesta realizada al personal asistencial consignada en el *Anexo B*. En este proceso se le asignó a cada rango de calificación un nivel cuantitativo como se muestra en la *TABLA 10*, de manera que para cada tecnología se obtuviera el promedio de este en las variables de utilidad, confiabilidad y facilidad en el uso, esto teniendo en cuenta la cantidad de personas que contestaron la encuesta.

TABLA 10. NIVELES DE PONDERACIÓN PARA VARIABLES DEL CRITERIO CLÍNICO

<i>Nivel cualitativo</i>	<i>Nivel cuantitativo</i>	<i>Rango aceptable en resultado final</i>
Alta	3	$2.5 \leq \text{Alta} < 3$
Mediana	2	$1.5 \leq \text{Mediana} < 2.5$
Baja	1	$0.5 \leq \text{Baja} < 1.5$
Ninguna	0	$\text{Ninguna} < 0.5$

Adicionalmente, se determinó en todas las variables del criterio que un puntaje “*bueno*” corresponde a un valor mayor o igual a 0.2, mientras que uno “*aceptable*” se encuentra entre 0.1 y 0.2, y uno “*malo*” es menor o igual a 0.1.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de este criterio.

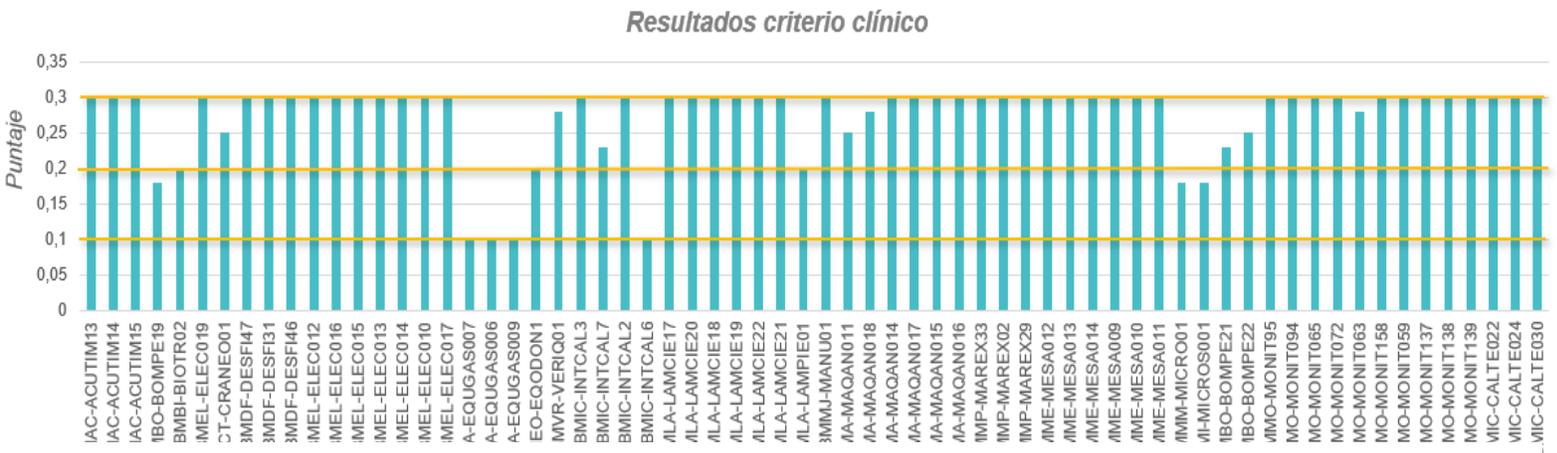


Figura 9. Resultados criterio clínico

A partir de la información incluida en la

Figura 9, se observa que 56 de los equipos presentan una buena puntuación en esta parte de la evaluación, permitiendo analizar de forma general que, en términos de utilidad, confiabilidad y facilidad en el uso, se tiene una buena percepción por parte del personal asistencial acerca de la tecnología en el servicio. Aun así, se presentan casos aislados, como el de los tres equipos de gases arteriales y el intercambiador de calor identificado con el código BMIC-INTCAL6, marca Sorin Stockert, modelo SIII 16-02-50, los cuales obtuvieron un puntaje menor o igual a 0.1, por lo que es importante tenerlos en cuenta para una posible renovación, debido a que en términos clínicos no cumplen con su principal objetivo. De forma similar, se presenta el caso del equipo de odontología portátil, la lámpara pielítica, el micromotor de modulo odontológico, y el microscopio quirúrgico, que alcanzaron un puntaje “aceptable”, evidenciando un grado intermedio en cuanto a la satisfacción del personal en el manejo de estas tecnologías.

2.Implementación criterio técnico

En la Figura 10 se muestran los resultados del criterio técnico para cada uno de los equipos evaluados, en donde se observa de manera general que técnicamente todas las tecnologías cumplen con los rangos permitidos, sin embargo, es importante tener en cuenta los casos con calificación

media, es decir que el puntaje se encuentra entre 0.13 y 0.27, que no corresponden necesariamente a equipos con resultados deficientes, pero que no se encuentran en perfecto estado, teniendo en cuenta que el puntaje máximo posible es 0.4.



Figura 10. Resultados criterio técnico

Adicionalmente, aunque los resultados generales brindan un tipo de información, de manera específica se pueden analizar los datos de manera diferente, como es el caso de la relación entre la vida útil y la edad de la tecnología. En la *Figura 11* se visualiza que esta relación para el 59.09% de los equipos es menor a 1, es decir, que ya se ha superado el tiempo de vida útil. Lo descrito corresponde a una característica de gran peso en el momento de tomar decisiones, puesto que, de forma general, tener en un funcionamiento un equipo antiguo pone en riesgo la seguridad del paciente, aspecto que en toda institución se debe tener como prioridad.

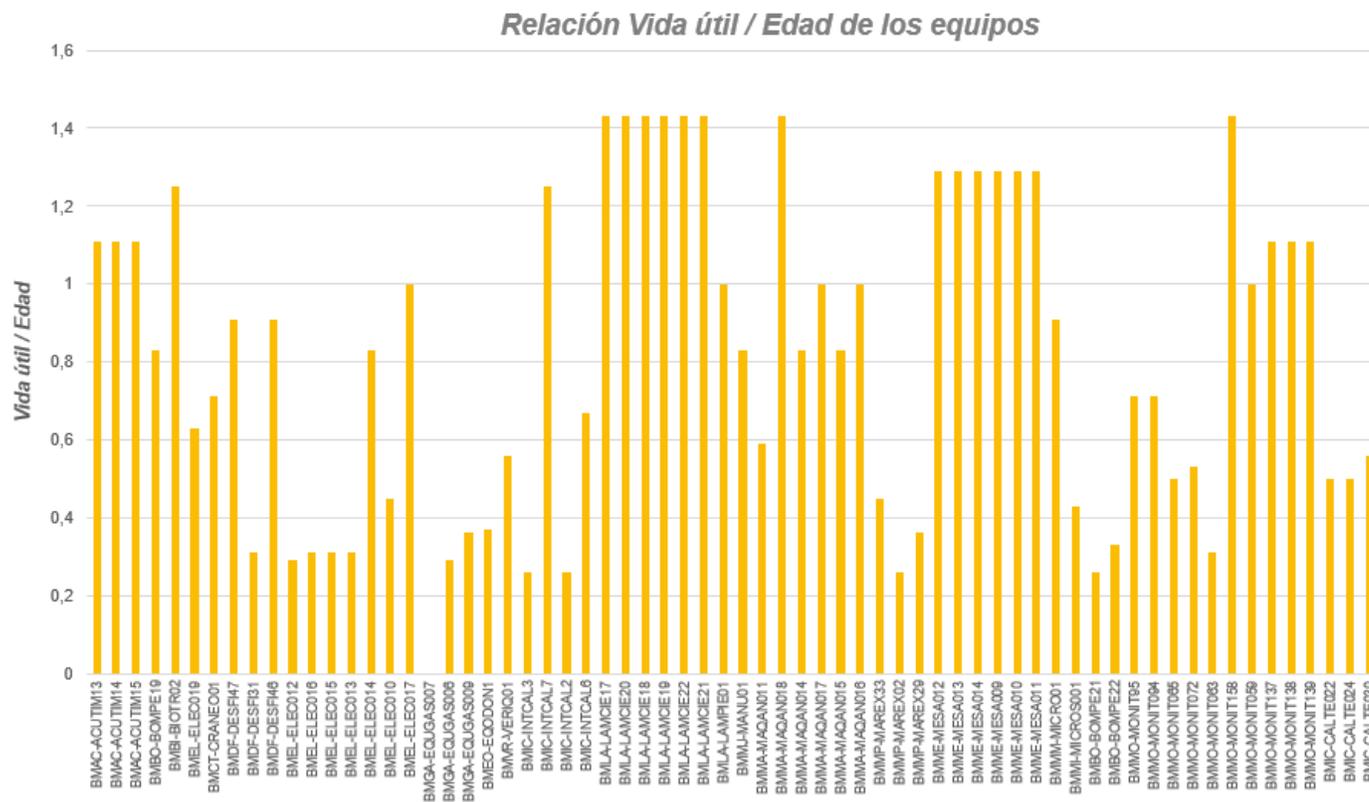


Figura 11. Relación vida útil y edad de los equipos

Otro aspecto importante a destacar corresponde a la variable soporte de repuestos con el que cuentan las tecnologías evaluadas, la cual se alimentó con la información entregada por los proveedores que, para algunos equipos, debido al retraso en el tiempo de respuesta por parte de estos, se tomó el tiempo de vigencia del registro sanitario más 5 años que deben garantizarse en tema de soporte de repuestos. En este caso, se identificó que 36,6% de los equipos evaluados actualmente tienen un tiempo de soporte correspondiente a cero años. En la TABLA 11 se presenta el listado de las tecnologías en cuestión, con los datos de marca y modelo.

TABLA 11. LISTADO DE EQUIPOS SIN SOPORTE DE REPUESTOS

Nombre del equipo	Marca	Modelo
DESFIBRILADOR	NIHON KOHDEN	TEC-5531E
ELECTROBISTURÍ	COVIDIEN	FORCE 2
EQUIPO DE GASES ARTERIALES	DIDECO	DATAMASTER

EQUIPO DE ODONTOLOGÍA PORTÁTIL	AUDENCOL	SIN DATO
INTERCAMBIADOR DE CALOR	SORIN STOCKERT	SIII 16-02-50
MANUJET III	VBM	30-01-003
MARCAPASO EXTERNO	MEDTRONIC	5388
MICROMOTOR MODULO ODONTOLOGICO	NSK	NE116
MICROSCOPIO QUIRÚRGICO	LEICA	LEICA M690
MÁQUINA DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA	SORIN STOCKERT	SISTEMA SC COMPAC
MÁQUINA DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA	SORIN STOCKERT	S3
MONITOR DE SIGNOS VITALES	NIHON KOHDEN	BSM-2353K
MONITOR DE SIGNOS VITALES	NIHON KOHDEN	BSM-5105K

En la implementación de este criterio se obtuvieron resultados adicionales a los presentados que pueden ser visualizados a mayor detalle en el *Anexo A*, donde se evidencia por ejemplo que la relación entre mantenimientos correctivos y preventivos no determina necesariamente el tiempo fuera de servicio de los equipos, es decir, algunas tecnologías presentan cantidad de correctivos considerables, pero esto no se ve reflejado en el tiempo de parada. Lo anterior debido a que la mayoría de las ordenes de trabajo corresponden a solicitudes de repuesto de accesorios que no limitan el funcionamiento de los equipos como producto de la disponibilidad de repuestos básicos en la bodega del área de ingeniería. Adicionalmente, es importante resaltar el resultado relacionado a los eventos adversos que se asocian a la tecnología del servicio, puesto que en el último año no se ha reportado alguno referente a los 66 equipos en estudio.

3.Implementación criterio económico

La recolección de los datos para completar la variable de interés en el criterio económico consistió principalmente en la comunicación con diferentes proveedores para conocer los precios de adquisición actuales de las tecnologías. Sin embargo, este proceso no fue eficaz en su totalidad, por lo que se presentaron múltiples retrasos en la respuesta; es por esto que fue necesario hacer uso de métodos

financieros para conocer el valor aproximado de la tecnología actualmente, teniendo como base los precios de esta cuando fueron adquiridos en la institución. Lo anterior, haciendo uso de la Ecuación 3 correspondiente a la fórmula del *Índice de Precios al Consumo* (IPC) [25] para el cálculo del valor presente del dinero.

$$Valor\ final = \frac{IPC\ final}{IPC\ inicial} \times Valor\ inicial$$

Ecuación 3. Fórmula del IPC

Donde:

- IPC final corresponde al índice de precios al consumo actualmente
- IPC inicial se refiere al índice de precios al consumo del año en el cual se adquirió la tecnología
- Valor inicial es el precio a convertir

Mediante el mismo método, se calculó el costo de mantenimiento y repuestos en el último año, utilizando los resultados del proyecto “Herramienta de cálculo del costo de mantenimiento anual de los equipos biomédicos para analizar el proceso de gestión financiera de mantenimiento en la Clínica Cardio Vid” realizado para el año 2021; obteniendo finalmente los resultados presentados en la *Figura 12*.



Figura 12. Resultados criterio económico

A partir de esto, se encontró que, en términos económicos, 64 de los 66 equipos evaluados presentan costos de mantenimiento y repuestos dentro de lo permitido en el estudio, es decir, no supera

el 25% del precio de adquisición; mientras que los costos de los dos equipos restantes, el biotrend y el monitor de signos vitales, con código BMMO-MONIT139, se encuentran entre el 25% y 50% del valor mencionado, siendo un rango aceptable pero considerándose un valor significativo e importante.

4.Resultado global

En la *Figura 13* se presentan los resultados globales de la evaluación de obsolescencia implementada en el servicio de cirugía de la Clínica Cardio Vid, en la cual se evidencia que el 18,18% de los equipos incluidos es recomendable evaluarlos nuevamente en un año y el 81,82% restante deberían evaluarse en dos años.

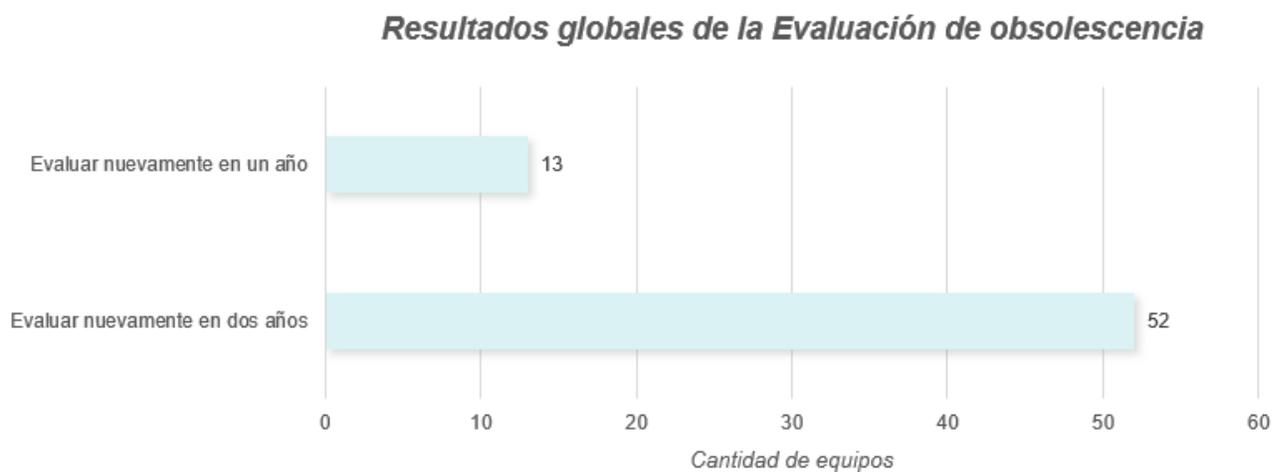


Figura 13. Resultados generales de la evaluación de obsolescencia

Es importante resaltar que ninguno de los equipos, según el modelo de evaluación diseñado, se debe renovar inmediatamente. Sin embargo, como se ha descrito con anterioridad, diferentes equipos presentan características importantes en cuestión de disponibilidad de repuestos, relación de mantenimientos correctivos frente a preventivos e insatisfacción en el personal asistencial en términos de utilidad, confiabilidad y facilidad en el uso; aspectos que brindan aún información más importante que el modelo a nivel global.

VI. CONCLUSIONES

Mediante la búsqueda bibliográfica y la referenciación normativa se encontró que generalmente la mayoría de los modelos de evaluación de obsolescencia incluyen los criterios clínico, técnico y económico, permitiendo estimar la pertinencia del uso de las diferentes tecnologías en las Instituciones Prestadoras de Salud desde todas las perspectivas posibles. Por este motivo en la formulación del modelo de evaluación en cuestión, se incluyen igualmente los criterios mencionados, además de parámetros contenidos en estos que permiten enfocar el proyecto a las necesidades puntuales de la Clínica Cardio VID, estimando el concepto que se tiene de la tecnología por parte del personal asistencial, además del estado físico y funcional de la misma, y la conveniencia de su prestación de servicio en la institución en materia de costos.

Asimismo, para lograr que la aplicación del modelo diseñado fuera completamente viable, teniendo en cuenta la complejidad en el proceso de recolección masivo de información, fue necesario acotar la muestra de equipos a evaluar mediante los criterios de inclusión correspondientes a clasificación por riesgo, modalidad de adquisición, y necesidades puntuales de la institución, obteniendo finalmente un total de 66 equipos de los 372 presentes en el servicio de cirugía, los cuales corresponden a tecnología de alta criticidad e importancia para la Clínica Cardio Vid.

Se obtuvo en términos generales que 12 de los equipos biomédicos incluidos en el estudio deben ser evaluados nuevamente en un año, mientras que los 54 restantes pueden ampliar este plazo a dos años. Aun así, es importante tener en cuenta los resultados derivados de las variables *soporte de repuestos* y *relación de vida útil* y *edad del equipo*, debido a que estas ofrecen información determinante para el inicio de un plan de renovación tecnológica. En el caso de la muestra evaluada se evidenció que 24 equipos no cuentan actualmente con soporte de repuestos y 39 han superado su vida útil.

Se confirmó con la aplicación del modelo de evaluación que es de suma importancia contar con información suficiente y real, de manera que los resultados que entregue sean lo más precisos posibles. En este caso, a pesar de que el modelo se diseñó pensando en que la mayoría de la información se encontraba disponible, en el caso de los datos que se debían adquirir mediante el

proveedor, en su mayoría tuvieron que ser estimados como causa de retrasos en la respuesta, por lo que se debe tener en cuenta que la información se acerca mucho a la realidad, sin embargo, hay un margen de error existente.

Como recomendación general, se plantea la posibilidad de discutir con la jefe del departamento de Ingeniería Biomédica acerca de los criterios que permitieron la aprobación de la calificación del modelo de evaluación, de manera que se obtengan resultados menos flexibles en una próxima implementación, puesto que, en este caso, ningún equipo debe ser renovado inmediatamente, a pesar de que varios de ellos presentan características que pueden ser cuestionables y podrían ser abordadas mediante un plan de renovación tecnológica.

REFERENCIAS

- [1] Marisa, D., Bonilla, B., & Galán, A. P. (2002). Evaluación de tecnologías de salud, *18*(2), 27–35.
- [2] Ramírez-Zamora, A., Ostrem, J. L., & Ministerio de la Protección Social. (2011). Guía para la evaluación de tecnologías de salud (ETS) en instituciones de servicios de salud (IPS). *Ministerio de La Protección Social de La República de Colombia*, *75*(3), 367–372. Retrieved from https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/1/Guia_evaluacion_de_tecnologias_en_salud.pdf
- [3] Salud, O. P. de la. (2013). Evaluación de Tecnologías Sanitarias (ETS).
- [4] Daniel Leonardo Gómez Arias. (2017). Análisis De Obsolescencia En Los Equipos Biomédicos De Los Servicios Hospitalización Quirúrgica Y Urgencias De La Clínica León XIII. *Universidad de Antioquia*, *53*(9), 21–25.
- [5] (2020). Clínica Cardio Vid. Retrieved from <https://www.cardiovid.org.co/>
- [6] Ministerio de la Protección Social. (n.d.). Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud - REPS. Retrieved from <https://prestadores.minsalud.gov.co/habilitacion/>
- [7] Yadira Henao Ossa. (2020). Evaluación Y Determinación De Estrategias Para Mitigar La Obsolescencia De Los Equipos Biomédicos De Las Áreas De Cirugía, Ayudas Diagnósticas Y Radiología De La Clínica Cardio Vid. *Universidad de Antioquia*.
- [8] Ministerio de salud y protección social. (2013). *ABC de dispositivos médicos*. https://www.invima.gov.co/documents/20143/442916/abc_dispositivos-medicos.pdf/d32f6922-0c50-bcaa-6b53-066edfb98274
- [9] Ministerio de salud y protección social. (n.d.). *Medicamentos y tecnologías en salud*.
- [10] Cubillos, L. (2017). Evaluación de tecnologías en salud: aplicaciones y recomendaciones en el sistema de seguridad social en salud colombiano. *Ministerio de Protección Social*, 12–26. [https://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/Evaluación de Tecnologías en Salud.pdf](https://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/Evaluación%20de%20Tecnologías%20en%20Salud.pdf)
- [11] Rodríguez Moreno, J. H. (2014). *Evaluación de tecnologías en salud a nivel meso del sistema de salud*.
- [12] Cajigas de Acosta, B. E. (PN Tecnovigilancia. D., & Otalvaro Cifuentes, E. H. (PN Tecnovigilancia. D. (2013). *Presentación: Programa Nacional De Vigilancia Post-Comercialización de Dispositivos Médicos*. 1–77.

- [13] Peláez Parra, Andrea; Zapata Madrigal, Germán Darío; García Sierra, R. (2021). *Gestión de la obsolescencia de archivos digitales en el sector eléctrico*.
- [14] Instituto De Evaluación De Tecnologías En Salud E Investigación - Ietsi. (2019). Vida Útil De Los Equipos Médicos (Consideraciones Tecnológicas Y Otros). *Boletín Tecnológico*, 23.
- [15] Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). Resolución No. 3100. In República de Colombia (p. 230). [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución No. 3100 de 2019.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%20No.%203100%20de%202019.pdf)
- [16] Ministerio de Salud y de la Protección Social de Colombia. (2018). Resolución 5095 de 2018. In 19-11-2018 (p. 81). <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-5095-de-2018.pdf>
- [17] Ministerio de Salud. (2008). *Resolución 4816 del 2008*. 1–41.
- [18] Ministerio de Salud y Protección Social. (2005). *Ministerio De La Protección Social. Decreto Número 4725 De 2005*. 2005(Diciembre 26), 6–7.
- [19] Moreno, J. (2002). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodologías y aplicaciones. *Recta Monográfico, 1*, 21–53.
- [20] Márquez Rosales, H. (1999). Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgo para el Patrimonio Arqueológico: una aplicación Gis del método de jerarquías analíticas de T. L. Saaty. *SPAL. Revista de Prehistoria y Arqueología de La Universidad de Sevilla*, 8(8), 21–37. <https://doi.org/10.12795/spal.1999.i8.02>
- [21] Acero Celemín, J. S. V. B. V. (2019). *Priorización por obsolescencia de equipos biomédicos para la adquisición de nueva tecnología foco imágenes diagnósticas* (p. 28).
- [22] Marciano, M. A., & Souza, E. K. (2020). Application of multiparameter method as an assistance to the evaluation of the need for replacement of medical equipment. *Global Clinical Engineering Journal*, 2(2), 17–21. <https://doi.org/10.31354/globalce.v2i2.52>
- [22] Escobar Gomez, L., & Velez Cardona, C. (2019). Diseño y validación de metodología para evaluación de obsolescencia y actualización de la documentación del proceso de disposición final de los equipos biomédicos de la clínica Nuestra Señora de los Remedios Cali. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–91. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11685/T08846.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- [24] Deisy Gabriela León Mera, & Karen Lisbeth Cerón Sotelo. (2021). *Diseño e implementación de una herramienta software para evaluar el estado del índice de obsolescencia para los equipos biomédicos del Hospital Universitario San José de Popayán*. 1–136.
- [25] Estudio, D. E. (n.d.). *Matemáticas financieras*.

ANEXOS

En el *Anexo A* se presenta el modelo de evaluación diseñado y posteriormente implementado, en el cual se encuentra el listado de equipos con su código interno asociado, además de toda la información correspondiente a cada uno de ellos que permitió alimentar cada variable. Adicionalmente, en este se encuentran las matrices de Saaty asociadas al criterio clínico y técnico que fueron utilizadas para la determinación de la ponderación de variables.

El *Anexo B* contiene la encuesta aplicada al personal asistencial del servicio de cirugía con el propósito de obtener la información requerida en el criterio clínico, la cual fue segmentada según la especialidad, comenzando por anestesiólogos, cirujanos, personal de enfermería, instrumentadores y perfusionistas.