



**Diseño e implementación de un sistema de gestión de la tecnología aplicado al
mantenimiento, seguimiento y control de los equipos biomédicos en la empresa Centro
Electromédico del Caribe**

Lisseth María Ruiz Barraza

Trabajo de grado para optar al título de Bioingeniera otorgado por UdeA

Asesores

Mabel Catalina Zapata Álvarez, MSc Ingeniería.

Ariel Rizo Solanilla, Téc Biomédico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Bioingeniería

Pregrado

Medellín

2023

Cita	Ruiz Barraza [1]
Referencia	[1] L. Ruiz Barraza, “Diseño e implementación de un sistema de gestión de la tecnología aplicado al mantenimiento, seguimiento y control de los equipos biomédicos en la empresa Centro Electromédico del Caribe”, Semestre de industria, Pregrado UdeA, Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.



Asesora de prácticas Mabel Catalina Zapata Álvarez

Coordinador de prácticas Ana María Torres López

Empresa Centro Electromédico del Caribe



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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga.

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

Le dedico este trabajo a toda mi familia. A mi madre por ser esa mujer cabeza hogar que me inspira día a día a ser mejor, a mi hermano mayor por atender todas mis inquietudes y apoyarme en los momentos más difíciles, a mi hermano menor y a mi padre por estar para mí siempre que los he necesitado. Adicionalmente, me lo dedico a mí por no rendirme en ningún momento.

Agradecimientos

Agradezco la amabilidad, el cariño, la ayuda de mi equipo de trabajo en el Centro Electromédico del Caribe.

Agradecimientos especiales a mi asesora Mabel Catalina Zapata Álvarez por la paciencia, la guía técnica y el apoyo que me dio durante todo el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco de todo corazón a la Universidad de Antioquia por brindar los espacios para desarrollarme profesionalmente y permitirme presentar este proyecto de práctica.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
II. OBJETIVOS	15
A. Objetivo general	15
B. Objetivos específicos	15
III. MARCO TEÓRICO	16
IV. MARCO NORMATIVO	18
V. METODOLOGÍA	20
VI. RESULTADOS	26
VII. ANÁLISIS	41
VIII. CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS	48
ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Categorías definidas para clasificación de preguntas.	23
Tabla II. Análisis de Pareto	26
Tabla III. Resumen del análisis de Pareto	32
Tabla IV. Listado de protocolos de mantenimiento diseñados	33
Tabla V. Respuestas de la pregunta abierta número 3 de la encuesta	37
Tabla VI. Respuestas de los usuarios en la escala de Likert para las preguntas 4 hasta la 11 de la encuesta	37
Tabla VII. Cantidad de respuestas en la escala de Likert para las preguntas 4 hasta la 11 de la encuesta	37
Tabla VIII. Presentación de las respuestas de la pregunta abierta número 12 de la encuesta.....	38
Tabla IX. Respuestas de los usuarios en la escala de Likert para las preguntas 13 y 14 de la encuesta	38
Tabla X. Cantidad de respuestas en la escala de Likert para las preguntas 13 y 14 de la encuesta	39
Tabla XI. Presentación de las respuestas de las preguntas abiertas 15 y 16 respectivamente de la encuesta	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama metodológico.....	20
Figura 2. Información de las empresas en carpeta en Google Drive.....	34
Figura 3. Lista de chequeo digital	35
Figura 4. Grado de satisfacción con respecto a la utilidad, el nivel de detalle y disposición para continuar usando los protocolos de mantenimiento actualizados	38
Figura 5. Grado de satisfacción con respecto a la utilidad y la eficiencia en el tiempo de la utilización de la herramienta de reportes digitales	39

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Formato de reporte de mantenimiento</i>	50
<i>Anexo 2. Base de datos y análisis de Pareto</i>	50
<i>Anexo 3. Lista de chequeo de reporte de mantenimiento digital</i>	50
<i>Anexo 4. QR Lista de chequeo de reporte de mantenimiento digital</i>	50
<i>Anexo 5. Unificación de ítems de los protocolos de mantenimiento</i>	50
<i>Anexo 6. Categorización de ítems de protocolos de mantenimiento</i>	50
<i>Anexo 7. Plantilla para los equipos de la categoría 1</i>	50
<i>Anexo 8. Plantilla para los equipos de la categoría 2</i>	50
<i>Anexo 9. Plantilla para los equipos de la categoría 3</i>	51
<i>Anexo 10. Plantilla para los equipos de la categoría 4</i>	51
<i>Anexo 11. Plantilla para los equipos de la categoría 5</i>	51
<i>Anexo 12. Plantilla para los equipos de la categoría 6</i>	51
<i>Anexo 13. Plantilla para los equipos de la categoría 7</i>	51
<i>Anexo 14. Prueba de funcionamiento para categoría 7</i>	51
<i>Anexo 15. Enlace de video de prueba de funcionamiento de herramienta desde el computador</i> ..	51
<i>Anexo 16. Enlace de video de prueba de funcionamiento de la herramienta desde el celular</i>	52
<i>Anexo 17. Informe de socialización de resultados del proyecto</i>	52
<i>Anexo 18. Encuesta socialización de resultados</i>	52
<i>Anexo 19. Enlace a formulario de Google de encuesta socialización de resultados</i>	52
<i>Anexo 20. Código en Apps Script de Google para cargar datos de las empresas</i>	52
<i>Anexo 21. Interfaz de Apps Script de Google con código del proyecto</i>	53
<i>Anexo 22. Documento generado por Google Form de los resultados de la encuesta</i>	53
<i>Anexo 23. Marco legal del proyecto de grado</i>	53
<i>Anexo 24. Lista de chequeo de recepción de equipos biomédicos</i>	53
<i>Anexo 25. Protocolos de mantenimiento actualizados</i>	53

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
MSc	Magister en Ciencia
Párr.	Párrafo
UdeA	Universidad de Antioquia
IPS	Institución Prestadora de Servicios de Salud
PNI	Presión no invasiva
UCI	Unidad de cuidados intensivos

RESUMEN

El Centro Electromédico del Caribe se ha destacado como una empresa especializada en el mantenimiento de equipos biomédicos en la Costa Caribe Colombiana. Con contratos fijos con 38 empresas, incluyendo 3 hospitales de cuarto nivel y aproximadamente 2357 equipos bajo su cuidado, la empresa ha experimentado un notable crecimiento en el mercado. Además de los contratos regulares, también gestionan contratos esporádicos, lo que demuestra su sólida posición en el mercado. Conscientes de su crecimiento y de la creciente demanda de servicios, el Centro Electromédico del Caribe ha reconocido la necesidad de mejorar sus procesos internos, que hasta ahora se habían llevado a cabo de manera manual. En respuesta a esta necesidad, se ha desarrollado un proyecto con el fin de diseñar e implementar una gestión tecnológica aplicada al mantenimiento, seguimiento y control de los equipos biomédicos, con el fin de dar trazabilidad a estos.

Inicialmente, se llevó a cabo la actualización de 30 protocolos de mantenimiento de diferentes tecnologías biomédicas, siguiendo la normativa vigente, como la Resolución 3100 de 2019, el Decreto 4725 de 2005 y la Resolución 4816 de 2008. También se consideraron las recomendaciones de los fabricantes de los equipos. Mediante un análisis de Pareto, se seleccionaron las tecnologías más relevantes en la base de datos del Centro Electromédico del Caribe. Con los protocolos actualizados, se implementó una hoja de ruta digital utilizando las herramientas de Google como Google Forms, Google Docs, Google Sheet, Google Drive, Form Builder y Apps Script. Esta hoja de ruta agiliza la gestión documental y la generación reportes de servicios digitales de mantenimiento, específicamente para la Clínica de la Mujer. Los resultados de la implementación y capacitación demostraron que se logró una percepción positiva por parte del personal de la empresa. Como trabajo futuro, se plantea ampliar el alcance de la herramienta mediante la carga de datos de todas las empresas con las que trabaja el Centro Electromédico del Caribe, lo que mejorará su eficacia en la gestión global.

***Palabras clave* — Trazabilidad, protocolos de mantenimiento, equipos biomédicos, reportes de servicio, gestión documental, gestión tecnológica.**

ABSTRACT

The Centro Electromedico del Caribe has stood out as a specialized company in the maintenance of biomedical equipment in the Colombian Caribbean Coast. With fixed contracts with 38 companies, including 3 fourth-level hospitals and approximately 2357 equipment under its care, the company has experienced remarkable growth in the market. In addition to regular contracts, they also manage sporadic contracts, which demonstrates their strong position in the market. Aware of their growth and the increasing demand for services, the Centro Electromedico del Caribe has recognized the need to improve its internal processes, which have been carried out manually until now. In response to this need, a project has been developed to design and implement a technological management applied to the maintenance, monitoring, and control of biomedical equipment, to provide traceability to these processes.

Initially, the update of 30 maintenance protocols for different biomedical technologies was carried out, following the current regulations such as Resolution 3100 of 2019, Decree 4725 of 2005, and Resolution 4816 of 2008. The equipment manufacturers' recommendations were also considered. Through a Pareto analysis, the most relevant technologies were selected from the Centro Electromédico del Caribe's database. With the updated protocols, a digital roadmap was implemented using Google tools such as Google Forms, Google Docs, Google Sheets, Google Drive, Form Builder, and Apps Script. This roadmap streamlines document management and the generation of digital maintenance service reports, specifically for the Clínica de la Mujer. The results of the implementation and training demonstrated a positive perception from the company's staff. As a future work, expanding the scope of the tool by loading data from all the companies that Centro Electromédico del Caribe works with is proposed, which will enhance its effectiveness in global management.

***Keywords* — Traceability, maintenance protocols, biomedical equipment, service reports, document management, technological management.**

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de la tecnología biomédica comprende una serie de actividades destinadas a garantizar la seguridad del paciente, la seguridad operativa, el funcionamiento eficaz y efectivo de los dispositivos [1]. Esta gestión se divide en actividades que les corresponden a los fabricantes, importadores y al Instituto Nacional de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), mayormente en una etapa de pre-mercado, y a los Prestadores de Salud principalmente en una etapa de post mercado. Estos últimos deben garantizar la efectividad, la seguridad y el buen rendimiento de la tecnología durante todo el ciclo de vida, desde la planeación, selección, adquisición, instalación, uso, mantenimiento hasta la disposición final, de acuerdo con la Resolución 4816 de 2008 [2].

En el presente trabajo, se hace hincapié en la gestión de mantenimiento de los equipos médicos, la cual es de cumplimiento obligatorio para las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) según la Resolución 3100 de 2019. Esta resolución establece que se debe seguir un programa de mantenimiento preventivo que incluya el cumplimiento de las recomendaciones establecidas por el fabricante [3]. Así mismo, según el Decreto 4725 de 2005, las IPS pueden llevar a cabo el programa de mantenimiento por sí mismas o contratar servicio con terceros que demuestren la capacidad técnica para desarrollar dicha labor [4]. Es en ese contexto donde interviene el Centro Electromédico del Caribe, una organización con presencia en la costa norte colombiana que ofrece sus servicios a más de 38 IPS.

Entre los servicios que se ofrecen se encuentran la venta de dispositivos médicos, programas de gestión tecnológica que incluye el diseño y ejecución de un cronograma de mantenimiento preventivo, gestión de hojas de vida, mantenimientos correctivos, instalación de equipos médicos, reportes asociados a cada actividad, capacitaciones, entre otros. Adicionalmente, la estructura organizacional de la empresa está integrada por dos tecnólogos biomédicos y un ingeniero electrónico, que se encuentran altamente capacitados, lo que les permite tener satisfechos a sus clientes [5].

Entre los principales prestadores de salud que apoya se encuentran, la Clínica de la Mujer, Fundación Policlínica Ciénaga, la Clínica Mar Caribe constituida por Colsalud S.A., Cuidado Critico SAS, Centro de Imágenes Diagnosticas Santa Marta S.A.S, Cardiosalud S.A.S. Estas clínicas están clasificadas como instituciones de cuarto nivel de complejidad. Además, también brinda apoyo a otras instituciones tales como: el banco de sangre Waacar, Instituto Oncológico del

Caribe S.A.S., Litoprado, Diagnosalud S.A.S, Casalud SAS, el Centro Clínico Santiago, C.P.O S.A.S., Laboratorio GAMMA, Sagrada Familia Laboratorio Clínico S. A. S. Inclusive, apoya las dos universidades más grandes de la ciudad, estas son Universidad Cooperativa de Colombia y Universidad del Magdalena, entre otras empresas.

De acuerdo con lo anterior y los cronogramas preventivos diseñados, esta empresa tiene un promedio de 225 servicios de mantenimientos preventivos al mes y presenta alta demanda para mantenimientos correctivos en las empresas con las que posee contrato y con nuevas del sector.

En la actualidad la empresa cuenta con un protocolo general para realizar mantenimientos a los equipos médicos, sin embargo, dicho protocolo no cumple con la exigencia mencionada anteriormente en la Resolución 3100 de 2019, además, de manejar todos los reportes e informes de estos en formato físico, lo cual dificulta la trazabilidad y conservación de la información. Es por ello por lo que el presente trabajo busca optimizar la gestión de mantenimiento por medio de la actualización de los protocolos ajustados a cada equipo biomédico y de la implementación de una herramienta tecnológica que permita automatizar los de procesos haciendo que el trabajo sea más eficaz, dándole cumplimiento a la normatividad vigente.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de gestión de la tecnología aplicado al mantenimiento, seguimiento y control de los equipos biomédicos en la empresa Centro Electromédico del Caribe.

B. Objetivos específicos

- Actualizar los protocolos de mantenimiento de los equipos médicos según lo recomendado por el fabricante para cada tipo de tecnología y la normatividad aplicable.
- Crear una hoja de ruta para la digitalización de la gestión documental relacionada con el ciclo de vida de la tecnología enfocada en los servicios técnicos ofrecidos por el Centro.
- Capacitar al personal e implementar la hoja de ruta de digitalización de la gestión documental del Centro Electromédico.

III. MARCO TEÓRICO

La empresa Centro Electromédico del Caribe está orientada a brindar soporte idóneo, confiable, y oportuno para consolidar los procesos de calidad en la atención de los pacientes, a través de una atención integral del equipamiento y tecnología biomédica de la mano de profesionales de amplia experiencia en la costa norte colombiana [5].

Dentro de su programa de mantenimiento preventivo para los equipos biomédicos y soporte técnico para los programas de gestión tecnológica se rigen de acuerdo con la siguiente ruta:

1. Atención al llamado inmediato.
2. Inspección del equipo y verificación de funcionamiento.
3. Acciones realizadas.
4. Verificación de parámetros.
5. Generación de reporte de servicio.
6. Etiqueta del equipo.
7. Entrega del equipo e informe de novedades a la persona encargada del uso.

De acuerdo con lo anterior, se dispone de un formato de reporte de mantenimiento que es general para todos los equipos como se ilustra en el *Anexo 1*.

En dicho anexo se observa que no se encuentran segmentados los protocolos de mantenimientos de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes para cada tipo de tecnología como lo determina el marco legal vigente en el país.

La tecnología en la salud juega un papel importante ya que se refiere a todas las técnicas y conocimientos aplicables en el ámbito de la salud, esto se refiere a los instrumentos, herramientas, máquinas e implementos que son utilizados en la medicina para el diagnóstico, rehabilitación, sostenimiento de la vida, prevención de enfermedades y análisis de estas [6]. A su vez, esta rama de los dispositivos comprende también los equipos médicos, es decir, todos los dispositivos médicos que dependan de una fuente de energía eléctrica, diferente a la generada por el cuerpo

humano o la gravedad. Estos equipos médicos poseen un ciclo de vida que se comprende en pre-mercado y post-mercado, la primera se refiere a la ideación del producto y su posterior fabricación, mientras que la segunda, es una etapa que se puede desglosar en planeación, selección, adquisición, instalación, uso clínico, mantenimiento y disposición final [7],[8].

Mantenimiento

Es una actividad que hace parte del ciclo de vida de la tecnología biomédica dirigida a conservar durante mayor tiempo posible los equipos, instalaciones y dotación hospitalarias en su máximo rendimiento. Esta actividad involucra practicas técnico- administrativas [9],[10].

Mantenimiento preventivo: Aquel conjunto de prácticas que se realiza de manera sistemática y programada con el fin de conocer el estado físico interno, externo y funcionalidad del equipo, para posteriormente evitar que se produzca una avería.

Mantenimiento correctivo: Es el conjunto de prácticas dirigidas a corregir las fallas o errores de un equipo cuando estas se presenten, que suele ocurrir de manera no programada [9].

Gestión de mantenimiento: Se refiere al entorno adecuado para el mantenimiento de equipos biomédicos, la documentación necesaria, que incluye, inventarios, reportes de mantenimiento, manuales de usuario, manuales de instalación, hojas de vida y demás soportes. Además, administra la documentación de manera óptima y eficaz [11].

IV. MARCO NORMATIVO

Resolución 3100 de 2019: Regula los procedimientos y las condiciones de habilitación de los servicios de salud y de las entidades prestadoras de este. En el presente proyecto se hace énfasis en los equipos médicos, donde resultan relevantes los estándares y criterios de habilitación relacionados con la dotación, en específico en el ítem 11.1.3. que menciona lo siguiente:

11.1.3. Estándar de dotación

11.1.3.2. El prestador de servicios de salud garantiza las condiciones técnicas de calidad de los equipos biomédicos, para lo cual cuenta con:

2.1. Programa de mantenimiento preventivo de los equipos biomédicos, que incluya el cumplimiento de las recomendaciones establecidas por el fabricante o de acuerdo con el protocolo de mantenimiento que tenga definido el prestador, éste último cuando no esté definido por el fabricante.

2.2. Hoja(s) de vida del(los) equipo(s) biomédicos(s), con los registros de los mantenimientos preventivos y correctivos, según corresponda.

11.1.3.6. El mantenimiento de los equipos biomédicos es ejecutado por talento humano profesional, tecnólogo o técnico en áreas relacionadas. Este mantenimiento puede ser realizado directamente por el prestador de servicios de salud o mediante contrato o convenio con un tercero [3].

Decreto 4725 de 2005: Regula los requisitos para presentar expedición de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos. Esta normatividad rige para equipos biomédicos de tecnología controlada, e indica información relacionada con los protocolos de mantenimiento específicamente en el Artículo 24 y en el Artículo 35, donde se menciona lo siguiente:

Artículo 24. *De los requisitos para el permiso de comercialización*

e. Que suministrará al usuario los manuales de operación, instalación y mantenimiento en el idioma de origen y en castellano.

Artículo 35. Requerimientos generales para los equipos biomédicos de tecnología controlada. Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos precedentes, cuando se trate de equipos biomédicos de tecnología controlada, se deberán tener en cuenta los siguientes requisitos:

a) Las personas naturales o jurídicas que adquieran equipos biomédicos deberán contar en todo momento, con los manuales de operación, funcionamiento y mantenimiento, los cuales serán provistos en forma obligatoria por el distribuidor en el momento de la entrega del equipo;

b) El titular o importador del equipo biomédico deberá garantizar, la capacidad de ofrecer servicio de soporte técnico permanente durante la vida útil del mismo, así como los repuestos y herramientas necesarias para el mantenimiento y calibración que permita conservar los equipos en los rangos de seguridad establecidos inicialmente por el fabricante;

c) Las empresas productoras de equipos biomédicos, sus representantes en el país y titulares de permiso de comercialización deberán contar con responsables técnicos, con título universitario y/o especialización en el área específica para los procesos de adquisición, instalación y mantenimiento de este tipo de tecnología [4].

Resolución 4816 de 2008: Reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia, que permite identificar los eventos e incidentes adversos, además, de cuantificar el riesgo, proponer medidas de salud pública y mantener informados a los usuarios. En la Resolución 4816 de 2008, en los artículos 8, 9 y 10, se detallan primeramente las responsabilidades de los actores de nivel departamental y distrital, las responsabilidades de los actores locales, y se define Programa institucional de tecnovigilancia, puntos clave para identificar el seguimiento de dichos protocolos de mantenimiento a través de los programas de vigilancia [2].

V. METODOLOGÍA

En la Figura 1. se observa el diagrama metodológico que se siguió para el proyecto.

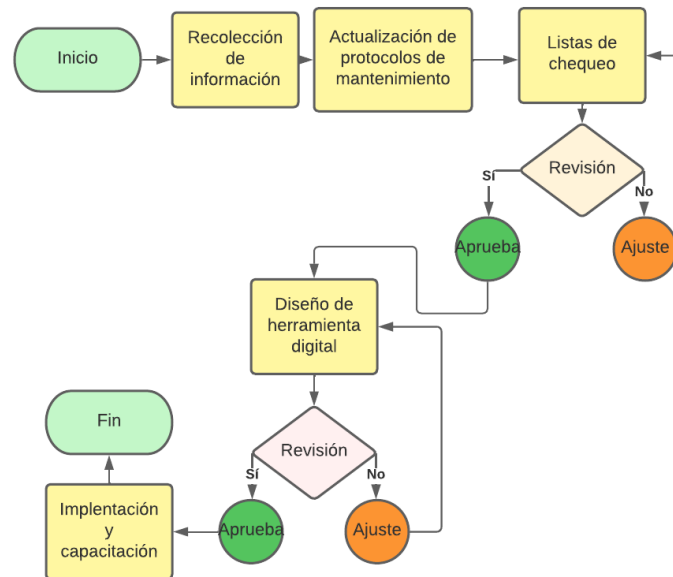


Figura 1. Diagrama metodológico

A continuación, se detalla cada punto del proceso observado en la Figura 1.

1. Recolección de la información

Inicialmente, se estudió la empresa Centro Electromédico del Caribe, se analizó su forma de trabajo, sus objetivos y proyección a futuro; esto se realizó a la par del estudio del marco legal que se compone de la Resolución 3100 de 2019, el Decreto 4725 de 2005 y la Resolución 4816 de 2008, con énfasis en toda la documentación que deben tener los equipos médicos en las entidades prestadoras de salud.

2. Actualización de protocolos de mantenimiento de los equipos médicos y lista de chequeo.

A partir del análisis de la información se construyó una base de datos (*Anexo 2*) utilizando los inventarios de las 38 IPS asociadas al Centro Electromédico del Caribe. Estos inventarios poseían errores ortográficos, variaciones en la escritura de los nombres de los equipos, espacios entre palabras y otros errores. Se realizaron ajustes para unificar la información de los equipos. Además, no fueron tenidos en cuenta consumibles o accesorios de equipos que en algunas entidades los consideran como equipos aparte, los cuales, necesitan estar dentro de los inventarios como, por ejemplo, los transductores.

Posteriormente, se hizo uso del Principio de Pareto que establece que: *“El 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas”*, del cual se desprende el Método ABC de Pareto, que es una herramienta que permite la selección de prioridades, identificándolas del total de las causas [12], [13]. El Método ABC de Pareto se utilizó para escoger las tecnologías a las cuales se les realizó la actualización de protocolos. Este método se aplicó de la siguiente manera:

- a. Se realizó un listado de las tecnologías que se tienen en la base de datos de los cronogramas de mantenimiento preventivo y se organizó de mayor a menor por cantidad de dispositivos que posee dicha tecnología, lo anterior se ilustra en la Tabla II.
- b. Se calculó el porcentaje de la cantidad de dispositivos, el valor acumulado, el porcentaje acumulado y se asignaron los siguientes criterios para identificar las zonas del método ABC. El primer criterio, se aplicó para la zona A, en esta se deben incluir todos los valores que no superen el 80% del valor acumulado, de manera similar el segundo criterio, la zona B, se encontraran los valores que superen el 80%, pero sigan siendo inferiores al 95%, finalmente, la zona C, corresponde a los valores entre 95-100% del valor acumulado.
- c. Posteriormente, se realizó el cálculo del porcentaje de las tecnologías asociadas a cada zona (%tipos de tecnologías) y se comparó con el porcentaje encontrado de cantidad de dispositivos (cantidad total de equipos de un grupo de tecnología), como se ilustra en la Tabla III.

Ahora bien, basándonos en el resultado anterior, se procedió a realizar una revisión exhaustiva de la zona A, la cual está compuesta por 28 tecnologías asociadas. Sin embargo, se decidió descartar el negatoscopio debido a que se encuentra catalogado como obsoleto tecnológicamente. Además, se excluyeron las neveras y las cavas, ya que ninguna de ellas pertenece a la categoría de equipos

médicos según la base de datos utilizada. Con el fin de mantener la proporción del análisis, se seleccionaron las siguientes tres tecnologías con mayor proporción de la zona B para ser incluida en el estudio, estas son: Doppler fetal, electrobisturí y baño serológico.

Al terminar el análisis anterior se procedió a hacer la revisión de los manuales de usuario y servicio de las tecnologías biomédicas, donde al detallar las instrucciones de mantenimiento establecidas por el fabricante se diseñan los siguientes apartados que son clave en el diseño de todos los protocolos:

- Inspección ambiental y de almacenamiento
- Inspección de fuente de alimentación
- Inspección visual de aspecto físico
- Inspección funcional básica
- Limpieza interna y externa
- Comprobación funcional

Con ello, se logró hacer una primera construcción de los protocolos, sin embargo, esta construcción se alimentó adicionalmente de la revisión de varias marcas y modelos de la misma tecnología que se encontraron en la base de datos de la empresa o en el internet.

3. Diseño de herramienta digital para la gestión documental

La herramienta de gestión documental se diseñó utilizando los complementos ofrecidos por Google. El proceso de diseño se describe a continuación:

- a. Se creó el correo reportes.cedc@gmail.com.
- b. Se cargaron las carpetas de datos de las empresas.
- c. Se creó un formulario de preguntas en Google Forms (*Anexo 3*).
- d. Se creó un código QR que redirecciona a la lista de chequeo de mantenimiento (*Anexo 4. QR Lista de chequeo de reporte de mantenimiento digital*).
- e. Se cargó el inventario de la Clínica de la Mujer en una hoja de un documento de Google Sheet y en otra hoja se cargaron los datos de los analizadores y simuladores de la empresa.

- f. A través del complemento de Apps Script de Google se escribió un código que refresca los equipos en cada ubicación de la clínica cada hora en el formulario, esto por si se debe eliminar o añadir algún equipo al inventario [14]. Adicionalmente, se añadió un contador para que cada que se enviara el formulario, el número de reporte fuera aumentando [15].
- g. Se enlistaron todas las preguntas de los protocolos de mantenimiento y se corrigieron aquellas que estaban redactadas de manera diferente pero que significaban lo mismo. Esto se hizo con el fin de mantener una estructura consistente (*Anexo 5*)
- h. Se realizó una categorización de las tecnologías como se ilustra en la Tabla I, con el fin de filtrar las preguntas de los protocolos por áreas *Anexo 6*. Con ello, se borraron todas las preguntas repetidas y se colocaron todas las preguntas que no coincidían entre los equipos, dejando al criterio del técnico, colocar en el reporte si aprueba, no aprueba o no aplica.

Tabla I. Categorías definidas para clasificación de preguntas.

CATEGORÍA	EQUIPOS	AREA
1	Agitador de Mazzini, baño serológico, centrífuga, micropipeta, microscopio.	Equipos de laboratorio
2	Balanza, equipo de órganos, flujómetro, glucómetro, laringoscopio, termómetro, termohigrómetro.	Equipos de baja complejidad tecnológica
3	Holter de presión, tensiómetro	Equipos de tecnología de PNI
4	Bomba de infusión, cama hospitalaria, incubadora infantil, Doppler fetal,	Equipos de hospitalización, UCI.
5	Lámpara cuello de cisne, lámpara de fototerapia	Lámparas
6	Eyector, succionador, vacuómetro.	Equipos de succión
7	Desfibrilador, electrobisturí, electrocardiógrafo, holter cardiaco, monitor de signos vitales, pulsioxímetro, ventilador	Equipos mayor complejidad o equipos cardiorrespiratorios

- i. Se cargaron todas las preguntas al Google Forms por categorías.
- j. Se generaron las plantillas con los comandos para extraer los datos de los 7 formularios de Google que se generaran de acuerdo con la categoría escogida [16]. (*Anexo 7, Anexo 8, Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11, Anexo 12, Anexo 13*).
- k. Se activó el complemento de Form Builder que genera los PDF diferenciados al guardar las respuestas del formulario en las diferentes plantillas ya diseñadas [17].
- l. Se generó una carpeta para que se cargue toda la base de datos consolidada de los PDF generados en Google Drive.
- m. Se realizó prueba de funcionamiento para todas las categorías (*Anexo 14*).

4. Socialización de resultados del proyecto

A medida que se llevaba a cabo la revisión de los manuales y se realizaban modificaciones en los protocolos de mantenimiento, se compartían con el personal y se realizaban pequeñas discusiones al respecto. Sin embargo, una vez determinado que los protocolos de mantenimiento cumplían con los requisitos normativos y los requisitos de la empresa, se procedió a socializarlos de manera formal con el personal. Además, durante esta socialización se realizaron pruebas de funcionamiento y se crearon videos ilustrativos de prueba de funcionamiento de la herramienta, como se ilustran en el *Anexo 15* y *Anexo 16*. Finalmente, se elaboró un informe detallado de los aspectos mencionados en la capacitación, tal como se ilustra en el *Anexo 17*. Además, se llevó a cabo una encuesta mediante un formulario de Google. Esta encuesta fue diseñada siguiendo una escala tipo Likert, para medir las actitudes, opiniones o percepciones de los participantes en relación con la investigación.

La escala Likert consiste en una serie de enunciados a los cuales los participantes deben responder indicando su nivel de acuerdo o desacuerdo en una escala de cinco a siete puntos, donde cada punto en la escala representa un grado de acuerdo o desacuerdo. Esta escala se utilizó en el presente proyecto sin incluir puntos neutros, esto con el objetivo de evaluar la utilidad de los resultados, donde la opción 1 representa "poco útil" y la opción 6 representa "muy útil", teniendo en cuenta la cantidad de encuestados [18]. También se incluyeron preguntas abiertas para obtener detalles más profundos de las respuestas de los encuestados. Las preguntas diseñadas fueron las siguientes:

Pregunta 1. Nombre completo

Pregunta 2. Correo electrónico

Pregunta 3. En sus últimas revisiones técnicas ¿Ha hecho uso de los protocolos de mantenimiento de equipos biomédicos diseñados para este proyecto? ¿Cuáles?

Pregunta 4. En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan detallada considera usted que son las instrucciones dadas en los protocolos de mantenimiento? Donde 1 significa poco detallada y 6 muy detallada.

-
- Pregunta 5.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la información contenida en el apartado de *inspección ambiental y de almacenamiento*? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 6.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la información contenida en el apartado de *inspección de fuente de alimentación*? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 7.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la información contenida en el apartado de *inspección visual de aspecto físico*? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 8.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la información contenida en el apartado de *inspección funcional básica*? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 9.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la información contenida en el apartado de *limpieza interna y externa*? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 10.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la información contenida en el apartado de *comprobación funcional*? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 11.** Dadas las experiencias previas que ha tenido en revisiones técnicas haciendo uso de los protocolos indicados anteriormente ¿Qué tan dispuesto estaría a continuar con el uso de estos protocolos? Donde 1 significa poco dispuesto y 6 muy dispuesto.
- Pregunta 12.** ¿De qué forma complementaria la información contenida en estos protocolos?
- Pregunta 13.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan útil considera la digitalización de los reportes de mantenimiento? Donde 1 significa poco útil y 6 muy útil.
- Pregunta 14.** En una escala del 1 al 6, ¿Qué tan eficiente considera el tiempo de llenado de los reportes digitales en comparación con los reportes físicos? Donde 1 significa poco eficiente y 6 muy eficiente.
- Pregunta 15.** ¿Qué mejoras le daría a la implementación de los reportes de manera digital?
- Pregunta 16.** ¿De qué forma complementaria las revisiones técnicas de los equipos biomédicos y la digitalización de los reportes?

VI. RESULTADOS

De acuerdo con la metodología seguida, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Recolección de la información

El primer paso para el análisis de la información consistió en tomar los inventarios de las 38 empresas crear una la base de datos (*Anexo 2*).

En segunda instancia, se consolidó un documento que contiene la revisión de la normatividad vigente y enmarca todo el marco legal del presente trabajo (*Anexo 23*). A partir de esa revisión legal y como respuesta a una necesidad inmediata de la empresa se diseñó el documento que enmarca todos los apartados claves exigibles a los proveedores cuando realizan la entrega de nuevos dispositivos médicos (*Anexo 24*).

2. Actualización de protocolos de mantenimiento de los equipos médicos y lista de chequeo.

Al aplicar el Método ABC de Pareto a la base de datos que contiene los inventarios de las empresas (*Anexo 2*), se obtuvieron inicialmente los resultados que se observan en la Tabla II. En la primera columna se identifican las tecnologías, en la segunda columna se muestra la cantidad de veces que esta tecnología se repite en el inventario, mientras que en la tercera columna se indica el valor acumulado de la cantidad. En la quinta columna, se calcula el acumulado del porcentaje y se clasifican las tecnologías en 3 zonas. La zona A encierra aproximadamente el 80% de la cantidad total de equipos, la zona B encierra aproximadamente el 15% de la cantidad de equipos y la zona C representa el 5% de la cantidad total.

Tabla II. Análisis de Pareto

EQUIPO	CANTIDAD	%	VALOR ACUMULADO	% ACUMULADO	ZONA	% DE ZONA
TENSIOMETRO	195	8%	195	8.27%	A	79.47%
MONITOR DE SIGNOS VITALES	171	7%	366	15.53%	A	
MICROPIPETA	162	7%	528	22.40%	A	
BOMBA DE INFUSIÓN	145	6%	673	28.55%	A	
BALANZA	128	5%	801	33.98%	A	

EQUIPO	CANTIDAD	%	VALOR ACUMULADO	% ACUMULADO	ZONA	% DE ZONA
TERMOHIGROMETRO	119	5%	920	39.03%	A	
TERMOMETRO	100	4%	1020	43.28%	A	
FLUJOMETRO	92	4%	1112	47.18%	A	
CAMA HOSPITALARIA	88	4%	1200	50.91%	A	
EQUIPO DE ORGANOS	74	3%	1274	54.05%	A	
NEVERA	62	3%	1336	56.68%	A	
CENTRIFUGA	55	2%	1391	59.02%	A	
SUCCIONADOR	52	2%	1443	61.22%	A	
VENTILADOR	52	2%	1495	63.43%	A	
MICROSCOPIO	50	2%	1545	65.55%	A	
INCUBADORA INFANTIL	41	2%	1586	67.29%	A	
PULSIOXIMETRO	37	2%	1623	68.86%	A	
DEFIBRILADOR	33	1%	1656	70.26%	A	
ELECTROCARDIOGRAFO	30	1%	1686	71.53%	A	
EYECTOR	30	1%	1716	72.80%	A	
LARINGOSCOPIO	29	1%	1745	74.03%	A	
BALANZA PEDIATRICA	28	1%	1773	75.22%	A	
GLUCOMETRO	23	1%	1796	76.20%	A	
HOLTER CARDIACO	12	1%	1808	76.71%	A	
VACUOMETRO	18	1%	1826	77.47%	A	
LAMPARA CUELLO DE CISNE	15	1%	1841	78.11%	A	
NEGATOSCOPIO	16	1%	1857	78.79%	A	
CAVA DE TRANSPORTE	16	1%	1873	79.47%	A	
DOPPLER FETAL	14	1%	1887	80.06%	B	
ELECTROBISTURI	15	1%	1902	80.70%	B	
BAÑO SEROLOGICO	13	1%	1915	81.25%	B	
AGITADOR DE MAZZINI	12	1%	1927	81.76%	B	
HOLTER DE PRESION	13	1%	1940	82.31%	B	
LAMPARA FOTOTERAPIA	11	0%	1951	82.77%	B	
PIANO CUENTA CELULAS	11	0%	1962	83.24%	B	
MESA DE CIRUGIA	11	0%	1973	83.71%	B	
CABINA DE FLUJO LAMINAR	11	0%	1984	84.17%	B	
LAMPARA CIELITICA	11	0%	1995	84.64%	B	
INCUBADORA HEMOCULTIVOS	10	0%	2005	85.07%	B	
SERVOCUNA	9	0%	2014	85.45%	B	
ALTOFLUJO	9	0%	2023	85.83%	B	
HUMIDIFICADOR	8	0%	2031	86.17%	B	
MONITOR FETAL	8	0%	2039	86.51%	B	
NEBULIZADOR	7	0%	2046	86.81%	B	
FONENDOSCOPIO	7	0%	2053	87.10%	B	
ULTRASONIDO	7	0%	2060	87.40%	B	

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA TECNOLOGIA APLICADO AL MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS EQUIPOS BIOMEDICOS EN LA EMPRESA CENTRO ELECTROMEDICO DEL CARIBE

EQUIPO	CANTIDAD	%	VALOR ACUMULADO	% ACUMULADO	ZONA	% DE ZONA
BALANZA DE RECOLECCION DE SANGRE	7	0%	2067	87.70%	B	
MAQUINA DE ANESTESIA	7	0%	2074	87.99%	B	
ANALIZADOR DE QUIMICA	5	0%	2079	88.21%	B	
AUTOCLAVE	6	0%	2085	88.46%	B	
UPS	6	0%	2091	88.71%	B	
CAMILLA	6	0%	2097	88.97%	B	
MAQUINA DE ANESTESIA	6	0%	2103	89.22%	B	
ESTEREOSCOPIO	6	0%	2109	89.48%	B	
BLENDER	6	0%	2115	89.73%	B	
MIXER	5	0%	2120	89.94%	B	
ECOGRAFO	5	0%	2125	90.16%	B	
EQUIPO DE RAYOS X	5	0%	2130	90.37%	B	
HORNO SECADOR	5	0%	2135	90.58%	B	
EXTRACTOR DE PLASMA	5	0%	2140	90.79%	B	
BANDA CAMINADORA	4	0%	2144	90.96%	B	
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	4	0%	2148	91.13%	B	
INFUSOR	4	0%	2152	91.30%	B	
CARRO DE PREPARACION DE MEDICAMENTOS	4	0%	2156	91.47%	B	
OSMOSIS INVERSA	4	0%	2160	91.64%	B	
UNIDAD ODONTOLOGICA	3	0%	2163	91.77%	B	
ECOCARDIOGRAFO	3	0%	2166	91.90%	B	
INFANTOMETRO	3	0%	2169	92.02%	B	
FUENTE DE LUZ	3	0%	2172	92.15%	B	
TORRE DE LAPAROSCOPIA	3	0%	2175	92.28%	B	
AGITADOR DE PLAQUETAS	3	0%	2178	92.41%	B	
TALLIMETRO	3	0%	2181	92.53%	B	
COLPOSCOPIO	3	0%	2184	92.66%	B	
ANALIZADOR DE HEMATOLOGIA SANGUINEA	3	0%	2187	92.79%	B	
OLLA ESTERILIZADORA	3	0%	2190	92.91%	B	
BICICLETA ESTATICA	3	0%	2193	93.04%	B	
VORTEX	3	0%	2196	93.17%	B	
ECOGRAFO	3	0%	2199	93.30%	B	
CARRO MULTISERVICIO/PORTAEQUIPO	3	0%	2202	93.42%	B	
ANALIZADOR DE GASES ANESTESICOS	3	0%	2205	93.55%	B	
PROCESADOR DE VIDEO	3	0%	2208	93.68%	B	
MANOMETRO ANALOGICO	3	0%	2211	93.81%	B	
EQUIPO DE HEMATOLOGIA	2	0%	2213	93.89%	B	
LAMPARA FOTOCURADO	2	0%	2215	93.98%	B	
MAMOGRAFO	2	0%	2217	94.06%	B	
SISTEMA DE VISUALIZACION	2	0%	2219	94.15%	B	

EQUIPO	CANTIDAD	%	VALOR ACUMULADO	% ACUMULADO	ZONA	% DE ZONA
VISUALIZADOR DE VENAS	2	0%	2221	94.23%	B	
INTENSIFICADOR DE IMAGEN ARCO EN C	2	0%	2223	94.31%	B	
NEUMOINSUFLADOR	2	0%	2225	94.40%	B	
LAVADOR DE OJOS	2	0%	2227	94.48%	B	
SELLADOR DE TUBO PILOTO	2	0%	2229	94.57%	B	
SEROFUGA	2	0%	2231	94.65%	B	
ANALIZADOR DE ORINA	2	0%	2233	94.74%	B	
BICICLETA ELIPTICA	2	0%	2235	94.82%	B	
TRANSDUCTOR DE ULTRASONIDO	2	0%	2237	94.91%	B	
FUENTE DE ALIMENTACION	2	0%	2239	94.99%	B	
INCUBADORA DE BAÑO SECO	2	0%	2241	95.08%	C	
PHMETRO	2	0%	2243	95.16%	C	
ESPECTROFOTOMETRO	2	0%	2245	95.25%	C	
MESA DE PARTO	2	0%	2247	95.33%	C	
REANIMADOR INFANTIL NEO PUFF	2	0%	2249	95.42%	C	
VIDEO LARINGOSCOPIO	2	0%	2251	95.50%	C	
SILLA DE RUEDAS	2	0%	2253	95.59%	C	
SISTEMA DE TERAPIA ECMO	2	0%	2255	95.67%	C	
CARRO DE PARO	2	0%	2257	95.76%	C	
UNIDAD DE CALENTAMIENTO DE AIRE	2	0%	2259	95.84%	C	
CASCADA	2	0%	2261	95.93%	C	
BOMBA DE ALIMENTACION ENTERAL	2	0%	2263	96.01%	C	
HEMOGLOBINOMETRO	2	0%	2265	96.10%	C	
TELECAM LAPAROSCOPIA	2	0%	2267	96.18%	C	
MONITOR ARCO EN C	2	0%	2269	96.27%	C	
ARCO EN C	2	0%	2271	96.35%	C	
MAQUINA DE CIRCULACION EXTRACORPOREA	2	0%	2273	96.44%	C	
TEMPORIZADOR COAGULANTE	2	0%	2275	96.52%	C	
MARCAPASOS	2	0%	2277	96.61%	C	
SELLADORA IMPULSO ELECTRONICO	2	0%	2279	96.69%	C	
GASTROSCOPIO	2	0%	2281	96.78%	C	
OFTALMOSCOPIO	2	0%	2283	96.86%	C	
ESTIMULADOR	2	0%	2285	96.95%	C	
ESTERILIZADOR	0	0%	2285	96.95%	C	
AMALGAMATOR	0	0%	2285	96.95%	C	
SOFTWARE HOLTER CARDIACO	0	0%	2285	96.95%	C	
SOFTWARE HOLTER DE PRESION	0	0%	2285	96.95%	C	
SOFTWARE PRUEBA DE ESFUERZO	0	0%	2285	96.95%	C	
FILTRO DE VISION	1	0%	2286	96.99%	C	
CABINA HIPERBARICA	1	0%	2287	97.03%	C	
EQUIPO DE PRESOTERAPIA	1	0%	2288	97.07%	C	

EQUIPO	CANTIDAD	%	VALOR ACUMULADO	% ACUMULADO	ZONA	% DE ZONA
KOMPRESOR	1	0%	2289	97.11%	C	
LASER DE PULSO FLEXIBLE	1	0%	2290	97.16%	C	
NEUMOSUCTOR	1	0%	2291	97.20%	C	
SISTEMA DE TRATAMIENTO LASER	1	0%	2292	97.24%	C	
TOMOGRAFO	1	0%	2293	97.28%	C	
CAMARA	1	0%	2294	97.33%	C	
TORNIQUETE AUTOMATICO	1	0%	2295	97.37%	C	
LÁMPARA VISORA DE AGLUTINACIÓN	1	0%	2296	97.41%	C	
LECTOR DE ELISA	1	0%	2297	97.45%	C	
REGULADOR DE VOLTAJE	1	0%	2298	97.50%	C	
ANALIZADOR DE COAGULACIÓN	1	0%	2299	97.54%	C	
ANALIZADOR DE HORMONAS	1	0%	2300	97.58%	C	
ANALIZADOR i-CHROMA	1	0%	2301	97.62%	C	
HORNO m	1	0%	2302	97.67%	C	
LAMPARA DE AGLUTINACION	1	0%	2303	97.71%	C	
LAVADOR AUTOMATICO	1	0%	2304	97.75%	C	
HORNO ESTERILIZADOR	1	0%	2305	97.79%	C	
IMPEDANCIOMETRO MAICO TOUCH TYMP	1	0%	2306	97.84%	C	
AUDIOMETRO MAICO DIGITAL DE 1 CANAL Y MEDIO	1	0%	2307	97.88%	C	
CABINA SONOAMORTIGUADA DE 1X1X1	1	0%	2308	97.92%	C	
HI PRO2	1	0%	2309	97.96%	C	
EQUIPO DE POTENCIAL VIVOSONIC G1 - SISTEMA INTEGRITY V500	1	0%	2310	98.01%	C	
ROTADOR DE PLAQUETAS	1	0%	2311	98.05%	C	
HOLTER ECG PRUEBA DE ESFUERO	1	0%	2312	98.09%	C	
IMPRESORA	1	0%	2313	98.13%	C	
AUTOCLAVE	1	0%	2314	98.18%	C	
AUTOCLAVE DE MESA	1	0%	2315	98.22%	C	
BLOQUE SECO DE CALENTAMIENTO	1	0%	2316	98.26%	C	
FOTOMETRO MICROPLACA	1	0%	2317	98.30%	C	
MAQUINA DE HIELO	1	0%	2318	98.35%	C	
ROTOR GENE Q	1	0%	2319	98.39%	C	
SISTEMA DE IMAGEN	1	0%	2320	98.43%	C	
TERMOCICLADOR	1	0%	2321	98.47%	C	
BASCULA PCR	1	0%	2322	98.52%	C	
INCUBADORA DE TRANSPORTE	1	0%	2323	98.56%	C	
CAUTERIZADOR	1	0%	2324	98.60%	C	
MONITOREO INVASIVO	1	0%	2325	98.64%	C	
SEPARADOR DE CELULAS	1	0%	2326	98.68%	C	
MASAJEADOR DE PIES	1	0%	2327	98.73%	C	
CENTRIFUGA REFRIGERADA	1	0%	2328	98.77%	C	

EQUIPO	CANTIDAD	%	VALOR ACUMULADO	% ACUMULADO	ZONA	% DE ZONA
DESCONGELADOR DE PLASMA	1	0%	2329	98.81%	C	
DESHUMIFICADOR	1	0%	2330	98.85%	C	
EQUIPO DE QUIMIOLUMINISCENCIA	1	0%	2331	98.90%	C	
MAQUINA DE AFERESIS	1	0%	2332	98.94%	C	
SEPARADOR DE HEMOCOMPONENTES	1	0%	2333	98.98%	C	
MONITOR LAPAROSCOPIA	1	0%	2334	99.02%	C	
FUENTE DE LUZ LAPAROSCOPIA	1	0%	2335	99.07%	C	
ELECTROTORNQUETE	1	0%	2336	99.11%	C	
PROCESADOR ARCO EN C	1	0%	2337	99.15%	C	
INTERCAMBIADOR DE CALOR	1	0%	2338	99.19%	C	
VAPORIZADOR	1	0%	2339	99.24%	C	
CONSOLA BALON DE CONTRAPULSACION	1	0%	2340	99.28%	C	
SIERRA DE ESTERNON	1	0%	2341	99.32%	C	
SELLADORA	1	0%	2342	99.36%	C	
INCUBADORA VAPOR	1	0%	2343	99.41%	C	
INCUBADORA DIOXIDO ETILENO	1	0%	2344	99.45%	C	
ESTERILIZADOR A OXIDO DE ETILENO	1	0%	2345	99.49%	C	
BOMBA DE FILTRACION POR VACIO	1	0%	2346	99.53%	C	
MASA(s) PATRON	1	0%	2347	99.58%	C	
MANOMETRO DIGITAL	1	0%	2348	99.62%	C	
MONITOR DE ENDOSCOPIA	1	0%	2349	99.66%	C	
COLONOSCOPIO	1	0%	2350	99.70%	C	
DUODENOSCOPIO	1	0%	2351	99.75%	C	
MAQUINA DE DIALISIS	1	0%	2352	99.79%	C	
EQUIPO IONOGRAMA	1	0%	2353	99.83%	C	
DENSITOMETRO DE COLOR	1	0%	2354	99.87%	C	
CALENTADOR DE PARAFINA	1	0%	2355	99.92%	C	
LAMPARA INFRAROJA	1	0%	2356	99.96%	C	
HIDROCOLETOR	1	0%	2357	100.00%	C	
TOTAL	2357	100%				100.00%

Luego, se construyó la Tabla III, donde en la primera columna se identifica la zona, en la segunda columna se indica la cantidad de los diferentes tipos de tecnologías. En la tercera, se calcula el valor anterior en porcentaje. En la cuarta columna se calcula el porcentaje correspondiente a la cantidad total de equipos que posee ese grupo de tecnologías y en la quinta columna se muestra el valor acumulador de este último. En resumen, la Tabla III representa un resumen de la Tabla II, mostrando de manera concisa la distribución y acumulación de las tecnologías en cada zona.

Tabla III. Resumen del análisis de Pareto

	ZONA	TIPOS DE TECNOLOGIAS ASOCIADAS	%TIPOS DE TECNOLOGIAS	CANTIDAD TOTAL DE EQUIPOS DE UNA TECNOLOGÍA	ACUMULADO CANTIDAD TOTAL DE EQUIPOS DE UNA TECNOLOGÍA
0-80%	A	28	14.14%	79.47%	79.47%
80-95%	B	68	34.34%	15.53%	94.99%
95-100%	C	100	50.51%	5.01%	100.00%

Posteriormente, se diseñaron los protocolos de mantenimiento para los equipos analizados, los cuales se contemplan en la Tabla IV. Estos protocolos fueron construidos con los siguientes lineamientos:

- Código único de identificación del protocolo como se muestra en la Tabla IV.
- Actualización de la versión 00 a versión 01.
- Fecha de actualización del 28 de abril de 2023.
- Actualización del propósito, el alcance, las definiciones, la descripción de actividades, además, se creó un apartado de referencias. La descripción de actividades ahora incluye secciones diseñadas para el orden y seguimiento de la rutina de mantenimiento, las cuales son:
 - **Inspección ambiental y de almacenamiento:** En esta inspección se busca identificar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo. Además, se agrega una tabla que indica las condiciones de temperatura, humedad y presión de funcionamiento y almacenamiento de los equipos, esta se construyó a partir de datos extraídos de los manuales.
 - **Inspección de fuente de alimentación:** En esta inspección se busca verificar que se cumplan con los requisitos de alimentación del equipo. Además, se agrega una tabla que indica las condiciones de voltaje y frecuencia de funcionamiento de los equipos.
 - **Inspección visual de aspecto físico:** En esta inspección se busca identificar todas las partes del equipo y el estado de estas.
 - **Inspección funcional básica:** En esta inspección se busca realizar pruebas de funcionamiento, pruebas de movimiento y auto-test.

- **Limpieza interna y externa:** En este paso se hace la limpieza integral del dispositivo
- **Comprobación funcional:** En este paso se busca realizar pruebas de desempeño del equipo.

Adicionalmente, se encuentran los ítems insumos, herramientas y equipos, y recomendaciones de uso. En la sección de herramientas y equipos también se indica una tabla que identifica al simulador o analizador a usar en dicho protocolo. Finalmente, las recomendaciones están diseñadas para que el ingeniero o técnico tenga presente durante la actividad de mantenimiento.

Tabla IV. Listado de protocolos de mantenimiento diseñados

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ANEXO
P-CEC-TECN-001	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - AGITADOR DE MAZZINI	<i>Anexo 25</i>
P-CEC-TECN-002	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - BALANZA	
P-CEC-TECN-003	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - BAÑO SEROLÓGICO	
P-CEC-TECN-004	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - BOMBA DE INFUSIÓN	
P-CEC-TECN-005	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - CAMA HOSPITALARIA	
P-CEC-TECN-006	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - CENTRÍFUGA	
P-CEC-TECN-007	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - DESFIBRILADOR	
P-CEC-TECN-008	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - DOPPLER FETAL	
P-CEC-TECN-009	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - ELECTROBISTURÍ	
P-CEC-TECN-010	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - ELECTROCARDIOGRAFO	
P-CEC-TECN-011	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE ÓRGANOS	
P-CEC-TECN-012	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - EYECTOR	
P-CEC-TECN-013	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - FLUJÓMETRO	
P-CEC-TECN-014	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - GLUCÓMETRO	
P-CEC-TECN-015	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - GRABADORA HOLTER CARDIACO	
P-CEC-TECN-016	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - GRABADORA HOLTER PRESIÓN	
P-CEC-TECN-017	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - INCUBADORA INFANTIL	
P-CEC-TECN-018	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - LÁMPARA CUELLO DE CISNE	
P-CEC-TECN-019	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - LÁMPARA DE FOTOTERAPIA	
P-CEC-TECN-020	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - LARINGOSCOPIO	
P-CEC-TECN-021	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - MICROPIPETA	
P-CEC-TECN-022	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - MICROSCOPIO	
P-CEC-TECN-023	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - MONITOR DE SIGNOS VITALES	
P-CEC-TECN-024	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - PULSIOXÍMETRO	
P-CEC-TECN-025	PROTOCOLOCO DE MANTENIMIENTO - SUCCIONADOR	

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ANEXO
P-CEC-TECN-026	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO – TENSÍMETRO	
P-CEC-TECN-027	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO – TERMOHIGRÓMETRO	
P-CEC-TECN-028	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO – TERMÓMETRO	
P-CEC-TECN-029	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO – VACUÓMETRO	
P-CEC-TECN-030	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO – VENTILADOR	

3. Diseño de herramienta digital para la gestión documental

Con la creación de la cuenta reportes.cedc@gmail.com y a través de Google Sheet, Google Docs, Google Forms, Google Drive, Apps Script de Google, Form Builder, se logró realizar la gestión documental. La herramienta construida con complementos de Google permite:

1. Tener la información organizada de las empresas de manera online como se ilustra en la Figura 2.

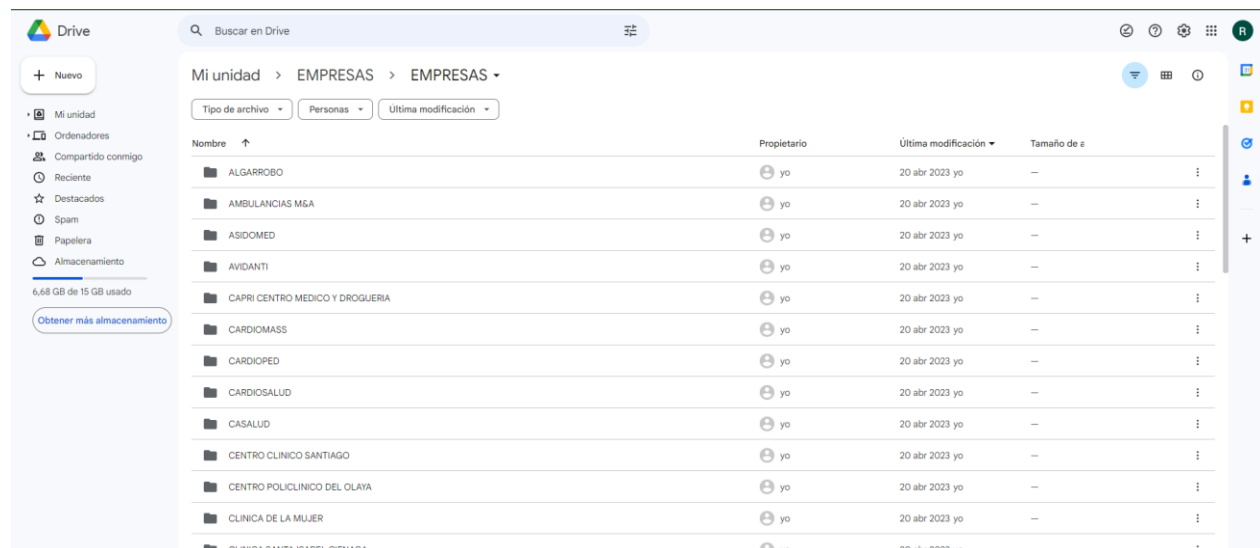


Figura 2. Información de las empresas en carpeta en Google Drive

2. Registrar una lista de chequeo de manera sencilla accediendo a través de un enlace o código QR (Anexo 3, Anexo 4). La lista de chequeo se puede visualizar como Figura 3.

CENTRO ELECTROMEDICO DEL CARIBE S.A.S

CHECKLIST MANTENIMIENTO CEDC

Por favor consultar los [protocolos](#) de mantenimiento

reportes.cedc@gmail.com [Cambiar de cuenta](#)

El nombre y la foto asociados a tu cuenta de Google se registrarán cuando subas archivos y envíes este formulario. Tu correo no forma parte de tu respuesta.

* Indica que la pregunta es obligatoria

REPORTE DE SERVICIO *

Elige

FECHA *

Fecha

dd/mm/aaaa

NOMBRE DEL CLIENTE *

Figura 3. Lista de chequeo digital

3. Cargar los datos de las empresas y actualizarlos frecuentemente (cada hora). Esto se realiza mediante el siguiente código en Apps Script de Google. En primer lugar, se identifica dónde se guardan los datos de las empresas con el ID de la hoja de cálculo (ID Sheet). Luego, se identifica el formulario con su ID (ID Forms) y la pregunta que se actualizará con el ID de la pregunta (ID Pregunta). A continuación, se crea una función llamada 'llenarEquipos()' en la que se abre el documento de Google Sheet, se obtienen los datos de los equipos y se almacenan en una variable llamada 'opciones'. Finalmente, se coloca el contenido de la variable 'opciones' en la pregunta correspondiente. Todos estos pasos se pueden observar en el *Anexo 20*, donde se detallan los pasos para cargar los datos de las empresas y realizar la actualización frecuente. Además, en el *Anexo 21* se muestra la interfaz de este complemento
4. Clasificar los equipos por categorías como se ilustra en la Tabla I y así gestionar las preguntas. Antes de poder crear estas categorías se hizo la unificación de los ítems *Anexo 5*, y se categorizaron como se muestra en el *Anexo 6*.
5. Crear hasta 7 tipos de reportes diferentes dependiendo de la categoría. Para ello, se crearon 7 tipos diferentes de plantillas, las cuales se guardan en una carpeta de Google

Drive, las plantillas se muestran en el *Anexo 7, Anexo 8, Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11, Anexo 12 y Anexo 13.*

6. Enviar automáticamente los reportes en formato PDF al correo y los guarda en Google Drive. De ahí mismo, se puede archivar en la carpeta de la empresa en cuestión.

4. **Socialización de resultados del proyecto**

Para el proceso de socialización y capacitación del personal se obtienen como resultados:

1. Consenso sobre las actualizaciones realizadas a los protocolos de mantenimiento de los equipos biomédicos.
2. Videos de operatividad de la herramienta que se pueden visualizar accediendo a los Anexos *Anexo 15 y Anexo 16.*
3. Capacitación final a través de Google Meet al personal del Centro Electromédico e informe de capacitación (*Anexo 17*).
4. La herramienta de medición (*Anexo 18*) utiliza la metodología Likert y comienza recopilando información básica. La primera pregunta solicita el nombre completo, mientras que la segunda pregunta requiere el correo de contacto del personal. Sin embargo, para fines de este informe, se hará referencia a los encuestados como "usuarios", siendo un total de 4 personas.

La primera sección aborda las preguntas relacionadas con el diseño de los protocolos y los apartados. Esta sección comienza con una pregunta abierta introductoria sobre el tema a tratar, cuyos resultados se ilustran en la Tabla V. A continuación, se presentan las preguntas de la 4 a la 11, en las cuales se solicita a los usuarios que valoren del 1 al 6. Los resultados de estas valoraciones se encuentran en la Tabla VI. Es importante destacar que en la Tabla VII, se presentan las cantidades de respuestas obtenidas para cada valoración del 1 al 6 en relación con cada pregunta. Se debe tener en cuenta que, dado que hay 4 usuarios, el total de respuestas por pregunta siempre será de 4.

Tabla V. Respuestas de la pregunta abierta número 3 de la encuesta

No	PREGUNTA	RESPUESTAS
3	En sus últimas revisiones técnicas ¿Ha hecho uso de los protocolos de mantenimiento de equipos biomédicos diseñados para este proyecto? ¿Cuáles?	Los protocolos del vacuómetro, termómetro, balanza
		Monitor de signos vitales, ventilador mecánico, succionador, tensiómetro
		Si, he utilizado los protocolos para ventiladores, termómetros, termohigrómetros, Tensiómetros, balanzas, camas hospitalarias, equipos de órganos, lámparas de fototerapia Entre otros.
		Sii, termómetros, termohigrómetros, equipos de órganos

Tabla VI. Respuestas de los usuarios en la escala de Likert para las preguntas 4 hasta la 11 de la encuesta

ENCUESTADOS	PREGUNTA 4	PREGUNTA 5	PREGUNTA 6	PREGUNTA 7	PREGUNTA 8	PREGUNTA 9	PREGUNTA 10	PREGUNTA 11
Usuario 1	4	6	6	4	5	6	6	5
Usuario 2	5	6	6	5	5	5	6	6
Usuario 3	6	6	6	6	6	5	6	6
Usuario 4	6	5	5	6	6	4	5	6
Promedio	5.25	5.75	5.75	5.25	5.5	5	5.75	5.75

Tabla VII. Cantidad de respuestas en la escala de Likert para las preguntas 4 hasta la 11 de la encuesta

GRADO DE SATISFACCIÓN	PREGUNTA 4	PREGUNTA 5	PREGUNTA 6	PREGUNTA 7	PREGUNTA 8	PREGUNTA 9	PREGUNTA 10	PREGUNTA 11	TOTAL
6 (Muy)	2	3	3	2	2	1	3	3	19
5	1	1	1	1	2	2	1	1	10
4	1	0	0	1	0	1	0	0	3
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 (Poco)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4	4	4	4	4	4	4	4	32

A partir de los datos presentados en la Tabla VII, se generó la Figura 4, la cual representa el porcentaje de respuestas para cada nivel de la escala de Likert (1 al 6) en relación con las preguntas de la primera sección, que abarcan desde la pregunta 4 hasta la pregunta 11.

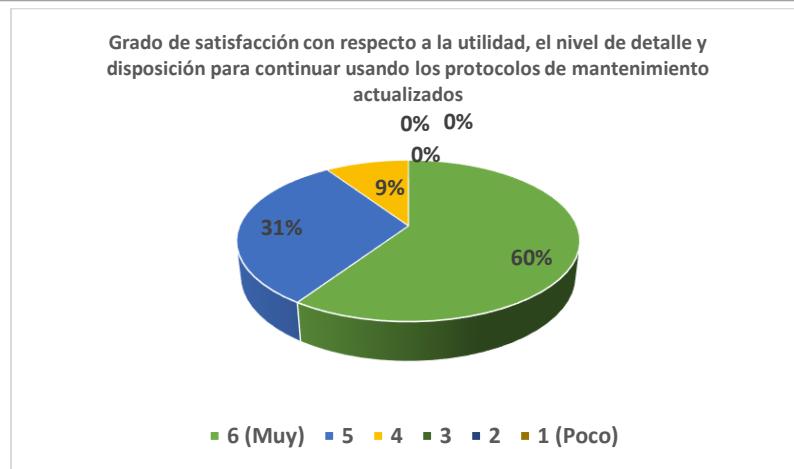


Figura 4. Grado de satisfacción con respecto a la utilidad, el nivel de detalle y disposición para continuar usando los protocolos de mantenimiento actualizados

La primera sección concluye con una pregunta abierta en la cual se solicita a los usuarios que complementen la información contenida en los protocolos. Los resultados de esta pregunta se muestran en la Tabla VIII.

Tabla VIII. Presentación de las respuestas de la pregunta abierta número 12 de la encuesta

No	PREGUNTA	RESPUESTAS
12	¿De qué forma complementaria la información contenida en estos protocolos?	Me parece muy completa
		de forma más didáctica
		Agregaría imágenes del equipo en cada protocolo para familiarizar a funcionarios que estén iniciando en el medio.
		Realizando capacitaciones más seguidas en la limpieza y desinfección de los equipos al personal que hace uso de estos para prolongar su vida útil

En la segunda sección, se aborda la herramienta de digitalización de los reportes de mantenimiento. En la Tabla IX, se presentan las respuestas de las preguntas 13 y 14 en las cuales los usuarios deben valorar del 1 al 6 la utilidad y la eficiencia de la digitalización, respectivamente. Mientras que, en la Tabla X se registran la cantidad de respuestas obtenidas para cada valoración del 1 al 6, siendo un total de 4 en todas las preguntas.

Tabla IX. Respuestas de los usuarios en la escala de Likert para las preguntas 13 y 14 de la encuesta

Encuestados	Pregunta 13	Pregunta 14
-------------	-------------	-------------

Usuario 1	6	6
Usuario 2	6	5
Usuario 3	6	5
Usuario 4	5	1
Promedio	5.75	4.25

Tabla X. Cantidad de respuestas en la escala de Likert para las preguntas 13 y 14 de la encuesta

Grado de satisfacción	Pregunta 13	Pregunta 14	TOTAL
6 (Muy)	2	3	5
5	1	1	2
4	1	0	1
3	0	0	0
2	0	0	0
1 (Poco)	0	0	0
Total	4	4	8

De igual manera, a partir de los datos presentados en la Tabla X, se generó la Figura 5, la cual representa el porcentaje de respuestas para cada nivel de la escala de Likert (1 al 6) en relación con las preguntas de la segunda sección, que abarcan la pregunta 13 y 14.

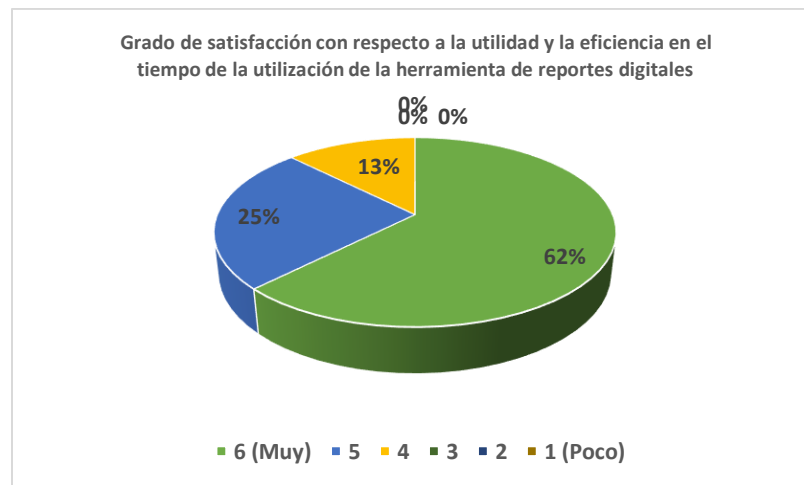


Figura 5. Grado de satisfacción con respecto a la utilidad y la eficiencia en el tiempo de la utilización de la herramienta de reportes digitales

Esta sección concluye con dos preguntas abiertas, cuyos resultados se consignan en la Tabla XI.

Tabla XI. Presentación de las respuestas de las preguntas abiertas 15 y 16 respectivamente de la encuesta

No	PREGUNTA	RESPUESTAS
15	¿Qué mejoras le daría a la implementación de los reportes de manera digital?	Mejoraría la recolección de firmas
		Un check list más detallado
		Me gustaría que los usuarios pudieran firmar directamente el reporte de servicio
		Ninguna
16	¿De qué forma complementaria las revisiones técnicas de los equipos biomédicos y la digitalización de los reportes?	Incluiría reportes mensuales de todo lo que se ha realizado
		Que sea más detallado con código QR que contenga toda la información del equipo
		En cuanto a las revisiones técnicas considero que los protocolos diseñados en este proyecto están completos y ayudan a que los mantenimientos se hagan de una manera más efectiva.
		Sin respuesta

Los resultados de la encuesta consignados en las Tabla V, Tabla VI, Tabla VII, Tabla VIII, Tabla IX, Tabla X, Tabla XI también se pueden observar en el *Anexo 22*, que es un documento que genera Google Forms con las respuestas del formulario desarrollado.

VII. ANÁLISIS

Inicialmente, para el análisis de los resultados obtenidos en la recolección de la información, se tiene en cuenta en la base de datos construida (*Anexo 2*), se consideraron relevantes únicamente aquellos equipos que se clasificaban como tecnologías biomédicas y no se incluyeron accesorios de equipos.

Posteriormente, utilizando la base de datos construida y realizando el análisis de Pareto presentado en la Tabla II y Tabla III, se puede inferir que existen un total de 196 tipos de tecnologías, de un total general de 2357 equipos. En zona A, se identificaron 28 tipos de tecnología, lo cual equivale al 14.14% en términos porcentuales. Sin embargo, estos 28 tipos de tecnología representan el 79.47% del total de los equipos.

Este resultado está en línea con el principio de Pareto conocido como la regla del 80/20. Según este principio, el 14.14% representa las causas y el 79.47% representa las consecuencias. Esto significa que al abordar el 14.14% de los problemas, se resuelven aproximadamente el 80% de los mismos. Es importante destacar que los valores de 80/20 son valores aproximados [13].

Como se mencionó previamente en la metodología, basándonos en el resultado anterior, se procedió a realizar la revisión de los manuales correspondientes. Durante este proceso, se encontró que el glucómetro, según las instrucciones del fabricante, requiere el uso de un reactivo especial para realizar la prueba de funcionamiento. Sin embargo, es importante destacar que esta tecnología suele ser proporcionada en forma de comodato y tiene un bajo costo. En caso de avería, se sustituye en lugar de realizar una revisión técnica. Por lo tanto, este protocolo no se considera una revisión técnica en sí misma.

Por otro lado, se decidió combinar los protocolos de la balanza y la balanza pediátrica debido a que pertenecen a la misma tecnología. Por lo tanto, se incluyeron en el estudio las siguientes tecnologías con mayor presencia: holter de presión y lámpara de fototerapia, lo que suma un total de 30 tecnologías en consideración.

Cabe destacar que en comparación con los protocolos en la versión 00, la nueva versión 01 ofrece mayor claridad sobre el código único del protocolo. Los apartados diseñados proporcionan instrucciones detalladas paso a paso e incluso incluyen datos de rangos de funcionamiento, analizadores y simuladores que antes no estaban disponibles.

Después de redactar los protocolos, se llevó a cabo una comparación entre ellos para identificar los elementos con variaciones en su redacción y unificarlos (*Anexo 5, Anexo 6*). Esto permitió simplificar las preguntas y evitar tener que realizar 30 formularios para cada tecnología, lo cual sería un trabajo tedioso al tener que buscar el enlace adecuado durante la revisión técnica. Sin embargo, se decidió categorizar la información como lo ilustra la Tabla I y se cargaron todas las preguntas de los protocolos. Esto implica que las categorías funcionan como filtros para gestionar la información, lo que facilita el almacenamiento.

Es importante aclarar que, al cargar todas las preguntas para una categoría, el técnico o ingeniero debe ejercer criterio y analizar si la pregunta o el ítem de revisión aplica o no aplica. En caso de que aplique, debe evaluar si aprueba o no aprueba según las opciones proporcionadas en el formulario. Adicionalmente, se plantea la posibilidad de realizar los filtros de información por tecnología, pero esto implicaría una extensión en el alcance del proyecto con respecto al tiempo.

Por otro lado, el formulario cuenta con diversas funcionalidades. Permite actualizar el contador de los reportes para asignarles un número único cada vez que se complete y se envíe. También ofrece la posibilidad de cargar imágenes de pre-mantenimiento y post mantenimiento, lo cual facilita el registro visual de los equipos. Además, permite ingresar todos los datos de la Clínica de la Mujer y clasificar los equipos por servicios. Asimismo, brinda la opción de categorizar los equipos según criterios específicos.

Otra característica importante es la capacidad de generar 7 tipos de PDF diferentes, lo cual ofrece flexibilidad en la presentación y formato de los informes. Sin embargo, es importante mencionar que no se logró encontrar una solución más adecuada para la recolección de firmas que no sea a través de fotografías. Esto puede representar una dificultad en el momento en que los funcionarios deban firmar, ya que no se cuenta con un método más eficiente o seguro para capturar las firmas.

Finalmente, en la herramienta de medición (*Anexo 18, Anexo 19, Anexo 22*) se puede observar en la Tabla V, que los protocolos diseñados son conocidos por el personal y se han implementado en sus revisiones técnicas.

En la Tabla VI y Tabla IX, se puede observar que todas las respuestas proporcionadas para las preguntas en las que se les solicita a los usuarios que valoren en la escala de Likert del 1 al 6 están por encima de 4. Esto indica una respuesta positiva por parte de los participantes hacia las preguntas planteadas en relación con el proyecto.

En particular, en las preguntas 4 y 7, tal como se muestra en la Tabla VI y Tabla VII, se indaga sobre el nivel de detalle de las instrucciones proporcionadas y la utilidad de la información contenida en el apartado de *inspección visual de aspecto físico* en los protocolos de mantenimiento. Los resultados revelan una dispersión de respuestas, con la mayoría seleccionando un grado de detalle de 5 y 6. Esto sugiere que hubo un nivel muy alto de detalle y se considera la información del apartado útil, respectivamente, en los protocolos, ya que una calificación de 5 indica al menos un 83.33% de satisfacción. Sin embargo, también se observaron respuestas de grado 4, lo cual, si lo analizamos en términos porcentuales, indica un valor de satisfacción del 66.67% para esa pregunta. Esto implica una perspectiva positiva, aunque sugiere que algunos protocolos podrían haber requerido un mayor nivel de detalle.

Adicionalmente, es importante destacar que el promedio obtenido para dichas preguntas fue alrededor de 5.25 en una escala del 1 al 6 (Tabla VI). Este promedio reafirma el alto grado de detalle e información de utilidad presente en los protocolos de mantenimiento, respaldando la idea de que en general se proporcionaron instrucciones detalladas y claras.

En el caso de las preguntas 5, 6 y 10 también presentadas en la Tabla VI y Tabla VII, donde se indaga sobre la utilidad de la información en los apartados de *inspección ambiental* y *de almacenamiento*, *inspección de fuente de alimentación* y *comprobación funcional*, aproximadamente el 75% de los participantes respondió con un grado de 6, indicando que la información fue considerada muy útil en estos apartados. Sin embargo, en la pregunta 7, que evalúa la utilidad de la información en el apartado de *inspección visual de aspecto físico*, se observó una

mayor variabilidad en las respuestas, con un 25% en el grado 4, un 25% en el grado 5 y un 50% en el grado 6. Esto sugiere que se puede considerar realizar en trabajos futuros una encuesta de profundización en estos aspectos para mejorar el proyecto, sin embargo, sigue estando por encima del 50% de satisfacción con respecto al apartado.

Para la pregunta 8, que se refiere a la *inspección funcional básica*, los resultados se dividieron en un 50% para el grado 5 y un 50% para el grado 6, lo cual indica que a los participantes les resulta clara y útil la información contenida en el apartado. En la pregunta 9, se obtuvieron respuestas que mostraron cierto desacuerdo, con un 25% de los participantes seleccionando el grado 4, un 50% seleccionando el grado 5 y un 25% seleccionando el grado 6. Esta pregunta fue la que generó mayor variabilidad en las respuestas; sin embargo, su promedio de respuestas es de 5, lo que indica que al menos hay un 83.33% de satisfacción con los resultados. Esto significa que la información contenida en *limpieza interna y externa* en los protocolos de mantenimiento se considera útil.

El balance general de la primera sección, que se ilustra en la Figura 4, indica que la información proporcionada es detallada y útil, con un 60% de respuestas para 6, un 31% de respuestas con una valoración de 5 y un 9% de respuestas para 4. Además, según el promedio de 5.75 para la pregunta 11, la mayoría de los participantes están dispuestos a continuar trabajando con este recurso, lo cual es un indicador de una percepción positiva hacia los resultados del proyecto. Asimismo, las correcciones sugeridas están en línea con los hallazgos de la Tabla VIII, donde se consulta sobre cómo complementar la información. En este sentido, se recomienda agregar imágenes y programar más capacitaciones utilizando enfoques didácticos.

En la segunda sección, se observa en la Tabla IX y Tabla X que, para la pregunta 13, la digitalización de los reportes resulta útil en un grado muy alto para los participantes. Específicamente, el promedio para dicha pregunta obtuvo una valoración de 5.75. Sin embargo, al preguntar sobre la eficiencia en el tiempo de llenado de los reportes, el 25% respondió que lo considera un 4 en una escala del 1 al 6, el 50% respondió con un grado de 5 y el restante con un grado de 6, con un promedio general de 4.25. Esto indica que el personal tiende a considerarlo eficiente en mayor medida, pero no están totalmente convencidos. Esta percepción puede deberse al aumento en la cantidad de ítems a evaluar en la lista de chequeo, lo cual implica más tiempo

para completarla. En cualquier caso, el sondeo general de la segunda sección reflejado en la Figura 5 muestra una mejora en el proceso anteriormente existente, con un total del 62% de evaluaciones en 6, 25% de evaluaciones en 5 y un 13% de evaluaciones en 4. Las sugerencias proporcionadas en la Tabla XI apuntan a mejorar el proceso de recolección de firmas para seguir mejorando los procesos.

Por último, en la Tabla XI para la pregunta 16, se solicitaron ideas al personal para complementar el proyecto de grado. En respuesta, sugirieron que la gestión documental incluya reportes mensuales autogenerados y códigos QR que contengan toda la información de los equipos.

VIII. CONCLUSIONES

Consolidar una base de datos con los inventarios de todas las empresas puede llevar a errores, por lo tanto, es necesario revisarla y realizar ajustes para obtener resultados confiables. Esto se debe a que en esos inventarios se incluyen otros elementos que no son considerados equipos biomédicos propiamente dichos.

A través de los resultados, se ha confirmado el principio de Pareto de 80/20, demostrando su utilidad como una herramienta poderosa en la gestión de inventarios e investigaciones. En base a esto, se actualizaron protocolos de mantenimiento de 30 tipos de tecnología diferentes, seleccionados según el análisis de Pareto.

Es importante destacar que durante esta actualización se identificó que algunas de estas tecnologías son de bajo costo. Por lo tanto, en caso de presentar averías, resulta más conveniente realizar una renovación en lugar de una reparación. Para abordar esta situación, se debe crear un protocolo de mantenimiento que clarifique que no se trata de una intervención técnica, sino más bien de un proceso de renovación.

Asimismo, al llevar a cabo la actualización de los protocolos de mantenimiento y siguiendo las directrices de calidad establecidas por la norma ISO 9001, la empresa Centro Electromédico del Caribe cumple con uno de sus objetivos: mejorar de forma continua y aumentar su competencia día a día. Estas directrices especifican la necesidad de actualizar las versiones y asignar un código único para cada protocolo, asegurando así una gestión eficiente y rastreable de los mismos.

La herramienta diseñada proporciona una guía para la digitalización documentada en el marco de los servicios ofrecidos por el Centro Electromédico, específicamente para la Clínica de la Mujer. Esta herramienta permite almacenar toda la información de las empresas y generar reportes de mantenimiento de manera digital. Aunque se reconoce que hay áreas de mejora en cuanto al alcance y la captura de la firma, se considera que la herramienta ofrece una excelente base para proyectos futuros.

Por otro lado, los resultados de la herramienta de medición reflejaron una percepción positiva en general sobre los resultados del proyecto. Esto indica que la capacitación del personal y la implementación de la hoja de ruta de digitalización se llevaron a cabo de manera satisfactoria.

En base a lo anterior, se puede concluir que se diseñó un sistema de gestión de la tecnología aplicado al mantenimiento, seguimiento y control de los equipos biomédicos en la empresa Centro Eletromedico del Caribe, la cual se llevo a cabo considerando tanto los aspectos técnicos como los procedimientos operativos, realizando pruebas y ajustes.

Finalmente, se plantea como trabajo futuro la búsqueda de estrategias para hacer que los protocolos de mantenimiento sean más dinámicos. Además, se propone buscar espacios que promuevan la capacitación sobre estos protocolos y las actualizaciones que se presenten en el mercado. En cuanto a la digitalización, se plantea la carga de datos de todas las empresas con las que se trabaja y la mejora del proceso de recolección de firmas. Estas acciones buscan seguir avanzando y mejorando en el proyecto en el futuro.

REFERENCIAS

- [1] C. C.P and L. P. H., “ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍA BIOMÉDICA,” *Rev. Ing. Biomédica*, vol. 9, no. 18, pp. 41–49, Jul. 2015, doi: 10.14508/rbme.2015.9.18.41-49.
- [2] Ministerio de la Protección Social, *RESOLUCIÓN 4816 DE 2008*. 2008, pp. 1–22.
- [3] Ministerio de Salud y Protección Social, *RESOLUCIÓN NUMERO 3100 DE 2019*. 2019, pp. 1–230.
- [4] MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, *DECRETO NÚMERO 4725 DE 2005*. pp. 1–31.
- [5] Centro Electromédico del Caribe S.A.S., *PORTAFOLIO DE SERVICIOS*. Santa Marta, 2022.
- [6] Ministerio de Salud y Protección Social, “Medicamentos y Tecnologías en Salud.” <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/home-medicamentos-y-tecnologias.aspx> (accessed May 21, 2023).
- [7] D. Marisa, B. Bonilla, and A. P. Galán, “Evaluación de tecnologías de salud,” *Rev. Médica del Uruguay*, vol. 18, no. 1, pp. 27–35, 2002, Accessed: Jan. 19, 2023. [Online]. Available: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902002000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [8] B. Cajigas de Acosta *et al.*, “ABC de Dispositivos Médicos,” *I-43*, 2013. https://www.invima.gov.co/documents/20143/442916/abc_dispositivos-medicos.pdf/d32f6922-0c50-bcaa-6b53-066edfb98274 (accessed Jan. 19, 2023).
- [9] L. F. Castrillón Gallego, *Introducción Al Mantenimiento Biomédico*, 1a ed., vol. 1. Medellín: Fondo Editorial ITM, 2007.
- [10] R. Aguilar, B. Gustavo, and Z. Aguilar, “Propuesta de una herramienta ofimática para el reporte y consulta de actividades de mantenimiento,” Universidad ECCI, 2018.
- [11] W. Orozco Murillo and F. Cortés Mancera, “Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009,” *Rev. Ciencias la Salud*, vol. 11, no. 1, pp. 35–44, 2013, Accessed: Jan. 19, 2023. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732013000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- [12] A. M. Sc, I. Carlos, and M. Bonet, “Ley de pareto aplicada a la fiabilidad,” no. 1998, pp. 1–9, 2004.
- [13] A. Leal Solano, “El diagrama de Pareto,” *Fac. Adm. Empres.*, vol. 4, pp. 34–36, 1987.
- [14] Google for Developers, “Class DataSourceRefreshSchedule | Apps Script .”

-
- <https://developers.google.com/apps-script/reference/spreadsheet/data-source-refresh-schedule?hl=es-419> (accessed May 22, 2023).
- [15] Anónimo, “Add Responses Counter To Your Google Form - DEV Community,” Jan. 16, 2022. <https://dev.to/vrystick/add-responses-counter-to-your-google-form-13np> (accessed May 22, 2023).
- [16] Form Publisher Support, “Add markers in the template to generate custom documents – Documentation .” <https://support.form-publisher.com/hc/en-us/articles/213643805-Add-markers-in-the-template-to-generate-custom-documents> (accessed May 22, 2023).
- [17] Form Publisher Support, “Generating multiple types of documents from the same form – Documentation .” <https://support.form-publisher.com/hc/en-us/articles/360006694620-Generating-multiple-types-of-documents-from-the-same-form> (accessed May 22, 2023).
- [18] L. M. Méndez Hinojosa, S. M. Maldonado Luna, and J. A. Peña Moreno, “Manual práctico para el diseño de la Escala Likert,” *Dialnet*, p. 3, 2007.

ANEXOS

[Anexo 1. Formato de reporte de mantenimiento](#)

Documento que contiene de manera escaneada el formato físico de reporte de mantenimiento que posee el Centro Electromédico del Caribe.

[Anexo 2. Base de datos y análisis de Pareto](#)

Documento en Excel que contiene inventarios de las empresas mencionadas y el análisis de Pareto de esos inventarios.

[Anexo 3. Lista de chequeo de reporte de mantenimiento digital](#)

Enlace que redirige al formulario de Google que contiene la lista de chequeo de mantenimiento.

<https://forms.gle/QxRSSu1opN2Z9W9h8>

[Anexo 4. QR Lista de chequeo de reporte de mantenimiento digital](#)

Documento en formato PDF que contiene el QR que redirige a la lista de chequeo de mantenimiento.

[Anexo 5. Unificación de ítems de los protocolos de mantenimiento](#)

Documento en formato EXCEL que contiene todas las preguntas de revisión por equipos y apartados.

[Anexo 6. Categorización de ítems de protocolos de mantenimiento](#)

Documento en formato EXCEL que contiene todas las preguntas de revisión por categorías y apartados.

[Anexo 7. Plantilla para los equipos de la categoría 1](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 1.

[Anexo 8. Plantilla para los equipos de la categoría 2](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 2.

[Anexo 9. Plantilla para los equipos de la categoría 3](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 3.

[Anexo 10. Plantilla para los equipos de la categoría 4](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 4.

[Anexo 11. Plantilla para los equipos de la categoría 5](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 5.

[Anexo 12. Plantilla para los equipos de la categoría 6](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 6.

[Anexo 13. Plantilla para los equipos de la categoría 7](#)

Plantilla diseñada en Google Docs para los equipos de la categoría 7.

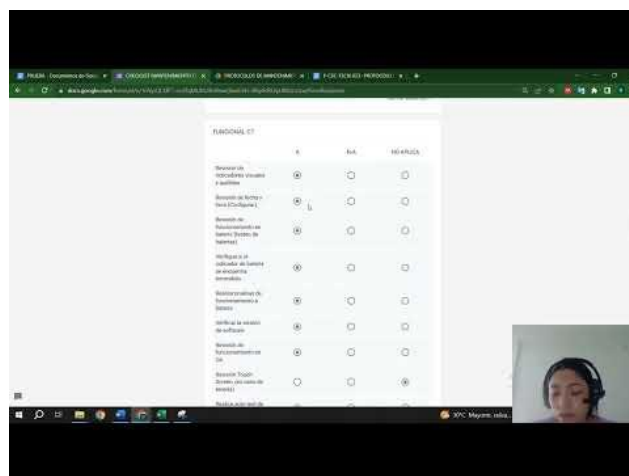
[Anexo 14. Prueba de funcionamiento para categoría 7](#)

Documento en PDF generado como prueba de funcionamiento para la categoría 1

[Anexo 15. Enlace de video de prueba de funcionamiento de herramienta desde el computador](#)

Enlace de video de prueba de funcionamiento de herramienta desde el computador

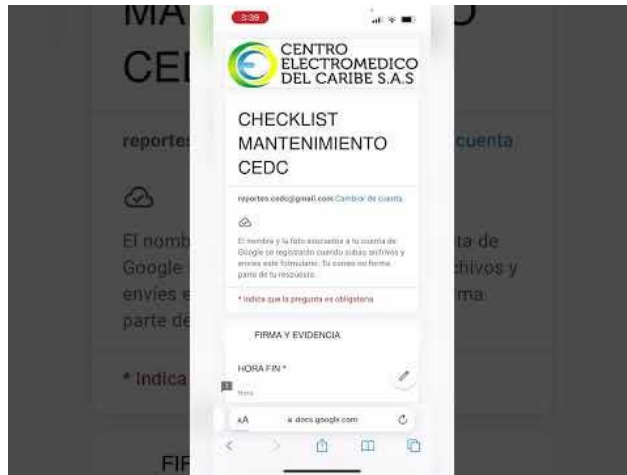
https://youtu.be/bIDBRk_1xts



[Anexo 16. Enlace de video de prueba de funcionamiento de la herramienta desde el celular](#)

Enlace de video de prueba de funcionamiento de herramienta desde el celular

https://youtu.be/OtRBDJ_T6UU



[Anexo 17. Informe de socialización de resultados del proyecto](#)

Documento que contiene informe de capacitación del grupo de trabajo de la empresa Centro Electromédico del Caribe.

[Anexo 18. Encuesta socialización de resultados](#)

Documento en formato PDF generado por Google Forms que contiene las preguntas de la encuesta de la evaluación del proyecto de grado.

[Anexo 19. Enlace a formulario de Google de encuesta socialización de resultados](#)

Enlace que redirige al formulario de Google que contiene la encuesta realizada después de socialización de resultados al personal del Centro Electromédico del Caribe.

<https://docs.google.com/forms/d/1i6YQbtfjaSmsbBrXjZn-uDSyRWtnBLHySd0P4KIo38/prefill>

[Anexo 20. Código en Apps Script de Google para cargar datos de las empresas](#)

Documento que presenta el código diseñado a través de la herramienta Apps Script de Google con el fin de cargar los datos de la empresa que están en un documento de Google Sheet en el Google Forms.

Anexo 21. Interfaz de Apps Script de Google con código del proyecto

Documento que presenta la captura de pantalla de la interfaz de Apps Script de Google donde se escribió el código del presente proyecto.

Anexo 22. Documento generado por Google Form de los resultados de la encuesta

Documento generado por Google Form de los resultados de la encuesta realizada después de la socialización de resultados del proyecto al personal del Centro Electromédico del Caribe.

Anexo 23. Marco legal del proyecto de grado

Documento que contiene el marco legal del proyecto de grado.

Anexo 24. Lista de chequeo de recepción de equipos biomédicos

Documento en formato EXCEL que contiene la lista de chequeo para la recepción de equipos biomédicos.

Anexo 25. Protocolos de mantenimiento actualizados

Documento en formato PDF que presenta todos los protocolos actualizados en el presente proyecto

