



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar  
la disponibilidad de equipos biomédicos en el Hospital Hipólito  
Unanue, Tacna

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Caceres Maquera, Jose Antonio (orcid.org/0009-0008-1363-0059)

Quecaño Barrazuela, Cesar David (orcid.org/0009-0004-2196-5132)

**ASESORA:**

Mg. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHICLAYO – PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

Dedicamos a nuestros asesores del curso de titulación por habernos brindado los conocimientos en nosotros para poder culminar con este proyecto y por alentarnos siempre durante estos años de convivencia, por estar siempre dispuesto a aclarar dudas, ayudarnos a darle fruto a este gran proyecto de investigación y ayudarnos a terminar este paso con más éxito. Y por último dedicamos a las personas que han estado con nosotros siempre: nuestros padres, quienes han sido nuestros grandes pilares.

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestra gratitud a la universidad por desafiarnos y, al mismo tiempo, brindarnos la oportunidad de alcanzar el anhelado título. Extendemos nuestro agradecimiento a cada miembro del cuerpo directivo por su dedicación y gestión, ya que sin ellos no se habrían establecido las bases necesarias para adquirir conocimientos. También agradecemos profundamente a nuestros padres, quienes siempre nos han ofrecido un apoyo incondicional para lograr nuestros objetivos personales y académicos. Su amor constante ha sido el impulso que necesitábamos para perseguir nuestras metas y enfrentar las adversidades sin rendirnos. Reconocemos su respaldo tanto emocional como financiero, permitiéndonos enfocarnos en los estudios y nunca abandonarlos.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos en el Hospital Hipólito Unanue, Tacna", cuyos autores son CACERES MAQUERA JOSE ANTONIO, QUECAÑO BARRAZUETA CESAR DAVID, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 13 de Marzo del 2024

| <b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>  | <b>Firma</b>  |
|---|---|
| NELLY ROXANA SOVERO LAZO<br><b>DNI:</b> 20048561<br><b>ORCID:</b> 0000-0001-5688-2258 | Firmado electrónicamente<br>por: NRSOVEROS el 19-<br>03-2024 11:53:45 |

Código documento Trilce: TRI - 0740113





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CACERES MAQUERA JOSE ANTONIO, QUECAÑO BARRAZUETA CESAR DAVID estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos en el Hospital Hipólito Unanue, Tacna", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| <b>Nombres y Apellidos</b>  | <b>Firma</b>   |
|---|--|
| JOSE ANTONIO CACERES MAQUERA<br><b>DNI:</b> 44261652<br><b>ORCID:</b> 0009-0008-1363-0059   | Firmado electrónicamente por:<br>JACACERES el 13-03-2024<br>20:34:10 |
| CESAR DAVID QUECAÑO BARRAZUETA<br><b>DNI:</b> 72448479<br><b>ORCID:</b> 0009-0004-2196-5132 | Firmado electrónicamente por: CDQUECANO el<br>13-03-2024 20:50:02    |

Código documento Trilce: TRI - 0740111



## Índice de contenidos

|   |      |
|---|------|
| Carátula.....   | i    |
| Dedicatoria .....   | ii   |
| Agradecimiento .....                                      | iii  |
| Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....              | iv   |
| Declaratoria de Originalidad de los Autores .....         | v    |
| Índice de contenidos .....                                | vi   |
| Índice de tablas .....                                    | vi   |
| Índice de figuras .....                                   | viii |
| Resumen.....  | ix   |
| Abstract.....   | x    |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                      | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                   | 4    |
| III. METODOLOGÍA.....                                     | 11   |
| 3.1. Tipos y diseño de la investigación.....              | 11   |
| 3.2. Variables y operacionalización .....                 | 12   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo.....                   | 12   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 12   |
| 3.5. Procedimientos .....                                 | 13   |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                     | 14   |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 14   |
| IV. RESULTADOS .....                                      | 15   |
| V. DISCUSIÓN.....   | 29   |
| VI. CONCLUSIONES.....                                     | 33   |
| VII. RECOMENDACIONES .....                                | 34   |
| REFERENCIAS.....  | 35   |
| ANEXOS .....  | 38   |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Sistema del plan RCM .....  | 10 |
| Tabla 2. Diagnóstico Actual de la Disponibilidad de los equipos Biomédicos .....   | 15 |
| Tabla 3. Resumen de las actividades, herramientas, frecuencia y horas de mantenimiento preventivo a los equipos críticos. .... | 16 |
| Tabla 4. Disponibilidad de los equipos críticos antes y después de la implementación .....                                     | 17 |
| Tabla 5. Indicadores financieros .....   | 28 |
| Tabla 6. Disponibilidad de los 17 equipos antes y después de la propuesta .....  | 64 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama del diseño preexperimental. Tomado de Moreno.2021 ..... | 11 |
| Figura 2. Comparación de la disponibilidad de los equipos críticos .....   | 17 |

## Resumen

Este estudio fue llevado a cabo durante la temporada del 2022 - 2023 y tiene como propósito principal identificar cómo el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue Tacna 2023. El estudio adopta un enfoque aplicado, utiliza un diseño experimental de nivel explicativo y se basa en un análisis cuantitativo, teniendo como variables el mantenimiento centrado en la confiabilidad y la disponibilidad. Tiene como muestra 4 equipos médicos del hospital Hipólito Unanue, donde se llevaron a cabo análisis de criticidad sobre los datos recopilados. En los resultados se diagnosticó la situación actual de los equipos, se diseñó el plan de mantenimiento RCM a los equipos críticos y posteriormente se realizó un comparativo del pre test (63.36%) y post test (95.37%) mostrando una variación del 50.51 %, el beneficio económico de la implementación de la propuesta fue favorable evidenciando un costo beneficio de 1.89. Se concluye que con el diseño de la propuesta mejora significativamente la disponibilidad de los equipos en el hospital Hipólito Unanue Tacna 2023.

**Palabras clave:** Equipo biomédico, mantenimiento preventivo, disponibilidad, confiabilidad, implementación.

## Abstract

This study was conducted during the 2022-2023 season with the main purpose of identifying how the reliability-centered maintenance plan enhances the availability of biomedical equipment in the Intensive Care Unit of Hipólito Unanue Hospital in Tacna 2023. The study adopts an applied approach, employs an experimental design with an explanatory level, and is based on quantitative analysis, considering reliability-centered maintenance and availability as variables. The sample consists of 4 medical devices from Hipólito Unanue Hospital, where critical analysis was conducted on the collected data. The results diagnosed the current situation of the equipment, a reliability-centered maintenance plan was designed for critical equipment, and subsequently, a comparison of the pre-test (63.36%) and post-test (95.37%) was conducted, showing a variation of 50.51%. The economic benefit of implementing the proposal was favorable, demonstrating a cost-benefit ratio of 1.89. It is concluded that the design of the reliability-centered maintenance plan significantly improves the availability of equipment in Hipólito Unanue Hospital Tacna 2023.

**Keywords:** Biomedical equipment, preventive maintenance, availability, reliability, implementation.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, en el hospital del valle de cauca de Colombia tiene el problema del déficit de atención en los centros hospitalarios se encuentra principalmente vinculado a las deficiencias en el funcionamiento de los equipos inevitables para diagnosticar e intervención de los pacientes. Estas fallas en el sistema provocan que el servicio ofrecido sea poco confiable. También, se observa que una de las causas está relacionada con problemas operativos y logísticos, ligados a una planificación inadecuada que no permite mantener en condiciones óptimas todos los equipos necesarios para garantizar una atención de calidad en los hospitales de Colombia (Cabrera, et al., 2018, p. 12).

En el ámbito nacional, el Hospital Simón Bolívar de Cajamarca tuvo como propósito satisfacer distintas patologías medicas en pacientes, mediante el soporte de una amplia gama de equipos médicos empleados en diversas áreas de atención. Actualmente, solo se ejecutan tareas de corrección cuando un equipo presenta fallas, contratando servicios de terceros proveedores. En muchos casos, debido a la complejidad de los equipos, los presupuestos de dichos proveedores son demasiado altos, lo que limita la pronta intervención en los equipos. (Nacarino, 2022, p. 9).

En el ámbito local, en el Hospital Hipólito Unanue – Tacna. Comenzamos por reconocer las cuestiones fundamentales que impactan al Hospital en la provisión de atención médica de calidad. Luego, procedemos a diseñar una posible solución para abordar una de las causas que contribuyen a la disminución en cuanto a calidad de atención. Esta solución se basó en la implementación de un plan para los mantenimientos de dispositivo médico imprescindible en la atención especializada del Hospital. Además, el principal objetivo de la indagación es optimizar la disponibilidad de los equipos médicos con el fin de acrecentar tanto la cantidad como la calidad de atención a la población. Para lograr esto, es fundamental identificar, evaluar y elaborar modificaciones en las variables que impactan en el proceso de disponibilidad de los equipos

Se tiene en la investigación el siguiente Problema general ¿ De qué forma el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue Tacna 2023?, luego se tiene los Problemas específicos los cuales son:

¿Cómo Identificar la disponibilidad actual de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue en la ciudad de Tacna? , El segundo: ¿De qué manera se mejorará la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna?, el tercero: ¿Cómo influye la propuesta en la disponibilidad de los equipos biomédicos y los críticos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna?, y el cuarto es: ¿Cuál es el beneficio económico del diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad?

Para el desarrollo de nuestra investigación se tiene diversos tipos de justificación: se tiene la justificación teórica siguiente la investigación será de gran utilidad para aquellos que busquen orientación y apoyo en la comprensión del mantenimiento basado en la confiabilidad en la industria 4.0 del aprendizaje profundo referente a mis variables: Mantenimiento centrado en la confiabilidad y disponibilidad, con el objetivo de mejorar eficiencias, confiabilidad en la gestión de activos (Arratia, 2023, p. 1). La justificación metodológica, la investigación brindó la congruencia de aplicar las sapiencias profesionales adquiridos en la carrera de ingeniería mecánica eléctrica. Se utilizaron metodologías y herramientas específicas en el proceso de investigación, las cuales se convirtieron en puntos de referencia para otros estudios relacionados con dependencia de las 2 variables en estudio, como los planes de mantenimiento y la mejora de la disponibilidad del equipo biomédico. Estos conocimientos y enfoques utilizados en la investigación pueden ser transferibles y aplicables en diferentes contextos y proyectos relacionados con la administración y mantenimientos del equipo biomédico, lo que contribuye al avance y desarrollo de la disciplina en general (Campos, 2019, p. 52). La Justificación Social es desarrollar un plan centrado en el mantenimiento en base a la confiabilidad de los equipos médicos, con el fin de evitar la disminución de su disponibilidad. El plan de mantenimiento propuesto tiene como finalidad garantizar un adecuado funcionamiento de los equipos, minimizando las interrupciones en los servicios de atención y promoviendo un entorno hospitalario seguro y confiable tal como indica (Paez, 2022, p. 147). Y la Justificación Económica es evitar pérdidas o paradas innecesarias digno a los costosos costes de mantenimiento de los productos biomédicos, con el propósito de reducir los gastos y mejorar la eficiencia de dichos equipos en el hospital. Al implementar un plan de mantenimiento eficiente y costo-

efectivo, se espera minimizar las interrupciones en los servicios de atención médica y maximizar la disponibilidad y funcionalidad de los equipos biomédicos (Gasca, 2020, p. 250).

Se tiene el Objetivo general: Evaluar la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue Tacna 2023. Luego se tiene los Objetivos específicos los cuales son: Determinar el estado inicial de la disponibilidad de los equipos biomédicos con los indicadores de tiempo promedio de mantenimiento y operatividad, segundo es: Implementar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos biomédicos críticos. El tercero es: Comparar la disponibilidad de los equipos biomédicos antes y después de la implementación con los indicadores de tiempo promedio de mantenimiento y operatividad. y el ultimo es: Evaluar el beneficio económico de la implementación del plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad.

Por último, se tiene la Hipótesis general el cuál es la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos en un 20% como mínimo en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue Tacna 2023. Luego se tiene las Hipótesis específicas donde se tiene como primero: Se identificó el estado actual de la Disponibilidad actual de los equipos biomédicos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Hipólito Unanue. El segundo es: se realizó la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad a los equipos biomédicos críticos. El tercero es: la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad aumenta la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna, y el ultimo es: El análisis de beneficio económico de la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad es favorable.

## II. MARCO TEÓRICO

Aguirre (2021, p. 1), los métodos para llevar a cabo el estudio se basan en la síntesis de análisis, análisis de efectos y modos de falla (AMEF), tipo de aplicación, nivel de interpretación y diseño experimental. La conclusión fue que las plantas de manejo de agua tratada estarán en el estado ideal para la gestión continua de la producción de agua tratada si realizan correctamente cada paso de mantenimiento.

Diestra et al. (2017, p. 1), en su estudio centrándose en equipos críticos dentro de una entidad, se llevó a cabo el (AMEF) para identificar posibles fallas y sus impactos en la maquinaria, se estableció la categoría de mantenimiento que debía aplicarse, especificando un conjunto de 52 tareas, donde el 90% son de naturaleza preventiva y el 10% correctivo. Para concluir, se evaluó la confiabilidad inicial de los equipos críticos basadas en la situación de los equipos y sus módulos, donde se concluyó que la propuesta permitió establecer estrategias para reducir la incidencia de fallas.

Constantino (2021, p. 5), en el trabajo de investigación se utilizó recopilación de datos, se desarrolló la propuesta, estableciendo un programa de actividades que diferenciaba las responsabilidades del técnico tanto eléctrico y mecánico. Además, se sugirió la implementación de un departamento de mantenimiento con un supervisor y dos técnicos, junto con la introducción de una política de mantenimiento que detallara el flujo de procesos para sus actividades. Estas propuestas condujeron a una reducción de los costos de mantenimiento en 74,621.35 soles, representando el 29.6% de los costos totales. En el análisis de costo-beneficio del plan de mantenimiento propuesto, se obtuvo un índice de 1.14 soles, indicando así la factibilidad económica de la implementación

Geldres (2019, p. 8), el objetivo de su trabajo fue desarrollar una propuesta relacionado a actividades de mantenimiento, de esta manera incrementar la disponibilidad de mezcladores. El método de investigación es experimental y el diseño es preexperimental de acuerdo al propósito de su aplicación. Como instrumento tuvo la observación y encuesta. La conclusión es que cuando se trata de mejorar la disponibilidad, fiabilidad y la duración operativa de los mezcladores, la aplicación de la propuesta beneficiará a identificar posibles fallas críticas y mejorar los estudios de criticidad de los equipos.

Coronado (2023, p.4), En este estudio, se emplearon técnicas como la observación no estructurada, encuestas estructuradas y revisión de la literatura, junto con otras

herramientas pertinentes. Para recopilar la información, se diseñó un cuestionario con preguntas destinadas a medir ambas variables. Se utilizó una herramienta específica para la recolección de datos y el software estadístico SPSS 25.0 para realizar el procesamiento estadístico y análisis de la información recabada. Los resultados fueron examinados y explicados a través de estadísticas y tablas, siendo destacados los hallazgos relevantes. El test de Spearman fue de 0,680 en la consideración global, indicando una correlación positiva. Como conclusión general, se establece que hay una relación entre el mantenimiento y la eficiencia de los equipos.

Huamán (2018, p. 8), el objetivo de su tesis fue desarrollar un PM preventivo (RCM) para la mejora en la disponibilidad de carga y transporte de equipo pesado. Su diseño fue no experimental, y la muestra de este estudio consiste en 3 maquinarias, se recopiló información de datos técnicos, Se concluyó que la propuesta de desarrollar un PM enfocado a la confiabilidad para incrementar la accesibilidad de las maquinarias de carga y transporte en la empresa, tuvo un impacto efectivo en la supervisión y dirección del mantenimiento, asegurando la disponibilidad de los tractores.

Becerra (2019, p .1) como objetivo principal de aplicar un PM preventivo adaptado en la confiabilidad para el monitoreo de signos vitales y desfibriladores la pesquisa fue aplicada, no experimental, cualitativo. La conclusión es que un sistema de mantenimiento preventivo para equipos médicos es ideal, pero el ciclo es largo y la inversión es impredecible.

Peñaloza y Sánchez (2019, p. 19) en su trabajo se propuso como finalidad de realizar el diseño del PM RCM de los equipos, esto en base a una metodología de tipo aplicada enfoque cualitativo diseño no experimental. Se concluye que el PM diseñado cumple con los estándares de la OMS y el software de mantenimiento automatiza la gestión y facilita el seguimiento del plan.

Atencia y Mieles (2021, p. 7) en su testimonio tuvo el objetivo principal de proponer procedimientos de mantenimiento en equipos biomédicos utilizando el enfoque del RCM, esto en base a un método de tipo aplicada enfoque cualitativo diseño no experimental, aplicado. Se concluye La aplicación del enfoque del RCM en el mantenimiento de equipos biomédicos es una estrategia efectiva para disminuir y mitigar las fallas.

Castrillón (2019, p. 8) en su tesis tuvo el objetivo principal de desarrollar un PM preventivo para los equipos de producción en la empresa JONLEY SAS, se utilizó un enfoque de investigación descriptivo. Se concluyó que las mejoras propuestas podrían reducir la posibilidad de fallas mayores por fallas menores, optimizar el tiempo de mantenimiento

Cabrera y Espin (2018, p.15), la pesquisa poseyó como objetivo principal desarrollar un programa de mantenimiento enfocado a la confiabilidad y sus protocolos. Su metodología de investigación fue: AMEF; al investigar y leer varios manuales y datos en línea. documentación para cada equipo para identificar puntos para desarrollar en un PM, centrándose en los subsistemas que tienen un mayor riesgo de mantenimiento.

El mantenimiento es un cumulo de prestezas de actividades llevadas a cabo con el propósito de proteger los bienes (bienes, mobiliario, equipos, infraestructuras, herramientas, entre otros elementos) en estado operativo de forma seguras, eficientes y económicas (Inga, et al., 2019, p.32).

Según Campos et al. (2019, p.1), el RCM es una metodología de planificación de mantenimiento ampliamente reconocido y generalizado que incluye todas las estrategias de mantenimiento. Del mismo modo, "el mantenimiento orientado a la confiabilidad es un enfoque utilizado para garantizar que un activo continúe realizando una función definida por el usuario dentro de sus parámetros operativos y de diseño".

El mantenimiento de equipos biomédicos cobra cada vez más jerarquía a nivel mundial debido a la progresiva demanda de servicios médicos en los hospitales. Asimismo, la seguridad de los pacientes y usuarios de dispositivos (Betancourt y Piguabe, 2021, p.73).

El propósito general de esta actividad técnica y administrativa es precaver errores y asegurar que la subestructura o los servicios del personal hospitalario se restablezcan a un estado "normal", y mejorar la operación y desempeño de las instalaciones biomédicas. (Carbajal, et al., 2019, p. 60).

Por otro lado, el mantenimiento también es menos rentable y RCM se enfoca constantemente en las actividades de mantenimiento que presentan un impacto superior en el rendimiento de la planta. Esto ayuda a garantizar que todos los fondos de mantenimiento se inviertan en áreas que proporcionen mejores

resultados. Los servicios de diagnóstico son un área donde las inversiones en varios equipos se amortizan rápidamente dada la cantidad de pruebas programadas por día y los costos asociados (Atencia Montes, et al., 2022, p. 12). El mantenimiento preventivo nace del requerimiento de minimizar el mantenimiento correctivo. Intenta reducir el mantenimiento revisando y actualizando regularmente los compendios rotos. El mantenimiento preventivo se presenta como una pericia en la que se realizan de manera periódica operaciones en los equipos, cuyo objetivo principal es inspeccionar, reparar, mantener y/o reemplazar componentes (Zegarra, 2018, p. 2).

El mantenimiento correctivo se realiza el mantenimiento cuando algo anda mal en el sistema, ya sea porque algo está roto o dañado, si no hubiera defectos no se realizaría y su costo y tiempo requerido son impredecibles (Zegarra, 2018, p. 5).

El mantenimiento predictivo es un método para comprender y reportar el estado y desempeño de una instalación al conocer los valores de ciertas variables que representan el momento y desempeño. Para realizar aquel mantenimiento es prioridad asemejar condiciones físicas (temperatura, vibración, dispendio de energía, etc.) cuya conmutación indiquen posibles contrariedades en el equipo (Castañeda, et al., 2022, p.26).

Según Veloz (2022, p. 19), El tiempo medio entre falla es la media del tiempo, donde el equipo está operativo, hasta su reporte de una falla.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{T tiempo total de operación}}{\# \text{ de fallas}}$$

Veloz (2022, p. 19), el tiempo medio para reparación es aquel que transcurre cuando se repara el equipo.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{T tiempo total de paradas}}{\# \text{ de fallas}}$$

Según Aguirre (2021, p. 28), la disponibilidad es transcendental en la gestión de cualquier programa de mantenimiento, ya que una ilustración de disponibilidad debe analizar por separado los equipos, equipos críticos en la línea de producción que afectan la productividad o no están a la altura del funcionamiento.

**Mantenibilidad:** Se refiere a la posibilidad de restaurar las condiciones específicas de operación del sistema en el tiempo esperado. Además, se puede definir como la probabilidad de que un dispositivo dañado sea reparado dentro de un tiempo de mantenimiento dado (Zegarra, 2018, p. 5).

$$MTTR = \frac{\text{Horas de mantenimiento}}{\# \text{ de fallas}} \quad \text{formula 1}$$

**Confiabilidad:** se precisa como la probabilidad que el equipo realice complacientemente su función prevista en un instante dado y en condiciones ambientales, habituales y de operación normales. La confiabilidad establece que concurren 4 peculiaridades que concretan su estructura, tales como probabilidad, desempeño placentero, período y condición especial. (Aguirre, 2021). Es una medida de la probabilidad de que el equipo maniobre sin fallas por un lapso de tiempo determinado si se cumplen las condiciones de operación (Veloz, 2022, p. 19).

$$MTBF = \frac{\text{Horas de Operación}}{\# \text{ de fallas}} \quad \text{formula 2}$$

**Disponibilidad:** indica la probabilidad del equipo desempeñe centralmente de sus cuantificaciones normales de funcionamiento cuando, durante y después de su uso, siempre que se utilice en condiciones normales o controladas (Aguirre, 2021). Es la posibilidad que cuenta con un equipo para que funcione de manera apropiada. al instante de ser necesitado para trabajar, acatando el entorno de operación (Veloz, 2022, p .19 ).

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \quad \text{formula 3.}$$

MTTR= Tiempo promedio de reparación

MTBF=Tiempo promedio entre fallas

La eficacia de los dispositivos biomédicos es crucial como componente de las acciones previas de administración de mantenimiento. En otras palabras, los centros de salud deben estar listos y disponer de los recursos necesarios para

implementar procedimientos de mantenimiento específicos para los equipos (Carbajal, et al., 2019, p .1).

AMEF para garantizar que se identifiquen modos de fallas potenciales dentro del equipo, el propósito de AMEF es identificar la causa de la falla, la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias, lo que permite tomar medidas para prevenir la ocurrencia de fallas y afectan la disponibilidad del instrumento (Veloz, 2022, p. 32). El objetivo principal de AMEF es comprender y sopesar un posible error. Determinar el impacto de la falla potencial. Desarrollar medidas para reducir o eliminar la posibilidad de errores. Considera la confiabilidad del régimen. Patentizar cada paso del proceso. (Constantino, 2021, p. 23).

En el campo de la salud, el equipo biomédico es parte integral de la prevención, detección, tratamiento y recuperación de enfermedades. La industria de la salud. Desempeña una función significativa en el cuidado de los equipos biomédicos al contribuir a evitar situaciones adversas en entornos de cuidados intensivos. La gestión del mantenimiento de la salud es la gestión del resultado positivo de los aspectos técnicos de un programa a lo largo de su desarrollo o ciclo de vida (Carbajal, et al., 2019, p. 31).

Implementar el Proceso RCM implica identificar y examinar los requisitos de mantenimiento de los activos de una organización. Se hace necesario compilar un registro de instalaciones, una práctica común en la mayoría de las empresas, que se ajuste a los objetivos de este proceso (Moubray, 2004, p .7).

Planificación: Cuando se implementa de manera adecuada, el RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) proporciona mejoras notables en la eficacia del mantenimiento, y suele lograrlo a una velocidad sorprendente. No obstante, el éxito en la aplicación del RCM requiere un adecuado entrenamiento y organización minuciosas (Moubray, 2004, p. 224).

Los aspectos fundamentales de esta fase de planificación son los siguientes: determinar qué activos obtendrán el mayor provecho del proceso RCM y de qué manera específica se beneficiarán; analizar los recursos requeridos llevando a cabo los activos seleccionados, tomando decisiones detalladas sobre la realización y supervisión de cada análisis, también el dónde y de qué manera se realiza; en las situaciones en las cuales los posibles beneficios justifiquen la inversión, asegurar

que se realice la capacitación necesaria para quienes participarán en el proceso; y finalmente, garantizar una comprensión clara del contexto operativo del activo.

Comités de evaluación: El procedimiento RCM implica abordar siete preguntas fundamentales. En la realidad, los empleados de mantenimiento no pueden abordar todas estas interrogantes de manera independiente. Esto se debe a que gran parte de las soluciones únicamente son proporcionadas por el encargado de operaciones. Esto cobra especial importancia en el caso de preguntas relacionadas con funciones, rendimiento deseado y los efectos y consecuencias de posibles fallos (Moubray, 2004, p. 224).

Implementación: Para adquirir los beneficios del RCM, es crucial continuar un conjunto de pasos que sea eficiente donde tienen como objetivo garantizar que cada sugerencia sean oficialmente autorizadas por la autoridad con responsabilidad global del activo; actividades habituales estén claramente descritas y de manera concisa; se identifiquen e implementen de manera correcta cualquier acción que requieran modificaciones, ya sea en la configuración, la operación del activo o las capacidades de los operadores y personal de mantenimiento; las modificaciones en las actividades habituales y los protocolos de funcionamiento se integren en paquetes de trabajo apropiados; y finalmente, que tanto los paquetes de trabajo como los cambios sean implementados de manera efectiva.

Tabla 1. *Sistema del plan RCM.*

| Tarea Propuesta                        | Intervalo Inicial | Puede ser hecho por |
|--|-------------------|---------------------|
| Mantenimiento no programado            |                   |                     |
| Controlar pernos de uniones            | Mensual           | Mecánico            |
| Rediseño                               |                   |                     |
| Controlar nivel de aceite de engranaje | Semanal           | Operador            |

Tomado de “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, por Moubray.2004, p. 195.

Según Atencia et al. (2021, p. 31), “El mantenimiento hospitalario, especialmente el mantenimiento de equipos biomédicos, se precisa como una serie de actividades que integran un vinculado de ordenamientos técnicos y de gestión destinados a prevenir errores”.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipos y diseño de la investigación

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

El enfoque de indagación es de tipo aplicado, ya que se fundamenta en resolver una situación problemática reconocida, mediante la aplicación de las ilustraciones del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los dispositivos (Veloz, 2022, p.17).

Debido a su orientación, se utilizó un enfoque de naturaleza cuantitativa, ya que se acarreo la recopilación de los datos pertinentes durante el análisis y la respuesta a la formulación del desafío de indagación previamente establecido (Constantino, 2021, p. 22).

Debido al nivel de investigación que se utilizó, fue de naturaleza explicativa, lo cual nos permitió explicar la vinculación existente entre las dos variables que están sujetas al estudio. La variable independiente, denominada "Mantenimiento centrado en la confiabilidad", y la variable dependiente, conocida como "Disponibilidad".

##### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la indagación adoptó un enfoque Experimental, del tipo pre experimental en el cual se empleó un único grupo para la realización de un pre test y un post test. La indagación se realizó atravesando la realización de una estrategia de mantenimiento que prosiguió el carácter de las variables que impactan en la ejecución diaria de los dispositivos biomédicos. Se compararon los hallazgos logrados para evaluar la disponibilidad de dichos dispositivos biomédicos (Hernandez y Mendoza, 2018, p. 123).



**Figura 1.** Diagrama del diseño preexperimental. Tomado de Moreno.2021

**Dónde:**

O1: Disponibilidad antes de la implementación

X: implementación del diseño

O2: Disponibilidad después de la implementación

## **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable Independiente:** Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Moubray (2004, p. 32), Es un procedimiento empleado para identificar las acciones necesarias con el fin de garantizar que un activo físico mantenga su capacidad de realizar las funciones deseadas por sus usuarios en el contexto operativo actual.

**Variable Dependiente:** Disponibilidad

Según Guillen y Reyna (2020, p. 41), Sostiene que la disponibilidad de una máquina o instalación constituye un indicador clave en el ámbito del mantenimiento y también señala que refleja la certeza de que un equipo funcione adecuadamente.

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población:**

Tomando en cuenta estos aspectos, la población estuvo integrada por 17 equipos médicos los cuales se encuentran dentro del área de cuidados intensivos del Hospital Hipólito Unanue.

### **3.3.2. Muestra:**

Se selecciona como muestra a los 4 equipos biomédicos.

### **3.3.3. Muestreo:**

El enfoque de selección de muestra utilizado fue de tipo no probabilístico, ya que se seleccionó a los equipos mediante criterios de riesgos y alta criticidad de los equipos.

### **3.3.4. Unidad de análisis**

Los equipos biomédicos

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnica**

Para recopilar datos, se utilizó la técnica del fichaje. La técnica de fichaje se refiere a la práctica de organizar y clasificar información mediante el uso de fichas, que son pequeñas tarjetas o hojas de papel (Hernandez y Mendoza, 2018). Esta técnica permitió reunir y revisar la información registrada en los informes de fallos de los

equipos, con el objetivo de crear una estructura de datos mediante el uso de hojas de cálculo. Durante el examen de los datos recopilados, se realizó el cálculo de la Disponibilidad, empleando los indicadores MTBF y MTTR.

### **Instrumentos**

De esta manera, se empleó como instrumento las fichas de observación para recabar información de los dispositivos médicos objeto de estudio, directamente desde UCI del Hospital, mediante la verificación del estado de los dispositivos y los procedimientos de mantenimiento con la asistencia del trabajador del área correspondiente. Para ello, se efectuó un formulario para recopilar datos de los equipos biomédicos., la cual nos facilitó obtener detalles sobre el tipo de dispositivo, modelo, marca, historial de registros, aspectos técnicos, estado operativo (funcionando o no), componentes, mantenimiento y recomendaciones del fabricante. Todo esto resultó fundamental para considerar los requerimientos de mantenimiento necesarios para cada equipo (Constantino, 2021, p .32).

Durante esta fase, se seleccionaron los instrumentos de mayor fiabilidad, los cuales aseguraron que los datos recolectados permitieran una interpretación precisa el contexto. Esto implica que la muestra de indagación fue ensayada a través de diferentes fuentes de datos, tanto primarios como secundarios, en el contexto de la investigación.

Con el propósito de calcular la disponibilidad finita en función de la mantenibilidad y confiabilidad, se empleará el Instrumento de Medición, un formato diseñado para evaluar la funcionalidad de los equipos biomédicos en vinculación a la disponibilidad. Este formulario será completado utilizando los datos provenientes de los diversos informes generados (por ejemplo, Órdenes de Trabajo de Mantenimiento - OTM). Dichos informes son elaborados y gestionados por el personal encargado de la compañía en estudio, con el objetivo de inspeccionar el acatamiento de los mantenimientos programados.

### **3.5. Procedimientos**

Inicialmente se recopiló información del historial de ocurrencias de los equipos biomédicos, para obtener los tiempos de fallas, numero de fallas, tiempo de parada, etc. Los cuales nos permitirá obtener los indicadores de confiabilidad y

mantenibilidad de esta manera calcular la Disponibilidad de los equipos biomédicos actual en el área de cuidados intensivos. Mediante un análisis de criticidad y evaluación del número prioritario de riesgos de cada equipo, donde se obtuvo los resultados de aquellos equipos donde se tendrá que analizar sus fallas funcionales, modos t efectos de fallas. Se realizó la validación de información por el especialista adecuado, para una mayor confiabilidad de la información. Organización en forma de Excel de datos recolectados para crear la base de datos y adjuntar procesamientos de la información.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En el proceso de llevar a cabo esta investigación, se emplearon instrumentos y formularios técnicos para registrar y analizar datos, y se realizaron los cálculos pertinentes con el fin de obtener los valores de MTBF y MTTR para cada equipo. Estos valores son cruciales para evaluar la disponibilidad y constituyen la base para futuras investigaciones.

Aplicaremos métodos estadísticos descriptivos e inferenciales mediante indicadores de una gestión de mantenimiento, realizando cuadros estadísticos donde incluya MTBF y MTTR.

Se empleará el software Microsoft Office Excel para analizar los diversos datos que se investigarán en el estudio planificado.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se preservará la confidencialidad de aquella información que pueda generar problemas de intereses en el marco de la indagación. Por este motivo, no se mencionará el nombre específico de la empresa, sino únicamente el sector al que concierne. Para esgrimir la información proporcionada, se obtendrá el consentimiento de los colaboradores involucrados. De igual manera, se respetarán los derechos de autor de diversos contenidos o publicaciones utilizados como fuentes de investigación, siendo debidamente citados en el informe del proyecto.

#### IV. RESULTADOS

**Objetivo Específico 1:** Determinar el estado inicial de la disponibilidad de los equipos biomédicos con los indicadores de tiempo promedio de mantenimiento y operatividad.

Tabla 2. *Diagnóstico Actual de la Disponibilidad de los equipos Biomédicos*

| CLAVE | DENOMINACIÓN DE EQUIPO                                | CANT. | DISPONIBILIDAD |
|-------|---|-------|----------------|
| D-086 | Aspirador de secreción portatil                       | 1     | 70.14%         |
| D-001 | Electrocardiógrafo                                    | 1     | 65.66%         |
| D-017 | Pulsiómetro   | 1     | 70.08%         |
| D-088 | Aspirador de secreción rodable                        | 1     | 62.72%         |
| D-109 | Coche de paro equipado                                | 1     | 70.66%         |
| D-097 | Detector de latidos fetales portátil                  | 1     | 63.08%         |
| D-080 | Electrocauterio Monopolar y Bipolar                   | 1     | 71.13%         |
| D-334 | Pulsiómetro portátil                                  | 1     | 70.54%         |
| D-105 | Bomba de infusión de 2 canales                        | 1     | 61.98%         |
| D-090 | Calentador corporal                                   | 1     | 72.49%         |
| D-093 | Equipo calentador de fluidos                          | 1     | 74.60%         |
| D-140 | Equipo de oxigenoterapia rodable                      | 1     | 72.11%         |
| D-113 | Monitor fetal   | 1     | 71.24%         |
| D-246 | Analizador de electrolitos y gases de sangre portatil | 1     | 71.47%         |
| D-119 | Ventilador de transporte                              | 1     | 70.39%         |
| D-118 | Ventilador mecánico adulto-pediátrico-neonatal        | 1     | 72.47%         |
| D-011 | Monitor de presión intercraneal portátil              | 1     | 73.82%         |
| TOTAL |   |       | 69.74%         |

**Interpretación.** Según la tabla N° 2 se identificó la evaluación de las condiciones iniciales de los 17 equipos, donde la disponibilidad resultó de los indicadores del MTBF y MTTR, correspondiente a los datos tomados durante el periodo de 10 meses de octubre del 2021 a Julio del 2022 antes de la implementación de la propuesta. Por lo tanto, se evidenció que se cuenta con un promedio de 69.74%, con el valor mínimo de 61.98% del equipo D-105 y máximo de 74.60% del equipo D-093 (Ver Anexo 4).

**Objetivo Específico 2:** Implementar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos biomédicos críticos.

Tabla 3. *Resumen de las actividades, herramientas, frecuencia y horas de mantenimiento preventivo a los equipos críticos.*

| Equipo Biomédico | Total, de actividades | Total, de herramientas e insumos a usar | Frecuencia de las actividades             | Duración (Total)- (Horas) |
|------------------|-----------------------|---|---|---------------------------|
| D-105            | 9                     | 20                                      | diario, Inter diario, semanal y quincenal | 4.95                      |
| D- 088           | 8                     | 10                                      | diario y semanal                          | 3.95                      |
| D-001            | 9                     | 18                                      | diario, inter diario y semanal            | 5.2                       |
| D-097            | 6                     | 15                                      | diario y semanal                          | 3.35                      |
| TOTAL            | 32                    | 65                                      |   | 17.45                     |

**Interpretación:** En la ejecución de aquellas actividades preventivas de los equipos biomédicos, primero se analizó a aquellos equipos críticos el cual fue desarrollado mediante criterios de evaluación y el número prioritario de riesgos (ver Anexo 4), donde se identificó que los equipos D-105, D-088, D-001 y D-097 con un porcentaje de disponibilidad de (61.98%, 62.72%, 65.66% y 63.08%) presentan un nivel de criticidad alto, traduciéndose en bajos porcentajes de disponibilidad, después se elaboró cuadros de identificación de las fallas funcionales de cada componente de los 4 equipos críticos ( Ver Anexo 4), esto sirvió en el proceso de decidir y ayudar en la ejecución de las tareas preventivas para los 4 equipos donde se contabilizó un total de 32 actividades, la cantidad total entre herramientas e insumos de 75 unidades, con frecuencias de acciones diarias, Inter diarias, semanales y quincenales y también la duración total de las actividades preventivas de 17. 45 horas consideradas en el periodo de la evaluación del estudio de 10 meses para el pre test después de la ejecución de la propuesta (Ver Anexo 4).

**Objetivo Específico 3.** Comparar la disponibilidad de los equipos biomédicos antes y después de la implementación con los indicadores de tiempo promedio de mantenimiento y operatividad.

Tabla 4. *Disponibilidad de los equipos críticos antes y después de la implementación.*

| Equipo Biomédico | PRE TEST   |            |                | POST TEST  |            |                |
|------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|
|                  | MTBF (Hrs) | MTTR (Hrs) | Disponibilidad | MTBF (Hrs) | MTTR (Hrs) | Disponibilidad |
| D-1              | 30.54      | 15.97      | 65.66%         | 90.25      | 4.43       | 95.32%         |
| D-88             | 34.69      | 20.62      | 62.72%         | 91.40      | 4.10       | 95.71%         |
| D-97             | 31.39      | 18.37      | 63.08%         | 81.14      | 4.43       | 94.82%         |
| D-105            | 24.22      | 14.85      | 61.98%         | 93.70      | 4.30       | 95.61%         |
| Promedio         | 30.21      | 17.45      | 63.36%         | 89.12      | 4.32       | 95.37%         |

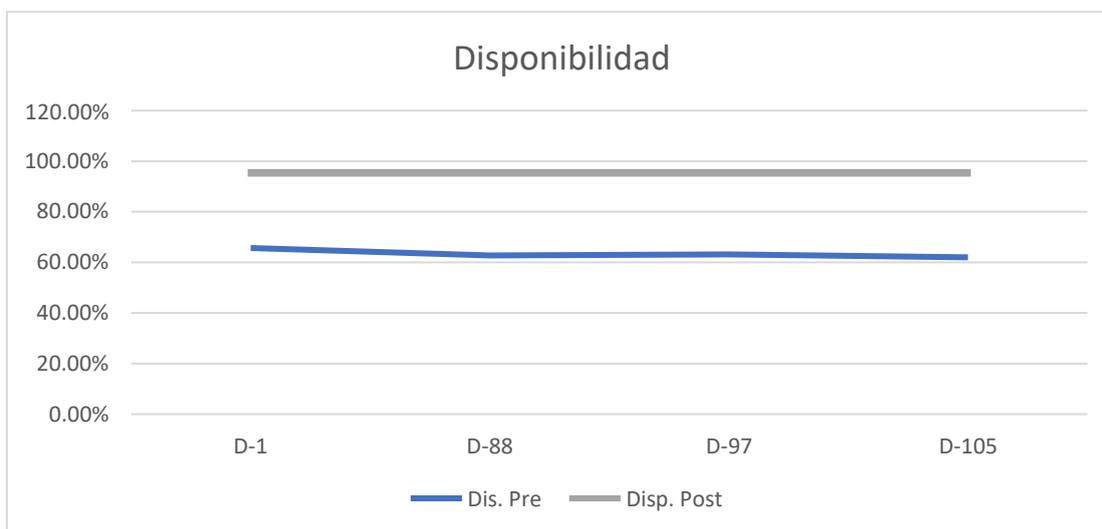


Figura 2. Comparación de la disponibilidad de los equipos críticos

**Interpretación:** En la tabla N°4, se evidencia la comparación de los indicadores de mantenimiento de los equipos críticos previamente evaluados tanto antes y después de la propuesta, para el MTBF los datos promedio de 30.21 horas a 89.12 horas con una variación de 58.91 horas, para el MTTR los datos promedio de 17.45 horas a 4.32 horas con una diferencia de 13.14 horas y en la disponibilidad valores promedio de 63.36% a 95.37% con una variación porcentual del 50.51%.

**Objetivo Específico 4.** Evaluar el beneficio económico del Diseño del plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad

Tabla 5. *Indicadores financieros*

|      |               |
|------|---------------|
| CCPP | 8 %           |
| Cok  | 7%            |
| VANE | S/. 91,120.19 |
| TIRE | 23%           |
| B/C  | 1.189         |

CCPP: Tasa de descuento

Cok: Costo de oportunidad

TIRE: tasa de rendimiento

VANE: Valor neto

B/C: Beneficio- costo

**Interpretación:** En la Tabla N° 5, se muestran los indicadores financieros evaluados para el diseño del plan (Ver Anexo 5), donde se evidencia un VANE de S/. 91,120.19, por lo que es mayor a 0, donde afirmamos que el diseño del plan de mantenimiento preventivo es viable y genera ganancias, así también el TIRE de un 23%, y es mayor al Cok 7%, por lo que afirmamos que la inversión en el diseño de la propuesta alternativa del costo de la oportunidad es viable, generando ganancias positivas y el B/C de 1.189.

## V. DISCUSIÓN

Se ha logrado mejorar la Disponibilidad de los equipos Biomédicos del hospital al Implementar el plan de mantenimiento Centrado en la Confiabilidad evidenciándose una variación porcentual del 11.91% con valores promedio para la pre evaluación de 69.74% y para la post prueba resultó un promedio de 78.04%. Estos resultados son avalados por Constantino (2021) , donde la ejecución de la propuesta similar a la investigación contribuyó a elevar la disponibilidad inicial de los equipos, logrando una confiabilidad final del 94%, esto se tradujo en un incremento del 8% en la disponibilidad de los equipos.

Se mostró una disponibilidad deficiente del (69.74%) de los equipos al no contar con un plan de mantenimiento, así mismo el promedio de la disponibilidad de los equipos críticos fueron (63.36%), lo cual se contrasta con la investigación de Peñaloza & Sánchez (2019), presentan un proyecto donde diseñaron un plan de mantenimiento de equipos médicos dentro de un Hospital, donde se demuestra que el cronograma planificado en un Software de mantenimiento optimiza y permite mejorar la Gestión y producción de la Empresa. Así mismo Aguirre (2021), la disponibilidad del sistema de tratamiento de agua purificada durante el semestre, según el registro de falla, revela una disponibilidad del 89% en los meses de enero, febrero y marzo, y un 88% en los meses de abril, mayo y junio. Al analizar los resultados obtenidos, se observa que en ningún mes se alcanza la disponibilidad máxima del 100%, indicando que los tiempos de parada y las reparaciones son persistentes. Esta persistencia influye en la probabilidad de que el sistema de purificación de agua esté disponible durante la etapa necesaria.

En la presente investigación se diseñó un plan de mantenimiento RCM para los equipos biomédicos donde se contabilizó un total de 32 actividades, la cantidad total entre herramientas e insumos de 75 unidades, con frecuencias de acciones diarias, Inter diarias, semanales y quincenales y también la duración total de las actividades preventivas de 17. 45 horas consideradas en el periodo de la evaluación del estudio de 10 meses para el pre test después de la ejecución de la propuesta, sustentándose con Diestra et al. (2017) que en su investigación tuvo el objetivo de realizar un plan de mantenimiento preventivo RCM A asignando áreas específicas de trabajo a través del empleo del método de árbol lógico de decisión. donde

estableció 52 actividades, de las cuales el 90 % son preventivas y el 10 % son correctivas. También Geldres (2019) ejecuto el PM RCM para incrementar la disponibilidad de sus equipos.

Se sustentó una mejora en la variación porcentual del pre y post test en un 50.51% en la disponibilidad de los equipos críticos, del mismo modo para el MTBF los datos promedio de 30.21 horas a 89.12 horas con una variación de 58.91 horas, para el MTTR los datos promedio de 17.45 horas a 4.32 horas con una diferencia de 13.14 horas. Del mismo modo Aguirre (2021) obtuvo una mejora del 11%, Diestra et al. (2017) la propuesta ayudo a mejorar el número de fallas constantes que había en los equipos en valores porcentuales del 20% de su capacidad diaria, estop acelera el MTBF y optimiza el MTTR de las grúas y Coronado (2023) donde el 43.8% de los equipos representan un nivel de relación bajo, 40.6% un nivel medio y un 15.6% un nivel alto con respecto a la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Se realizó la evaluación económica de la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad donde se evidencia un VANE de S/. 91,120.19, donde afirmamos que el diseño del plan de mantenimiento preventivo es viable y genera ganancias. Así también el TIRE de un 23%, y es mayor al Cok 7%, por lo que afirmamos que la inversión en el diseño del plan de mantenimiento como alternativa del costo de la oportunidad es viable, y generara ganancias positivas. También Becerra (2019), donde representa los costos totales desde la puesta en marcha la propuesta de \$ 31,94.91 donde se presentaba los gastos normales de compra del equipo \$193,726.70, donde se adecua los costos de mantenimiento por hora hombre \$ 84.95. del mismo modo Constantino (2021) donde se logró una disminución de 74,621.35 soles en los gastos de mantenimiento, lo que representa el 29.6% de los costos totales. En el análisis de costo-beneficio del plan de mantenimiento propuesto, se obtuvo un índice de 1.14 soles, indicando así la viabilidad económica de la propuesta.

La metodología utilizada en el estudio corresponde al tipo aplicado con diseño experimental de tipo pre experimental con pre y post prueba, esta metodología ayudó a evaluar los datos de los indicadores de los equipos biomédicos tanto antes y después de la propuesta mostrando una ventaja de análisis descriptivo y

estadística y permitir comparar los resultados mediante gráficos, tablas y figuras obteniendo información importante lo cual permite evaluar si el plan mejora o no de la disponibilidad de los equipos, las fortalezas que se presenta en la investigación están relacionadas al campo del mantenimiento donde se adoptan planes, estrategias y metodologías basadas en la confiabilidad, ello ayuda bastante en el campo estudiado ya que hay estudios recientes abocándose al rubro que ayuden a mejorar la Disponibilidad de los equipos biomédicos, las ventajas del estudio se respaldan por Campos et al. (2019), la metodología sugerida fue adoptando pasos tales como: Antes de aplicar RCM, la recopilación de la información, elaboración clasificación del equipo / sistema, registro del entorno operativo. En el proceso de RCM, se busca estandarizar el AMEF, clasificar los efectos de las fallas y, posteriormente, ejecutar el plan de mantenimiento, administrar las sugerencias o medidas planificadas y evaluar el rendimiento.

Las debilidades del estudio se presentan en la evaluación del periodo de los datos o la información de los indicadores y la disponibilidad, ya que solo se pudo evaluar 10 meses tanto antes y después de la propuesta, esto es debido a que no es fácil recurrir a los datos o Índices de mantenimiento de cada equipo cuando en el Hospital hay cambios constantes de gerentes o representantes encargados de la Data y será una inconveniencia en solicitar los datos, y recolectar bajo los reglamentos y procedimientos correspondientes de la empresa y de la Universidad. Este mismo caso se presenta con mayor frecuencia en entidades donde el investigador labora o tiene la facilidad de los datos, más no cuando el periodo de evaluación tiene periodos largos o el investigador no cuenta con el tiempo suficiente para la recolección de datos, uno de los casos donde se presenta es en el estudio de Becerra (2019), donde los dispositivos biomédicos están designados para recibir mantenimiento a lo largo del año, con una frecuencia que puede ser de 1, 2 o más veces, dependiendo de las indicaciones del fabricante y/o del estado del dispositivo. Sin embargo, esta periodicidad podría no ser adecuada para garantizar que el equipo esté en óptimas condiciones para su funcionamiento.

La importancia de la investigación se basa en mejorar los problemas descritos en el planteamiento del problema al inicio del estudio, tales son: las horas de mantenimiento, el tiempo promedio entre fallas, el tiempo promedio para reparar, la

Disponibilidad y los costos de reparación por actividades correctivas que se presentan por cada mantenimiento correctivo dentro del área de cuidados intensivos del Hospital. Del mismo modo el estudio de Aguirre (2021), es importante debido a que su objetivo principal es instaurar un programa de mantenimiento fundamentado en la confiabilidad, con el propósito de potenciar la disponibilidad del equipo crucial en el proceso de producción de comprimidos. La muestra evaluada se centró en la disponibilidad del equipo vital para la fabricación de comprimidos. Para alcanzar este objetivo, se aplicaron técnicas como el análisis de criticidad, el análisis modal de efectos y fallas (AMEF) y la guía de planificación. Se concluyó que el equipo de tratamiento de purificación de agua es de vital importancia, evidenciado por un índice de criticidad de 396.

La investigación ha tenido un impacto positivo en la empresa, ya que la aplicación de la propuesta ha tenido un efecto beneficioso en la disponibilidad de los equipos. Esta mejora no solo ha optimizado la eficiencia operativa, sino que también ha generado beneficios económicos al reducir los costos asociados con las actividades preventivas y correctivas. Además, se ha observado un notable ahorro en las horas dedicadas al mantenimiento correctivo que existían antes de la implementación de la propuesta, contribuyendo así a una gestión más eficiente de los recursos y una mayor rentabilidad para la empresa.

## VI. CONCLUSIONES

- Objetivo 1: Se identificaron 17 equipos biomédicos de la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue, en donde se registró su disponibilidad a través de las horas de operación, horas de mantenibilidad y número de fallas de los equipos críticos en los meses de octubre (2021) a julio (2022) evidenciándose una disponibilidad promedio del 69.74%.
- Objetivo 2: El diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se realizó bajo 7 preguntas propuestas por Moubray siguiendo las etapas de planificación, mantenimiento centrado en la confiabilidad identificando 4 equipos críticos (D-1, D-97, D-88, D-105 con sus funciones y fallas funcionales) y un diagrama de Ishikawa, la aplicación diferenciando el procedimiento general del plan de mantenimiento y sus actividades semanales programadas para cada equipo.
- Objetivo 3: Se realizó la comparación de la disponibilidad de los equipos biomédicos antes y después del diseño del plan de mantenimiento centrado en el RCM para los equipos críticos, obteniendo un promedio de disponibilidad de 69% en el pre test y 78.04% en el post test lo cual demostró una variación porcentual del 11.91% y para los equipos críticos con un promedio de 63.36% para el pre y 95.37% para el post test evidenciando una variación porcentual del 50.51%.
- Objetivo 4: Se realizó la evaluación económica de la propuesta donde se evidencia un VANE de S/. 91,120.19, se concluye que el diseño del plan de mantenimiento preventivo es viable y genera ganancias. Así también el TIRE de un 23%, Se concluye que la inversión en el diseño del plan de mantenimiento como alternativa del costo de la oportunidad es viable, y generara ganancias positivas

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir rigurosamente con la implementación del enfoque de mantenimiento orientado a la confiabilidad a lo largo de todo el proyecto, con el propósito de mantener y sobrepasar el nivel mínimo deseado de disponibilidad mecánica para los equipos biomédicos pertenecientes al Hospital.

Es crucial que todo el personal involucrado en las tareas de mantenimiento reciba una formación continua. Esto les permitirá adquirir conocimientos sobre las prácticas de mantenimiento, así como comprender la importancia de la colaboración con otras áreas relacionadas en el proceso de mantenimiento.

Realizar evaluaciones regulares de las fallas significativas y prevenir interrupciones recurrentes, manteniendo constantemente actualizado el registro de antecedentes de los equipos. Esto permitirá disminuir los gastos operativos asociados al mantenimiento.

## REFERENCIAS

- GASCA, Maira, CAMARGO, Luis y MEDINA, Byron. "Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional". 2020.
- PAEZ, Advincula, RAFAEL, Roosell. "Importancia de la ingeniería de confiabilidad operacional para el desarrollo empresarial" 2022.
- ARRATÍA, Claudio, [et al.] "Las nuevas tendencias del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) - Actualidad y futuro del RCM".2023.
- AGUIRRE, Alain. 2021. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de producción de comprimidos de un laboratorio farmacéutico. Huancayo : s.n., 2021.
- ATENCIA Montes, LINA Marcela y MIELES Tamayo. Planteamiento de actividades y procedimientos de mantenimiento en equipos biomédicos con base en análisis RCM. 2021.
- BECERRA, Juan. 2019. "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en ingeniería de confiabilidad para equipo médico en un hospital de alta especialidad". universidad veracruzana. Xalapa, Enríquez : s.n., 2019.
- CABRERA, Ana y GOMEZ, Lina. Propuesta De Un Sistema De Gestión Mantenimiento De Equipos Biomédicos En Un Hospital En El Valle Del Cauca. Cauca- Colombia : s.n., 2018.
- CARBAJAL, Juan y CHUMAN, Jorge. 2019. "Gestión De Mantenimiento Y La Eficiencia De Los Equipos Biomédicos En La Unidad De Cuidados Intensivos De Un Establecimiento De Salud Nivel li-2 De La Región Callao, Período 2018-2019". Callao : s.n., 2019.
- CASTAÑEDA, Zulma, COMBA, Geraldine y RODRÍGUEZ, Andrés. Propuesta de mejoramiento en la gestión del mantenimiento para mitigar los tiempos de parada de los equipos biomédicos en una institución prestadora de salud de Bogotá. Bogotá : s.n., 2022.
- CONSTANTINO, Carlos. "Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa SRL". 2021.

CORONADO, Oscar “Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De Los Equipos En El Área De Preparación Y Molienda De La Empresa Casa Grande S.A.A.”. Huacho : s.n., 2023.

COSSIO, Manú. Sistema de gestión de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos biomédicos de la Clínica San Pablo Trujillo, para aumentar su confiabilidad y reducir los costos de producción. 2021.

DIESTRA, Juan, ESQUIVIEL, Lourdes y GUEVARA, Robert.. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), Para optimizar la Disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. 2017.

CASTRILLÓN, Armando, GALLEGO, Ricardo. Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en la filosofía RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) para los equipos de la empresa de confecciones Jonley S.A.S. 2019.

GELDRES, Ronald. “Propuesta De Mejora Del Sistema De Gestión De Mantenimiento Basado En Rcm, Para Aumentar La Disponibilidad Del Mezclador De Dosificación De Una Empresa De Alimentos Balanceados Acuícola. Lima - Perú : s.n., 2019.

GUILCAPI, Italo. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de: oftalmología, quirófano y recuperación del Hospital General Riobamba – IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud. Rioja, Ecuador : s.n., 2019.

HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mexico : s.n., 2018.

HUAMAN, Diego. Plan De Mantenimiento Preventivo Centrado En Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad De Los Equipos Pesados De Carguío Y Acarreo En Una Cantera De Caliza – Marcapomacocha Junín. Callao : s.n., 2018.

INGA, Jose y CHOCCELAHUA, Justo. Propuesta De Mejora Del Sistema De Gestión De Mantenimiento, Aplicando La Metodología Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (Rcm) Para Los Equipos Médicos Custodiados Por La Empresa Chejampi Biomedical Sac. Lima, Perú : s.n., 2019.

CAMPOS, Omar, TOLENTINO, Guilbaldo y TOLEDO, Miguel. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. Mexico : s.n., 2019, Vol. 23, págs. 51-59.

MOUBRAY, Jhon. 2004. Mantenimiento centrado en la confiabilidad. 2004.

NACARINO, Jose. 2022. Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Mejorar La Disponibilidad De Los Equipos Médicos Del Área De

NACARINO, Jose. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos médicos del área de hospitalización del Hospital Simón Bolívar de Cajamarca - 2021. Universidad privada del norte. Cajamarca : s.n., 2022.

NACARINO, Jose. Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Mejorar La Disponibilidad De Los Equipos Médicos Del Área De Hospitalización Del Hospital Simón Bolívar De Cajamarca - 2021. Cajamarca – Perú : s.n., 2022.

PEÑALOZA, Diego y SÁNCHEZ, Darío. Diseño del plan de mantenimiento de equipos médicos del Hospital IESS Ambato de: Imagenología, Quirófano y Unidad de Cuidados Intensivos, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud. 2019.

ZEGARRA, Jerry. Preventive Maintenance Plan Based on the Criticality of Biomedical Teams Sánchez Ferrer Clinic, to increase the Reliability.1, Lima : s.n., 2018, Vol. 2.

ALVARADO, Edison y SABANDO, Luis. Reliability based maintenance management system. Case study: dialilife company water treatment Plant. 8, Manabi-Ecuador : s.n., 2021, Vol. 4.

SING, Carlo. Plan de mantenimiento hospitalario aplicando Norma ISO 55001 y lineamientos del MINSA para mejorar la disponibilidad de equipos electromecánicos. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo : s.n., 2020.

VELOZ, Diego. "El mantenimiento preventivo como estrategia en la minimización de accidentes y aseguramiento de la Calidad". Guayaquil - Ecuador : s.n., 2022.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de Operacionalización

| Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos Hospital Hipólito Unanue, Tacna, 2023 |   |  |                               |   |                    |
|--|---|--|-------------------------------|---|--------------------|
| Variables  | Definición conceptual   | Definición operacional   | Dimensión                     | Indicadores                             | Escala de medición |
| <b>V. I</b><br><br>Mantenimiento centrado en la confiabilidad  | Moubray (2004). Es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que se haga en su contexto operacional actual.                              | Moubray (2004). En la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se requiere de la planificación mediante el correcto análisis y evaluación de los equipos. Implementación realizada en base al AMEF. Y la Evaluación donde se inspecciona y se hace seguimiento de los datos para probar la validez y la evaluación económica de la propuesta. | Planificación                 | Nivel de criticidad                     | Razón              |
|  |   |  |                               | Numero prioritario de riesgos           | Razón              |
|  |   |  | Implementación                | Actividades de mantenimiento preventivo | Razón              |
|  |   |  |                               | Duración del mantenimiento preventivo   | Razón              |
|  |   |  | Evaluación                    | Disponibilidad de equipos               | Razón              |
|  |   |  |                               | Análisis económico                      | Razón              |
| <b>V. D.</b><br><br>Disponibilidad   | Según Guillen Casamayor y Reyna Vásquez (2020), afirma que la disponibilidad de una máquina o instalación es un indicador principal de mantenimiento. También indica que es la seguridad que se tiene a un equipo se desempeñe correctamente. | Se aplicará la evaluación de MTBF Y MTTR basada en el estado actual de las máquinas de telar industrial y otros análisis luego de la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Cerna Jara y Jara Mendoza, (2022) (p. 108)   | Tiempo promedio entre fallas  | Tiempo de uso                           | Razón              |
|  |   |  |                               | Número de fallas                        |                    |
|  |   |  | Tiempo promedio de reparación | Tiempo de reparación                    |                    |
|  |   |  |                               | Número de fallas                        |                    |

## ANEXO 2: Matriz de consistencia

| Problema General  | Objetivo General  | Hipótesis General  |
|---|---|--|
| <p>¿De qué forma el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna?</p>   | <p>Determinar de qué forma el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue Tacna 2023</p>   | <p>El diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue Tacna 2023.</p>  |
| Problemas Específicos   | Objetivos específicos   | Hipótesis específica   |
| <p>¿Cómo identificar la disponibilidad actual de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue en la ciudad de Tacna?</p> <p>¿De qué manera se mejorará la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna?</p> <p>¿Cómo influye la propuesta en la disponibilidad de los equipos biomédicos y los críticos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna?</p> <p>¿Cuál es el beneficio económico del diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad?</p> | <p>Determinar el estado inicial de la disponibilidad de los equipos biomédicos con los indicadores de tiempo promedio de mantenimiento y operatividad.</p> <p>Diseñar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos biomédicos críticos.</p> <p>Comparar la disponibilidad de los equipos biomédicos antes y después de la propuesta con los indicadores de tiempo promedio de mantenimiento y operatividad.</p> <p>Evaluar el beneficio económico del Diseño del plan de mantenimiento centrado en la Confiabilidad</p> | <p>Al determinar los indicadores del MTBF y MTTR se podrá identificar la Disponibilidad actual de los equipos biomédicos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Hipólito Unanue</p> <p>El diseño e implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejora la disponibilidad de los equipos biomédicos críticos</p> <p>Los indicadores MTBF y MTTR influyen en la disponibilidad de los equipos biomédicos en la unidad de cuidados intensivos del hospital Hipólito Unanue de la ciudad de Tacna</p> <p>El beneficio económico de la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad es favorable.</p> |





## ANEXO 4: Propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

A.- Evaluación el estado inicial de operatividad y disponibilidad de los equipos biomédicos.

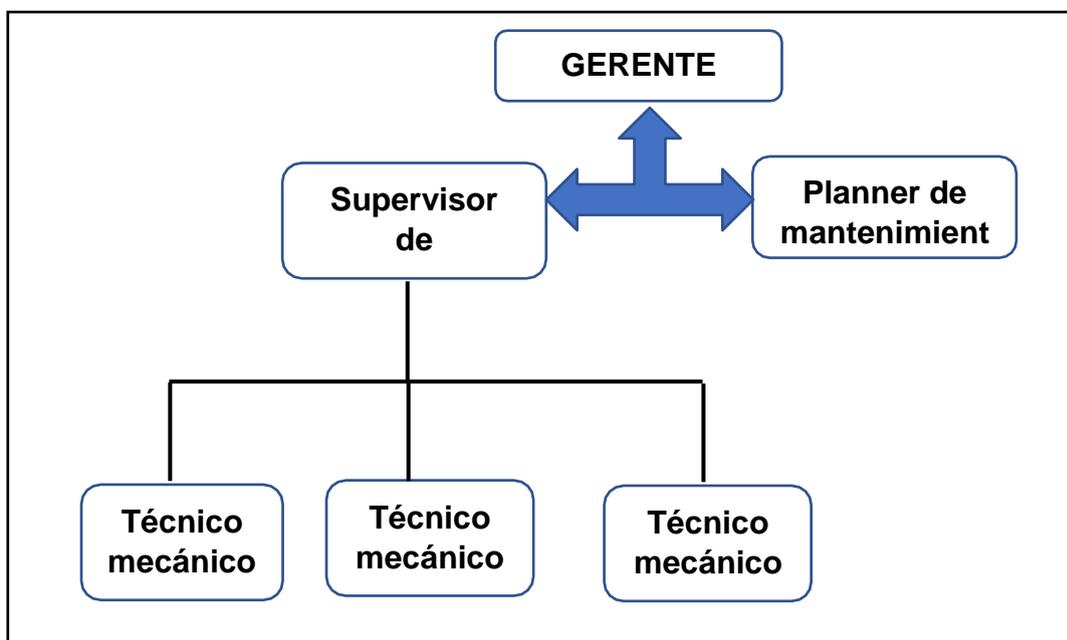
### Información General:

Hospital Hipólito Unanue, tiene como objetivo brindar atención especializada al más alto nivel con personal calificado y equipamiento con tecnología de punta a la población tacneña, con calidad, calidez, respeto y eficiencia.

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| RUC:                 | N.º 20453223788                     |
| Nombre               | Hospital Regional "Hipólito Unanue" |
| Inaugurado           | 28 de agosto de 1954                |
| Domicilio, dirección | Calle Blondell S/N                  |
| Departamento - País  | Tacna - Perú                        |
| Actividades          | Servicio de Salud                   |

Fuente: Hospital Hipólito Unanue- Tacna

### Flujograma del área de mantenimiento



Se registró los equipos biomédicos que se manejan en el Hospital Hipólito Unanue – Tacna, dentro de las áreas de UPSS Emergencia /II 2, Tópicos de Emergencia y Tópico de Medicina Interna / EMG-166.

**Equipos que serán beneficiados**

| CLAVE | DENOMINACIÓN DE EQUIPO                                | CANT. | TIPO |
|-------|---|-------|------|
| D-86  | Aspirador de secreción portátil                       | 1     | B    |
| D-1   | Electrocardiógrafo                                    | 1     | B    |
| D-17  | Pulsioxímetro   | 1     | B    |
| D-88  | Aspirador de secreción rodable                        | 1     | B    |
| D-109 | Coche de paro equipado                                | 1     | B    |
| D-97  | Detector de latidos fetales portátil                  | 1     | B    |
| D- 80 | Electrocauterio Monopolar y Bipolar                   | 1     | B    |
| D-334 | Pulsioxímetro portátil                                | 1     | B    |
| D-105 | Bomba de infusión de 2 canales                        | 1     | B    |
| D-90  | Calentador corporal                                   | 1     | B    |
| D-93  | Equipo calentador de fluidos                          | 1     | B    |
| D-140 | Equipo de oxigenoterapia rodable                      | 1     | C    |
| D-113 | Monitor fetal   | 1     | B    |
| D-246 | Analizador de electrolitos y gases de sangre portátil | 1     | B    |
| D-119 | Ventilador de transporte                              | 1     | B    |
| D-118 | Ventilador mecánico adulto – pediátrico- neonatal     | 1     | B    |
| D-11  | Monitor de presión intracraneal portátil              | 1     | B    |

De acuerdo a la necesidad del paciente y a la situación de emergencia que se requiera, el jefe responsable del área de mantenimiento de los equipos biomédicos asigna al técnico mecánico- mecatrónico para la inspección, mantenimiento preventivo, regulación según el plan de mantenimiento tradicional del área en el Hospital Hipólito Unanue, Donde se registra los reportes pertinentes, como las horas de operatividad, de mantenibilidad y de la Disponibilidad dentro de los meses de octubre del 2021 a Julio del 2022.

En la tabla siguiente se muestra la disponibilidad de los 17 equipos biomédicos tomados como población del estudio durante los meses indicados antes de la implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. – RCM.

**Kips de mantenimiento de los equipos biomédicos antes de la implementación**

| Clave | Oct-21 |     |    |       | Nov-21 |     |    |       | Dic-21 |     |    |       | Ene-22 |     |    |       | Feb-22 |     |    |        | Mar-22 |     |    |       |
|-------|--------|-----|----|-------|--------|-----|----|-------|--------|-----|----|-------|--------|-----|----|-------|--------|-----|----|--------|--------|-----|----|-------|
|       | HO     | HM  | NF | conf. | HO     | HM  | NF | conf   | HO     | HM  | NF | conf  |
| D-86  | 132    | 50  | 4  | 1.83% | 126    | 55  | 5  | 0.67% | 124    | 53  | 4  | 1.83% | 129    | 60  | 5  | 0.67% | 120    | 50  | 4  | 1.83%  | 100    | 55  | 5  | 0.67% |
| D-1   | 210    | 120 | 8  | 0.03% | 202    | 114 | 7  | 0.09% | 154    | 96  | 7  | 0.09% | 156    | 89  | 6  | 0.25% | 213    | 99  | 5  | 0.67%  | 222    | 123 | 7  | 0.09% |
| D-17  | 109    | 50  | 4  | 1.83% | 109    | 60  | 4  | 1.83% | 109    | 50  | 3  | 4.98% | 119    | 40  | 4  | 1.83% | 135    | 50  | 6  | 0.25%  | 123    | 60  | 3  | 4.98% |
| D-88  | 240    | 130 | 7  | 0.09% | 240    | 130 | 6  | 0.25% | 245    | 125 | 6  | 0.25% | 152    | 128 | 6  | 0.25% | 240    | 130 | 7  | 0.09%  | 240    | 130 | 6  | 0.25% |
| D-109 | 106    | 40  | 3  | 4.98% | 106    | 40  | 3  | 4.98% | 116    | 50  | 4  | 1.83% | 112    | 50  | 4  | 1.83% | 106    | 40  | 3  | 4.98%  | 106    | 40  | 3  | 4.98% |
| D-97  | 194    | 125 | 7  | 0.09% | 189    | 110 | 5  | 0.67% | 189    | 110 | 6  | 0.25% | 194    | 115 | 6  | 0.25% | 194    | 115 | 5  | 0.67%  | 189    | 110 | 6  | 0.25% |
| D-80  | 133    | 70  | 4  | 1.83% | 143    | 50  | 4  | 1.83% | 168    | 63  | 4  | 1.83% | 203    | 65  | 4  | 1.83% | 133    | 70  | 4  | 1.83%  | 143    | 80  | 4  | 1.83% |
| D-334 | 91     | 40  | 3  | 4.98% | 81     | 33  | 3  | 4.98% | 86     | 43  | 3  | 4.98% | 90     | 40  | 3  | 4.98% | 91     | 40  | 2  | 13.53% | 81     | 33  | 3  | 4.98% |
| D-105 | 145    | 96  | 8  | 0.03% | 158    | 97  | 7  | 0.09% | 176    | 97  | 7  | 0.09% | 169    | 118 | 6  | 0.25% | 154    | 99  | 8  | 0.03%  | 167    | 102 | 7  | 0.09% |
| D-90  | 134    | 56  | 5  | 0.67% | 120    | 56  | 6  | 0.25% | 117    | 57  | 7  | 0.09% | 208    | 49  | 6  | 0.25% | 198    | 90  | 7  | 0.09%  | 208    | 56  | 5  | 0.67% |
| D-93  | 175    | 50  | 4  | 1.83% | 188    | 55  | 4  | 1.83% | 183    | 55  | 4  | 1.83% | 183    | 48  | 4  | 1.83% | 175    | 75  | 6  | 0.25%  | 188    | 40  | 4  | 1.83% |
| D-140 | 158    | 45  | 4  | 1.83% | 153    | 54  | 8  | 0.03% | 156    | 56  | 5  | 0.67% | 158    | 49  | 4  | 1.83% | 158    | 70  | 6  | 0.25%  | 153    | 48  | 5  | 0.67% |
| D-113 | 151    | 48  | 4  | 1.83% | 161    | 49  | 5  | 0.67% | 151    | 50  | 5  | 0.67% | 158    | 50  | 6  | 0.25% | 151    | 70  | 5  | 0.67%  | 161    | 50  | 5  | 0.67% |
| D-246 | 125    | 46  | 4  | 1.83% | 125    | 50  | 5  | 0.67% | 125    | 50  | 5  | 0.67% | 135    | 50  | 6  | 0.25% | 125    | 60  | 6  | 0.25%  | 125    | 55  | 4  | 1.83% |
| D-119 | 107    | 48  | 4  | 1.83% | 112    | 56  | 6  | 0.25% | 107    | 51  | 6  | 0.25% | 112    | 49  | 5  | 0.67% | 107    | 50  | 4  | 1.83%  | 112    | 39  | 4  | 1.83% |
| D-118 | 134    | 58  | 5  | 0.67% | 156    | 55  | 5  | 0.67% | 126    | 51  | 7  | 0.09% | 145    | 48  | 6  | 0.25% | 189    | 95  | 5  | 0.67%  | 176    | 50  | 5  | 0.67% |
| D-11  | 170    | 60  | 4  | 1.83% | 193    | 49  | 4  | 1.83% | 167    | 50  | 4  | 1.83% | 190    | 47  | 5  | 0.67% | 154    | 80  | 5  | 0.67%  | 156    | 55  | 4  | 1.83% |
| TOTAL |        |     | 30 |       |        |     | 25 |       |        |     | 26 |       |        |     | 24 |       |        |     | 25 |        |        |     | 26 |       |

| Abr-22 |     |    |       | May-22 |     |    |       | Jun-22 |     |    |        | Jul-22 |     |    |       | MTBF  | MTTR  | Disponibilidad (%) | Confí. |
|--------|-----|----|-------|--------|-----|----|-------|--------|-----|----|--------|--------|-----|----|-------|-------|-------|--------------------|--------|
| HO     | HM  | NF | conf  | HO     | HM  | NF | conf  | HO     | HM  | NF | conf   | HO     | HM  | NF | conf  |       |       |                    |        |
| 124    | 48  | 4  | 1.83% | 123    | 60  | 5  | 0.67% | 112    | 50  | 4  | 1.83%  | 134    | 40  | 5  | 0.67% | 27.20 | 11.58 | 70.14%             | 1.25%  |
| 254    | 90  | 6  | 0.25% | 213    | 98  | 6  | 0.25% | 243    | 130 | 8  | 0.03%  | 179    | 112 | 7  | 0.09% | 30.54 | 15.97 | 65.66%             | 0.18%  |
| 98     | 50  | 5  | 0.67% | 119    | 40  | 6  | 0.25% | 109    | 53  | 5  | 0.67%  | 125    | 40  | 5  | 0.67% | 25.67 | 10.96 | 70.08%             | 1.80%  |
| 245    | 125 | 6  | 0.25% | 152    | 128 | 6  | 0.25% | 245    | 125 | 6  | 0.25%  | 152    | 128 | 6  | 0.25% | 34.69 | 20.62 | 62.72%             | 0.22%  |
| 116    | 50  | 4  | 1.83% | 112    | 50  | 4  | 1.83% | 116    | 50  | 4  | 1.83%  | 112    | 50  | 4  | 1.83% | 30.78 | 12.78 | 70.66%             | 3.09%  |
| 189    | 98  | 7  | 0.09% | 194    | 115 | 7  | 0.09% | 189    | 103 | 6  | 0.25%  | 194    | 120 | 6  | 0.25% | 31.39 | 18.37 | 63.08%             | 0.29%  |
| 168    | 63  | 4  | 1.83% | 163    | 65  | 4  | 1.83% | 168    | 63  | 4  | 1.83%  | 189    | 65  | 4  | 1.83% | 40.28 | 16.35 | 71.13%             | 1.83%  |
| 86     | 43  | 3  | 4.98% | 90     | 40  | 3  | 4.98% | 86     | 43  | 2  | 13.53% | 164    | 40  | 4  | 1.83% | 32.62 | 13.62 | 70.54%             | 6.37%  |
| 154    | 70  | 7  | 0.09% | 190    | 120 | 6  | 0.25% | 169    | 101 | 7  | 0.09%  | 189    | 125 | 6  | 0.25% | 24.22 | 14.85 | 61.98%             | 0.13%  |
| 168    | 58  | 4  | 1.83% | 153    | 66  | 6  | 0.25% | 167    | 57  | 7  | 0.09%  | 134    | 65  | 5  | 0.67% | 27.71 | 10.52 | 72.49%             | 0.49%  |
| 112    | 54  | 4  | 1.83% | 183    | 85  | 4  | 1.83% | 183    | 50  | 4  | 1.83%  | 183    | 85  | 5  | 0.67% | 40.77 | 13.88 | 74.60%             | 1.56%  |
| 156    | 70  | 5  | 0.67% | 158    | 74  | 4  | 1.83% | 156    | 65  | 5  | 0.67%  | 158    | 74  | 5  | 0.67% | 30.67 | 11.86 | 72.11%             | 0.91%  |
| 151    | 72  | 5  | 0.67% | 158    | 75  | 6  | 0.25% | 151    | 57  | 5  | 0.67%  | 158    | 75  | 6  | 0.25% | 29.83 | 11.46 | 72.24%             | 0.66%  |
| 125    | 60  | 5  | 0.67% | 135    | 50  | 6  | 0.25% | 125    | 40  | 5  | 0.67%  | 135    | 50  | 6  | 0.25% | 24.62 | 9.83  | 71.47%             | 0.73%  |
| 107    | 50  | 6  | 0.25% | 132    | 49  | 5  | 0.67% | 107    | 50  | 6  | 0.25%  | 164    | 49  | 5  | 0.67% | 22.88 | 9.63  | 70.39%             | 0.85%  |
| 164    | 105 | 7  | 0.09% | 174    | 60  | 6  | 0.25% | 156    | 35  | 7  | 0.09%  | 165    | 45  | 6  | 0.25% | 26.86 | 10.20 | 72.47%             | 0.37%  |
| 159    | 67  | 5  | 0.67% | 145    | 66  | 6  | 0.25% | 145    | 42  | 5  | 0.67%  | 190    | 76  | 5  | 0.67% | 35.51 | 12.60 | 73.82%             | 1.09%  |
|        |     | 26 |       |        |     | 25 |       |        |     | 27 |        |        |     | 25 |       | 30.37 | 13.24 | 69.74%             |        |

Con los siguientes indicadores:

HO: Horas de operación

HM: Horas de reparación

NF: Número de fallas

Conf.= Confiabilidad

## **B.- Diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.**

El procedimiento de RCM impulsa a contestar las siguientes siete interrogantes relacionadas con el objeto o sistema bajo análisis, Moubray (2004).

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Que ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

### **B.1.- Planificación**

Actualmente el Hospital Hipólito Unanue cuenta con un inadecuado plan de mantenimiento en toda el área donde se encuentran los equipos biomédicos, presentándose una baja disponibilidad en los equipos, los cuales ocasionan incidencias tanto operacionales, técnico, de salud, seguridad y costos. Es por ello que se propone el diseño de un plan de Mantenimiento basado en la Confiabilidad con el objetivo de maximizar la Disponibilidad de los equipos biomédicos, así garantizando un servicio óptimo para los operadores, técnicos, personales de mantenimiento y pacientes de los requerimientos para las urgencias necesarias.

## **Objetivos:**

incrementar la disponibilidad de los equipos biomédicos del hospital Hipólito Unanue

Diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para poder mejorar la disponibilidad de los equipos

## **Metas:**

Minimizar la cantidad de paradas, fallas de equipos por reparación, así también el tiempo de reparación que engloban la Disponibilidad que se requiere de cada equipo.

## **Grupo de revisión:**

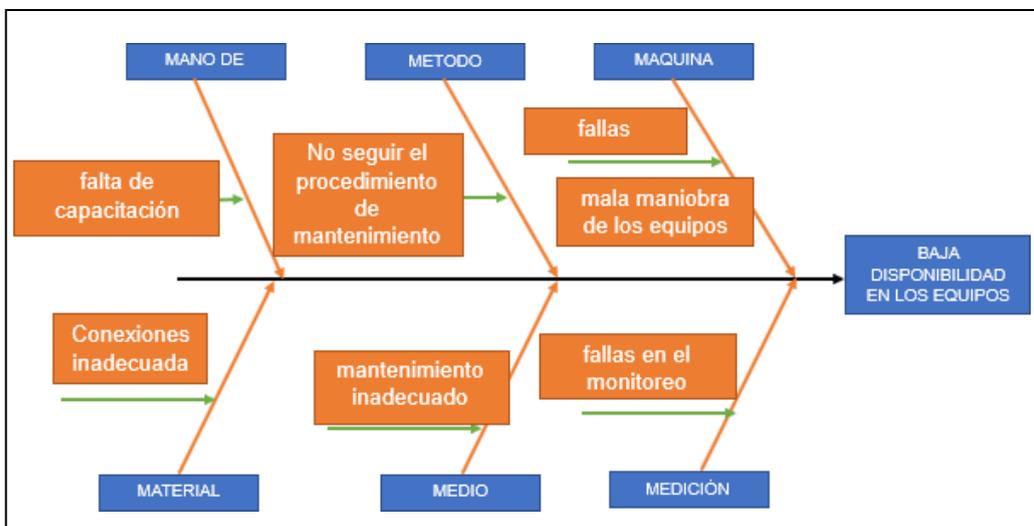
Vimos anteriormente como el proceso de RCM da forma a 7 preguntas básicas. En la práctica, el personal de mantenimiento, simplemente no puede responder todas esas preguntas por sí solos. Esto es porque muchas de las respuestas solo pueden ser provistas por personal de operación o producción. Esto se aplica especialmente a preguntas con respecto a funciones, desempeño deseado, efectos y consecuencias de las fallas.



## Diagrama de Ishikawa

Debido a las fallas funcionales de los equipos Biomédicos en el Hospital Hipólito Unanue, se presentan problemas en la Disponibilidad mecánica de los equipos, por lo que se llevó a cabo una investigación con el propósito de identificar las posibles razones detrás de la situación problemática. Se construye el diagrama de Ishikawa, el cual nos brinda la oportunidad de comprender las causas primordiales relacionadas con la disminución de la disponibilidad de los equipos del Hospital.

### Diagrama de causas – Efecto –



### Consecuencias de las fallas

Son 4 operativas y depende de la causa de falla.

Ocultas o no evidentes: Sé produce por el mal mantenimiento en elemento de seguridad (Hidráulico, mecánica y neumático), mal diseño de estos traería consecuencias.

Contra la seguridad: Afecta directamente a la seguridad humana debido a equipos e infraestructura.

Operativas: Debido a efecto de fallo y depende de la índole que se produzca la falla.

No operativas: Sé considera una consecuencia por el modo de falla.

## **B.2.- Aplicación**

Para la aplicación del plan de mantenimiento, se realizó una lista de actividades tanto correctivas, preventivas y predeterminadas en los equipos biomédicos del Hospital, se realizó también fichas de productos, fichas técnicas de producto conforme a las especificaciones técnicas, especificaciones técnicas de los equipos y solicitudes de cotizaciones de nuevos equipos:

Flujograma del procedimiento general del plan de mantenimiento.

Se llevó a cabo un flujograma donde se especifica el procedimiento correcto para el servicio de mantenimiento tanto correctivo, como preventivo en los equipos biomédicos

## Mantenimiento centrado en la confiabilidad

$$NPR = Frecuencias \times Consecuencia \times Detectabilidad$$

*NPR de los equipos biomédicos*

| Clave | Frecuencia | Consecuencia | Detección | NPR   |
|-------|------------|--------------|-----------|-------|
| D-86  | 10         | 10.00        | 8         | 800   |
| D-1   | 15         | 15.00        | 10        | 2250  |
| D-17  | 10         | 5.00         | 9         | 450   |
| D-88  | 15         | 15.00        | 10        | 2250  |
| D-109 | 10         | 5.00         | 7         | 350   |
| D-97  | 15         | 13.50        | 10        | 2025  |
| D-80  | 10         | 10.00        | 6         | 600   |
| D-334 | 5          | 5.00         | 5         | 125   |
| D-105 | 15         | 15.00        | 10        | 2250  |
| D-90  | 10         | 10.00        | 6         | 600   |
| D-93  | 10         | 10.00        | 5         | 500   |
| D-140 | 10         | 10.00        | 5         | 500   |
| D-113 | 10         | 10.00        | 6         | 600   |
| D-246 | 10         | 12.25        | 7         | 857.5 |
| D-119 | 10         | 5.00         | 8         | 400   |
| D-118 | 10         | 10.00        | 7         | 700   |
| D-11  | 10         | 10.00        | 7         | 700   |

Se identificó el nivel de criticidad de los equipos y el NPR donde se puede evidenciar que los Equipos D-88, D-97, D-105 y D-1 tienen una variación elevada del nivel porcentual de criticidad y NPR, por lo tanto, una baja disponibilidad a comparación de los demás equipos, es por ello que en este trabajo de investigación se tomó como muestra a los cuatro primeros equipos que cuentan con un alto nivel de mantenibilidad.

## Análisis de criticidad

| $CRITICIDAD = FF + \sum ((MTTR \times 0.25) + (IS \times 0.45) + (IC \times 0.30))$ |           |   |         |        |
|---|-----------|---|---------|--------|
| Criterio de Evaluación  | Ponderado | Clasificación (por los 10 meses de muestra) | Puntaje | Riesgo |
| Frecuencia de Falla   | 1.00      | más de 60 fallas                            | 15      | Alto   |
|   |           | entre (30 -59) fallas                       | 10      | Medio  |
|   |           | menos de 30 fallas                          | 5       | Bajo   |
| Horas de mantenimiento  | 0.25      | de 1000 - 1500 Horas                        | 15      | Alto   |
|   |           | de 500-999 Horas                            | 10      | Medio  |
|   |           | de 0 - 499 Horas                            | 5       | Bajo   |
| Impacto a la Salud del paciente   | 0.45      | Ocasionar la muerte a pacientes             | 15      | Alto   |
|   |           | Ingreso a cuidados intensivos               | 10      | Medio  |
|   |           | riesgo de salud a los pacientes             | 5       | Bajo   |
| Costos de reparación  | 0.30      | más de \$5,000.00                           | 15      | Alto   |
|   |           | entre \$2,000.00 y \$5,000.00               | 10      | Medio  |
|   |           | menos de \$2,000.00                         | 5       | Bajo   |

| Rango     | Criticidad | Descripción         |
|-----------|------------|---------------------|
| (25 -30)  | 4          | Alta Criticidad     |
| (20 -25)  | 3          | Mediana Criticidad  |
| (15 -20)  | 2          | Baja Criticidad     |
| (10 - 15) | 1          | Muy Baja Criticidad |

Análisis de criticidad

| Clave | Frecuencia de Falla     |                            |                           | Horas de mantenimiento |                  |                 | Impacto a la salud              |                               |                                 | Costos de reparación |                               |                     | Puntaje de evaluación | Criticidad | Descripción         |
|-------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|---------------------|
|       | más de 7 fallas por mes | entre (4-7) fallas por mes | menos de 3 fallas por mes | de 100 - 150 Horas     | de 50 - 99 Horas | de 0 - 49 Horas | Ocasionar la muerte a pacientes | Ingreso a cuidados intensivos | riesgo de salud a los pacientes | más de \$5,000.00    | entre \$2,000.00 y \$5,000.00 | menos de \$2,000.00 |                       |            |                     |
| D-86  | 15                      | 10                         | 5                         | 15                     | 10               | 5               | 15                              | 10                            | 5                               | 15                   | 10                            | 5                   | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-1   |                         | 15                         |                           |                        | 15               |                 |                                 | 15                            |                                 |                      | 15                            |                     | 30.00                 | 4          | Alta Criticidad     |
| D-17  |                         | 10                         |                           |                        | 5                |                 |                                 | 5                             |                                 |                      | 5                             |                     | 15.00                 | 2          | Baja Criticidad     |
| D-88  |                         | 15                         |                           |                        | 15               |                 |                                 | 15                            |                                 |                      | 15                            |                     | 30.00                 | 4          | Alta Criticidad     |
| D-109 |                         | 10                         |                           |                        | 5                |                 |                                 | 5                             |                                 |                      | 5                             |                     | 15.00                 | 2          | Baja Criticidad     |
| D-97  |                         | 15                         |                           |                        | 15               |                 |                                 | 15                            |                                 |                      | 10                            |                     | 28.50                 | 4          | Alta Criticidad     |
| D-80  |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-334 |                         | 5                          |                           |                        | 5                |                 |                                 | 5                             |                                 |                      | 5                             |                     | 10.00                 | 1          | Muy Baja Criticidad |
| D-105 |                         | 15                         |                           |                        | 15               |                 |                                 | 15                            |                                 |                      | 15                            |                     | 30.00                 | 4          | Alta Criticidad     |
| D-90  |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-93  |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-140 |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-113 |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-246 |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 15                            |                                 |                      | 10                            |                     | 22.25                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-119 |                         | 10                         |                           |                        | 5                |                 |                                 | 5                             |                                 |                      | 5                             |                     | 15.00                 | 2          | Baja Criticidad     |
| D-118 |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |
| D-11  |                         | 10                         |                           |                        | 10               |                 |                                 | 10                            |                                 |                      | 10                            |                     | 20.00                 | 3          | Mediana Criticidad  |

Para la elaboración del análisis de AMEF se llevó a cabo una evaluación con el propósito de identificar las principales fallas funcionales de los equipos críticos, utilizando la información recopilada de los registros de los operadores.

se procedió a establecer los valores del NPR a los 17 equipos biomédicos donde se ponderó los valores de la frecuencia, las consecuencias y la detectabilidad mediante la siguiente fórmula:

Numero prioritario de Riesgos (NPR)

| Detectabilidad |         |
|----------------|---------|
| Descripción    | Puntaje |
| Muy evidente   | 10      |
| Evidente       | (8 - 9) |
| Frecuente      | (6 - 7) |
| Moderada       | (4 - 5) |
| Escasa         | (2 - 3) |
| Muy escasa     | 1       |

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| NPR >= 1600       | Riesgos Inaceptables |
| 800 < NPR <= 1599 | Riesgos reducibles   |
| NPR <= 799        | Riesgos aceptables   |

| Clave | Frecuencia | Consecuencia | Detección | NPR   |
|-------|------------|--------------|-----------|-------|
| D-86  | 10         | 10.00        | 8         | 800   |
| D-1   | 15         | 15.00        | 10        | 2250  |
| D-17  | 10         | 5.00         | 9         | 450   |
| D-88  | 15         | 15.00        | 10        | 2250  |
| D-109 | 10         | 5.00         | 7         | 350   |
| D-97  | 15         | 13.50        | 10        | 2025  |
| D-80  | 10         | 10.00        | 6         | 600   |
| D-334 | 5          | 5.00         | 5         | 125   |
| D-105 | 15         | 15.00        | 10        | 2250  |
| D-90  | 10         | 10.00        | 6         | 600   |
| D-93  | 10         | 10.00        | 5         | 500   |
| D-140 | 10         | 10.00        | 5         | 500   |
| D-113 | 10         | 10.00        | 6         | 600   |
| D-246 | 10         | 12.25        | 7         | 857.5 |

|       |    |       |   |     |
|-------|----|-------|---|-----|
| D-119 | 10 | 5.00  | 8 | 400 |
| D-118 | 10 | 10.00 | 7 | 700 |
| D-11  | 10 | 10.00 | 7 | 700 |

El listado de equipos que son seleccionados para la Investigación son aquellos equipos que cuentan con el porcentaje más bajo de disponibilidad de los 17 equipos biomédicos, 4 de ellos D-88, D-97, D-105, D-1, presentan una disponibilidad de 66%, 63%, 63% y 62%.

### Disponibilidad de los equipos de muestra

| Clave | Equipo                               | Total de fallas (10 meses) | Disponibilidad (%) |
|-------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| D-1   | Electrocardiógrafo                   | 67                         | 65.66%             |
| D-97  | Detector de latidos fetales portatil | 61                         | 63.08%             |
| D-88  | Aspirador de secreción rodable       | 62                         | 62.72%             |
| D-105 | Bomba de infusión de 2 canales       | 69                         | 61.98%             |

### Funciones y sus especificaciones de los equipos

Se muestran un listado de sus funciones operacionales de aquellos equipos Biomédicos que fueron seleccionados con un bajo nivel de Disponibilidad.

### Funciones operacionales de los equipos

| Clave | Equipo                               | Función   |
|-------|--------------------------------------|---|
| D-88  | Aspirador de secreción rodable       | uso del paciente que tiene dificultad en la eliminación de la flema debido alguna enfermedad, coma, y operaciones, así como en cuanto a la aspiración de líquidos, tales como pus y sangre durante la práctica clínica. |
| D-105 | Bomba de infusión de 2 canales       | Equipo que permite la configuración del rango de flujo y la programación digital del volumen y el flujo de infusión.  |
| D-97  | Detector de latidos fetales portatil | utilizar esta corriente para producir calor capaz de coagular, cortar y eliminar tejidos; esto dependiendo de la intensidad de electricidad que reciba  |

|     |                    |   |
|-----|--------------------|---|
| D-1 | Electrocardiógrafo | calienta líquidos dentro del tubo de transfusión de sangre / tubo de infusión basado en el principio de transferencia térmica |
|-----|--------------------|---|

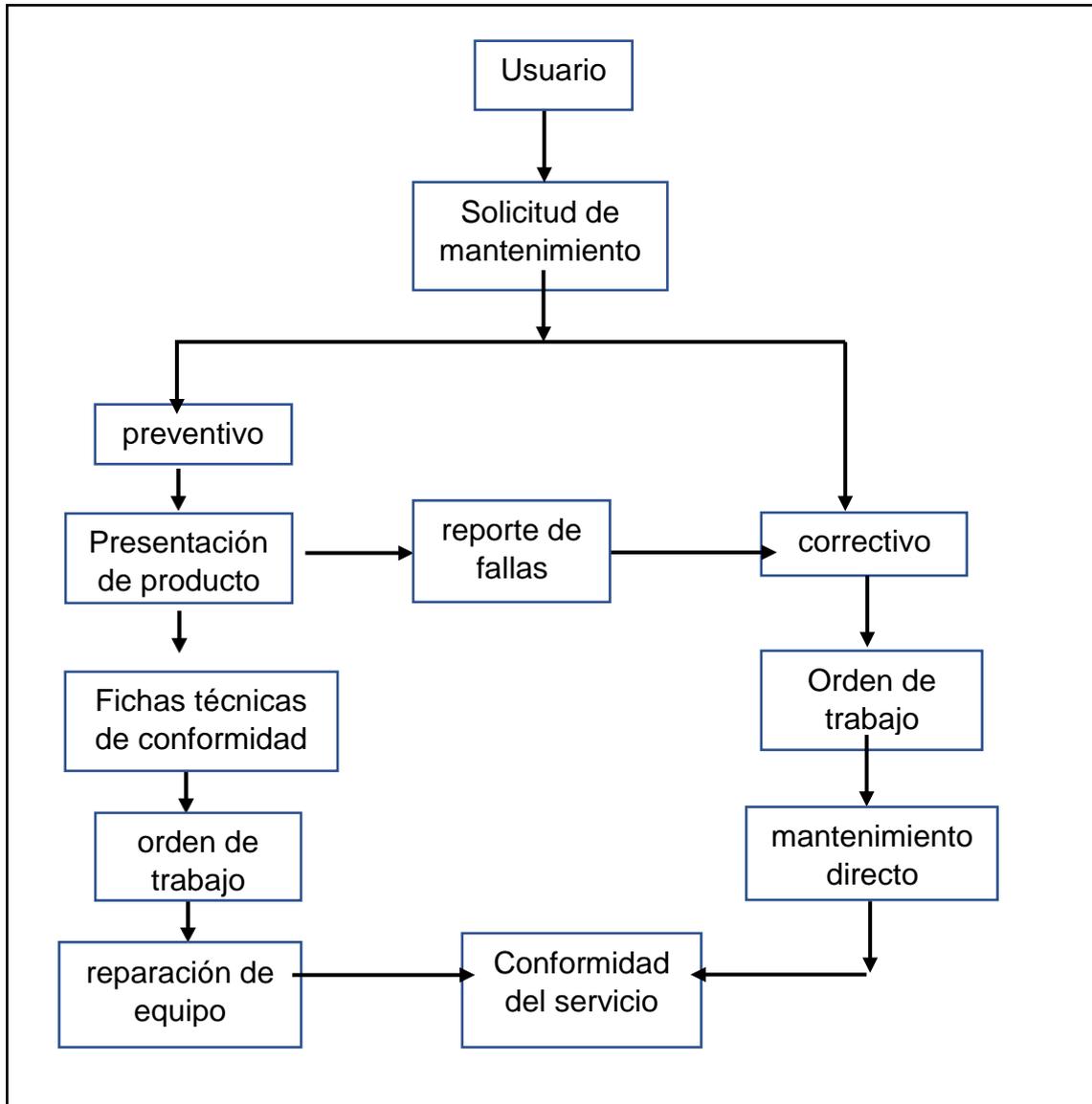
### Determinar las fallas Funcionales de los equipos

Los equipos biomédicos con claves: D-88, D-105, D-97 y D- 1, fueron aquellos equipos seleccionados según la baja disponibilidad que presentan a comparación de los demás, es así que se organizó según las funciones de cada uno de ellos, del cómo se desempeñan en su contexto operacional, se detalló los aspectos que no responden al cumplimiento de sus respectivas funciones.

### Fallas funcionales de los equipos

| Clave | Equipo                               | Fallas Funcionales   |
|-------|--------------------------------------|--|
| D-88  | Aspirador de secreción rodable       | Fallas en el motor (humedecimiento del filtro).<br>Averías en la válvula de vacío<br>Malas conexiones<br>Vaso de colección<br>Fallas en el filtro (al humedecerse por el paso de las secreciones del vaso a la conexión corta) |
| D-105 | Bomba de infusión de 2 canales       | Fallas en el panel y el teclado<br>Fallas en el sistema mecánico<br>Fallas en las tarjetas de control de carga de baterías<br>Fallas en el flujo infundido<br>Fallas en la seguridad eléctrica                                 |
| D-97  | Detector de latidos fetales portatil | Fallas en las marcas de la pantalla, mostrando símbolos cuando la unidad no está encendida<br>Fallas en el sonido<br>Fallas en la salida de tomas  |
| D-1   | Electrocardiógrafo                   | Fallas en el cabezal de impresora y rodillo de arrastre<br>Fallas en el cableado<br>Fallas en las baterías<br>Fallas en las teclas y el display  |

## Flujograma del proceso del RCM



## Programa de mantenimiento preventivo de los equipos críticos

| Equipo<br>( clave ) | Actividades   | Herramientas e insumos  | Frecuencia   | Duración de actividades (Hrs) | Supervisor de mantenimiento | técnico de mantenimiento | Observaciones |
|---------------------|---|---|--------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------|
| D- 105              | Inspección de accesorios y equipo                                 | Guantes desechables<br>Linterna, UPS adecuado.  | diario       | 0.25                          | 1                           | 1                        |               |
|                     | Registro de mantenimiento   | Libreta de registro o Software de registro digital  | diario       | 0.25                          | 1                           | 1                        |               |
|                     | Desmontaje del equipo, limpieza del sistema mecánico              | Paño suave, guantes desechables<br>Alcohol isopropílico<br>Kit de herramientas                | quincenal    | 1.45                          | 1                           | 1                        |               |
|                     | Verificación de teclado, y del panel                              | Paño absorbente<br>Kit de silicona<br>Detergente  | semanal      | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Verificación del estado de la batería y alarmas                   | Baterías<br>Kit de herramientas para los equipos biomédicos                                   | semanal      | 0.25                          | 1                           | 1                        |               |
|                     | Verificación de flujo infundido                                   | Analizador de bombas de infusión, válvulas, set de tubos, conectores, analizadores de bombas. | diario       | 0.25                          | 1                           | 2                        |               |
|                     | Pruebas de funcionamiento   | Solución de pruebas (recomendada por fabricante)  | diario       | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Calibración   | Solución de calibración (recomendada por fabricante)  | semanal      | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Prueba de seguridad eléctrica                                     | Cable principal de alimentación<br>Conectores eléctricos y enchufes                           | Inter diario | 1                             | 1                           | 2                        |               |
| D- 088              | Inspección, limpieza interna y externa                            | Destornilladores<br>Trapos industriales<br>Ceras limpiadoras<br>Guantes desechables           | diario       | 0.25                          | 1                           | 1                        |               |
|                     | Limpieza de la bomba  | Kit de herramientas para aspirador<br>Destornilladores<br>EPPS adecuado                       | semanal      | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Revisión y ajuste de la válvula de regulación                     | Kit de herramientas<br>EPPs adecuado  | semanal      | 0.45                          | 1                           | 1                        |               |
|                     | Pruebas de funcionamiento   | Medidores de presión o flujo  | diario       | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Revisión del sistema de seguridad del filtro                      | Filtro bacteriológico<br>EPPs adecuado.   | diario       | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Pruebas de aislamiento eléctrico                                  | Multitester<br>Kit de Herramientas  | semanal      | 1                             | 1                           | 2                        |               |
|                     | Revisión del estado de la tapa y frasco recolector de secreciones | Llaves o herramientas específicas<br>Guantes desechables, EPPs                                | diario       | 0.5                           | 1                           | 1                        |               |
|                     | Registro de mantenimiento   | Libreta de registro o Software de registro digital  | diario       | 0.25                          | 1                           | 1                        |               |

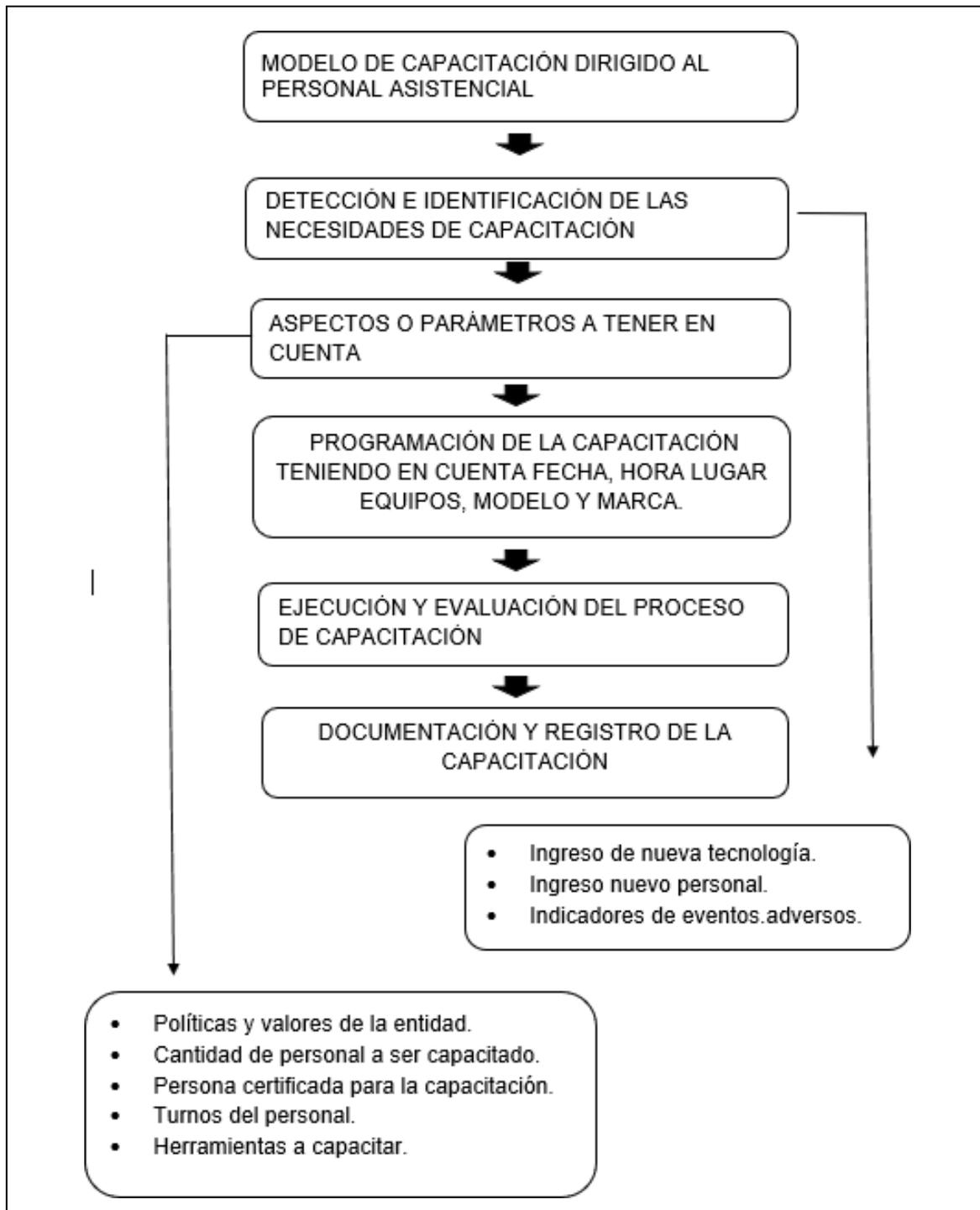
|       |   |   |              |      |   |   |
|-------|---|---|--------------|------|---|---|
| D-001 | Inspección general del equipo                                   | Linterna, guantes desechables<br>EPPs adecuado                        | diario       | 0.25 | 1 | 1 |
|       | Limpieza del cabezal de impresora y rodillo de arrastre         | Paño suave, absorbente, agua<br>Alcohol isopropílico                  | diario       | 0.5  | 1 | 1 |
|       | Prueba de auto- test  | Registro de pruebas   | semanal      | 1    | 1 | 1 |
|       | Verificación de las baterías                                    | Multitester, EPPs adecuado  | semanal      | 0.5  | 1 | 1 |
|       | Limpieza de parte interna del equipo                            | Bencina, Guantes desechables<br>Limpia contacto                       | semanal      | 0.5  | 1 | 1 |
|       | Calibración del equipo  | Manual técnico  | semanal      | 1    | 1 | 1 |
|       | Registro de mantenimiento                                       | Libreta de registro o Software de registro digital                    | diario       | 0.25 | 1 | 1 |
|       | Pruebas de funcionamiento                                       | Simulador de EGG<br>Registro de pruebas, EPPs.                        | semanal      | 0.7  | 1 | 1 |
|       | Pruebas de seguridad eléctrica                                  | Probador de seguridad eléctrica<br>Conectores, enchufes, EPPs.        | Inter diario | 0.5  | 1 | 1 |
| D-097 | Inspecciones generales del equipo                               | Kit de herramientas para el equipo<br>EPPs correspondientes           | semanal      | 0.5  | 1 | 1 |
|       | Revisión y limpieza interna y externa del equipo                | Paño suave, solución desinfectante suave, hisopos de algodón.         | semanal      | 1    | 1 | 1 |
|       | Registro de mantenimiento                                       | Libreta de registro o Software de registro digital                    | diario       | 0.25 | 1 | 1 |
|       | Verificación y limpieza de la pantalla LCD e indicador luminoso | Paño suave, absorbente, agua<br>Alcohol isopropílico<br>EPPs adecuado | semanal      | 0.6  | 1 | 1 |
|       | Calibración de las conexiones del equipo                        | Herramientas y equipos de calibración de acuerdo al fabricante.       | semanal      | 0.5  | 1 | 1 |
|       | Verificación de la seguridad eléctrica                          | Probador de seguridad eléctrica<br>Conectores, enchufes, EPPs.        | semanal      | 0.5  | 1 | 1 |

## Hojas de presentación del producto

| HOJA DE PRESENTACIÓN DE PRODUCTO    |                                      |                  |                |             |                |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------|-------------|----------------|
| DENOMINACION DEL EQUIPO             |                                      | CODIG            |                | CANTIDAD    |                |
|                                     |                                      |                  |                |             |                |
| MARCA                               | MODELO                               | AÑO DE FAB.      | PAIS DE ORIGEN |             |                |
|                                     |                                      |                  |                |             |                |
| COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL EQUIPO |                                      | MARCA            | MODELO         | AÑO DE FAB. | PAIS DE ORIGEN |
|                                     |                                      |                  |                |             |                |
|                                     |                                      |                  |                |             |                |
|                                     |                                      |                  |                |             |                |
| VIGENCIA DE GARANTIA                |                                      | PLAZO DE ENTREGA |                |             |                |
| REQUERIMIENTOS TECNICOS MINIMOS     |                                      |                  | CUMPLE         |             | Folios         |
|                                     |                                      |                  | SI             | NO          |                |
| <b>A</b>                            | <b>GENERALES</b>                     |                  |                |             |                |
| A01                                 |                                      |                  |                |             |                |
| A02                                 |                                      |                  |                |             |                |
| A03                                 |                                      |                  |                |             |                |
|                                     | <b>PARÁMETROS DE MEDICIÓN</b>        |                  |                |             |                |
| A04                                 |                                      |                  |                |             |                |
| A05                                 |                                      |                  |                |             |                |
|                                     | <b>ALARMAS AUDIOVISUALES</b>         |                  |                |             |                |
| A06                                 | DE SPO2, NIVEL ALTO Y BAJO           |                  |                |             |                |
| A07                                 | DE BMP, NIVEL ALTO Y BAJO            |                  |                |             |                |
| A08                                 | INDICADOR DE BATERIA BAJA            |                  |                |             |                |
| A09                                 | SILENCIADOR DE ALARMA                |                  |                |             |                |
|                                     | <b>B. ACCESORIOS</b>                 |                  |                |             |                |
| B01                                 |                                      |                  |                | )           |                |
|                                     | <b>C CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:</b> |                  |                |             |                |
| C01                                 |                                      |                  |                |             |                |

**Aspectos básicos a ser considerados para la elaboración del plan de capacitación, operación funcional, cuidado y conservación básica de equipos.**

### **Plan de capacitación**



## Formato de capacitación



GOBIERNO REGIONAL DE TACNA  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE ESTUDIOS

EXPEDIENTE TÉCNICO  
ESPECIALIDAD DE EQUIPAMIENTO  
Y MOBILIARIO 2023

### ANEXO 8: CERTIFICADO DE CAPACITACIÓN

CERTIFICADO DE CAPACITACIÓN

LOGO DE LA  
EMPRESA

#### CERTIFICADO DE CAPACITACIÓN

Se extiende el presente Certificado de Capacitación a Don (ña):

..... en el

Curso Teórico Práctico de :

**"CAPACITACIÓN EN EL MANEJO, OPERACIÓN FUNCIONAL, CUIDADO Y  
CONSERVACIÓN BÁSICA DE EQUIPOS MÉDICOS"**

O

**"CAPACITACIÓN ESPECIALIZADA EN SERVICIO TÉCNICO  
DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE EQUIPOS MÉDICOS"**

Nota: .....

Equipo:.....(Denominación).....,

Marca....., Modelo.....

Impartido el(los) día(s): ....., con una duración de..... Horas.

.....(Lugar y Fecha de emisión).....

.....  
**FIRMA Y SELLO DEL REPRESENTANTE  
DE LA EMPRESA**

### C. Evaluación

#### disponibilidad de los equipos biomédicos bajo los indicadores de Confiabilidad y mantenibilidad.

Para la determinación de la Disponibilidad bajo los indicadores del MTTR Y MTBF se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$MTTR = \frac{\text{Horas de reparación\#}}{\text{de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{\text{Horas de Operación\#}}{\text{de fallas}}$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Para demostrar la efectividad de las acciones propuestas se observó la disponibilidad bajo los indicadores del MTTR Y MTBF, así poder evaluar si la propuesta del diseño de mantenimiento centrado en la confiabilidad permite mejorar la Disponibilidad

Se consideró durante los meses de agosto y septiembre la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RC

### Kips de mantenimiento de los equipos biomédicos después de la implementación

| Clave | Oct-22 |    |    |        | Nov-22 |    |    |        | Dic-22 |    |    |        | Ene-23 |    |    |        | Feb-23 |    |    |        | Mar-23 |    |    |        |
|-------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|
|       | HO     | HM | NF | Conf.  |
| D-86  | 159    | 4  | 1  | 36.79% | 196    | 15 | 1  | 36.79% | 158    | 11 | 1  | 36.79% | 149    | 14 | 1  | 36.79% | 159    | 11 | 1  | 36.79% | 168    | 8  | 1  | 36.79% |
| D-1   | 176    | 9  | 2  | 13.53% | 199    | 6  | 2  | 13.53% | 156    | 9  | 2  | 13.53% | 210    | 9  | 2  | 13.53% | 169    | 9  | 2  | 13.53% | 165    | 15 | 2  | 13.53% |
| D-17  | 222    | 7  | 1  | 36.79% | 179    | 7  | 1  | 36.79% | 178    | 9  | 1  | 36.79% | 219    | 9  | 1  | 36.79% | 175    | 15 | 1  | 36.79% | 205    | 10 | 1  | 36.79% |
| D-88  | 200    | 7  | 2  | 13.53% | 189    | 8  | 2  | 13.53% | 159    | 10 | 2  | 13.53% | 199    | 9  | 2  | 13.53% | 163    | 11 | 2  | 13.53% | 187    | 7  | 2  | 13.53% |
| D-109 | 201    | 6  | 1  | 36.79% | 169    | 17 | 1  | 36.79% | 179    | 16 | 1  | 36.79% | 164    | 8  | 1  | 36.79% | 187    | 5  | 1  | 36.79% | 198    | 9  | 1  | 36.79% |
| D-97  | 189    | 6  | 1  | 36.79% | 189    | 18 | 1  | 36.79% | 166    | 9  | 1  | 36.79% | 153    | 10 | 1  | 36.79% | 169    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 6  | 1  | 36.79% |
| D-80  | 178    | 7  | 1  | 36.79% | 187    | 11 | 2  | 13.53% | 169    | 9  | 1  | 36.79% | 144    | 11 | 1  | 36.79% | 175    | 16 | 1  | 36.79% | 198    | 9  | 2  | 13.53% |
| D-334 | 177    | 9  | 1  | 36.79% | 188    | 8  | 1  | 36.79% | 198    | 14 | 1  | 36.79% | 167    | 9  | 1  | 36.79% | 168    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 11 | 1  | 36.79% |
| D-105 | 198    | 8  | 2  | 13.53% | 177    | 9  | 2  | 13.53% | 186    | 14 | 2  | 13.53% | 188    | 7  | 2  | 13.53% | 176    | 5  | 2  | 13.53% | 198    | 8  | 2  | 13.53% |
| D-90  | 195    | 6  | 2  | 13.53% | 201    | 9  | 2  | 13.53% | 188    | 14 | 2  | 13.53% | 169    | 7  | 2  | 13.53% | 164    | 8  | 2  | 13.53% | 198    | 8  | 2  | 13.53% |
| D-93  | 189    | 6  | 1  | 36.79% | 179    | 9  | 2  | 13.53% | 199    | 9  | 2  | 13.53% | 188    | 7  | 2  | 13.53% | 185    | 8  | 1  | 36.79% | 198    | 7  | 2  | 13.53% |
| D-140 | 179    | 7  | 1  | 36.79% | 178    | 16 | 1  | 36.79% | 179    | 9  | 1  | 36.79% | 168    | 7  | 1  | 36.79% | 174    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 7  | 1  | 36.79% |
| D-113 | 180    | 6  | 1  | 36.79% | 188    | 9  | 1  | 36.79% | 186    | 11 | 1  | 36.79% | 159    | 7  | 2  | 13.53% | 183    | 10 | 1  | 36.79% | 198    | 7  | 1  | 36.79% |
| D-246 | 169    | 7  | 1  | 36.79% | 196    | 10 | 1  | 36.79% | 195    | 10 | 1  | 36.79% | 186    | 8  | 1  | 36.79% | 189    | 8  | 1  | 36.79% | 198    | 6  | 1  | 36.79% |
| D-119 | 176    | 6  | 1  | 36.79% | 195    | 9  | 1  | 36.79% | 193    | 8  | 1  | 36.79% | 167    | 9  | 1  | 36.79% | 190    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 5  | 1  | 36.79% |
| D-118 | 231    | 7  | 2  | 13.53% | 193    | 8  | 2  | 13.53% | 189    | 13 | 2  | 13.53% | 176    | 8  | 2  | 13.53% | 201    | 10 | 2  | 13.53% | 198    | 14 | 2  | 13.53% |
| D-11  | 208    | 7  | 2  | 13.53% | 190    | 8  | 2  | 13.53% | 184    | 8  | 2  | 13.53% | 179    | 8  | 2  | 13.53% | 199    | 11 | 2  | 13.53% | 500    | 9  | 2  | 13.53% |

| Abr-23   |    |    |        | May-23 |    |    |        | Jun-23 |    |    |        | Jul-23 |    |    |        | MTBF   | MTTR | Disponibilidad (%) |
|----------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|----|----|--------|--------|------|--------------------|
| HO       | HM | NF | Conf.  | HO     | HM | NF | Conf.  | HO     | HM | NF | Conf.  | HO     | HM | NF | Conf.  |        |      |                    |
| 178      | 6  | 1  | 36.79% | 117    | 9  | 1  | 36.79% | 157    | 12 | 1  | 36.79% | 134    | 8  | 1  | 36.79% | 157.50 | 9.75 | 72.04%             |
| 178      | 8  | 2  | 13.53% | 189    | 8  | 2  | 13.53% | 198    | 7  | 2  | 13.53% | 165    | 9  | 2  | 13.53% | 90.25  | 4.43 | 95.32%             |
| 178      | 13 | 1  | 36.79% | 200    | 6  | 1  | 36.79% | 176    | 7  | 1  | 36.79% | 215    | 9  | 1  | 36.79% | 194.70 | 9.20 | 72.23%             |
| 178      | 7  | 2  | 13.53% | 199    | 9  | 2  | 13.53% | 198    | 6  | 2  | 13.53% | 156    | 8  | 2  | 13.53% | 91.40  | 4.10 | 95.71%             |
| 178      | 7  | 1  | 36.79% | 153    | 7  | 1  | 36.79% | 254    | 10 | 1  | 36.79% | 184    | 10 | 1  | 36.79% | 186.70 | 9.50 | 71.81%             |
| 178      | 8  | 1  | 36.79% | 176    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 9  | 1  | 36.79% | 175    | 9  | 1  | 36.79% | 179.10 | 9.30 | 94.82%             |
| 178      | 15 | 1  | 36.79% | 194    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 14 | 2  | 13.53% | 186    | 10 | 1  | 36.79% | 139.00 | 8.54 | 72.76%             |
| 178      | 8  | 1  | 36.79% | 178    | 9  | 1  | 36.79% | 198    | 8  | 1  | 36.79% | 179    | 8  | 1  | 36.79% | 182.90 | 9.30 | 70.97%             |
| 178      | 7  | 2  | 13.53% | 189    | 9  | 2  | 13.53% | 198    | 10 | 2  | 13.53% | 186    | 9  | 2  | 13.53% | 93.70  | 4.30 | 95.61%             |
| 213      | 8  | 2  | 13.53% | 174    | 10 | 2  | 13.53% | 178    | 10 | 2  | 13.53% | 199    | 8  | 2  | 13.53% | 93.95  | 4.40 | 73.25%             |
| 223      | 7  | 2  | 13.53% | 195    | 9  | 2  | 13.53% | 177    | 9  | 2  | 13.53% | 186    | 8  | 2  | 13.53% | 106.61 | 4.39 | 74.98%             |
| 217      | 8  | 1  | 36.79% | 196    | 8  | 1  | 36.79% | 179    | 9  | 1  | 36.79% | 186    | 8  | 1  | 36.79% | 185.40 | 8.80 | 73.02%             |
| 198      | 9  | 1  | 36.79% | 153    | 10 | 2  | 13.53% | 185    | 8  | 1  | 36.79% | 167    | 10 | 1  | 36.79% | 149.75 | 7.25 | 72.61%             |
| 178      | 10 | 1  | 36.79% | 185    | 11 | 1  | 36.79% | 145    | 10 | 1  | 36.79% | 185    | 10 | 1  | 36.79% | 182.60 | 9.00 | 72.28%             |
| 178      | 8  | 1  | 36.79% | 168    | 9  | 1  | 36.79% | 185    | 9  | 1  | 36.79% | 175    | 11 | 1  | 36.79% | 182.50 | 8.30 | 71.51%             |
| 178      | 15 | 2  | 13.53% | 163    | 11 | 2  | 13.53% | 169    | 9  | 2  | 13.53% | 185    | 10 | 2  | 13.53% | 94.15  | 5.25 | 73.86%             |
| 178      | 7  | 2  | 13.53% | 185    | 9  | 2  | 13.53% | 186    | 8  | 2  | 13.53% | 190    | 9  | 2  | 13.53% | 109.95 | 4.20 | 73.95%             |
| promedio |    |    |        |        |    |    |        |        |    |    |        |        |    |    |        | 44.23  | 9.71 | 78.04%             |

Tabla 6. Disponibilidad de los 17 equipos antes y después de la propuesta.

| Equipo Biomédico | PRE TEST   |            |                | POST TEST  |            |                |
|------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|----------------|
|                  | MTBF (Hrs) | MTTR (Hrs) | Disponibilidad | MTBF (Hrs) | MTTR (Hrs) | Disponibilidad |
| D-86             | 27.20      | 11.58      | 70.14%         | 27.20      | 10.56      | 72.04%         |
| D-1              | 30.54      | 15.97      | 65.66%         | 90.25      | 4.43       | 95.32%         |
| D-17             | 25.67      | 10.96      | 70.08%         | 25.67      | 9.87       | 72.23%         |
| D-88             | 34.69      | 20.62      | 62.72%         | 91.40      | 4.10       | 95.71%         |
| D-109            | 30.78      | 12.78      | 70.66%         | 30.78      | 12.08      | 71.81%         |
| D-97             | 31.39      | 18.37      | 63.08%         | 81.14      | 4.43       | 94.82%         |
| D-80             | 40.28      | 16.35      | 71.13%         | 40.28      | 15.08      | 72.76%         |
| D-334            | 32.62      | 13.62      | 70.54%         | 32.62      | 13.34      | 70.97%         |
| D-105            | 24.22      | 14.85      | 61.98%         | 93.70      | 4.30       | 95.61%         |
| D-90             | 27.71      | 10.52      | 72.49%         | 27.71      | 10.12      | 73.25%         |
| D-93             | 40.77      | 13.88      | 74.60%         | 40.77      | 13.60      | 74.98%         |
| D-140            | 30.67      | 11.86      | 72.11%         | 30.67      | 11.33      | 73.02%         |
| D-113            | 29.83      | 11.46      | 72.24%         | 29.83      | 11.25      | 72.61%         |
| D-246            | 24.62      | 9.83       | 71.47%         | 24.62      | 9.44       | 72.28%         |
| D-119            | 22.88      | 9.63       | 70.39%         | 22.88      | 9.12       | 71.51%         |
| D-118            | 26.86      | 10.20      | 72.47%         | 26.86      | 9.51       | 73.86%         |
| D-11             | 35.51      | 12.60      | 73.82%         | 35.51      | 12.51      | 73.95%         |
| Promedio         | 30.37      | 13.24      | 69.74%         | 44.23      | 9.71       | 78.04%         |

**Interpretación:** En la tabla N° 6 se muestra tanto los indicadores MTBF, MTTR y la Disponibilidad de los 17 equipos antes y después de la propuesta centrado en la confiabilidad adaptada a aquellos equipos críticos, considerando el periodo de la pre evaluación de 10 meses (octubre 2021 a julio del 2022), la ejecución del plan se desarrolló en los meses de agosto y septiembre del 2022 y el periodo de la post evaluación de 10 meses (octubre 2022 a julio del 2023), donde la disponibilidad promedio para la pre evaluación fue de 69.74% y para la post prueba resultó un promedio de 78.04%, de esta manera evidenciando una variación porcentual del 11.91%.

**Variación de la Disponibilidad de los equipos biomédicos críticos pre y post prueba**

**Variación de la Disponibilidad antes y después de la Implementación**

| Clave    | MTBF  | MTTR  | Disponibilidad Pre |
|----------|-------|-------|--------------------|
| D-1      | 30.54 | 15.97 | 65.66%             |
| D-88     | 34.69 | 20.62 | 62.72%             |
| D-97     | 31.39 | 18.37 | 63.08%             |
| D-105    | 24.22 | 14.85 | 61.98%             |
| Promedio | 30.21 | 17.45 | 63.36%             |

| Clave    | MTBF  | MTTR | Disponibilidad Post |
|----------|-------|------|---------------------|
| D-1      | 90.25 | 4.43 | 95.32%              |
| D-88     | 91.4  | 4.1  | 95.71%              |
| D-97     | 179.1 | 9.3  | 95.06%              |
| D-105    | 93.7  | 4.3  | 95.61%              |
| Promedio | 89.12 | 4.32 | 95.37%              |

Se evidencia una mejoría en la disponibilidad de los equipos críticos biomédicos a partir de los resultados, indicadores MTBF y MTTR, de un 63.36% del antes a un 95.43% del después de la implementación presentando una variación del 32.07%.

## ANEXO 5. Evaluación económica del diseño del plan

| Costos- Gastos               |  |                 |          |              |
|------------------------------|--|-----------------|----------|--------------|
| Actividad                    | Herramientas e insumos                                   | Precio unitario | Cantidad | Precio Total |
| Inspección                   | Equipo de protección personal (Kit)                      | 115.90          | 5.00     | 579.50       |
|                              | Linterna para equipos biomédicos                         | 35.90           | 3.00     | 107.70       |
|                              | Guantes desechables                                      | 1.50            | 75.00    | 112.50       |
|                              | Kit de herramientas de inspección                        | 66.99           | 5.00     | 334.95       |
| Limpieza                     | Paños suaves   | 12.90           | 100.00   | 1290.00      |
|                              | Alcohol isopropílico                                     | 69.00           | 5.00     | 345.00       |
|                              | Detergente   | 15.00           | 10.00    | 150.00       |
|                              | Kit de silicona para limpieza                            | 76.00           | 5.00     | 380.00       |
|                              | Trapos industriales                                      | 7.99            | 50.00    | 399.50       |
|                              | Bencina  | 26.00           | 12.00    | 312.00       |
|                              | Formatos de orden de trabajo                             | 0.50            | 100.00   | 50.00        |
|                              | Ceras limpiadoras  | 36.99           | 24.00    | 887.76       |
| Registros de mantenimiento   | Libretas de registros                                    | 20.00           | 10.00    | 200.00       |
|                              | Kit de herramientas para registros                       | 30.00           | 5.00     | 150.00       |
|                              | Manuales digitales                                       | 75.00           | 17.00    | 1275.00      |
|                              | Fichas técnicas, digitales                               | 50.00           | 17.00    | 850.00       |
| Pruebas de funcionamiento    | Kit de herramientas para equipos biomédicos              | 170.00          | 5.00     | 850.00       |
|                              | Equipos de protección electrónico y personales           | 119.99          | 5.00     | 599.95       |
|                              | Registro de pruebas                                      | 0.25            | 100.00   | 25.00        |
|                              | Soluciones de calibración                                | 35.00           | 12.00    | 420.00       |
| Mantenimiento predeterminado | Medidores de presión                                     | 130.00          | 5.00     | 650.00       |
|                              | Filtros bacteriológicos                                  | 170.00          | 2.00     | 340.00       |
|                              | Multitester  | 180.00          | 2.00     | 360.00       |
|                              | Kit de herramientas electrónicas para equipos biomédicos | 500.00          | 2.00     | 1000.00      |
|                              | Baterías recargables                                     | 350.00          | 2.00     | 700.00       |
|                              | Analizadores de bombas para los equipos biomédicos       | 750.00          | 1.00     | 750.00       |
|                              | Válvulas de verificación                                 | 150.00          | 5.00     | 750.00       |
|                              | Conectores   | 15.00           | 12.00    | 180.00       |
|                              | Probadores de seguridad eléctrica                        | 1500.00         | 1.00     | 1500.00      |
|                              |  |                 | Total    | 15548.86     |

La evaluación económica tiene como finalidad respaldar la toma de decisiones y examinar diversas alternativas desde una perspectiva financiera. Con este enfoque,

se consideran tanto los gastos e inversión necesarios como los ingresos adicionales que resultan de dicha mejora. El objetivo fundamental es determinar si la propuesta, inversión o acción específica es viable, rentable y eficiente. En este proceso, tanto la inversión como los costos desempeñan un papel esencial.

Se muestra la Inversión del Hospital Hipólito Unanue, considerando los 22 meses de estudio en el proyecto, los datos fueron referenciados por la Unidad de servicios generales y mantenimiento (obtenido del plan operativo institucional) 2023 HNU.

|  |               |          |
|--|---------------|----------|
| <b>Presupuesto Gestión<br/>(INGRESOS)<br/>(2021, 2022, 2023)</b> | S/.662,302.00 | 22 meses |
| <b>Área de UPSS - Emergencia II,</b>                             | 10%           |          |
| <b>INVERSIÓN TOTAL</b>   | S/. 66,230.00 |          |

Fuente: POI -2023 HNU

La inversión neta a favor del área de UPSS Emergencia II, tópico de emergencia y tópico de medicina interna / EMG-166, durante el periodo de 22 meses es de S/. 66,230.00 soles.

Se muestra los ingresos que favorece al, Hospital en el área específico mencionado, bajo el porcentaje que se consideró del 10%, estos ingresos son obtenidos de los datos del Hospital de la misma forma durante el periodo de 22 meses.

| Periodo   | Ingreso   |
|-----------|-----------|
| Oct- 2021 | 54,012.00 |
| Nov-2021  | 55,938.00 |
| Dic-2021  | 54,544.00 |
| Ene-2022  | 52,300.00 |
| Feb-2022  | 52,239.00 |
| Mar-2022  | 54,325.00 |

|          |           |
|----------|-----------|
| Abr-2022 | 53,104.00 |
| May-2022 | 54,503.00 |
| Jun-2022 | 52,619.00 |
| Jul-2022 | 53,101.00 |
| Ago-2022 | 37,568.00 |
| Sep-2022 | 44,220.00 |
| Oct-2022 | 67,086.00 |
| Nov-2022 | 67,086.00 |
| Dic-2022 | 67,086.00 |
| Ene-2023 | 67,086.00 |
| Feb-2023 | 67,086.00 |
| Mar-2023 | 67,086.00 |
| Abr-2023 | 67,086.00 |
| May-2023 | 67,086.00 |
| Jun-2023 | 67,086.00 |
| Jul-2023 | 67,086.00 |

Fuente: Hospital Hipólito Unanue

, se muestra los costos directos e indirectos, en el caso de la producción de carne fueron datos tomados de la empresa.

|  | 2021-2022        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | octubre          | noviembre        | diciembre        | enero            | febrero          | marzo            | abril            | mayo             | junio            | julio            |
| <b>gastos operativos</b>   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>  | <b>8,500</b>     |
| Detección de problemas   | 500              | 500              | 500              | 500              | 500              | 500              | 500              | 500              | 500              | 500              |
| piezas de repuesto   | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            |
| Consumibles  | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            | 3,000            |
| herramientas y equipo  | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            |
| costos energéticos   | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            | 1,000            |
| <b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| inspección   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| limpieza   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| registros de mantenimiento   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| pruebas de funcionamiento  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| mantenimiento predeterminado   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| actividades de mejora  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>GASTOS DEL área de UPSS Emergencia /II 2, Tópicos de Emergencia y Tópico de Medicina Interna / EMG-166.</b> | <b>S/ 26,390</b> |
| fármacos   | S/ 13,075        |
| materiales sanitarios  | S/ 7,065         |
| lavandería   | S/ 277           |
| laboratorio  | S/ 4,798         |
| materiales para consumo y reposición   | S/ 1,175         |
| <b>gastos financieros</b>  | <b>S/ 3,010</b>  |
| amortización de inversión  | S/ 3,010         |
| <b>total, de gastos de operación</b>   | <b>S/ 37,900</b> |
| total, de gastos de operación sin amortización   | S/ 34,890        |

| 2022-2023        |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| agosto           | setiembre        | octubre          | noviembre        | diciembre        | enero            | febrero          | marzo            | abril            | mayo             | junio            | julio            |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>16,899</b>    |
| 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            | 1,135            |
| 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            | 3,814            |
| 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            | 2,475            |
| 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            | 1,895            |
| 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            | 6,230            |
| 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            | 1,350            |
| <b>S/ 26,390</b> |
| S/ 13,075        |
| S/ 7,065         |
| S/ 277           |
| S/ 4,798         |
| S/ 1,175         |
| S/ 3,010         |
| S/ 3,010         |
| S/ 46,299        |
| S/ 43,289        |

A continuación, se muestra en la Tabla N° 9 el Flujo de caja, El flujo de efectivo proyectado constituye una herramienta financiera que ofrece una proyección de los movimientos de dinero, tanto ingresos como gastos, de la empresa durante un período de 22 meses. Ofrece una visión pormenorizada de la anticipación de cómo se desarrollarán los flujos de efectivo de la compañía con el tiempo, lo cual resulta esencial para la planificación financiera y la toma de decisiones.

Flujo De caja proyectada

| RUBRO                     | mes            | 2021-2022    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           | 0              | octubre      | noviembre    | diciembre    | enero        | febrero      | marzo        | abril        | mayo         | junio        | julio        |
| <b>A. Ingresos</b>        |                |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ingresos área             | -              | 54012        | 55938        | 54544        | 52300        | 52239        | 54325        | 53104        | 54503        | 52619        | 53101        |
| <b>TOTAL, DE INGRESOS</b> | <b>0</b>       | <b>54012</b> | <b>55938</b> | <b>54544</b> | <b>52300</b> | <b>52239</b> | <b>54325</b> | <b>53104</b> | <b>54503</b> | <b>52619</b> | <b>53101</b> |
| <b>B. Egresos</b>         |                |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>GASTOS OPERATIVOS</b>  | -              | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        | 34890        |
| inversión                 | 66230          | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            |
| <b>TOTAL, DE EGRESOS</b>  | <b>66230.2</b> | <b>34890</b> |
| Flujo del periodo         | -66230.2       | 19122        | 21048        | 19654        | 17410        | 17349        | 19435        | 18214        | 19613        | 17729        | 18211        |
| Caja inicial              | 0              | -66230.2     | -47108.2     | -26060.2     | -6406.2      | 11003.8      | 28352.8      | 47787.8      | 66001.8      | 85614.8      | 103343.8     |
| Saldo acumulado           | -66230.2       | -47108.2     | -26060.2     | -6406.2      | 11003.8      | 28352.8      | 47787.8      | 66001.8      | 85614.8      | 103343.8     | 121554.8     |

| 2022-2023 |           |             |             |            |            |            |            |            |            |            |            |
|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| agosto    | setiembre | octubre     | noviembre   | diciembre  | enero      | febrero    | marzo      | abril      | mayo       | junio      | julio      |
|           |           |             |             |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 37568     | 44220     | 67086       | 67086       | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      |
| 37568     | 44220     | 67086       | 67086       | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      | 67086      |
|           |           |             |             |            |            |            |            |            |            |            |            |
| 43289     | 43289     | 43289       | 43289       | 43289      | 43289      | 43289      | 43289      | 43289      | 43289      | 43289      | 43289      |
| -         | -         | -           | -           | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          |
| 43288.86  | 43288.86  | 43288.86    | 43288.86    | 43288.86   | 43288.86   | 43288.86   | 43288.86   | 43288.86   | 43288.86   | 43288.86   | 43288.86   |
| -5720.91  | 931.62075 | 23796.765   | 23796.765   | 23796.765  | 23796.765  | 23796.765  | 23796.765  | 23796.765  | 23796.765  | 23796.765  | 23796.765  |
| 121554.8  | 115833.89 | 116765.5108 | 140562.2758 | 164359.041 | 188155.806 | 211952.571 | 235749.336 | 259546.101 | 283342.866 | 307139.631 | 330936.396 |
| 115833.89 | 116765.51 | 140562.28   | 164359.04   | 188155.81  | 211952.57  | 235749.34  | 259546.10  | 283342.87  | 307139.63  | 330936.40  | 354733.16  |

| RUBRO                          | meses                |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                |                      | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5                   | 6                   | 7                   | 8                   | 9                   |
| <b>A. Beneficios</b>           |                      |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| Ingresos por ventas            | -                    | S/ 54,012.00        | S/ 55,938.00        | S/ 54,544.00        | S/ 52,300.00        | S/ 52,239.00        | S/ 54,325.00        | S/ 53,104.00        | S/ 54,503.00        | S/ 52,619.00        |
| <b>TOTAL, BENEFICIOS</b>       | <b>S/ 0.00</b>       | <b>S/ 54,012.00</b> | <b>S/ 55,938.00</b> | <b>S/ 54,544.00</b> | <b>S/ 52,300.00</b> | <b>S/ 52,239.00</b> | <b>S/ 54,325.00</b> | <b>S/ 53,104.00</b> | <b>S/ 54,503.00</b> | <b>S/ 52,619.00</b> |
| <b>B. Costos</b>               |                      |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
| gastos operativos              | -                    | S/ 37,900.46        |
| inversión                      | S/ 66,230.20         | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   |                     |                     |                     |                     |
| <b>TOTAL, COSTOS</b>           | <b>S/ 66,230.20</b>  | <b>S/ 37,900.46</b> |
| <b>C. Flujo Neto Económico</b> | <b>-S/ 66,230.20</b> | <b>S/ 16,111.54</b> | <b>S/ 18,037.54</b> | <b>S/ 16,643.54</b> | <b>S/ 14,399.54</b> | <b>S/ 14,338.54</b> | <b>S/ 16,424.54</b> | <b>S/ 15,203.54</b> | <b>S/ 16,602.54</b> | <b>S/ 14,718.54</b> |

Flujo económico

| 10                      | 11                      | 12                      | 13                      | 14                      | 15                      | 16                      | 17                      | 18                      | 19                      | 20                      | 21                      | 22                      |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| S/<br>53,101.00         | S/<br>37,567.95         | S/<br>44,220.48         | S/<br>67,085.63         |
| <b>S/<br/>53,101.00</b> | <b>S/<br/>37,567.95</b> | <b>S/<br/>44,220.48</b> | <b>S/<br/>67,085.63</b> |
| S/<br>37,900.46         | S/<br>46,299.32         |
| S/<br>37,900.46         | S/<br>46,299.32         |
| <b>S/<br/>15,200.54</b> | <b>-S/ 8,731.37</b>     | <b>-S/ 2,078.84</b>     | <b>S/<br/>20,786.30</b> |

## Indicadores Financieros

|      |                 |
|------|-----------------|
| CCPP | 8 %             |
| Cok  | 7%              |
| VANE | S/<br>91,120.19 |
| TIRE | 23%             |
| B/C  | 1.189           |

CCPP: Tasa de descuento

Cok: Costo de oportunidad

TIRE: tasa de rendimiento

VANE: Valor neto

B/C: Beneficio- costo

Se evidencia un VANE de S/. 91,120.19, por lo que es mayor a 0, donde afirmamos que el diseño del plan de mantenimiento preventivo es viable y genera ganancias. Así también el TIRE de un 23%, y es mayor al Cok 7%, por lo que afirmamos que la inversión en el diseño del plan de mantenimiento como alternativa del costo de la oportunidad es viable, y generara ganancias positivas.

## Prueba de Hipótesis

|           | Shapiro-Wilk |    |       |
|-----------|--------------|----|-------|
|           | Estadístico  | gl | Sig.  |
| MTBF_PRE  | 0.937        | 4  | 0.636 |
| MTBF_POST | 0.854        | 4  | 0.240 |
| MTTR_PRE  | 0.960        | 4  | 0.779 |
| MTTR_POST | 0.847        | 4  | 0.215 |
| DISP_PRE  | 0.873        | 4  | 0.308 |
| DISP_POST | 0.911        | 4  | 0.487 |

Podemos observar en el cuadro que todos los datos, tanto de los indicadores, y disponibilidad de los 4 equipos biomédicos, antes y después de la propuesta representan una distribución Normal, por tener valores de la sig.  $\geq 0.05$ , mediante la Prueba de Shapiro Wilk por que contamos con una muestra de 4 siendo menor a 30. Por consiguiente se tiene que trabajar con el Test de prueba de T-student para datos Parametricos.

**HO:** El plan de mantenimiento preventivo centrado en la





**HOJA PRESENTACION DE**

|  |            |
|--|------------|
| <b>ESPE</b>                                |            |
| <b>DENOMINACION DEL BIEN Y/O E</b>         |            |
| <b>PORTATIL</b>                            |            |
| <b>NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL POS</b>       |            |
| <b>AÑO DE FABRICACION: 2020</b>            |            |
| <b>PAIS DE FABRICACION: ALEMANIA</b>       |            |
| <b>MARCA: RAUMEDIC</b>                     |            |
| <b>MODELO : MPR2 logO DATALOGGE</b>        |            |
| <b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>            |            |
|  | ESPECIFICA |
| <b>A GENERALES</b>                         |            |
| <b>A01 PORTATIL, COMPACTO, MODULAR</b>     |            |
| <b>3Kg(POR MODULO)</b>                     |            |
| <b>A02 PANTALLA LCD PARA VISUALIZACI</b>   |            |
| <b>A03 CUANTIFICACIONES DE PRESIONES</b>   |            |
| <b>CEREBRAL Y VENTRICULOS.</b>             |            |
| <b>A04 PARA SER USADO CON CATETER IN</b>   |            |
| <b>A05 CATETERES INTRACRANEAL COMPI</b>    |            |
| <b>RESONANCIA MAGNETICA</b>                |            |
| <b>A06 ALARMAS DE PARAMETROS FISIOLOGI</b> |            |
| <b>EQUIPO</b>                              |            |
| <b>A07 SISTEMA DE CALIBRACION AUTOM</b>    |            |
| <b>A08 TENDENCIAS HASTA CUARENTA Y O</b>   |            |
| <b>A09 INTERFACE DE SALIDA PARA COMP</b>   |            |
| <b>PARA TRANSFERENCIA DE DATOS.</b>        |            |
| <b>A10 PUERTOS DE ENTRADA SALIDA: RS</b>   |            |
| <b>B PARAMETROS</b>                        |            |
| <b>B01 PRESION INTRAPARENQUIMAL CER</b>    |            |
| <b>B02 PRESION DE PERFUSION CEREBRAL</b>   |            |
| <b>B03 PRESION TISULAR DE OXIGENO CE</b>   |            |
| <b>B04 TEMPERATURA CEREBRAL</b>            |            |
| <b>B05 ONDAS Y VALORES DIGITALES DE I</b>  |            |
| <b>C ACCESORIOS</b>                        |            |
| <b>C01 UN (01) CABLE DE INTERCONEXION</b>  |            |
| <b>PARA MEDIDAS INDIRECTAS DE PRESIO</b>   |            |
| <b>C02 UN (01) CABLE DE PRESION INTRA</b>  |            |
| <b>TEMPERATURA CEREBRAL</b>                |            |
| <b>C03 UN (01) CABLE DE PRESION</b>        |            |
| <b>TEMPERATURA CEREBRAL Y PRESION T</b>    |            |
| <b>C04 UN (01) SISTEMA DE SOPORTE (CL</b>  |            |

Av. Antonio Miro Quesac  
Teléfono  
E-mail: licitaciones@d

## sonicaid MD200

Doppler de sobremesa con sonda intercambiable  
Desktop Doppler



Este transductor de alto rendimiento permite una detección fiable desde el inicio de la gestación hasta el parto, incluso en pacientes obesas.

The high performance transducer enables reliable detection from early gestation right through to delivery, even on obese patients.

El MD200 es un Doppler de Sobremesa con sondas intercambiable para médicos que requieren una unidad Doppler robusta, versátil y recargable.

MD200 es una innovadora innovadora de sobremesa para médicos que precisan una unidad Doppler de sobremesa robusta, versátil y recargable.

Las ocho sondas intercambiables permiten mediciones exactas de la frecuencia cardíaca fetal o del flujo vascular.

- Funcionamiento a corriente/batería recargable
- Montaje sobre una superficie o en un soporte con ruedas (opcional)
- Audio excelente con dos altavoces
- Visualización de la frecuencia cardíaca fetal
- Compartimento para el almacenamiento de la sonda y el cable
- Menor probabilidad de pérdida o extravío que un dispositivo de mano

The M  
requi  
Dopp

Using  
accur  
blood

- Ma
- Su
- Su
- Fet
- Pro
- Les
- dev



**OPEN MEDIC**  
 Calle Milton Numas  
 Urb. El Pacifico Et. 2 - San M  
 Telefonos : (51)(1) 531  
 Mail: ventas@openme  
 Web: www.openme

**FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO**

**PROFO**

|  |  |
|--|--|
| NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL                      |  |
| OPEN MEDIC S.A.C.                              |  |
| DESCRIPCIÓN DEL BIEN                           | D  |
| MARCA  | H  |
| PAÍS DE ORIGEN                                 | IN   |
| MODELO   | SI   |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS                      |  |
| DEFINICIÓN FUNCIONAL                           |  |
| <b>A CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>             |  |
| A01  | MODELO PORTATIL CON DISPLAY DE LECTURA DE FRECUENCIA                       |
| A02  | SOPORTE O RECEPTACULO PARA EL TRANSDUCTOR                                  |
| A03  | TAMAÑO COMPACTO PORTABLE PARA USO A MANO                                   |
| A04  | CONTROL DE VOLUMEN   |
| A05  | GRABADOR DE AUDIO INTEGRADO  |
| <b>B COMPONENTES DETECTOR</b>                  |  |
| SALIDA DE AUDIO 0.5W                           |  |
| B01  | <b>SE OFERTA:</b><br>SALIDA DE AUDIO DE 500 mW                             |
| RANGO DE 50-210BPM                             |  |
| B02  | <b>SE OFERTA:</b><br>RANGO DE SALIDA DE 60-210 bpm                         |
| B03  | TIEMPO DE GRABADO 204s   |
| B04  | APAGADO AUTOMATICO DESPUES DE UN MINUTO                                    |
| B05  | CON BATERIA RECARGABLE INCORPORADA   |
| B06  | MODO ULTRA SONICO  |
| UN TRANSDUCTOR A PRUEBA DE AGUA                |  |
| B07  | <b>SE OFERTA:</b><br>TRANSDUCTOR CON GRADO DE PROTECCION IPX7              |
| MUNUAL Y AUTOMATICO DE FHR                     |  |
| B08  | <b>SE OFERTA:</b><br>TRES MODOS DE TRABAJO, ESTANDAR, SUAVISADO Y MANUAL   |
| B09  | FRECUENCIA DE TRABAJO ENTRE 2 Y 3 MHZ INCLUSIVE.                           |
| <b>C ACCESORIOS</b>                            |  |
| C01  | DOS 02 FRASCOS DE GEL CONDUCTOR ACUSCO                                     |
| <b>D REQUERIMIENTOS DE ENERGIA</b>             |  |
| D01  | 220V / 60 Hz   |
| EL ENCHUFE DEBE CUMPLIR CON LO DISPUESTO EN LA |  |
| D02  | <b>SE OFERTA:</b><br>FUNCIONAMIENTO CON PILAS AA RECARGABLES, CON CARGADOR |

Atentamente,

**OPEN**



# The Sonicaid Digital Doppler - a new dimension in sound

Visual presentation of fetal heart rate (FHR) views, providing added clinical reassurance

With over 40 years' experience in fetal monitoring our technological innovations have enabled us to develop a new digital platform for our latest Doppler range. This generation of Doppler combines excellence in probe performance with digital signal processing to provide superb digital audio using our unique Dynamic Digital Noise Reduction (DDNR) system and gel filter.

Our latest digital high resolution trace display mode allows for review and playback of this state of the



**High resolution colour display**

- FHR & trace displayed in high definition.
- Wide viewing angle.



**Multi Functional Display**

- Toggle between "BIG" numbers FHR display mode and FHR trace mode.



**Data storage on Micro SD card**

- Extensive storage capacity of both FHR and audio files for playback or download to our viewing & archiving software.



---

## Electrocardiógrafos: Electrocardióg

---

### Electrocardiógrafo iE-300

El iE-300 de Biocare e  
con pantalla LCD de 5  
integrada de Litio-ion |



Fabricante: [Biocare](#)

#### Descripción

El **iE-300** de Biocare es un electrocardiógrafo de tres canales, con teclas de acceso directo tipo "one touch", batería integrada de Liti LAN para mayor conectividad, Nuevo programa de análisis bajo e interpretación del electrocardiograma. filtros completamente digitiz con- vierten en una herramienta muy versátil para el diagnóstico |

#### CARACTERISTICAS:

- Procesamiento digital de señales;
- Pantalla LCD de alta resolución;
- Modo económico de impresión;
- Batería de Li-ion recargable;
- Transmisión de datos por USB en tiempo real;

#### ESPECIFICACIONES

- Adquisición simultánea de 12 Derivaciones;
- Modos de impresión manual y automático de 1, 2 o 3 cana;
- Tiempo de impresión de 30-180 Seg;
- 4 niveles de sensibilidad (2.5, 5, 10, 20) mm/mV;
- 4 niveles de velocidad de papel (6.25, 12.5, 25, 50) mm/s;
- Clasificación de seguridad IEC60601-1 Clase I, Tipo CF;
- Alimentación de AC 100V-240V, 50/60Hz, 50VA;
- Alimentación de DC Batería recargable de litio 14.8V/1550
- Dimensiones 268mmx206mmx67.5mm
- Peso 1.3 Kg

#### INCLUYE

- Unidad Principal;
- Cable de Paciente;
- 4 electrodos de extremidades;
- 6 electrodos de tórax
- Cable de alimentación
- Cable de tierra
- Batería de Litio
- Rollo de papel de 63mmx30m;
- Manual de usuario.

**persolife**

**CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA**

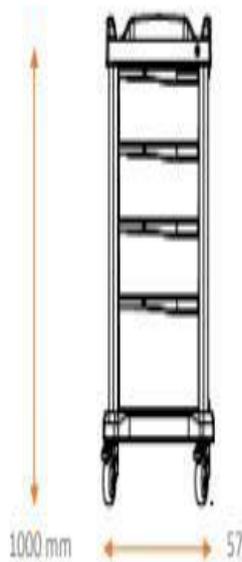
Estructura fuerte y ligera en aluminio anodizado extruido con laterales ABS termoformado color anaranjado resistentes al impacto.

Plano de trabajo ABS termoformado resistente, con borde frontal anticaidas.

Parachoques perimetral en ABS termoformado.

Modular: lo que permite variar la cantidad de cajones y su tamaño.

Cajones con 4 alturas disponibles: 76 mm, 156mm, 236mm y 316mm.



4 ruedas Ø150mm omnidireccionales, con frenos de emergencia y parachoques perimetral.

**BISTOS Patient Monitor Technical Specifications**

| Model                      |                             | ECG   |        |
|----------------------------|-----------------------------|---|--------|
| Category                   |                             | Patient Monitor   |        |
| Display                    |                             | 12.1" Color   |        |
| ECG                        | Lead Type                   | 12  |        |
|                            | Gain Selection              | x0.125, x0.25, x0.5, x1, x2, x5   |        |
|                            | Sweep Speed (mm/s)          | 12, 25, 50, 100   |        |
|                            | Bandwidth : Diagnostic Mode | 0.05 - 150 Hz   |        |
|                            | Monitoring Mode             | 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000   |        |
|                            | Surgery Mode                | 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000  |        |
|                            | Strong Mode                 | 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000  |        |
| Respiration                | Method                      | Adult/Pediatric/Trans-thoracic  |        |
|                            | Measurement Range           | 0-100 L/min   |        |
|                            | Sweep Speed (mm/s)          | 6.25, 12.5, 25, 50, 100   |        |
| SpO <sub>2</sub>           | Measurement Range           | 0-100%  |        |
|                            | Accuracy (70-100%)          | Adult/Pediatric   |        |
|                            |                             | Neonate   |        |
|                            | Accuracy (0-69%)            | ±0.4%   |        |
|                            | Perfusion Index             | 0.02-9.99   |        |
| NIBP**                     | Pulse Rate Range (bpm)      | 20-250  |        |
|                            | Method                      | Automated   |        |
|                            | Operation Mode              | Manual  |        |
|                            | Parameter                   | Systolic, Diastolic, Mean   |        |
|                            | Systolic Range (mmHg)       | Adult   | 40-260 |
|                            |                             | Pediatric   | 40-160 |
|                            |                             | Neonate   | 40-100 |
|                            | Diastolic Range (mmHg)      | Adult   | 30-160 |
|                            |                             | Pediatric   | 30-100 |
|                            |                             | Neonate   | 30-80  |
| Mean Range (mmHg)          | Adult                       | 20-160  |        |
|                            | Pediatric                   | 20-100  |        |
|                            | Neonate                     | 20-80   |        |
| Temperature                | Range                       | 0-50°C (32-122°F)   |        |
|                            | Parameter                   | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T36, T37, T38, T39, T40, T41, T42, T43, T44, T45, T46, T47, T48, T49, T50 |        |
| IBP *                      | Channel                     | 2 Channels  |        |
|                            | Range (mmHg)                | -5 to 300   |        |
| Printer *                  | Type                        | Thermal   |        |
|                            | Print Speed (mm/s)          | 12  |        |
|                            | Paper size (mm)             | 57x119  |        |
| CO <sub>2</sub> *          | Sidestream                  | Masimo  |        |
|                            | Mainstream                  | Masimo  |        |
| Multi-gas/O <sub>2</sub> * |                             | Masimo  |        |
| SpO <sub>2</sub> -Masimo * |                             | Masimo  |        |
| C.O. *                     | Method                      | Thermal   |        |
|                            | Range                       | 0.2-10.0 L/min  |        |
| Battery                    | Type (capacity)             | Li-ion  |        |
|                            | Run Time                    | 5-8 hours   |        |
|                            | Charging Time               | 4-6 hours   |        |
| PC Software Interface      |                             | RJ45, USB   |        |
| Warranty                   |                             | 3 years   |        |

| BT-740                       | BT-72           |
|------------------------------|-----------------|
| Patient Monitor              | Vital Signs     |
| 8.4" Color Touch LCD         | 4.3" Touch      |
| 5 lead                       |                 |
| x0.25, x0.5, x1, x2, x4 auto |                 |
| 12.5, 25, 50                 |                 |
| 0.05-130Hz                   |                 |
| 0.5-40Hz                     |                 |
| 1-25Hz                       |                 |
| 5-20Hz                       |                 |
| Adult : 15-300               |                 |
| Pediatric/Neonate: 15-350    |                 |
| Trans-thoracic impedance     |                 |
| 0-120 rpm                    |                 |
| 6.25, 12.5, 25               |                 |
| 0-100 %                      | 0-100'          |
| ±2%                          | ±2%             |
| ±3%                          | ±3%             |
| unspecified                  | unspeci         |
| 0.05-20%                     | 0.05-20         |
| 25-250                       | 25-25           |
| Automatic Oscillometric      | Automatic Osc   |
| Manual / Auto / STAT         | Manual / Aut    |
| Systolic, Diastolic, Mean    | Systolic, Diast |
| 40-270                       | 40-27           |
| 40-200                       | 40-20           |
| 40-130                       | 40-13           |
| 10-210                       | 10-21           |
| 10-160                       | 10-16           |
| 10-90                        | 10-90           |
| 20-230                       | 20-23           |
| 20-175                       | 20-17           |
| 20-100                       | 20-10           |
| 0-50°C (41 to 122 °F)        |                 |
| T1, T2 and TD                |                 |
| 2 Channel / 4 Channel        |                 |
| -50 to 400                   |                 |
| Thermal dot array            |                 |
| 12.5, 25, 50                 |                 |
| 50                           |                 |
| Masimo ISA / Bistos          |                 |
| Masimo IRMA/ Bistos          |                 |
| Masimo ISA                   |                 |
| Masimo SpO <sub>2</sub>      | Masimo :        |
| Thermodilution               |                 |
| 0.2 - 20 L/min               |                 |
| Li-ion (4400mAh)             | Li-ion (440     |
| 6 hour                       | 8 hou           |
| 4 hour                       | 8 hou           |
| RJ45, USB, Nursing call      | RJ45, SD ca     |
| 2 year                       | 2 yea           |



**EL DIRECTOR EJECUTIVO DEL HOSPITAL HIPOLITO UNANUE DE TACNA AUTORIZA,  
POR INTERMEDIO DEL COMITÉ INSTITUCIONAL DE ETICA EN INVESTIGACION CIEI-  
HHUT**

Que el proyecto de Investigación:

**Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos en el Hospital Hipólito Unanue, Tacna, 2023**

Dictamen otorgado por el miembro activo del CIEL Dra. Danila Huanco Apaza - comité Institucional de Ética de Investigación Informa como:

Titular [i] Suplente **D**

Según Resolución Directoral N.º 090-2022-UADI-DREC-EJEC-HHUTDRSS/GOB.REG. TACNA, quien luego de revisar la solicitud y requerimiento DETERMINA:

Puede ser desarrollado **SI [i]** **NO**

Cumple con el marco ético legal de la investigación: **SI [K]** **NO**

Vulnera derechos de Pacientes: **SI**  **NO [R]**

Aplicara Instrumentos: Pacientes **D** Personas **D** otros [R]

Consentimiento Informado:

Verbal **SI**  **NO**

Es crito **SI**  **NO**

Pertinente **SI**  **NO [R]**

Impacto Ambiental: Positivo  Negativo

En base a ello el comité Institucional de Ética de investigación concluye:

SI  NO  Cumple con los requisitos de calidad exigidos para el desarrollo y en consecuencia SI  NO  Otorga la Autorización

Se expide el presente documento el día 25 de julio del 2023



**Nota:**

Esta autorización solamente aplica para la realización del trabajo referenciado arriba. Si se requiere ampliación, deberá nuevamente solicitar el correspondiente permiso.

Realizar únicamente la recolección de la información autorizada.

Mantener la confidencialidad y la seguridad de la información de los participantes.

Para presentaciones públicas de la información recolectada se darán los créditos correspondientes al Hospital, que incluyan la procedencia de las imágenes, datos, etc.

1.1./261652-

72448479