



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS TÉCNICO DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DE INCUBADORAS

NEONATALES EN HOSPITAL EL PROGRESO.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

21911037 SERGIO MANUEL PAREDES GARIN

21911225 LUIS MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ RUIZ

ASESOR: ING. MANUEL GAMERO

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

ABRIL 2023

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)
San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Luis Manuel De Jesús Martínez Ruiz y Sergio Manuel Paredes Garin, de San Pedro Sula, autores del trabajo de grado titulado: **Análisis Técnico del Comportamiento funcional de incubadoras neonatales en Hospital El Progreso**, presentado y aprobado en el año 2023, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero en Biomédica, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 28 días del mes de abril de dos mil veintitrés.

Luis Manuel Martínez

21911225

Sergio Manuel Paredes

21911037

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.



Ing. Manuel Gamero
Asesor UNITEC



Ing. Ciro Contreras
Miembro de Terna



Ing. Ciro Pinto
Miembro de Terna



Ing. Reyna Valle
Jefe Académico de Ingeniería en Biomédica | UNITEC

DEDICATORIA

Queremos dedicar este trabajo a todas las personas que han dejado su huella en nuestros caminos hacia la culminación de este proyecto.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su motivación constante para alcanzar nuestras metas.

A nuestros amigos y compañeros de estudios, por sus ánimos, su amistad y por compartir con nosotros momentos inolvidables.

A nuestros maestros y mentores, por guiarnos y enseñarnos con paciencia y dedicación, y por ayudarnos a crecer como estudiante y como persona.

A todas las personas que han creído en nosotros y nos han brindado su confianza, les dedicamos este trabajo con todo nuestro agradecimiento y gratitud. Sin su apoyo, no hubiera sido posible culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas académicas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por guiarme y permitirme culminar con éxito esta etapa tan importante en mi vida.

Además, quiero reconocer y agradecer a mi padre, Sergio Paredes, quien desde el cielo ilumina mi camino y me ha brindado un apoyo constante en mi formación tanto profesional como personal. A mi madre, Doris Garin, por estar siempre a mi lado, apoyarme incondicionalmente en los momentos difíciles y motivarme a cumplir mis sueños.

Asimismo, agradezco a mis hermanos, Beiling, Sergito y Fabiola, quienes siempre han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome consejos, apoyo y buscando siempre lo mejor para mí. Sin su inestimable contribución, no hubiera sido posible alcanzar los logros que he obtenido hasta ahora.

También quiero expresar mi agradecimiento a mis amigos y compañeros, quienes han compartido conmigo tantas experiencias y buenos momentos a lo largo de esta etapa. Gracias por su amistad y por contribuir en mi crecimiento personal y profesional.

-Sergio Manuel Paredes Garin

Quiero agradecer primeramente a Dios, por su amor y por guiarme en cada uno de mis pasos. Su presencia en mi vida ha sido mi mayor fortaleza y espero seguir contando con su bendición y guía en el futuro.

Igualmente, quiero expresar mi agradecimiento a mi madre, Sandra Ruiz, que hoy en día no se encuentra presente en mi vida, pero me inculco esos valores morales y me enseñó siempre a

luchar por lograr mis metas que hoy en día están dando frutos en lo profesional. De igual manera a mi padre, Luis Martínez, por darme siempre apoyarme en todos los proyectos de mi vida y estar a mi lado dándome fortalezas. También a mi hermana, Monserrat Martínez por todo el amor y apoyo que me da en el día a día y por incentivar me siempre a seguir adelante.

Por último, quiero extender mi agradecimiento a todas las personas que me brindaron su ayuda y apoyo en la realización de este proyecto, así como a mi familia y amigos por su constante motivación y ánimo.

-Luis Manuel De Jesús Martínez Ruiz.

Agradecemos al Hospital El Progreso por permitirnos desarrollar nuestra investigación en sus instalaciones.

De igual forma, queremos agradecer al Dr. Edgar Murcia por facilitarnos el acceso a todas las áreas del hospital y a la Lic. Gina por apoyarnos a que las incubadoras estuvieran disponibles para que pudiéramos realizar el proyecto de la mejor manera posible.

Finalmente, queremos agradecer al Ing. Manuel Gamero quien nos ha guiado a lo largo del presente periodo académico (Q1-2023) para poder culminar nuestro proyecto de la mejor manera posible.

-Luis y Sergio

RESUMEN EJECUTIVO

El análisis del desempeño de las incubadoras neonatales se ha llevado a cabo con el propósito de determinar si existen condiciones que puedan afectar al recién nacido. Se ha empleado un analizador de incubadoras que ha supervisado diversas variables y se ha asegurado de que se encontraran dentro del rango adecuado, tal y como lo establece el fabricante. Ha sido de vital importancia realizar esta verificación de manera periódica, a fin de garantizar una utilización segura, y así brindar una atención adecuada al neonato. Con la finalidad de recopilar datos sobre los parámetros de análisis de las ocho incubadoras neonatales, divididas en cuatro unidades abiertas y cuatro cerradas, que se encontraban en el área de neonatología del Hospital El Progreso, se ha buscado evaluar su estado actual y determinar si estas tecnologías médicas han desempeñado sus funciones de manera efectiva. Se ha determinado que el 50% de las incubadoras estudiadas cumplen con el parámetro de temperatura establecido, mientras que el 62,5% cumplen con el criterio de humedad relativa. En cuanto al flujo de aire, todas las incubadoras cumplen con los requisitos, mientras que, al sonido, el porcentaje de cumplimiento es del 75%. Se han identificado que las incubadoras en un 75% están en óptimas condiciones, mediante el análisis y las mediciones se han compilado datos precisos, fiables con gran relevancia y utilidad para el Hospital El Progreso, con el objetivo de evaluar de manera más detallada el rendimiento, el control y seguimiento de cada incubadora y su impacto en la atención neonatal. Para respaldar los resultados obtenidos de manera más sólida, se recomienda incrementar la frecuencia de las mediciones. Se enfatiza la importancia de haber llevado a cabo esta acción para mejorar tanto la calidad como la eficacia del proceso de medición.

Palabras clave: Analizador de incubadoras, Hoja de registro de pruebas, Incubadora Neonatal.

ABSTRACT

The analysis of the performance of neonatal incubators has been carried out with the purpose of determining if there are conditions that may affect the newborn. An incubator analyzer has been used to monitor several variables and ensure that they were within the appropriate range, as established by the manufacturer. It has been of vital importance to carry out this verification periodically, in order to guarantee a safe use, and thus provide adequate care to the newborn. In order to collect data on the analysis parameters of the eight neonatal incubators, divided into four open and four closed units, which were located in the neonatology area of Hospital El Progreso, we sought to evaluate their current status and determine whether these medical technologies have performed their functions effectively. It was determined that 50% of the incubators studied met the established temperature parameter, while 62.5% met the relative humidity criterion. As for air flow, all incubators comply with the requirements, while, for sound, the percentage of compliance is 75%. It has been identified that 75% of the incubators are in optimal conditions. Through the analysis and measurements, accurate and reliable data have been compiled with great relevance and usefulness for Hospital El Progreso, with the objective of evaluating in a more detailed manner the performance, control and monitoring of each incubator and its impact on neonatal care. To support the results obtained in a more solid way, it is recommended to increase the frequency of measurements. The importance of having carried out this action to improve both the quality and efficiency of the measurement process is emphasized.

Key words: Incubator Analyzer, Neonatal Incubator, Test Record Sheet.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	18
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA	19
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	20
2.3 JUSTIFICACIÓN	21
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	21
2.5 OBJETIVOS.....	22
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
III. ESTADO DEL ARTE	23
3.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL.....	23
3.1.1 MACROENTORNO	23
3.1.1.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EQUIPOS MÉDICOS	23
3.1.1.2 DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA EL ANÁLISIS SOSTENIBLE DE EQUIPOS MÉDICOS EN ENTORNOS DE ESCASOS RECURSOS.....	26
3.1.1.3 INGENIERO CLÍNICO.....	26
3.1.2 MICROENTORNO	30
3.1.2.1 IMPORTANCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA MÉDICA	31
3.1.2.2 DISPOSITIVOS MÉDICOS	31
3.1.2.3 REGULACIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS	32
3.1.2.4 GESTIÓN DE TECNOLOGÍA SANITARIAS.....	33
3.2 CONCEPTUALIZACIÓN	35
3.2.1 NEONATAL.....	35
3.2.2 TECNOLOGÍA MÉDICA.....	35
3.2.3 TERMOGRAFÍA	36
3.2.4 SOFTWARES.....	36
3.3 TEORÍAS DE SUSTENTO	37
3.3.1 EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍA SANITARIA.....	37
3.3.2 TERMORREGULACIÓN	39
3.3.3 TRANSFERENCIA DE CALOR.....	40
3.3.4 TERMOCLECTRICIDAD.....	42

3.4	METODOLOGÍAS APLICADAS	43
3.4.1	DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA ANÁLISIS DE INCUBADORAS NEONATALES	43
3.4.2	MONITOREO REMOTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	44
3.4.3	EVALUACIÓN DE RIESGOS DE UNA INCUBADORA NEONATAL	45
3.5	MARCO LEGAL.....	50
IV.	METODOLOGÍA	54
4.1	ENFOQUE	54
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	56
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	56
4.3.1	HOJA DE REGISTRO DE PRUEBAS	57
4.3.2	CÁMARA TERMOGRÁFICA FLUKE PTI120	57
4.3.3	ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	57
4.3.4	SOLIDWORKS.....	58
4.3.5	MINITAB.....	58
4.3.6	ANALIZADOR DE INCUBADORA NEONATAL INCU II.....	58
4.3.7	MANUAL DE USUARIO DE ANALIZADOR FLUKE BIOMEDICAL INCU II.....	59
4.3.8	MANUAL DE USUARIO DE LAS INCUBADORAS NEONATALES.....	59
4.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	60
4.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	60
4.5.1	MEDICIÓN INSTRUMENTAL	60
4.5.1.1	HOJA DE REGISTRO DE PRUEBAS.....	60
4.5.1.2	ANALIZADOR DE INCUBADORA NEONATAL	61
4.5.1.3	CÁMARA TERMOGRÁFICA	61
4.5.2	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	61
4.5.2.1	RECOPIACIÓN DE DATOS DE PRUEBAS REALIZADAS.....	61
4.6	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.....	62
4.6.1	SIMULACIÓN DE SOLIDWORKS.....	62
4.6.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	62
4.7	MATRIZ METODOLÓGICA	62
4.8	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	65
4.9	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	67
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	68

5.1	RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CAMPO DE ESTUDIO.....	68
5.1.1	INCUBADORA ABIERTA 1	68
5.1.1.1	TEMPERATURA	70
5.1.1.2	HUMEDAD RELATIVA	70
5.1.1.3	FLUJO DE AIRE.....	71
5.1.1.4	SONIDO	72
5.1.2	INCUBADORA ABIERTA 2	73
5.1.2.1	TEMPERATURA	74
5.1.2.2	HUMEDAD RELATIVA	75
5.1.2.3	FLUJO DE AIRE.....	76
5.1.2.4	SONIDO	76
5.1.3	INCUBADORA ABIERTA 3	77
5.1.3.1	TEMPERATURA	78
5.1.3.2	HUMEDAD RELATIVA	79
5.1.3.3	FLUJO DE AIRE.....	79
5.1.3.4	SONIDO	80
5.1.4	INCUBADORA ABIERTA 4	80
5.1.4.1	TEMPERATURA	82
5.1.4.2	HUMEDAD RELATIVA	82
5.1.4.3	FLUJO DE AIRE.....	83
5.1.4.4	SONIDO	84
5.1.5	INCUBADORA CERRADA 1	85
5.1.5.1	TEMPERATURA	86
5.1.5.2	HUMEDAD RELATIVA	87
5.1.5.3	FLUJO DE AIRE.....	87
5.1.5.4	SONIDO	89
5.1.6	INCUBADORA CERRADA 2	89
5.1.6.1	TEMPERATURA	91
5.1.6.2	HUMEDAD RELATIVA	91
5.1.6.3	FLUJO DE AIRE.....	92
5.1.6.4	SONIDO	93
5.1.7	INCUBADORA CERRADA 3	95
5.1.7.1	TEMPERATURA	96

5.1.7.2	HUMEDAD RELATIVA	97
5.1.7.3	FLUJO DE AIRE.....	97
5.1.7.4	SONIDO	99
5.1.8	INCUBADORA CERRADA 4	100
5.1.8.1	TEMPERATURA	101
5.1.8.2	HUMEDAD RELATIVA	102
5.1.8.3	FLUJO DE AIRE.....	102
5.1.8.4	SONIDO	104
5.2	INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	105
5.2.1	ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.....	105
5.2.2	SIMULACIÓN DE FLUJO DE AIRE.....	111
5.3	ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE LOS EQUIPOS	116
VI.	CONCLUSIONES.....	125
VII.	RECOMENDACIONES.....	128
7.1	RECOMENDACIONES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....	128
7.2	RECOMENDACIONES PARA EL HOSPITAL EL PROGRESO.....	128
VIII.	APLICABILIDAD E IMPLEMENTACIÓN	130
IX.	EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL	131
	BIBLOGRAFÍA.....	132
	ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Las 14 Heurísticas de Zhang.....	46
Tabla 2. Escala de Valoración de la Gravedad.....	47
Tabla 3. Lista de Tareas.....	47
Tabla 4. Perfil de la Muestra de Voluntarios de la UT.....	49
Tabla 5. Documentos Legales.....	50
Tabla 6. Artículos Seleccionados.....	Error! Bookmark not defined.
Tabla 7. Matriz Metodológica.....	63
Tabla 8. Operacionalización de las Variables.....	65
Tabla 9. Análisis Externo Incubadora Abierta 1.....	68
Tabla 10. Análisis Interno Incubadora Abierta 1.....	69
Tabla 11. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 1.....	69
Tabla 12. Flujo de Aire Incubadora Abierta 1.....	71
Tabla 13. Análisis Externo Incubadora Abierta 2.....	73
Tabla 14. Análisis Interno Incubadora Abierta 2.....	73
Tabla 15. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 2.....	74
Tabla 16. Análisis Externo Incubadora Abierta 3.....	77
Tabla 17. Análisis Interno Incubadora Abierta 3.....	77
Tabla 18. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 3.....	78
Tabla 19. Análisis Externo Incubadora Abierta 4.....	81
Tabla 20. Análisis Interno Incubadora Abierta 4.....	81
Tabla 21. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 4.....	81
Tabla 22. Flujo de Aire Incubadora Abierta 4.....	83

Tabla 23. Análisis Externo Incubadora Cerrada 1.....	85
Tabla 24. Análisis Interno Incubadora Cerrada 1.....	85
Tabla 25. Análisis Componentes Incubadora Cerrada 1.....	86
Tabla 26. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 1.....	87
Tabla 27. Análisis Externo Incubadora Cerrada 2.....	90
Tabla 28. Análisis Interno Incubadora Cerrada 2.....	90
Tabla 29. Análisis de Componentes Incubadora Cerrada 2.....	90
Tabla 30. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 2.....	92
Tabla 31. Análisis Externo Incubadora Cerrada 3.....	95
Tabla 32. Análisis Interno Incubado Cerrada 3.....	95
Tabla 33. Análisis de Componentes Incubadora Cerrada 3.....	96
Tabla 34. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 3.....	97
Tabla 35. Análisis Externo Incubadora Cerrada 4.....	100
Tabla 36. Análisis Interno Incubadora Cerrada 4.....	100
Tabla 37. Análisis de Componentes Incubadora Cerrada 4.....	101
Tabla 38. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 4.....	102
Tabla 39. Simulación de Flujo de Aire en SolidWorks.....	113
Tabla 40. Análisis Externo.....	117
Tabla 41. Análisis Interno.....	118
Tabla 42. Análisis de Componentes.....	120
Tabla 43. Cumplimiento del Parámetro de Temperatura.....	122
Tabla 44. Cumplimiento del Parámetro de Humedad Relativa.....	123
Tabla 45. Cumplimiento del Parámetro de Flujo de Aire.....	123

Tabla 46. Cumplimiento del Parámetro de Sonido..... 124

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de Dispositivos en Tablero de Circuitos.....	44
Ilustración 2. Diagrama de Enfoque y Métodos.....	55
Ilustración 3. Clasificación de Variables.....	56
Ilustración 4. Analizador INCU II (Fluke Biomedical).....	59
Ilustración 5. Cronograma de Actividades.....	67
Ilustración 6. Temperatura Incubadora Abierta 1.....	70
Ilustración 7. Humedad Relativa Incubadora Abierta 1.....	71
Ilustración 8. Sonido Incubadora Abierta 1.....	73
Ilustración 9. Temperatura Incubadora Abierta 2.....	75
Ilustración 10. Humedad Relativa Incubadora Abierta 2.....	75
Ilustración 11. Flujo de Aire Incubadora Abierta 2.....	76
Ilustración 12. Sonido Incubadora Abierta 2.....	76
Ilustración 13. Temperatura Incubadora Abierta 3.....	78
Ilustración 14. Humedad Relativa Incubadora Abierta 3.....	79
Ilustración 15. Flujo de Aire Incubadora Abierta 3.....	79
Ilustración 16. Sonido Incubadora Abierta 3.....	80
Ilustración 17. Temperatura Incubadora Abierta 4.....	82
Ilustración 18. Humedad Relativa Incubadora Abierta 4.....	82
Ilustración 19. Sonido Incubadora Abierta 4.....	84
Ilustración 20. Temperatura Incubadora Cerrada 1.....	86
Ilustración 21. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 1.....	87
Ilustración 22. Sonido Incubadora Cerrada 1.....	89

Ilustración 23. Temperatura Incubadora Cerrada 2.	91
Ilustración 24. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 2.	92
Ilustración 25. Sonido Incubadora Cerrada 2.	94
Ilustración 26. Temperatura Incubadora Cerrada 3.	96
Ilustración 27. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 3.	97
Ilustración 28. Sonido Incubadora Cerrada 3.	99
Ilustración 29. Temperatura Incubadora Cerrada 4.	101
Ilustración 30. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 4.	102
Ilustración 31. Sonido Incubadora Cerrada 4.	104
Ilustración 32. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 1.	105
Ilustración 33. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 2.	106
Ilustración 34. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 3.	107
Ilustración 35. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 4.	107
Ilustración 36. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 1.	108
Ilustración 37. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 2.	109
Ilustración 38. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 3.	109
Ilustración 39. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 4.	110
Ilustración 40. Simulación Flujo de Aire en SolidWorks.	111
Ilustración 41. Orientación de Vista Trimétrica de la Simulación.	112

I. INTRODUCCIÓN

Es crucial monitorear constantemente el funcionamiento de las incubadoras neonatales debido a la función riesgosa que desempeñan al proporcionar condiciones especiales preestablecidas para el buen crecimiento del neonato. Por lo tanto, se comprende que es necesario verificar su rendimiento periódicamente, según lo indicado en el manual del fabricante.

En este proyecto se llevará a cabo un análisis del rendimiento de las incubadoras neonatales en diversas variables, con el objetivo de examinar si ciertas condiciones pueden afectar al neonato. Se utilizará un analizador para verificar si la incubadora perjudica o no al recién nacido.

Los analizadores tienen un papel crucial en el funcionamiento de los equipos médicos, asegurando su uso seguro y un diagnóstico preciso para el paciente, así como prolongando la vida útil de la tecnología médica.

En el futuro, se establecerá un plan rutinario que incluirá la utilización del analizador en intervalos determinados para garantizar que todos los parámetros (temperatura, humedad, sonido y circulación de aire dentro de la incubadora) estén en el rango correcto, tal y como lo establece el fabricante. Por lo general, se realizará esta verificación cada 6 o 12 meses.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo brinda una breve introducción sobre el tema central de la investigación, el problema a resolver y la importancia de esta. Adicionalmente se analizaron algunos trabajos previos realizados con un enfoque similar indicando los resultados que se obtuvieron en estos. Finalmente, se plasmaron las preguntas de investigación ligadas directamente a los objetivos que se pretenden alcanzar al finalizar el trabajo.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Los análisis de desempeño de los equipos médicos es una metodología de evaluación muy utilizada en la actualidad en el campo de la salud. Para desarrollar los análisis de desempeño se utilizan analizadores correspondientes a cada equipo médico en específico, pero se puede incluir otros instrumentos de medición y otras metodologías para poder respaldar más estos análisis de desempeño. De esta manera se pueden convertir en estudios más completos y mejor desarrollados, logrando también comprobar los datos obtenidos por los analizadores y verificar que estos sean correctos y fiables.

En diversos estudios previos se ha enfatizado la importancia y la necesidad de dispositivos que permitan visualizar con mayor precisión los parámetros críticos en una incubadora neonatal. Hasta el año 2016, los analizadores de las incubadoras neonatales disponibles en el mercado no cumplían con todas las especificaciones requeridas, lo que resultaba en análisis de funcionamiento inadecuados y poca precisión en la verificación del equipo médico de alto riesgo. La empresa FLUKE Biomedical ha trabajado en actualizar los modelos en los últimos años para mejorar el rendimiento de esta tecnología médica avanzada. (Rincón Casado et al., 2021)

El objetivo es proporcionar a los neonatos un ambiente más confiable en momentos críticos de su desarrollo, ya que una incubadora en mal estado o que no se encuentra dentro de los rangos establecidos puede poner en riesgo la salud del neonato y prolongar su estancia en el hospital. (Uribe, 2016)

Según Rincón Casado et al. (2021) en 2015 un grupo de investigadores de la Universidad Complutense de Madrid, en colaboración con otras instituciones, diseñó un algoritmo que

controla y mantiene estable la temperatura en el interior de una incubadora neonatal en función de los parámetros del recién nacido y del dispositivo. Este modelo personalizable se ajusta a las características individuales del neonato, como la edad gestacional, edad postnatal, peso y longitud, y tiene en cuenta las condiciones térmicas transitorias.

En 2016, se presentó un modelo matemático multinodos para el sistema termorregulador de los recién nacidos, que modelaba los procesos de transferencia de calor en los tejidos y en la superficie corporal. Un pequeño estudio piloto demostró la capacidad del modelo para simular respuestas dinámicas y termorreguladoras con buena concordancia entre los datos medidos y el modelo.

En el prototipo utilizado en el estudio, se empleó una incubadora Ohio Care Plus 3000 que tiene una tapa abatible de apertura total y una parte frontal con aberturas en forma de elipse para la manipulación diaria del recién nacido.

La incubadora funciona como una campana en la que se introduce aire caliente y humidificado para alcanzar una temperatura de 36 grados Celsius y un 65-90% de humedad cuando el neonato no es capaz de regular su temperatura corporal, y disminuye a 30-33 grados Celsius y 50% cuando el neonato es capaz de regular su temperatura.

El sistema de calentamiento de la incubadora cuenta con una resistencia eléctrica a través de la cual se insufla aire mediante un ventilador para lograr una distribución homogénea y un correcto funcionamiento desde el punto de vista del confort del neonato.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, los ingenieros biomédicos utilizan analizadores específicos para realizar pruebas en los distintos equipos médicos dentro del ámbito de la salud. Cada equipo médico tiene su propio analizador, diseñado para examinar y estudiar sus características de manera precisa. Un ejemplo de ello es el analizador de incubadora Incu II de Fluke Biomedical, utilizado para evaluar la temperatura, humedad y otros parámetros críticos en las incubadoras neonatales.

Aunque estos analizadores se utilizan principalmente para evaluar el funcionamiento de las incubadoras, es posible adaptar nuevos dispositivos de medición y utilizar análisis estadísticos y

simulaciones para obtener diagnósticos más completos y precisos sobre el comportamiento de estos equipos esenciales para la atención de los neonatos. Lo anterior, se convierte en el génesis de esta presente investigación que pretende incorporar técnicas y análisis multidimensional a un equipo como la incubadora cerrada y abierta.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El análisis de incubadoras neonatales no solo es importante para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, sino que también puede tener un impacto significativo en la calidad de atención médica que se brinda a los neonatos. Un equipo bien calibrado y en buen estado puede garantizar un ambiente estable y seguro para el recién nacido, lo que puede contribuir a la recuperación y mejora de su estado de salud.

Asimismo, la tecnología utilizada en las incubadoras neonatales está en constante evolución y mejora, por lo que es necesario estar al tanto de los avances y actualizaciones en el campo para mantener los equipos actualizados y en óptimas condiciones. De esta manera, se pueden asegurar los mejores resultados posibles para los pacientes y se puede mejorar la eficiencia y eficacia del equipo médico.

La importancia de las incubadoras neonatales en la atención médica de los neonatos es incuestionable, y su correcto funcionamiento es fundamental para garantizar la salud y bienestar de los pacientes. Por ello, el uso de analizadores de incubadoras neonatales y otros métodos de análisis y medición es esencial para detectar y prevenir cualquier posible falla o desviación. Además, es importante estar al tanto de los avances en la tecnología utilizada en estas incubadoras para mantener los equipos actualizados y en óptimas condiciones.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la situación actual, conceptos y teorías que fundamentan la implementación de los análisis de desempeño y técnicos de las incubadoras neonatales?
2. ¿Qué metodologías son las más adecuadas para la investigación y para el estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso?

3. ¿Qué pruebas y mediciones se pueden hacer con un analizador de incubadoras y una cámara termográfica en las ocho incubadoras disponibles en el Hospital El Progreso?
4. ¿Qué nivel de validación de datos puede ser aplicado a los datos obtenidos mediante simulaciones de software y análisis estadístico?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Examinar el comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso con empleo de dispositivos de medición, simulaciones y análisis estadístico.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la situación actual, conceptos y teorías que fundamenten los análisis de desempeño y técnicos de las incubadoras neonatales.
- Identificar las metodologías más adecuadas para la investigación y estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso.
- Efectuar un análisis y mediciones a las ocho incubadoras disponibles en el Hospital El Progreso utilizando analizador de incubadoras y cámara termográfica.
- Aplicar métodos de validación a los datos obtenidos por medio de simulaciones de software y análisis estadístico.

III. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se aborda la problemática a través de un análisis detallado de la situación actual, considerando dos perspectivas: el macroentorno y el microentorno. Con el objetivo de brindar al lector un contexto completo, se recopila información relevante sobre conceptos clave necesarios para comprender el proyecto en su totalidad, así como sobre metodologías utilizadas por otros autores en investigaciones similares a la presente.

3.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

En esta sección, se presentará un análisis detallado de la situación actual en el campo del mantenimiento, pruebas y estudios de las incubadoras neonatales, con un enfoque específico en el ámbito de la salud.

3.1.1 MACROENTORNO

En esta sección, se pretende destacar la situación actual a nivel mundial en cuanto al análisis de equipos médicos, con el propósito de entender cómo otras naciones están abordando las problemáticas relacionadas con este tema, en particular el análisis, mantenimiento y gestión de dichos equipos.

3.1.1.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EQUIPOS MÉDICOS

Según Pinho et al. (2023) los equipos médicos se caracterizan por un flujo constante de innovaciones, que está transformando la prestación de atención médica. Esto crea la necesidad de que las organizaciones de salud incorporen metodologías para apoyar la gestión del mantenimiento de estos equipos. En este contexto, Luz Saúde, Holding es uno de los mayores grupos sanitarios de Portugal, pretende complementar el programa de gestión de mantenimiento de equipos médicos del mayor hospital de su red, el Hospital da Luz Lisboa.

Con este objetivo, se va a desarrollar una herramienta de ayuda a la decisión para evaluar el estado de mantenimiento de los ventiladores médicos y recomendar un plan de acción. Para ello, se aplicará una metodología de ayuda a la decisión multicriterio, utilizando el método Electre Tri-nC.

En interacción con los tomadores de decisiones, se construirá un modelo utilizando doce criterios para asignar ventiladores a una de las cinco categorías ordenadas que representan la condición actual (excelente, muy buena, buena, adecuada y mala). La mayoría de los ventiladores médicos en el análisis se consideraron en condiciones adecuadas o buenas de mantenimiento, lo que fue consistente con las expectativas de los tomadores de decisiones.

Un análisis detallado de los resultados evidenció la robustez del modelo. Este estudio constituye el primer paso hacia el uso de metodologías multicriterio para apoyar los procesos de decisión en el Hospital da Luz Lisboa.

Durante las últimas décadas, uno de los mayores logros humanos ha sido el notable aumento de la esperanza de vida. En consonancia con esta realidad, Lichtenberg atribuyó una parte significativa de la notable mejora en este resultado de salud a la investigación e innovación biomédica.

Ciertamente, en lo que respecta a los resultados de salud en general, el impacto del progreso tecnológico no se puede subestimar, ya que los avances médicos han permitido una mejor prestación de atención, una mejor evaluación y seguimiento de los pacientes, un mayor acceso a la información e incluso la reducción del costo de los tratamientos. entre muchos otros beneficios.

En cuanto a las tecnologías de la salud, en particular los dispositivos médicos, la Organización Mundial de la Salud ha enfatizado que estos son esenciales para equipar a los proveedores de atención médica con las herramientas indispensables para el logro de los objetivos de desarrollo relacionados con la salud, aunque reconoce los desafíos económicos y técnicos que representan para los sistemas de salud.

En consecuencia, en 2007, la Organización Mundial de la Salud (OMS) adoptó la resolución WHA60.29, en la que se establece el impulso de la expansión de la experiencia en el campo de las tecnologías de la salud y el establecimiento de sistemas para la evaluación, planificación, adquisición y gestión. de tecnologías sanitarias, en particular de dispositivos médicos.

La Organización Mundial de la Salud define dispositivo médico como un artículo, instrumento, aparato o máquina que se utiliza en la prevención, diagnóstico o tratamiento de

enfermedades o dolencias, o para detectar, medir, restaurar, corregir o modificar la estructura o función del cuerpo para algún propósito de salud.

En cuanto a los equipos médicos, se puede considerar una especificación de la anterior, ya que los equipos médicos son dispositivos médicos que se utilizan para fines específicos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o rehabilitación después de una enfermedad o lesión. Estos no incluyen dispositivos médicos implantables, desechables o de un solo uso y pueden usarse individualmente o en combinación con otros equipos médicos, accesorios o consumibles.

El hecho es que, en los últimos años, las innovaciones en equipos médicos han revolucionado el sector de la salud. Además, hay que tener en cuenta el enorme impacto que ha tenido la pandemia de COVID-19 (Sars-Cov-2) en los sistemas de salud de todo el mundo y las consecuencias que tendrá durante muchos años.

Por esta razón, se ha vuelto cada vez más importante centrarse en la implementación de metodologías que respalden la gestión de equipos médicos en entornos de atención médica, optimizando así la prestación de atención médica y participando en una planificación más eficiente del ciclo de vida de estos dispositivos.

Es en este contexto que el holding de uno de los principales actores de las corporaciones privadas de salud en Portugal, Luz Saúde, pretende complementar su programa de gestión de mantenimiento de equipos médicos, en particular, la evaluación de la funcionalidad de los equipos. En consecuencia, se desarrolla el presente estudio, introduciendo un método para la clasificación del estado de mantenimiento de los ventiladores médicos en el Hospital da Luz Lisboa, el mayor hospital de la red Hospital da Luz. Es importante señalar que los ventiladores médicos no solo son un grupo crítico de equipos médicos para el hospital en cuestión, sino también dispositivos esenciales en la lucha contra el COVID-19.

3.1.1.2 DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA EL ANÁLISIS SOSTENIBLE DE EQUIPOS MÉDICOS EN ENTORNOS DE ESCASOS RECURSOS

La tecnología de ingeniería juega un papel fundamental en la prestación de atención médica en países de escasos recursos al proporcionar una infraestructura para mejorar los resultados de los pacientes. Sin embargo, la sostenibilidad de estas tecnologías es difícil en estos entornos a menudo debido a los recursos o la capacitación limitados. Se establece que la sostenibilidad de los equipos médicos y de laboratorio en los países en desarrollo y consta de cuatro pasos:

- 1) Establecer relaciones confiables en el país con las partes interesadas.
- 2) Identificar las necesidades de soluciones sostenibles a nivel local
- 3) Explorar posibles soluciones y evaluando sus relaciones esfuerzo-impacto.
- 4) Trabajar con socios estratégicos para implementar soluciones con métricas de desempeño claras. Al centrarse en la sostenibilidad del equipo donado en lugar del equipo en sí, este método presentado se distingue de otros esfuerzos filantrópicos en el campo al buscar establecer hábitos de mantenimiento preventivo que pueden afectar los resultados clínicos de una comunidad a largo plazo.

(Webber et al., 2020)

3.1.1.3 INGENIERO CLÍNICO

Según Benyó (2006) el objetivo de la Formación en Ingeniería Biomédica es formar especialistas con un segundo diploma que tengan, además de su formación en ingeniería, medicina o biología, un conocimiento teórico y práctico interdisciplinario de alto nivel y capacidad para aplicarlo, por lo que pueden ser empleado en una amplia gama de campos de la ingeniería biomédica, tanto de naturaleza teórica como práctica.

El Programa de Educación en Ingeniería Biomédica (BMEEP) se propone satisfacer estas necesidades diversificadas al impartir un amplio horizonte de conocimientos básicos, especializarse en campos especiales y profundizar la experiencia en los campos seleccionados por los estudiantes. BMEEP prepara a los estudiantes para los siguientes campos de actividad:

1. Diseño, fabricación, instalación y operación de equipos biomédicos. Técnicas de medida de procesos fisiológicos, análisis asistido por ordenador de señales biomédicas.
2. Investigación, desarrollo, prueba y fabricación de medicamentos, agentes y sustancias medicamentosas. Desarrollo de procedimientos farmacéuticos.
3. Examen de bioingeniería de accidentes, casos ortopédicos, rehabilitación y actividades deportivas. Elaboración de tendencias de desarrollo. Diseño y fabricación de materiales y aparatos auxiliares médicos.
4. Aseguramiento de los antecedentes tecnológicos instrumentales y de medida de la investigación biomédica. Desarrollo y operación de grandes equipos de laboratorio de rutina, tecnologías, analizadores automatizados y robots.

Linsenmeier & Saterbak (2020) establece que la educación de pregrado en ingeniería biomédica (BME) y bioingeniería (BioE) existe desde hace más de 50 años. Ha sido importante en la configuración del campo en su conjunto. Los primeros programas de pregrado se desarrollaron poco después de los programas de posgrado de BME, ya que las universidades buscaban capitalizar el interés de los estudiantes y las ventajas prácticas de tener departamentos de BME que pudieran controlar sus propios recursos y planes de estudios.

A diferencia de otros campos de la ingeniería, BME no se basó inicialmente en un mercado de graduados en industria, aunque posteriormente los graduados de BME han encontrado muchas oportunidades. Los programas de pregrado de BME explotaron en la década de 2000 con fondos de la Fundación Whitaker y recursos de otras agencias como el Instituto Nacional de Imágenes Biomédicas y Bioingeniería.

El número de programas parece estar llegando a una meseta, con 118 programas acreditados en los Estados Unidos en la actualidad. Mostramos que hay un núcleo de material que se espera que la mayoría de los estudiantes de pregrado conozcan, que es diferente de la base de conocimientos de otros ingenieros no solo en términos de biología, sino también en la amplitud de la ingeniería. También revisamos el papel de importantes organizaciones y conferencias en el crecimiento de BME, las características especiales de la educación de BME, las primeras ubicaciones de los graduados de BME y algunos desafíos para abordar en el futuro.

Los programas de grado de BME se remontan a 50 años, por lo que es hora de dejar de referirse a BME como un campo nuevo y dejar que se una a las filas de otros campos de ingeniería como un igual. Según los datos de la Fundación Whitaker, los programas de pregrado que otorgan títulos no acreditados comenzaron en 1966 y el primero de ellos, en la Universidad de Duke y el Instituto Politécnico Rensselaer, se acreditaron en 1972.

La justificación para el desarrollo de los primeros programas de ingeniería biomédica fue algo diferente a la de otros campos de la ingeniería, que surgieron de la necesidad de que los ingenieros sirvieran a industrias específicas. Por ejemplo, la ingeniería eléctrica surgió de la industria de la energía y la luz a medida que la producción y distribución de energía eléctrica se volvieron más complejas, y luego la industria de las telecomunicaciones fue importante para su mayor crecimiento.

La ingeniería mecánica comenzó formalmente con la revolución industrial y la maquinaria asociada que funcionaba con máquinas de vapor. La ingeniería química comenzó a finales del siglo XIX con la producción de productos químicos a escala industrial. Ninguno de estos campos es tan estrecho y centrado en la industria como antes, pero sus orígenes aún están claros en sus planes de estudio básicos de pregrado.

Por el contrario, las industrias de dispositivos médicos y biotecnología no crearon una necesidad que los ingenieros biomédicos cubrieran. Las empresas biomédicas dependían de ingenieros en los campos que ya existían y, por supuesto, todavía lo hacen para muchas funciones de ingeniería. En cambio, la ingeniería biomédica comenzó en el mundo académico cuando los ingenieros de los departamentos "tradicionales" se interesaron en los problemas biomédicos.

Para abordar con éxito estos problemas de investigación, la facultad necesitaba estudiantes graduados que supieran fisiología y otras ciencias biomédicas, así como métodos de ingeniería y análisis cuantitativo. Esta nueva educación de posgrado de BME alineó a profesores de ingeniería, estudiantes y profesionales médicos que tenían algunos intereses comunes, tanto para realizar investigaciones básicas como para inventar o mejorar dispositivos médicos.

Los programas de posgrado comenzaron en la década de 1960 y crecieron a medida que más ingenieros dirigieron su atención a los problemas de fisiología y medicina. Así, los doctores

de BME surgieron de las universidades en ausencia de un nicho claro en la industria. En la década de 1970, al mismo tiempo que los primeros programas educativos, comenzó a darse un mayor reconocimiento de que se necesitaba ingeniería biomédica, o al menos más ingeniería aplicada a la medicina. La Academia Nacional de Ingeniería concluyó que:

- Sin embargo, incluso en los Estados Unidos, se observa con frecuencia que existe una brecha considerable entre el estado del arte de las diversas disciplinas de la ingeniería y la ingeniería que se aplica realmente a los problemas de la medicina y la biología.
- La existencia de esta brecha en un mundo que lleva al hombre a la luna y transmite televisión en color en vivo de manera instantánea de continente a continente y, además, en un área (la salud) en la que cada miembro de la raza humana tiene un juego muy importante sería asombroso si no fuera tan extendida y de tan larga data.

Debido al carácter orgánico e investigativo por el que surgieron los distintos programas, estos tomaron el cariz de los ingenieros que los dirigían, generalmente eléctricos o mecánicos y, posteriormente, químicos. La mayoría de estos ingenieros fueron entrenados en esas disciplinas de la ingeniería. Había puentes hacia la biología y la medicina, pero la integración real aún se estaba desarrollando.

La ingeniería biomédica es importante para las industrias de dispositivos biomédicos y biotecnología, especialmente porque superan los límites para desarrollar soluciones diagnósticas y terapéuticas más complejas para problemas médicos. Dentro de esas industrias, existe una amplia variedad de entornos y especialidades en los que se pueden emplear ingenieros biomédicos, y el potencial de los ingenieros biomédicos parece grande, pero es difícil de medir y es realmente desconocido.

La Oficina de Estadísticas Laborales (BLS) del Departamento de Trabajo de EE. UU. tiene perfiles que contienen información sobre la preparación educativa recomendada, así como proyecciones de empleo para muchas ocupaciones, incluidos los ingenieros biomédicos. El perfil de ingeniería biomédica indica que en 2018 hubo un total de 19.800 puestos de trabajo de ingeniería biomédica, y se proyecta un crecimiento total del 4% de 2018 a 2028, que es similar al crecimiento proyectado en todos los puestos de trabajo. (Esto se revisó a la baja del 7% que se

otorgó en 2016). Sin embargo, esto equivale a un total de solo 800 nuevos puestos de trabajo durante 10 años, muy por debajo del número anual de BS BME que parecen aceptar puestos de trabajo, que es al menos 2000 por año.

Un intercambio de correos electrónicos con un representante del BLS no brindó claridad sobre la metodología para llegar a esta proyección, y los autores la consideran poco confiable. Los graduados de BME en la industria son probablemente más difíciles de contar que otros tipos de ingenieros, y no está claro cómo se podría obtener una proyección precisa.

Algunos graduados de BS que aceptan trabajos en la industria pueden ser definidos como ingenieros biomédicos por sus empresas, pero la mayoría de ellos trabajan en capacidades (por ejemplo, regulación, calidad, diseño, fabricación) que requieren al menos algunos de sus conocimientos de ingeniería biomédica, pero tienen títulos distintos de "ingeniero biomédico". Además, algunos estudiantes aceptan trabajos en otros campos de la ingeniería o en puestos más centrados en los negocios, como consultoría o finanzas, o trabajos en agencias gubernamentales.

3.1.2 MICROENTORNO

Desde una perspectiva de microentorno, es posible observar que el análisis de dispositivos médicos en Latinoamérica presenta importantes desafíos y oportunidades. En la región centroamericana, se destaca una situación particularmente preocupante, donde Honduras enfrenta desafíos significativos para garantizar la seguridad y eficacia de los dispositivos médicos utilizados en el país.

Entre los principales desafíos en Honduras, se encuentra la falta de una regulación efectiva y mecanismos de control adecuados para garantizar la calidad de los dispositivos médicos utilizados en el país. Esto representa un obstáculo importante para el desarrollo de la industria médica en Honduras y para la protección de la salud de los pacientes.

3.1.2.1 IMPORTANCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA MÉDICA

Resulta inviable disponer de un equipo en Honduras si no hay alguien disponible para repararlo. Incluso si el problema es tan simple como reemplazar un fusible de 0.10 dólares, el equipo no se puede considerar en buen estado si no se cuenta con personal capacitado para identificar y solucionar el problema. Es fundamental contar con un equipo especializado en este campo, conformado por técnicos e ingenieros biomédicos, especialmente en el caso de equipos médicos donde la vida de adultos y neonatos depende de ellos. (Mantenimiento, s. f.)

3.1.2.2 DISPOSITIVOS MÉDICOS

Según la Organización Panamericana de la Salud (s. f.) los dispositivos médicos se consideran un componente fundamental de los sistemas de salud; los beneficios que pueden proporcionar continúan aumentando ya que son esenciales para prevenir, diagnosticar, tratar y rehabilitar enfermedades de una manera segura y efectiva. Los pasos que implican la fabricación, regulación, planificación, evaluación, adquisición y administración de dispositivos médicos son complejos pero esenciales para garantizar su calidad, seguridad y compatibilidad con los entornos en los que se utilizan.

Los dispositivos médicos en particular son cruciales en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como en la rehabilitación del paciente. Una tecnología de salud es "cualquier intervención que pueda usarse para promover la salud, prevenir, diagnosticar o tratar enfermedades o para rehabilitación o atención a largo plazo". Las estrategias apropiadas de la Gestión de Tecnologías Sanitarias y Evaluación de Tecnologías Sanitarias (ETS) permiten a los países en desarrollo y emergentes contextualizar el conocimiento global, apoyar la toma de decisiones transparente y responsable y promover la equidad en salud.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), a través de la Unidad de Medicamentos y Tecnologías Sanitarias, brinda apoyo y fortalece la capacidad de los países de la Región de las Américas en los temas de Regulación de dispositivos médicos, ETS; a través de reuniones y talleres

regionales, cooperación técnica, intercambio de información, capacitación a través de cursos en línea, entre otros.

La OPS colabora con los Estados Miembros en la creación y fortalecimiento de la Capacidad Reguladora de dispositivos médicos de la Región de las Américas; con el fin de garantizar la calidad, seguridad y eficacia de los productos que son utilizados por la población. La OPS ha promovido la armonización de los requisitos reguladores de varios países a través de reuniones regionales anuales, intercambio de información, proyectos conjuntos, capacitación y la reciente designación del CECMED como Centro Colaborador de la OPS/OMS para la para la Regulación de las Tecnologías de Salud.

3.1.2.3 REGULACIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS

ARSA en Honduras es la responsable de gestionar la cadena de suministros de medicamentos, insumos y equipos médicos asegurando. La distribución adecuada y oportuna a las unidades ejecutoras mediante planes nacionales de adquisición, almacenamiento y distribución. La Unidad de Logística de Medicamentos, Insumos y Equipamiento (ULMIE) es responsable de conducir la gestión de la cadena de suministros de medicamentos, insumos, y equipamiento destinado a la provisión de servicios de salud a través del diseño, la planificación, monitoreo y evaluación de un sistema operacional. (ULMI, s. f.)

Para el mejoramiento del proceso de compra, almacenamiento, la logística de la distribución y abastecimiento; adicionalmente es responsable de la preparación de las bases y documentos de licitación con fondos nacionales para el proceso de adquisición de medicamentos, insumo, equipos médicos e infraestructura. (ULMI, s. f.)

La Organización Panamericana de la Salud (s. f.) establece que el mercado de dispositivos médicos ha crecido aceleradamente durante los últimos años; siguiendo las tendencias tecnológicas de los mercados del sector salud, que buscan mejorar el bienestar de las personas, en la actualidad no se sabe con exactitud cuántos tipos diferentes de dispositivos médicos existen en el mundo, se calcula que este número es mayor a 10, 000. En la Región de las Américas, los mercados emergentes de dispositivos médicos son de gran relevancia; en varios países este sector ha experimentado una tasa de crecimiento anual muy rápida.

Con pocas excepciones, los países importan más del 80% de sus dispositivos médicos; debido a todo esto, los países deben tener como prioridad el asegurar la seguridad de los pacientes y su acceso a dispositivos médicos de alta calidad, seguros y eficaces.

Actualmente, las Autoridades Reguladoras disponen de una inmensa variedad de opciones en cuanto a nuevos dispositivos médicos en el mercado, cada vez más perfeccionados y complejos; sin embargo, las autoridades también deben considerar la complejidad tecnológica de los dispositivos; un mercado más global y competitivo; el aumento de la comercialización de equipos usados y remanufacturados; la donación de dispositivos; la reutilización de dispositivos de un solo uso.

El uso cada vez mayor de dispositivos en consultorios y a nivel domiciliario; pacientes con mayor acceso a información; el débil soporte de servicio técnico posterior a la venta; la necesidad de establecer programas de vigilancia postcomercialización además del reto de prestar de servicios y tratamientos de buena calidad en función de dispositivos médicos costo-efectivos.

La correcta regulación de los dispositivos médicos garantiza el acceso a productos de alta calidad y eficaces; además, asegura beneficios a la salud pública y la seguridad de pacientes, trabajadores de la salud y comunidades. Por otro lado, restringe el uso de aquellos productos que no son seguros o que tienen uso clínico limitado.

3.1.2.4 GESTIÓN DE TECNOLOGÍA SANITARIAS

Según la Organización Panamericana de la Salud (s. f.) la entrega exitosa de la atención de la salud depende en gran medida de los equipos médicos; por lo tanto, la Gestión de Equipo Médico (GEM) es un área muy importante dentro de los Sistemas de Salud. Esta área requiere de la participación del personal de distintas disciplinas como: técnica, clínica, financiera, administrativa, etc.

En países desarrollados, la GEM incluye la designación de una unidad de profesionales capacitados en el manejo y gestión apropiados del equipo médico bajo su cargo. Esto favorece un mejor uso de las tecnologías, así como una mayor eficiencia y efectividad dentro de los hospitales. El tema de GEM todavía debe tomar impulso en América Latina; debido a ello, muchos

equipos se encuentran subutilizados, descompuestos, o abandonados por falta de personal capacitado que los gestione correctamente.

La OPS, a través de la Unidad de Medicamentos y Tecnologías Sanitarias, promueve y facilita la adopción de una adecuada Gestión de Equipo Médico en los países de la Región de las Américas a través de asesoría técnica, capacitación por medio de cursos virtuales, participación en redes de cooperación regionales, difusión de documentos, entre otros y contando con el apoyo de CENETEC como Centro Colaborador OPS/OMS en Tecnología de la Salud; además, la OPS reconoce el impacto relevante de las Unidades de Ingeniería Biomédica/Clínica en la calidad de los servicios de atención en salud por lo que fomenta su incorporación en los establecimientos de atención de la salud.

3.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Con el objetivo de asegurar un correcto entendimiento de algunos términos utilizados tanto en la sala de neonatología como en el aspecto de la tecnología médica, es necesario comprender el significado de estos. A continuación, se describen algunos términos relevantes.

3.2.1 NEONATAL

Neonatología: Es la rama de la medicina que comprende el estudio y la asistencia de las primeras horas de vida de los recién nacidos, que se consideran cruciales para determinar posibles complicaciones futuras y reaccionar ante ellas. Molina, (2012)

Neonato: Un recién nacido a término es un bebé que nace a las 37 semanas o más de gestación. Se evalúa al neonato a término en la sala de parto inmediatamente después de su nacimiento a fin de asegurar que no requiera apoyo respiratorio o circulatorio, no presente traumatismos relacionados con el parto o anomalías congénitas que no requieran atención inmediata y esté cursando por la transición esperada a la vida extrauterina. (Elisabeth L. Raab & Lisa K. Kelly, 2021)

Unidad de Neonatología: Es la sección del hospital que se encarga de la asistencia y cuidado del neonato o recién nacido. Incluye la asistencia en el momento del parto, la atención de los recién nacidos que están con sus madres en la maternidad y la de aquellos neonatos enfermos que necesitan cuidados médicos. (*Unidad neonatal*, s. f.)

3.1.1.2 TECNOLOGÍA MÉDICA

Incubadora neonatal: Es un equipo médico con un recinto en el que los bebés recién nacidos se mantienen en un ambiente donde se controlan la temperatura, la humedad y el flujo de oxígeno para su observación y cuidado. (Tiam Kapen et al., 2020)

Incubadora cerrada: Consta de un caparazón transparente lo que permite aislar al paciente sin perder contacto visual con él, con el fin de proporcionarle un medio ambiente con temperatura y condiciones preestablecidas esto para favorecer el desarrollo del neonato (prematuro, término o enfermo). (Pardell, s. f.)

Incubadora abierta: Permite el acceso inmediato al recién nacido, facilita la realización de procedimientos durante los primeros momentos de vida del bebé, manteniéndolo en óptimas condiciones ambientales. (*INCUBADORA ABIERTA O SERVOCUNA MEDIX SM401 – EQUITRONIC S.A., s. f.*)

Analizador de incubadora: Es un dispositivo portátil que verifica el funcionamiento y el entorno de las incubadoras de bebés, las incubadoras de transporte y los calentadores radiantes. El analizador verifica los parámetros que son importantes para el cuidado de los bebés con el tiempo. Estos parámetros incluyen: temperatura, flujo de aire, sonido y humedad. (Fluke Biomedical, 2015)

3.2.2 TERMOGRAFÍA

Cámara termográfica: Se utiliza para realizar una inspección rápida de equipos eléctricos, bombas, motores, sistemas de construcción o climatización y equipos de control de procesos, así como para identificar puntos calientes y fríos que puedan constituir los primeros indicios de problemas. (*Cámara termográfica portátil compacta | Cámara termográfica de bolsillo PTi120, s. f.*)

Análisis termográfico: El análisis ofrece la posibilidad de detectar problemas durante fases tempranas, explorando la zona con una cámara de infrarrojos (también denominada cámara termográfica). (*Termografía, s. f.*)

3.2.3 SOFTWARES

SolidWorks: Es un software CAD de la marca de Dassault Systèmes, es líder mundial en soluciones 2D y 3D que contribuyen al éxito de millones de ingenieros y diseñadores a través de la innovación. Sus productos proporcionan una experiencia intuitiva en el diseño del producto, simulación, publicación, administración de datos y evaluación ambiental de la repercusión. (*Acerca de SOLIDWORKS - 2023 - Ayuda de SOLIDWORKS, s. f.*)

Simulación de flujo de aire: SOLIDWORKS Flow Simulation es una herramienta que permite la simulación de flujo de aire paramétrico, y ayuda a calcular el rendimiento del producto a través de estudios hipotéticos que le permiten llevar a cabo la optimización utilizando los resultados. (*SOLIDWORKS Flow Simulation, 2017*)

Minitab: Es un software de estadística líder en el mercado, flexible y fácil de usar, ayuda a explorar e investigar sus datos. Minitab cuenta con los métodos estadísticos que se necesitan para convertir los datos en conocimiento, descubrir insights, hacer predicciones y mejorar sus resultados. (*Minitab, s. f.*)

Análisis estadísticos: Es una parte de las matemáticas especializadas en como recolectar, organizar, resumir, presentar y analizar unos datos con un propósito en mente. (López Moreno, 2021)

3.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

Este apartado se exponen diferentes teorías de sustento que están vinculadas con las metodologías que se aplicarán en la investigación. La teoría de sustento implica exponer y analizar teorías, conceptos, investigaciones previas y antecedentes en general que se consideren válidos para enmarcar correctamente la investigación.

3.3.1 EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍA SANITARIA

Se entiende que las tecnologías sanitarias y los medicamentos deben ser evaluados para garantizar que su uso represente cierta relevancia en el ámbito de la salud. El (Ministerio de Salud, 2019) de Uruguay realizó una categorización de priorización de tecnologías sanitarias dividiendo esta categorización de la siguiente manera:

- Pertinencia
- Relevancia
- Impacto
- Concordancia con objetivos sanitarios
- Aplicabilidad de la tecnología
- Demandas de la sociedad

Primero, el propósito de la pertinencia es determinar si la tecnología propuesta se adapta a la población y sus necesidades. Se destaca que dependiendo del puntaje que reciba esta propuesta de tecnología puede llegar a rechazarse o no.

Segundo, la relevancia busca asegurarse de que la tecnología propuesta sea relevante para la salud de la comunidad. Para determinar esta relevancia se suelen abarcar ciertos puntos, por ejemplo, la incidencia que tiene esta tecnología, la gravedad de la enfermedad exige que se tenga esta tecnología y la equidad que destaca como la tecnología sanitaria propuesta contribuye a reducir las brechas que existen de salud entre los diferentes segmentos de la población.

Tercero, el impacto se divide en dos puntos los cuales son el impacto sanitario y el impacto económico. El impacto sanitario es el impacto que tendrá la tecnología sanitaria en la salud de la población, es decir, abarca la necesidad de obtener esta tecnología para satisfacer las necesidades y beneficiar a la mejoría de la enfermedad a tratar por la misma. El impacto económico se refiere a el impacto que tendrá la tecnología sanitaria en la economía del país, es decir, se destacan los costos que tendrá el ingreso de la tecnología y el impacto presupuestario que tendrá en el Sistema de Salud.

Cuarto, en la concordancia con los objetivos sanitarios se establece que las tecnologías sanitarias deben responder a la Política Nacional de Salud o a los objetivos nacionales propuestos por el Sistema de Salud, en este punto se verifica si la tecnología cumple con los objetivos y políticas para poder asegurarse de que sea una correcta adquisición y pueda producir cambios positivos en el tratamiento de enfermedades o diagnósticos de estas.

Quinto, la aplicabilidad de la tecnología tiene como propósito estudiar si existen las condiciones necesarias para poder incorporar la tecnología sanitaria. Este punto se enfoca en analizar si hay suficiente personal capacitado para poder operar con el equipo o si se pueden realizar capacitaciones a los mismos, si hay una capacidad organizacional que asegure que la incorporación de la tecnología sanitaria será segura y que no vaya a generar repercusiones futuras y si se cuenta con el equipamiento e infraestructura necesarios para poder contar con esta tecnología sanitaria.

Sexto, las demandas de la sociedad abarcan demandas individuales, es decir, pacientes que asisten a una corte a hacer una demanda o reclamo por la falta de esta tecnología y las demandas sociales que son solicitudes documentadas por parte varios grupos de pacientes que también exigen esta tecnología para el Sistema de Salud.

3.3.2 TERMORREGULACIÓN

Según Allen (2011) la termorregulación es un factor crítico para el cuidado del recién nacido prematuro, ya que estos bebés tienen necesidades fisiológicas específicas y están más predispuestos a la pérdida de calor y la hipotermia. Mantener una termorregulación óptima en el período neonatal es de suma importancia. Por lo tanto, es esencial que los recién nacidos prematuros sean cuidados en ambientes que proporcionen una temperatura estable y controlada para prevenir la hipotermia y otros problemas de salud relacionados con la temperatura.

Una incubadora permite conservar eficazmente la temperatura de un neonato prematuro y es un elemento esencial para proporcionar un entorno térmico neutro a los neonatos pequeños y vulnerables en el entorno clínico.

Las incubadoras pueden proporcionar calor en dos modos de control: modo de control de aire y modo de servocontrol de la piel. El modo de control del aire mantendrá la temperatura del aire de la incubadora a la temperatura establecida, mientras que el modo de servocontrol de la piel controlará la temperatura de la piel del neonato utilizando una sonda de temperatura de la piel. sonda de temperatura cutánea.

La incubadora ajusta entonces la cantidad de calor y, por tanto, la temperatura de la incubadora para mantener el nivel establecido. Es necesario hacer hincapié en la importancia de la humedad, que debe añadirse a la incubadora para minimizar la pérdida transepidérmica de agua. Este aspecto del cuidado, aunque es una parte muy importante parte muy importante de la gestión de la temperatura, pero siempre debe tenerse en cuenta. Este es también el caso de otras áreas importantes no que no se tratan aquí, como el uso de bolsas de plástico en la sala de partos. de bolsas de plástico en la sala de partos.

Varios estudios han revelado la importancia del ambiente térmico y la humedad para aumentar la tasa de supervivencia de los recién nacidos enfermos, de bajo peso o prematuros. Se puede extraer información útil para determinar si un recién nacido se encuentra en estabilidad térmica. Se entiende por estabilidad térmica el estado en el que el bebé mantiene la temperatura de las estructuras profundas de su cuerpo (temperatura central o del núcleo) entre 36,8 y 37,3 1 °C, utilizando sólo la menor cantidad posible de calor generado por las reacciones metabólicas.

Además, la diferencia entre la temperatura central (T_K) y la temperatura de las extremidades del cuerpo o periférica (T_S) debe ser inferior a 1 °C. (Fraguela et al., 2015)

3.3.3 TRANSFERENCIA DE CALOR

Según (Badnjević et al., 2020) los pacientes en incubadora tienen dificultades en la regulación térmica debido a la pobre aislación térmica, una superficie relativamente grande, una pequeña cantidad de masa para actuar como disipador de calor y no tienen la capacidad de conservar el calor cambiando la posición del cuerpo.

(Picón-Jaimes et al., 2020) establece que hay cuatro mecanismos diferentes de pérdida de calor para los pacientes en incubadora que deben ser considerados al diseñar estos dispositivos médicos. Estos incluyen radiación, conducción, convección y evaporación. La pérdida de calor a través de la radiación está relacionada con la temperatura de las superficies que rodean al bebé pero que no están en contacto directo con él. La conducción ocurre a través del contacto directo con una superficie con una temperatura diferente. El calor en la incubadora se transfiere por convección cuando las corrientes de aire llevan el calor lejos de la superficie del cuerpo y la evaporación ocurre cuando se pierde agua de la piel.

La radiación se refiere al movimiento de energía en forma de rayos infrarrojos que ocurre entre el cuerpo y el ambiente externo. La cantidad de radiación emitida por el cuerpo depende de un gradiente de concentración, que se establece en función de la presencia de objetos distantes más fríos en el entorno, incluso si no están en contacto directo con la superficie corporal. Este proceso es responsable del 60% de la pérdida de calor del cuerpo, según los cálculos.

La convección implica la disipación de calor de un cuerpo a través de la transferencia de energía térmica a partículas circundantes como el aire o el agua. Estas partículas reciben calor al entrar en contacto con la superficie del cuerpo y luego son reemplazadas por partículas más frías, lo que da lugar a un ciclo continuo de intercambio de calor y una pérdida de este. Se estima que la convección puede ser responsable de hasta el 12% de la pérdida de calor.

La pérdida de calor corporal por conducción ocurre cuando objetos entran en contacto directo con la piel, lo que lleva a una transferencia de calor que equilibra la temperatura del objeto

y del cuerpo. Este proceso puede generar una pérdida de calor corporal de hasta el 3%. No obstante, si el objeto en contacto es agua fría, la pérdida de calor es mucho mayor, llegando a ser al menos 100 veces mayor que la causada por el aire frío.

La evaporación es una estrategia vital para la termorregulación del cuerpo en condiciones de temperatura ambiente elevadas que superan la temperatura central, ya que aumenta la pérdida de calor de la superficie corporal. El sudor enfría la piel y, de manera indirecta, los órganos internos. Mantener este mecanismo compensatorio requiere la ingesta de líquidos y electrolitos, principalmente cloruro y sodio. La humedad ambiental es crucial en este proceso, ya que, si está presente en niveles altos, puede impedir la evaporación del sudor y, por ende, dificultar el descenso de temperatura.

Las condiciones ambientales controladas en la incubadora se logran mediante la regulación de la temperatura, la humedad, el nivel de oxígeno, el flujo de aire y el nivel de sonido. Hay dos modos de control principales utilizados en estos dispositivos: el modo de control de temperatura del aire y el modo de control de temperatura de la piel. (Badnjević et al., 2020)

Las incubadoras se pueden dividir en dos grupos: incubadoras estacionarias e incubadoras de transporte. La diferencia entre las incubadoras de transporte y las estacionarias se refiere principalmente a la fuente de alimentación. Los requisitos de la batería para las incubadoras de transporte son más complejos que para las incubadoras estacionarias. Al diseñar incubadoras de transporte, es necesario asegurar fuentes de energía de respaldo, para que si no se dispone de corriente alterna externa, la incubadora pueda cambiar a una fuente de corriente continua externa y, si eso no está disponible, la incubadora pueda usar baterías externas como fuente de energía para proporcionar condiciones estables para el transporte del paciente. Además, la mayoría de las incubadoras de transporte solo tienen modo de control de temperatura del aire y están equipadas con equipos de salvamento. (Badnjević et al., 2020)

3.3.4 TERMoeLECTRICIDAD

El efecto termoeléctrico permite convertir el calor residual en energía eléctrica. Ya existen relojes de pulsera comerciales que funcionan con energía termoeléctrica, aprovechando la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el entorno. Combinando los efectos termoeléctrico y fotovoltaico se puede lograr una mayor eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica. La tecnología fotovoltaica absorbe alrededor del 58% de la energía solar entre 200 y 800 nm, mientras que el resto de la energía solar en el rango de 800 nm hasta aproximadamente 2500 nm se puede convertir mediante el efecto termoeléctrico. (Bensebaa, 2013)

Yeler & Koseoglu (2022) establecen que la termoeléctrica se refiere a la relación entre el calor y la electricidad. El efecto termoeléctrico es conocido por convertir directamente las diferencias de temperatura en un voltaje eléctrico o viceversa, utilizando un termopar que se construye con materiales semiconductores de tipo p y n conectados con conductores en serie. Al aplicar una diferencia de temperatura a los extremos del termopar, se genera un voltaje de corriente continua, lo que se conoce como efecto Seebeck.

Por el contrario, cuando se le aplica tensión continua, se transfiere calor de un lado a otro dependiendo de la dirección de la corriente aplicada, y se obtiene la diferencia de temperatura entre dos extremos (efecto Peltier). En la mayoría de las aplicaciones, dado que un termopar no es suficiente para proporcionar el rendimiento deseado, el módulo termoeléctrico se crea conectando los materiales semiconductores eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo. Cuando el módulo termoeléctrico se utiliza para la generación de energía, se denomina generador termoeléctrico (TEG), mientras que el módulo se denomina enfriador termoeléctrico (TEC) cuando se utiliza con fines de calefacción y refrigeración.

En aplicaciones médicas, el efecto Peltier se utiliza para realizar el enfriamiento y calentamiento mediante dispositivos que actúan como bombas de calor de estado sólido. Estos dispositivos transfieren calor de una superficie a otra según la dirección de la corriente eléctrica aplicada. A pesar de que los sistemas TEC tienen costos elevados y una baja eficiencia, son ampliamente utilizados en aplicaciones médicas especiales gracias a su capacidad para enfriar y calentar rápidamente, sin necesidad de piezas móviles y con la facilidad de reversión.

3.4 METODOLOGÍAS APLICADAS

En este apartado se expone la aplicación de las metodologías que van ligadas a la teoría de sustento y se busca resolver el problema de investigación mediante la recopilación de datos utilizando diversas técnicas, describiendo una interpretación de los datos recopilados y sacando conclusiones sobre los ellos.

3.4.1 DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA ANÁLISIS DE INCUBADORAS NEONATALES

En el mercado actual existen pocos dispositivos capaces de poder analizar todos los parámetros de una incubadora neonatal y a medida pasa el tiempo la tecnología médica avanza constantemente y se desarrollan equipos que son más precisos y evalúan más parámetros. Con referencia a lo anterior, se realizaron unos estudios para determinar los problemas que presentan las incubadoras neonatales y también destacar la importancia que tiene el desarrollo de un dispositivo que permita realizar pruebas a las incubadoras y además que proporcionen resultados más específicos, fiables y seguros.

Para el desarrollo de este dispositivo se revisaron diferentes parámetros con los cuales debe cumplir, por ejemplo, humedad, sonido, flujo de aire, temperatura y concentración de oxígeno. Todos esos parámetros son los que las incubadoras buscan proporcionarle al neonato y durante el desarrollo del dispositivo se utilizaron diferentes sensores que cumplen con estos parámetros, es decir, sensores de humedad relativa y temperatura, circuito de medición de temperatura, sensor de oxígeno, sensor de sonido, fibra de platino, entre otros.

Todos estos componentes cumplen determinadas funciones y para seleccionar estos en específico fueron analizados para poder determinar cuáles eran los más capacitados para cumplir con los parámetros más exactos.

Es evidente entonces que para el desarrollo del equipo se tuvo que realizar cierto procedimiento, Uribe (2016) establece que "para determinar los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de la verificación del funcionamiento de una incubadora neonatal, se planteó el estudio bibliográfico de causas del decaimiento de la salud en recién nacidos que permanecen en incubadoras; de este estudio bibliográfico se determinó que es necesario adicionar pruebas de

verificación al parámetro de saturación de oxígeno dentro de la incubadora así como la mejora de la exactitud del parámetro de temperatura”.

3.4.2 MONITOREO REMOTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Netto et al. (2019) desarrolló un dispositivo de bajo costo con la finalidad de poder monitorear de manera remota la temperatura y humedad de una incubadora neonatal. Este dispositivo es económico y confiable capaz de monitorear las variables anteriormente mencionadas y avisar vía web o móvil cuando se detecta una variación crítica, puede ser ampliamente utilizado en cualquier espacio que requiere temperatura y humedad monitoreadas, lo que resulta en entornos más seguros y en este caso hace más seguro el entorno de las incubadoras neonatales.

Se utilizaron componentes de bajo costo como la placa NodeMcu basada en el ESP8266 para desarrollar proyectos IoT, sensor de humedad y temperatura, LEDs, jumpers y un cargador de teléfono para poder desarrollar el dispositivo, todas las conexiones se realizaron en tablero de circuitos para poder apreciar mejor las conexiones y los componentes que utilizará el dispositivo desarrollado (Ilustración 1).

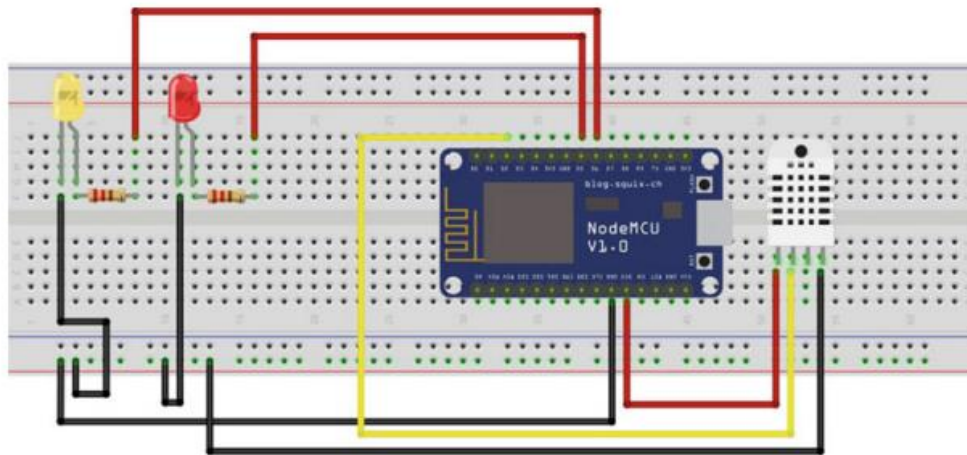


Ilustración 1. Esquema de Dispositivos en Tablero de Circuitos.

Fuente: (Netto et al., 2019)

3.4.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS DE UNA INCUBADORA NEONATAL

Ribeiro Custódio et al, (2019) destaca que en el año 1990 Jakob Nielsen y Rolf Molich desarrollaron el método de evaluación heurística el cual consiste en inspeccionar la usabilidad de un software mediante ciertos puntos establecidos en dicho método. En 2003 Jiajie Zhang se encargó de modificar el método de evaluación heurística tradicional para aplicarlo a los dispositivos médicos y de esta manera poder determinar si el dispositivo médico es seguro para el paciente a través de la identificación y evaluación de problemas de usabilidad. Hoy en día este método de evaluación es muy utilizado ya que es eficiente, de bajo costo y ayuda a poder estudiar los problemas de usabilidad y su gravedad.

En el año 2019 se realizó una investigación por un grupo de investigadores en un hospital de Brasil donde su objetivo era encontrar los principales usuarios, las tareas utilizadas con frecuencia, los principales problemas de usabilidad y el contexto de uso de una incubadora neonatal (NI) presente en una unidad de cuidados intensivos neonatales de un hospital brasileño y descubrir los problemas enfrentados por un nuevo usuario. Con respecto a los métodos que utilizaron se destaca el análisis heurístico (HA) asociado a equipos médico, la investigación contextual y las pruebas de usabilidad (UT).

Establece que la investigación se dividió en cuatro etapas:

La primera etapa ocurrió con el fabricante, que proporcionó la capacitación y los documentos del equipo al investigador (el autor RARC). Esta capacitación guio la operación, el desmontaje y el montaje de NI. Los clientes pueden tener acceso a esta capacitación tan pronto como compren el equipo.

La segunda etapa se realizó en el Laboratorio de Usabilidad y Factores Humanos (LUFH) de la Universidad Federal de Itajubá. El fabricante proporcionó un NI idéntico al modelo existente en la UCIN, cuya interfaz fue probada por cinco especialistas en usabilidad a través del método HA. Este método permite encontrar problemas de usabilidad existentes que comprometen la seguridad del paciente. Esta investigación adoptó el conjunto de heurísticas de Nielsen-Shneiderman modificadas por Zhang, cuyo objetivo era la evaluación de dispositivos médicos (Tabla 1).

Tabla 1: Las 14 Heurísticas de Zhang.

Heurístico	Explicación
Consistencia y estándares	Los usuarios no deberían tener que preguntarse si diferentes palabras, situaciones o acciones significan lo mismo. Deben seguirse las normas y convenciones en el diseño de productos.
Visibilidad del estado del sistema	Los usuarios deben estar informados sobre lo que está sucediendo con el sistema a través de comentarios y visualización de información apropiados.
Coincidencia entre sistema y mundo	La imagen del sistema percibida por los usuarios debe coincidir con el modelo que los usuarios tienen sobre el sistema: las acciones y los objetos en el sistema deben coincidir con las acciones y los objetos familiares para los usuarios.
Minimalista	Cualquier información superflua es una distracción y una ralentización.
Memoria	No se debe exigir a los usuarios que memoricen mucha información para realizar tareas. La carga de memoria reduce la capacidad de los usuarios para realizar las tareas principales.
Comentarios informativos	Los usuarios deben recibir comentarios rápidos e informativos sobre sus acciones.
Flexibilidad y eficiencia	Los usuarios siempre aprenden y los usuarios siempre son diferentes. Ofrezca a los usuarios la flexibilidad de crear personalizaciones y accesos directos para acelerar su rendimiento.
Mensaje de error	Los mensajes deben ser lo suficientemente informativos para que los usuarios puedan comprender la naturaleza de los errores, aprender de los errores y recuperarse de ellos.
Evitar errores	Siempre es mejor diseñar interfaces que eviten que ocurran errores en primer lugar.
Cierre transparente	Toda tarea tiene un principio y un final. Los usuarios deben recibir una notificación clara sobre la finalización de una tarea.
Acciones reversibles	Los usuarios deben poder recuperarse de los errores. Las acciones reversibles también fomentan el aprendizaje exploratorio.
Idioma de los usuarios	El lenguaje debe presentarse siempre en una forma comprensible para los usuarios previstos.
Usuarios en control	No dé a los usuarios la impresión de que están controlados por los sistemas.
Ayuda y documentación	Siempre brinda ayuda cuando sea necesario

Fuente: (Ribeiro Custódio et al., 2019)

La HA requiere que tres o más evaluadores apliquen de forma independiente un conjunto de heurísticas de usabilidad a un producto, identificando violaciones de heurísticas y calificando su grado de gravedad (Tabla 2).

Tabla 2. Escala de Valoración de la Gravedad.

Valoración	Explicación
0	No es un problema de usabilidad en absoluto.
1	Solo problema cosmético. No es necesario corregirlo a menos que haya tiempo adicional disponible.
2	Problema menor de usabilidad. Arreglar esto debe tener baja prioridad.
3	Gran problema de usabilidad. Importante arreglar. Se le debe dar alta prioridad.
4	Catástrofe de usabilidad. Es imperativo arreglar esto antes de que el producto pueda ser lanzado.

Fuente: (Ribeiro Custódio et al., 2019)

En la segunda etapa cinco evaluadores evaluaron la interfaz, realizando 25 tareas (Tabla 3) para identificar todas las funciones y verificar la ubicación de los problemas de usabilidad, la heurística violada y el grado de severidad. Luego, las evaluaciones se consolidaron en un solo informe.

Tabla 3. Lista de Tareas.

Tareas	
1	Encender la incubadora neonatal.
2	Conectar el sensor de piel.
3	Conectar el sensor de humedad.
4	Conectar el sensor auxiliar.
5	Ajuste la temperatura del sensor de piel a 36,4 °C.
6	Establecer la humedad al 60%.
7	Seleccione el gráfico de tendencia de la temperatura del aire.
8	Verifique el gráfico de tendencia de la temperatura de la piel.
9	Verificar el gráfico de tendencia de la humedad.

Tareas	
10	Establecer hora y fecha.
11	Bloquear el teclado.
12	Escriba en un papel la hora y la fecha, y la humedad y las temperaturas del modo Aire, Modo Piel y Modo Auxiliar.
13	Ubique el compartimiento del depósito de agua.
14	Retire el depósito de agua del compartimiento.
15	Ubica el filtro de aire.
16	Verifique la fecha de reemplazo del filtro de aire.
17	Ajuste la visualización gráfica de tendencias en 8 h.
18	Identifique la entrada para la manguera de oxígeno limitada.
19	Identifique el compartimiento para la placa de rayos X.
20	Ubique el botón para el ajuste de contraste del monitor.
21	Ubique el conector para el cable de la computadora.
22	Levante la cama a la altura de la cabeza y luego a la altura de los pies.
23	Identificar alarmas.
24	Leer la tarjeta de identificación del paciente.
25	Identificar el Modo Aire y el Modo Piel.

Fuente: (Ribeiro Custódio et al., 2019)

La cuarta etapa se ejecutó en LUFH y evaluó la interfaz de NI a través de una prueba de usabilidad (UT) con usuarios novatos, para comprender problemas en el uso del equipo, que podrían impedir el uso correcto de esta tecnología.

Cinco especialistas en usabilidad formaron un equipo de prueba, a saber:

- 1) Un líder de prueba (responsable de la investigación)
- 2) Dos observadores, uno de ellos también actor para representar al técnico de enfermería del centro quirúrgico que lleva el RN al escenario de prueba
- 3) Una enfermera obstetra para representar a la enfermera de la unidad.
- 4) Un técnico para operar el equipo de audio y video.

Participaron de la UT quince voluntarias, estudiantes de cuarto año de enfermería, con las siguientes características (Tabla 4).

Tabla 4. Perfil de la Muestra de Voluntarios de la UT.

Género (%)	Edad (%)	Lateralidad (%)	Altura media (m)
Mujer: 86.7	Hasta 29 años: 93.3	Diestro: 86.7	1.65
Hombre: 13.3	De 30 a 39 años: 6.7	Zurdo: 13.3	

Fuente: (Ribeiro Custódio et al., 2019)

Mediante los métodos utilizados en esta investigación se obtuvieron datos muy satisfactorios. La HA condujo a la identificación de 13 violaciones de las 14 heurísticas. La heurística Visibilidad del estado del sistema presentó el mayor número de violaciones, lo que demuestra que el usuario a veces no está informado sobre el estado del sistema a través de la retroalimentación y la visualización de información.

Además, esta heurística tuvo el mayor número de problemas con una tasa de severidad de 3, lo que indica una alta prioridad para la corrección de la interfaz. La segunda heurística con más violaciones fue Consistencia y Estándares, que mostró una falta de consistencia entre la interfaz y el manual y entre las representaciones gráficas en la interfaz misma. La tercera heurística más violada fue la Memoria, que mostró que el usuario necesita reaprender la secuencia para establecer una función porque la interfaz no proporciona información suficiente y adecuada para reducir la carga cognitiva.

3.5 MARCO LEGAL

Dentro de este apartado se presentarán todas las leyes, reglamentos y cualquier documento legal que sea aplicable para el proyecto de análisis de incubadoras neonatales del Hospital El Progreso que enmarque los procedimientos a seguir para el correcto uso, mantenimientos y adquisición de diferentes tecnologías sanitarias, en este caso las incubadoras neonatales.

Tabla 5. Documentos Legales.

Nacionales

Documento Legal	Ente Rector	Requisito
Acuerdo No. 4006 Nueva Clasificación de hospitales en el Marco del Modelo Nacional.	SESAL	Realizar diseño del bloque enmarcado en la magnitud de los servicios materno-neonatales que en él se estipulan.
Acuerdo No. 2606 Normas para la atención Materno Neonatal. (Secretaría de Salud de Honduras, 2010)	SESAL	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir a disminuir la mortalidad y morbilidad materna y neonatal a través de la implementación de las mejores prácticas basadas en evidencia científica actualizada para prevenir y manejar adecuada y oportunamente las complicaciones obstétricas y neonatales que ponen en peligro la salud y la vida de la mujer y su feto o recién nacido. - Estandarizar los criterios de provisión de servicios en atención de la mujer durante su embarazo, parto, y post parto. - Estandarizar los criterios de provisión de servicios en atención inmediata del recién nacido. - Estandarizar criterios para el manejo de las complicaciones obstétricas y neonatales de acuerdo con el contenido de estas normas. <p style="text-align: center;">(Salud S. D., 2010)</p>
Protocolos para la atención durante la preconcepción, el embarazo, el parto, el puerperio y del neonato.	SESAL	Realización de bloque para las complicaciones neonatales durante preconcepción, el embarazo, el parto, el puerperio.

Documento Legal	Ente Rector	Requisito
Decreto número 65-91 Productos farmacéuticos y equipo de uso médico.	Congreso Nacional de Honduras	<p>Artículo 133.- Corresponde a LA SECRETARIA el registro de los productos químicos, farmacéuticos, cosméticos, biológicos y de las materias primas de uso farmacéutico, ejerciendo conjuntamente con el Colegio Químico Farmacéutico de Honduras la inspección y control sanitario.</p> <p>Artículo 135.- Se declara como política del Estado:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Asegurar el suministro adecuado de medicamentos de calidad óptima al precio más bajo posible; b) Enfatizar las bases científicas para el uso de medicamentos con el objeto de obtener la mejor efectividad terapéutica al menor costo posible; c) Promover la seguridad terapéutica minimizando el uso de presentaciones farmacéuticas que contengan más de un principio activo; d) Promover e incentivar el uso de terminología genérica en la importación, fabricación, distribución, comercialización, propaganda y promoción
Decreto número 65-91. Las instituciones de salud	Congreso Nacional de Honduras.	<p>Artículo 157.- La instalación, ampliación, modificación, traslado y funcionamiento de los establecimientos públicos y privados de asistencia médica tales como: Hospitales, maternidades, clínicas, policlínicas, sanatorios, dispensarios, asilos, casas de</p>

Documento Legal	Ente Rector	Requisito
		<p>reposo, establecimientos de óptica, laboratorios de salud, bancos de sangre, de tejidos y órganos, instituciones de fisioterapia, psicoterapia, centros de diagnóstico, droguerías, laboratorios y botiquines de emergencia, deberán ser autorizados por LA SECRETARIA. Las farmacias y puestos de venta de medicinas estarán sujetos además a las regulaciones de carácter profesional que establezca el Colegio Químico Farmacéutico de Honduras.</p>
<p>Artículo 3: Reglamento para el control Sanitario de Productos, Servicios y Establecimientos de Interés Sanitario y Guía de Clasificación de Dispositivos Médicos.</p>	<p>ARSA</p>	<p>Existen diversos productos que por su naturaleza, características propias y uso no deben ser considerados dispositivos médicos que necesiten contar con el registro sanitario emitido por la Agencia de Regulación Sanitaria; lo anterior, por no enmarcarse dentro de las categorías de riesgo señaladas en las disposiciones aplicables.</p>

Internacional

<p>IEC 62366-1:2015 Dispositivos médicos — Parte 1: Aplicación de la ingeniería de usabilidad a los dispositivos médicos.</p> <p><i>(IEC 62366-1:2015(en), Medical devices — Part 1: Application of usability engineering to medical devices, s. f.)</i></p>	<p>ISO</p>	<p>EC 62366-1:2015 especifica un proceso para que un fabricante analice, especifique, desarrolle y evalúe la usabilidad de un dispositivo médico en lo que respecta a la seguridad. ste proceso de ingeniería de usabilidad (ingeniería de factores humanos) permite al fabricante evaluar y mitigar los riesgos asociados con el uso correcto y los errores de uso.</p> <p>Se puede utilizar para identificar, pero no evalúa ni mitiga los riesgos asociados con el uso anormal. (ISO, s. f.)</p>
--	------------	---

Documento Legal	Ente Rector	Requisito
<p>IEC/TR 62366-2:2016</p> <p>Dispositivos médicos — Parte 2: Orientación sobre la aplicación de la ingeniería de usabilidad a los dispositivos médicos.</p> <p><i>(IEC 62366-2:2016(en), Medical devices — Part 2: Guidance on the application of usability engineering to medical devices, s. f.)</i></p>	ISO	<p>Es un informe técnico, contiene información básica y brinda orientación que aborda áreas específicas que la experiencia sugiere que pueden ser útiles para aquellos que implementan un proceso de ingeniería de usabilidad (ingeniería de factores humanos), tal como se define en IEC 62366-1:2015 y como objetivos de apoyo distintos de seguridad.</p> <p>Este informe técnico no está destinado a ser utilizado con fines normativos. No contiene requisitos y solo proporciona orientación e información de tutoría.</p> <p>(ISO-IEC, s. f.)</p>

Fuente: Elaboración Propia.

IV. METODOLOGÍA

Este capítulo presenta las herramientas esenciales para abordar el tema de investigación mediante la Metodología de la Investigación. Se explica el proceso seguido y se definen los aspectos clave, como las variables, el enfoque metodológico, el alcance, los instrumentos, la población, la muestra, las técnicas, las herramientas y otros factores relevantes. El objetivo es brindar una guía clara y accesible para el desarrollo del trabajo de tesis, tanto para el lector como para el hospital en el que se desarrolla la investigación y cualquier persona interesada en el tema.

4.1 ENFOQUE

En este estudio se desarrolló un enfoque cuantitativo ya que se hizo uso de un analizador de incubadoras neonatales para poder realizar una recopilación de datos de los parámetros que fueron estudiados por medio del analizador. Gracias a estos datos obtenidos se pudo realizar un estudio del estado de las incubadoras y también por medio de este análisis el Hospital El Progreso puede conocer cómo se encuentran las incubadoras neonatales con las que cuentan en su área de neonatología.

En cuanto al alcance se determinó un alcance descriptivo con el fin de estudiar los parámetros que brindan las incubadoras neonatales para los pacientes neonatos y así poder determinar si esta tecnología médica cumple con sus funciones de manera eficaz a pesar de su longevidad o si debido a su longevidad han presentado ciertas descalibraciones o desviaciones.

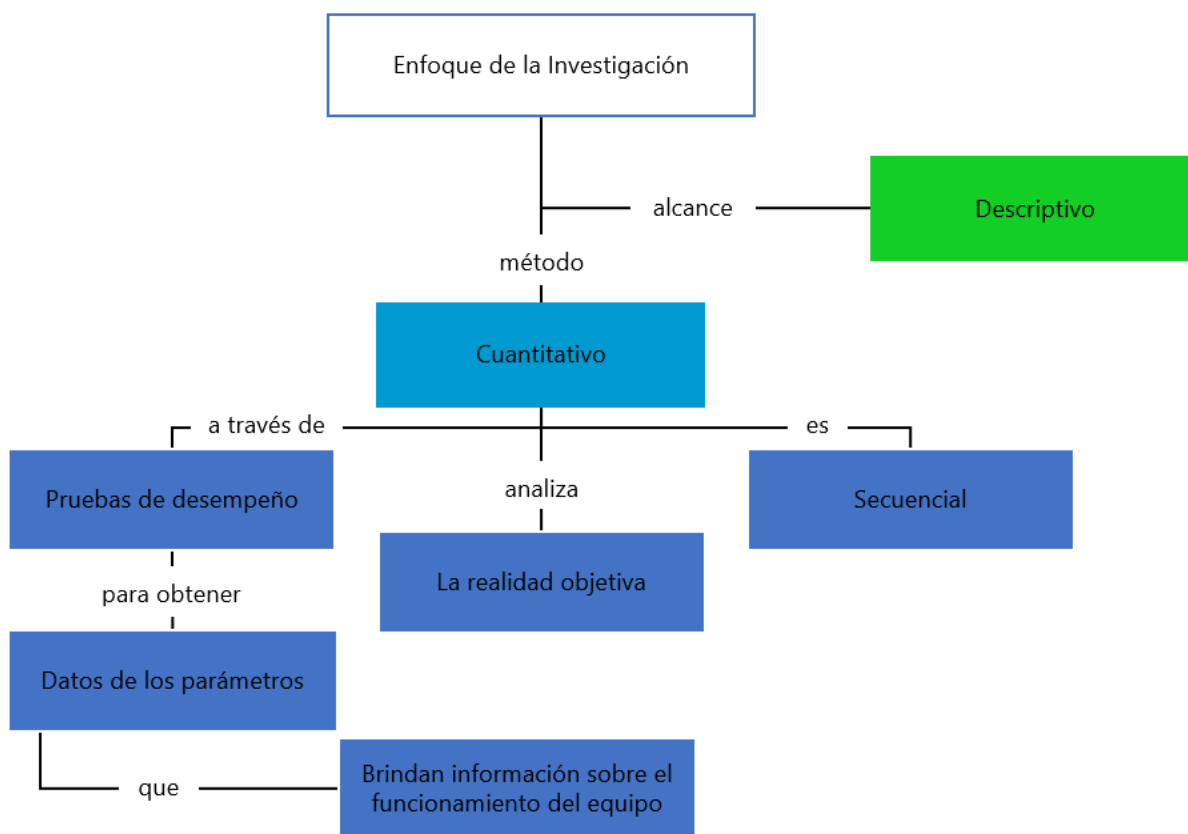


Ilustración 2. Diagrama de Enfoque y Métodos.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se explicó la diferenciación entre variables dependientes e independientes, lo cual resultó crucial para el éxito del estudio de factibilidad y para alcanzar sus objetivos.

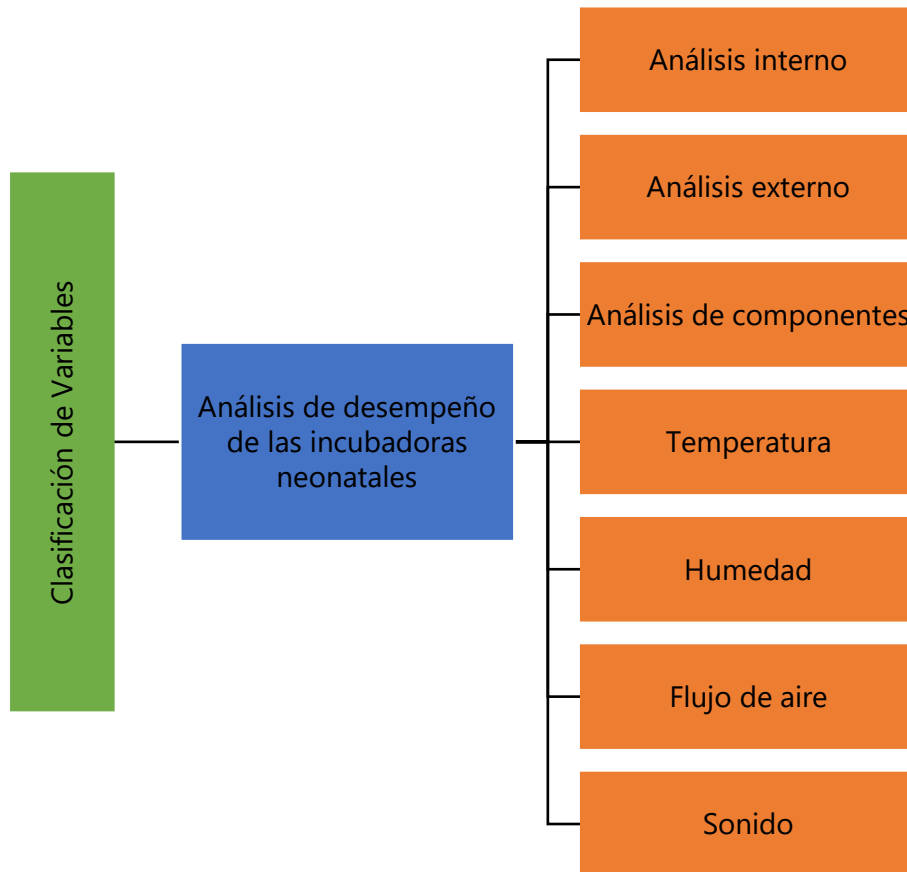


Ilustración 3. Clasificación de Variables.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

En el presente apartado se procedió a la identificación exhaustiva de los elementos y características relevantes que deben ser considerados en el diseño de la investigación en cuestión. Se prestará particular atención a las cualidades esenciales que deben ser cumplidas por los instrumentos, técnicas o procedimientos utilizados en la investigación, con el fin de garantizar un diseño adecuado y efectivo.

4.3.1 HOJA DE REGISTRO DE PRUEBAS

A través de la utilización de las hojas de registro de pruebas asignadas a cada una de las ocho incubadoras en posesión del Hospital El Progreso, se obtuvo información detallada sobre el equipo médico. Esta información fue recolectada y analizada, lo que permitió la obtención de resultados precisos relacionados con el funcionamiento de las incubadoras neonatales.

4.3.2 CÁMARA TERMOGRÁFICA FLUKE PTi120

Una cámara termográfica o térmica resulta de gran utilidad para el estudio de las incubadoras neonatales, ya que permite el monitoreo de la temperatura al interior de dichos equipos. Esto resulta fundamental para asegurar que la temperatura sea constante y adecuada para el bienestar del recién nacido. Las incubadoras neonatales son dispositivos médicos diseñados específicamente para brindar un ambiente cálido y controlado a bebés prematuros o con problemas médicos que requieren cuidados especializados.

Se empleó una cámara termográfica Fluke PTi120 para capturar imágenes térmicas de la incubadora, con el fin de detectar áreas donde existieran desigualdades de temperatura. Estas zonas podrían ser indicativas de posibles problemas técnicos o de mantenimiento en la incubadora, por lo que resulta esencial identificarlas y corregirlas antes de que puedan afectar negativamente al recién nacido o al equipo médico. De esta manera, se logra garantizar la integridad y seguridad del paciente, así como la óptima funcionalidad de la incubadora neonatal.

4.3.3 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

El análisis termográfico es una técnica utilizada para medir y visualizar la temperatura de los objetos utilizando una cámara termográfica. Esta herramienta permite obtener una imagen térmica de la superficie del objeto, en la cual los diferentes colores representan diferentes temperaturas.

La técnica del análisis termográfico se utilizó para visualizar la temperatura en las incubadoras neonatales y confirmar si realmente se obtenía la misma temperatura configurada durante las pruebas de desempeño. Se empleó una cámara termográfica para realizar este análisis, obteniendo múltiples tomas de cada incubadora con el objetivo de proporcionar un estudio exhaustivo y resaltar esta técnica como una práctica efectiva en las pruebas de

desempeño de las incubadoras neonatales. Esto permitió realizar estudios más detallados y precisos para mejorar la calidad del cuidado de los neonatos

4.3.4 SOLIDWORKS

En el marco de este proyecto de investigación, se llevó a cabo la elaboración de un diseño de una incubadora neonatal mediante el software SolidWorks, con el objetivo de realizar simulaciones acerca del flujo de calor que se produce dentro del equipo médico. De esta manera, se obtuvieron resultados que permitieron compararlos con la práctica realizada en la sala de neonatología del Hospital El Progreso, permitiendo así validar y contrastar los resultados obtenidos en ambas instancias.

4.3.5 MINITAB

Minitab es un software estadístico utilizado para análisis de datos y mejora de procesos en diversas áreas como negocios, ingeniería, medicina, entre otras. El programa ofrece una amplia gama de herramientas para el análisis de datos, como gráficos estadísticos, análisis de regresión, análisis de varianza, pruebas de hipótesis, diseño de experimentos y control de calidad.

Luego de obtener los datos de los parámetros de las incubadoras neonatales mediante el analizador INCU II de Fluke Biomedical, se procedió a analizarlos mediante el uso de Minitab. Este software estadístico permitió obtener tablas y gráficos de los datos recopilados lo que permitió visualizar el comportamiento de cada parámetro y su relación con los demás.

4.3.6 ANALIZADOR DE INCUBADORA NEONATAL INCU II

Un analizador de Incubadora Neonatal Incu II es un dispositivo especializado que se utiliza para monitorear y analizar los parámetros críticos que son necesarios para garantizar un ambiente adecuado para el desarrollo y crecimiento de los recién nacidos prematuros en una incubadora neonatal. Entre los parámetros que se analizan se encuentran la temperatura, la humedad, el flujo de aire y el sonido, los cuales son cruciales para asegurar un ambiente óptimo para los neonatos.

El analizador de incubadora neonatal Incu II se coloca en la incubadora para monitorear y analizar los parámetros críticos que son esenciales para mantener un ambiente adecuado

para el desarrollo y crecimiento de los recién nacidos prematuros. Una vez conectado, los profesionales de la salud, como los ingenieros y técnicos biomédicos, pueden visualizar en una pantalla los datos en tiempo real y ajustar los parámetros según sea necesario. Además, el analizador tiene la capacidad de grabar y almacenar los datos para su posterior revisión y análisis.

El uso de un analizador de Incubadora Neonatal Incu II ayuda a garantizar un entorno controlado y seguro para los recién nacidos prematuros, lo que puede mejorar su salud y su tasa de supervivencia.



Ilustración 4. Analizador INCU II (Fluke Biomedical).

Fuente: (*INCUTM II - Tester para incubadora neonatal by Fluke Biomedical | MedicalExpo, s. f.*)

4.3.7 MANUAL DE USUARIO DE ANALIZADOR FLUKE BIOMEDICAL INCU II

A través de la consulta del manual de usuario del analizador, se logró llevar a cabo la instalación adecuada del equipo y su conexión con las incubadoras neonatales. La guía proporcionada permitió la realización de pruebas de desempeño de manera precisa y eficiente, utilizando los discos de temperatura en las incubadoras abiertas y las sondas de temperatura en las incubadoras cerradas, según lo indicado en el manual.

4.3.8 MANUAL DE USUARIO DE LAS INCUBADORAS NEONATALES

La utilización del manual de usuario del equipo médico resultó esencial en el análisis de los resultados obtenidos, ya que proporcionó la tolerancia mínima y máxima del equipo. Gracias a dicha información, se logró determinar si el equipo se encontraba en óptimas condiciones o no.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

El proyecto de investigación se llevó a cabo en un conjunto de 8 incubadoras neonatales, compuesto por 4 incubadoras abiertas y 4 cerradas, ubicadas en el Hospital El Progreso.

Se seleccionó un subconjunto del 100% de las incubadoras para representar a la población en el estudio, debido a que la cantidad de incubadoras disponibles no era muy elevada. De esta forma, se utilizaron las técnicas e instrumentos mencionados anteriormente para obtener resultados fiables y precisos.

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En cuanto a la metodología empleada para este trabajo, se realizaron descripciones detalladas de los procedimientos, técnicas, herramientas, instrumentos, actividades, materiales y otras estrategias metodológicas empleadas. Todo ello se llevó a cabo con el fin de garantizar la efectividad del estudio y la obtención de resultados fiables y precisos.

4.5.1 MEDICIÓN INSTRUMENTAL

La medición instrumental se llevó a cabo mediante la utilización de diversos dispositivos de medición con el propósito de obtener datos precisos y confiables. Posteriormente, se procedió a realizar un análisis detallado y exhaustivo de los datos obtenidos para cumplir con los objetivos del proyecto.

4.5.1.1 HOJA DE REGISTRO DE PRUEBAS

Se llevaron a cabo mediciones en las 8 incubadoras neonatales instaladas en la unidad de neonatología del Hospital El Progreso mediante hojas de registro de pruebas, con el objetivo de realizar un análisis exhaustivo de las mismas. Se registraron los datos de los parámetros proporcionados por el analizador de incubadoras en estas hojas, los cuales fueron revisados y analizados cuidadosamente para llegar a una conclusión sobre el rendimiento de las incubadoras.

4.5.1.2 ANALIZADOR DE INCUBADORA NEONATAL

Se empleó el analizador de incubadora neonatal Fluke Biomedical INCU II para obtener datos de variables independientes como la temperatura, el sonido, el flujo de aire y la humedad. A través del estudio y análisis de estos parámetros, se logró diagnosticar el estado actual de las incubadoras neonatales.

4.5.1.3 CÁMARA TERMOGRÁFICA

Con la ayuda de la cámara termográfica Fluke PTi120 se pudo llevar a cabo un análisis termográfico de las incubadoras neonatales. Esta herramienta permitió obtener mediciones precisas de la temperatura del objeto al que se dirige el puntero, proporcionando diversos modos de imagen para visualizar los resultados en diferentes tonos de color. Gracias a esta cámara se logró obtener una mayor precisión y fiabilidad en la medición de la temperatura dentro de las incubadoras neonatales.

4.5.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Durante el desarrollo del trabajo de investigación de campo, se llevó a cabo una recopilación exhaustiva de los datos obtenidos mediante los diversos dispositivos de medición utilizados. Se logró obtener una cantidad significativa de datos que resultaron ser representativos para la totalidad de la población estudiada, que en este caso fueron 8 incubadoras.

4.5.2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE PRUEBAS REALIZADAS

La adquisición de datos se logró a través del analizador de incubadoras INCU II de Fluke Biomedical que se ubicó dentro de las 8 incubadoras neonatales. El analizador proporcionó datos de los parámetros de temperatura, humedad relativa, flujo de aire y sonido. Todos estos parámetros fueron recopilados y analizados para generar un estudio del estado de las incubadoras neonatales del Hospital El Progreso.

Además, se recopiló información del estado interno, externo y de los componentes de las incubadoras con el mismo objetivo de brindar un estudio más completo y detallado de las incubadoras neonatales.

4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Para proporcionar una metodología de validación confiable, se utilizaron técnicas que pudieran respaldar que la metodología empleada logró brindar confiabilidad y precisión a la investigación. Cada una de las técnicas de validación logró contribuir con su aplicación un elemento importante a la investigación, lo que permitió generar resultados confiables.

4.6.1 SIMULACIÓN DE SOLIDWORKS

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora que se utiliza en la industria para crear modelos 3D y diseños técnicos. En cuanto a la simulación de flujo de aire, SolidWorks ofrece una amplia gama de herramientas y funciones que permiten simular y analizar el comportamiento del aire de los diseños creados en este programa.

En SolidWorks, se establecieron ciertos parámetros para la simulación del flujo de aire, tales como la velocidad y temperatura del aire. Se logró llevar a cabo la simulación del flujo de aire y se visualizó el comportamiento del aire mediante flechas que indican su recorrido dentro de la incubadora.

4.6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El análisis estadístico se refiere a una técnica utilizada para recopilar, procesar, analizar e interpretar datos con el propósito de extraer información relevante. Su principal propósito es resumir y describir la información contenida en los datos, identificar patrones y relaciones entre variables, y hacer inferencias acerca de la población a partir de la muestra.

El análisis estadístico fue utilizado para la visualización de gráficos y tablas de los datos recopilados de los parámetros de temperatura, humedad relativa, flujo de aire y sonido. Se utilizó Minitab para obtener histogramas de cada uno de estos parámetros, con el objetivo de representar de manera gráfica el comportamiento de estos. Adicionalmente, se generaron tablas que permitieron obtener datos estadísticos relevantes como la media, la desviación estándar, la curtosis, entre otros.

4.7 MATRIZ METODOLÓGICA

Se desglosó la Matriz Metodológica para garantizar la correlación y coherencia en el estudio, desde el problema hasta la obtención de la información deseada.

Tabla 6. Matriz Metodológica.

Título	Problema de Investigación	Preguntas de Investigación	Objetivos	Variables	Metodologías y Herramientas
		General	General	Dependiente	
Análisis de Desempeño de las Incubadoras Neonatales en el Hospital El Progreso.	En la actualidad para realizarle estudios y análisis a las incubadoras neonatales se utiliza su respectivo analizador de incubadoras neonatales, sin embargo, es posible adaptar nuevos dispositivos de medición y utilizar análisis estadísticos y simulaciones para obtener diagnósticos más completos y precisos sobre el comportamiento de estos equipos esenciales para la atención de los neonatos.	¿Es posible realizar un estudio del comportamiento de las incubadoras neonatales de un hospital haciendo uso de dispositivos de medición, simulaciones y análisis estadístico?	Examinar el comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso con empleo de dispositivos de medición, simulaciones y análisis estadístico.	Análisis de desempeño de las incubadoras neonatales	Minitab SolidWorks
		Específicas	Específicos	Independientes	Cámara termográfica
		¿Cuál es la situación actual, conceptos y teorías que fundamentan la implementación de los análisis de desempeño y técnicos de las incubadoras neonatales?	Determinar la situación actual, conceptos y teorías que fundamenten los análisis de desempeño y técnicos de las incubadoras neonatales.	Análisis Interno Análisis Externo Análisis de Componentes Temperatura Humedad Flujo de Aire Sonido	Analizador de incubadoras neonatales Análisis estadístico Simulaciones
		¿Qué tipo de metodologías más adecuadas para la investigación y estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales	Identificar las metodologías más adecuadas para la investigación y estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso.		Análisis termográfico

presentes en el Hospital
El Progreso?

¿Qué análisis y
mediciones se pueden
efectuar a las ocho
incubadoras disponibles
en el Hospital El
Progreso utilizando
analizador de
incubadoras y cámara
termográfica?

Efectuar un análisis y
mediciones a las ocho
incubadoras disponibles en
el Hospital El Progreso
utilizando analizador de
incubadoras y cámara
termográfica.

¿Qué nivel de validación
de datos puede ser
aplicado a los datos
obtenidos mediante
simulaciones de
software y análisis
estadístico?

Aplicar métodos de
validación a los datos
obtenidos por medio de
simulaciones de software y
análisis estadístico.

Fuente: Elaboración Propia.

4.8 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 7. Operacionalización de las Variables.

Objetivo General	Variable Dependiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Examinar el comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso con empleo de dispositivos de medición, simulaciones y análisis estadístico.	Análisis de desempeño de las incubadoras neonatales.	Es importante analizar los parámetros a los que se somete el equipo médico.	Incubadoras estudiadas, parámetros obtenidos durante las pruebas y los factores internos y externos.	Estudio de la desviación de las incubadoras neonatales.
Objetivos Específicos	Variable Independiente	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Determinar la situación actual, conceptos y teorías que fundamenten los análisis de desempeño y técnicos de las incubadoras neonatales.	Análisis interno.	Se verificó mediante pruebas la funcionalidad del equipo focalizado en lo interno del equipo médico.	Funcionalidad correcta del equipo internamente.	Análisis interno mediante las hojas de registro de pruebas.
	Análisis externo.	Se evaluó los factores del entorno externo que pueden afectar el desempeño de la incubadora neonatal garantizando su seguridad y eficacia.	Operatividad adecuada del equipo externamente.	Estado del equipo médico externamente.
Identificar las metodologías más adecuadas para la investigación y estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso.	Análisis de componentes.	Comprobación de la tecnología que posea con todas sus partes completas.	Supervisión del equipo médico completa de sus componentes.	Número de componentes con que cuenta la incubadora neonatal.
	Temperatura.	Aspecto crítico para la incubadora debe mantenerse constante y dentro de un rango específico.	Rango de temperatura y estabilidad.	Grado de Temperatura adecuado.
	Humedad.	Otro factor importante para el equipo que ayuda a prevenir la deshidratación y respiratorios.	Alcance de humedad y disposición.	Porcentaje de humedad idóneo.

<p>Efectuar un análisis y mediciones a las ocho incubadoras disponibles en el Hospital El Progreso utilizando analizador de incubadoras y cámara termográfica.</p> <p>Aplicar métodos de validación a los datos obtenidos por medio de simulaciones de software y análisis estadístico.</p>	<p>Flujo de aire.</p> <p>Sonido.</p>	<p>Tiene que ser adecuado para conservar una temperatura y humedad uniformes en la cámara de incubación.</p> <p>Es de consideración muy importante ya que los prematuros y enfermos son muy sensibles al ruido y pueden experimentar estrés e incomodidad si se expone a sonidos fuertes y repentinos.</p>	<p>Volumen de aire y velocidad del flujo de aire.</p> <p>Es de consideración muy importante ya que los prematuros y enfermos son muy sensibles al ruido y pueden experimentar estrés e incomodidad si se expone a sonidos fuertes y repentinos</p>	<p>Ratificar pruebas Flujo de aire preciso para la transferencia por convección.</p> <p>Estado de barrera de sonido en la incubadora neonatal.</p>
---	--------------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presenta un análisis detallando todos los datos que fueron recolectados, entre los cuales se incluyen mediciones instrumentales y un estudio de campo sobre las incubadoras neonatales en el área de neonatología del Hospital El Progreso. Se describen aspectos relevantes sobre el funcionamiento y las características de estas incubadoras, que fueron obtenidos durante la investigación.

5.1 RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CAMPO DE ESTUDIO

En el área de neonatología del Hospital El Progreso, se recopilaron datos de las 8 incubadoras neonatales disponibles. Para llevar a cabo este proceso, se emplearon hojas de desempeño con el fin de obtener información sobre su estado externo e interno, sus componentes y sus parámetros de funcionamiento, como la temperatura, humedad relativa, flujo de aire y sonido. Además, se hizo uso del manual de usuario correspondiente a cada incubadora, según su marca y modelo, con el objetivo de establecer los rangos de tolerancia de los parámetros analizados.

5.1.1 INCUBADORA ABIERTA 1

En primer lugar, se realizó una evaluación exhaustiva de la incubadora (Ningo David Medical Device), a través de la cual se pudo constatar que esta se encuentra en un estado óptimo en cuanto a su aspecto externo, evidenciándose que se encuentra limpio, sin presentar ralladuras, manchas o golpes, entre otros. Asimismo, se llevó a cabo una revisión interna, logrando establecer que la incubadora no presentó “chispas” al momento de su conexión ni emitió ruidos extraños, entre otros aspectos destacables (Tabla 9, 10, 11).

Tabla 8. Análisis Externo Incubadora Abierta 1.

Análisis Externo	Sí	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta ralladuras o manchas.		X	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		X	
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Análisis Interno Incubadora Abierta 1.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 1.

Característica	Análisis de Componentes				Observación
	Descripción	Si	No	N/A	
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este se conecta a la UPS.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			
Sensores	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X		
	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.1 TEMPERATURA

Se desarrolló las diferentes pruebas en la incubadora abierta 1, se lograron obtener parámetros significativos referentes a la temperatura. En particular, tras realizar tres mediciones en un periodo de 15 minutos, se obtuvo la media de la temperatura en 30.40 grados Celsius. Dicha medida refleja el promedio térmico presente en la incubadora. Asimismo, se determinó una desviación estándar con respecto a la media de 0.2883, la cual es una medida estadística que indica poca dispersión de los datos en relación con la media. En este contexto, se infiere que los valores obtenidos se encuentran cercanos a la media, lo que sugiere una mayor homogeneidad en los registros (Ilustración 6).

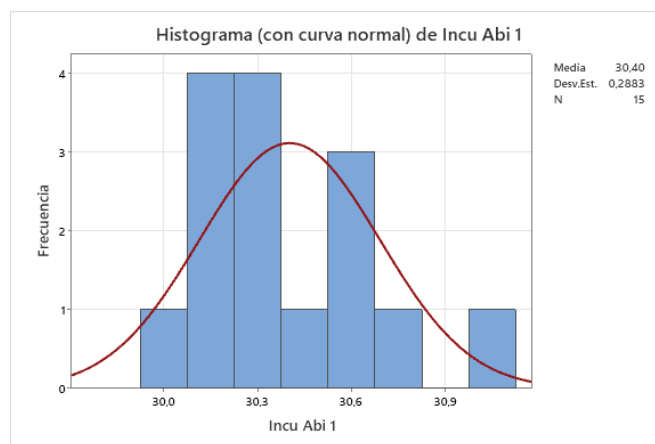


Ilustración 6. Temperatura Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.2 HUMEDAD RELATIVA

Se detallaron los resultados obtenidos a partir de las pruebas efectuadas para medir la proporción de la humedad relativa en la incubadora abierta 1, en el marco de un estudio que tuvo como objetivo la evaluación y verificación del funcionamiento de la presente variable en el equipo. Durante un periodo de 15 minutos se obtuvo una media de 35.9, con una desviación estándar de 1.153. Estos datos indican que la humedad relativa promedio en el ambiente medido es de 35.9, y que los valores obtenidos presentan una dispersión en torno a la media, con una diferencia de 1.153 (Ilustración 7).

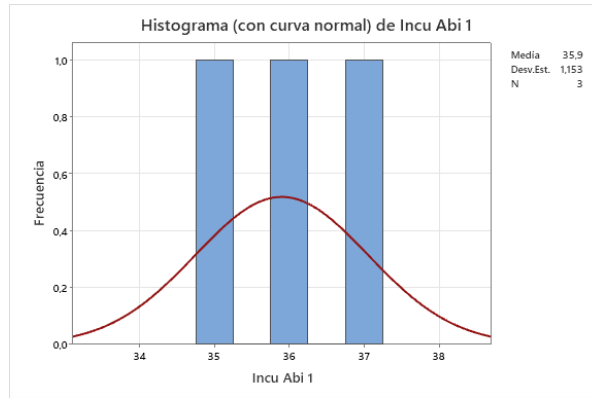


Ilustración 7. Humedad Relativa Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.3 FLUJO DE AIRE

En la incubadora neonatal en cuestión, se observó una fluctuación constante en relación con el flujo de aire que se concentraba en su interior. Se realizó una medición durante 15 minutos que arrojó valores iguales o inferiores a 0.1 m/s. Como resultado, se obtuvo una media continua y una desviación estándar de 0.0000, lo que indica que no se presentó ningún tipo de variación (Tabla 12).

Tabla 11. Flujo de Aire Incubadora Abierta 1.

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Abi 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Abi 2	3	3	0	3	100	100	0.1233	0.0233	0.0404
Incu Abi 3	3	3	0	3	100	100	0.1200	0.0200	0.0346
Incu Abi 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 2	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 3	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	
Incu Abi 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Abi 2	0.0016	32.77	0.1000	0.1000	0.1000	0.1700	0.1700	0.0700	

Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango
Incu Abi 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 2	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 3	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Variable	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
Incu Abi 1	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Abi 2	0.0700	0.1	2	1.73	*			
Incu Abi 3	0.0600	0.1	2	1.73	*			
Incu Abi 4	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 1	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 2	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 3	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 4	0.000000	0.1	3	*	*			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.4 SONIDO

La variable en cuestión se vio influenciada significativamente por las personas que interactúan con el neonato, incluyendo a las madres, enfermeras y médicos. Los resultados, análisis y gráficos mostraron un desequilibrio evidente cuando alguna de estas personas se encontraba en el área. En términos de sonido, se registró una media de 54.13 dBA con una desviación estándar de 5.021 para este equipo médico en particular (Ilustración 8).

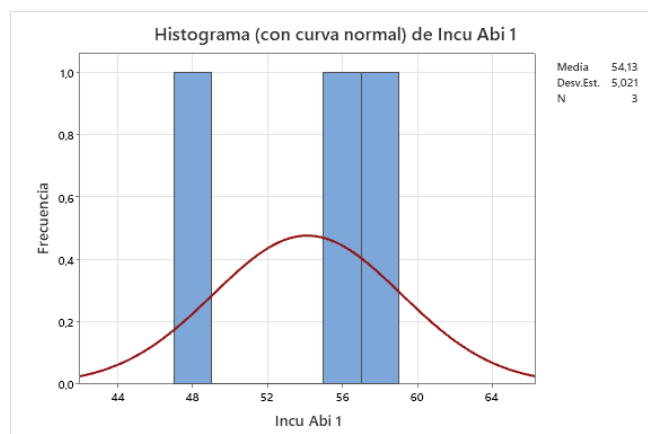


Ilustración 8. Sonido Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2 INCUBADORA ABIERTA 2

Se llevó a cabo una evaluación inicial de la incubadora abierta 2 (General Electric), determinando que se encuentra en óptimas condiciones tanto en cuanto a su apariencia externa (limpio, sin rasguños, manchas o golpes, etc.) como a su funcionamiento interno (no se presentaron chispas al conectar y no produce ruidos extraños, etc.). Asimismo, se constató que contiene todos sus componentes correspondientes o, en algunos casos, que dichos componentes no aplican a la incubadora neonatal (Tabla 13, 14 y 15).

Tabla 12. Análisis Externo Incubadora Abierta 2.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta ralladuras o manchas.		X	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		X	
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13. Análisis Interno Incubadora Abierta 2.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	

El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.	X
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.	X

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 2.

Característica	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente. Se activan las alarmas sin razón alguna.	X		X	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.1 TEMPERATURA

Se llevaron a cabo pruebas significativas en la incubadora abierta 2 con relación a la temperatura. Tras realizar tres mediciones de 15 minutos cada una, se obtuvo una media de temperatura de 28.737 grados Celsius. Además, se calculó una desviación estándar de 1.393, que indica la variación de los datos con respecto a la media. En este caso, la desviación estándar sugiere que los valores medidos estuvieron ligeramente alejados de la media, en consideración se encuentran dentro del rango, como se puede apreciar mejor en el siguiente gráfico (Ilustración 9):

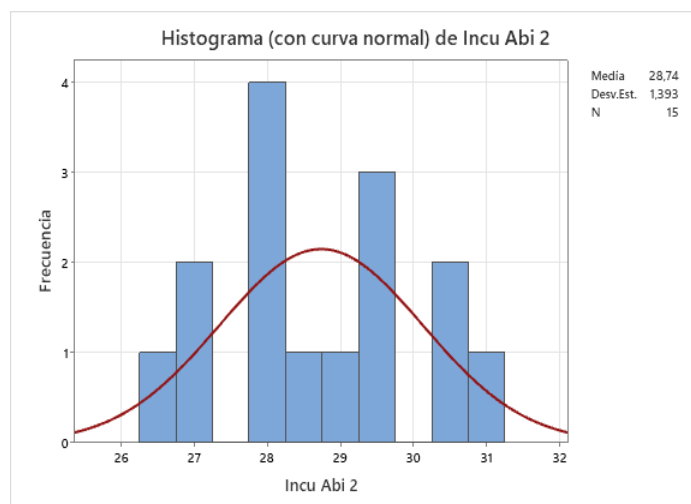


Ilustración 9. Temperatura Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.2 HUMEDAD RELATIVA

Se llevaron a cabo pruebas con el fin de medir la proporcionalidad de la humedad relativa en la incubadora abierta 2. En un intervalo de 15 minutos, se obtuvo un promedio de 42.53, con una desviación estándar de 2.845. Los resultados indican que la humedad relativa promedio en el ambiente medido es de 35.9, y que los valores registrados presentaron una variabilidad con respecto a la media, con una diferencia de 2.845 (Ilustración 10).

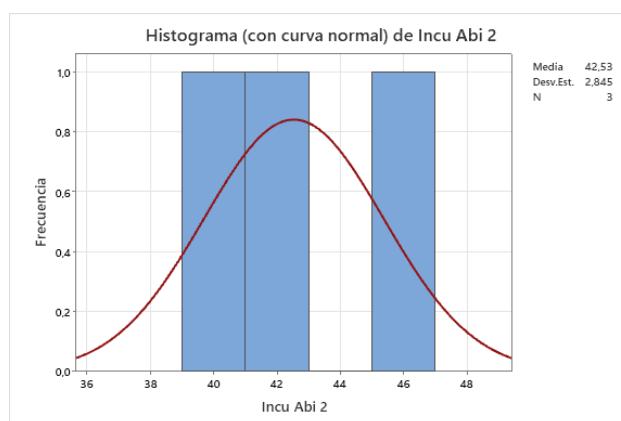


Ilustración 10. Humedad Relativa Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.3 FLUJO DE AIRE

Durante la toma de datos de 15 minutos en la incubadora neonatal evaluada, se observó una ecuanimidad constante en las mediciones del flujo de aire. En dos ocasiones, se registraron valores iguales o inferiores a 0.17 m/s y en otras dos, de 0.10 m/s. Como resultado, se obtuvo una media de 0.1233 y una desviación estándar de 0.0404, lo que indica una ausencia total de variación en los datos (Ilustración 11).

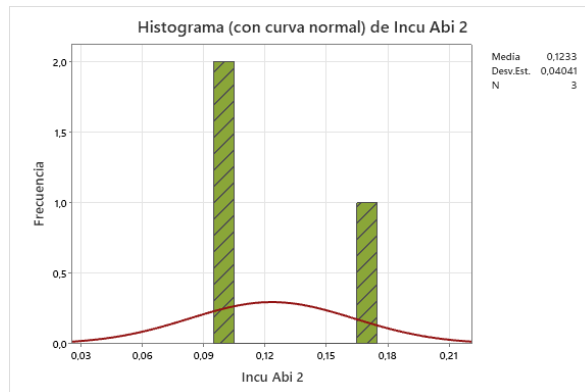


Ilustración 11. Flujo de Aire Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.4 SONIDO

La interacción de las personas con el neonato, como las madres, enfermeras y doctores, representaron un impacto significativo en esta variable. Los resultados obtenidos a través del análisis estadístico y gráfico mostraron que se produjo un desequilibrio cuando una de las personas está presente en el espacio. En relación con la variable de sonido, se obtuvo un valor promedio de 47.67 dBA y una desviación estándar de 2.55 para el equipo médico utilizado en esta evaluación específica (Ilustración 12).

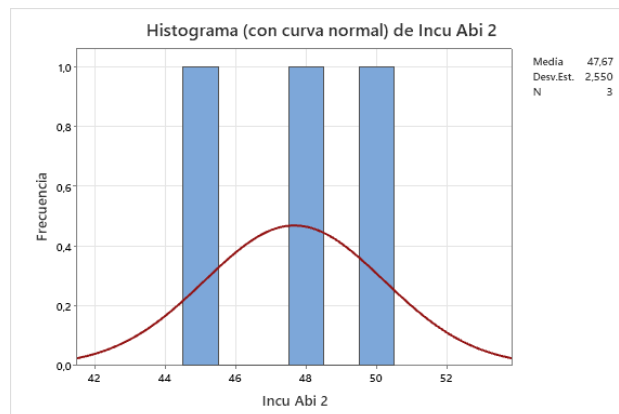


Ilustración 12. Sonido Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3 INCUBADORA ABIERTA 3

Se realizó una evaluación inicial exhaustiva de la incubadora neonatal (General Electric) con el objetivo de determinar su estado físico y funcionamiento interno. Los resultados de esta evaluación fueron favorables, ya que se encontró que la incubadora se encontraba en óptimas condiciones en cuanto a su estado físico, sin presentar rasguños, manchas ni golpes, y en su funcionamiento interno, al no emitir chispas al encenderse y no producir ruidos inusuales. Asimismo, se verificó que la incubadora cuenta con todos los componentes necesarios en buenas condiciones. Es importante destacar que, en algunos casos, ciertos aspectos evaluados no aplicaron al equipo médico en cuestión (Tabla 16, 17, 18).

Tabla 15. Análisis Externo Incubadora Abierta 3.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta ralladuras o manchas.		X	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		X	
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16. Análisis Interno Incubadora Abierta 3.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 3.

Característica	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			
	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X		
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3.1 TEMPERATURA

Se llevó a cabo un estudio riguroso en la incubadora abierta 3 con el objetivo de medir la temperatura en su interior. Para ello, se realizaron tres mediciones de 15 minutos cada una, cuyos resultados arrojaron una temperatura media de 33.46°C en la incubadora. En la evaluación de la variabilidad de los datos en relación con la media, se calculó una desviación estándar de 1.497, la cual sugiere que los valores medidos presentaron poca dispersión en torno a la media (Ilustración 13).

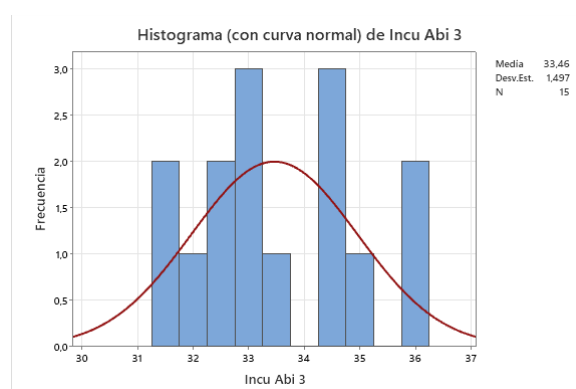


Ilustración 13. Temperatura Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3.2 HUMEDAD RELATIVA

Tras llevar a cabo las pruebas con el fin de medir la variable de humedad relativa en la incubadora abierta 3, se ha determinado que, durante un periodo de 15 minutos de prueba, la media obtenida fue de 27.57 con una desviación estándar de 2.060. Estos resultados indican que la humedad relativa promedio en el entorno medido es de 27.57, y que los valores registrados presentaron cierta variabilidad en comparación con la media, con una diferencia de 2.060 (Ilustración 14).

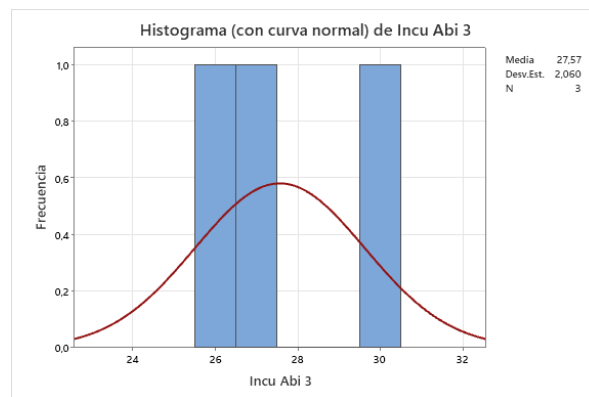


Ilustración 14. Humedad Relativa Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.3 FLUJO DE AIRE

Se mantuvo un flujo de aire constante en la incubadora abierta 3 durante tres mediciones realizadas en un ciclo de 15 minutos. En una de las mediciones, el valor registrado fue igual o inferior a 0.16 m/s, mientras que en dos de ellas fue de 0.10 m/s. Como resultado, se obtuvo una media de 0.1200 y una desviación estándar de 0.0346, lo que indica una ausencia total de alteraciones en los datos (Ilustración 15).

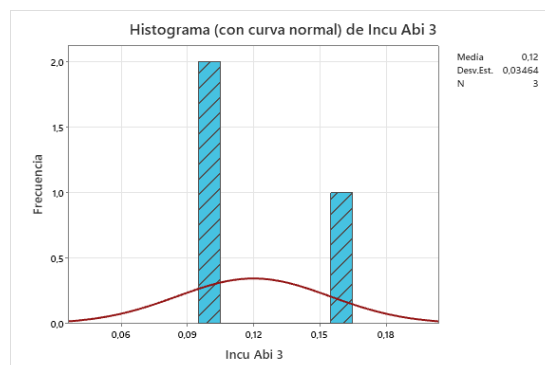


Ilustración 15. Flujo de Aire Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3.4 SONIDO

La interacción de personas con el neonato, incluyendo madres, enfermeras y médicos, afectó representativamente el parámetro en las incubadoras. Los resultados del análisis y las gráficas demostraron un desequilibrio que se produjo cuando una persona está presente en zona que se encuentra cerca del equipo. En cuanto al sonido, se encontró un valor promedio de 49.23 dBA y una desviación estándar de 4.45 para este equipo médico en particular, esta dispersión respecto a la media es notable y producidas por las variables antes dichas (madres, enfermeras, doctores). Para ilustrar el desequilibrio previamente mencionado, se presenta el siguiente gráfico (Ilustración 16).

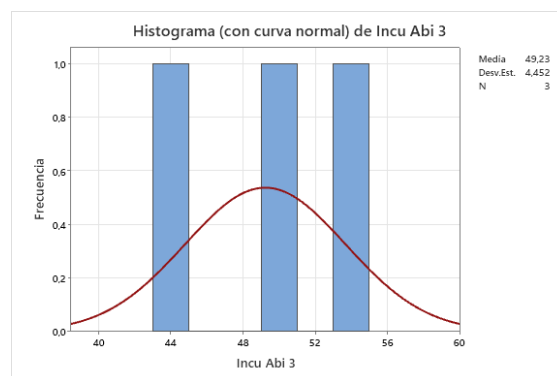


Ilustración 16. Sonido Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.4 INCUBADORA ABIERTA 4

Se realizó una evaluación inicial detallada de la incubadora abierta 4 (Trident Medical Corporation). Se concluyó que dicho equipo se encuentra en óptimas condiciones tanto en su apariencia externa como en su funcionamiento interno. Se comprobó que la incubadora no presenta rasguños, manchas ni golpes en su superficie y, al encenderla, no se observaron chispas ni se emitieron ruidos extraños.

Se verificó también que la incubadora cuenta con todos los componentes especificados en el manual del fabricante. Sin embargo, algunos aspectos específicos no fueron aplicables al equipo médico evaluado en esta investigación (Tabla 19, 20, 21).

Tabla 18. Análisis Externo Incubadora Abierta 4.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta ralladuras o manchas.	X		
El equipo presenta abolladuras o golpes.		X	
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19. Análisis Interno Incubadora Abierta 4.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20. Análisis de Componentes Incubadora Abierta 4.

Característica	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			
Sensores	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X		
	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.4.1 TEMPERATURA

Se llevaron a cabo pruebas con el objetivo de medir la temperatura de la incubadora abierta 4. Se realizaron tres mediciones en un periodo de 15 minutos, a fin de obtener resultados específicos. Los datos indicaron que la media de la temperatura en la incubadora es de 29.775 grados Celsius, y se calculó una desviación estándar de 0.862, lo que indica la variabilidad de los datos en relación con la media. En este sentido, la desviación estándar sugiere que los valores medidos se encontraron próximos a la media (Ilustración 17).

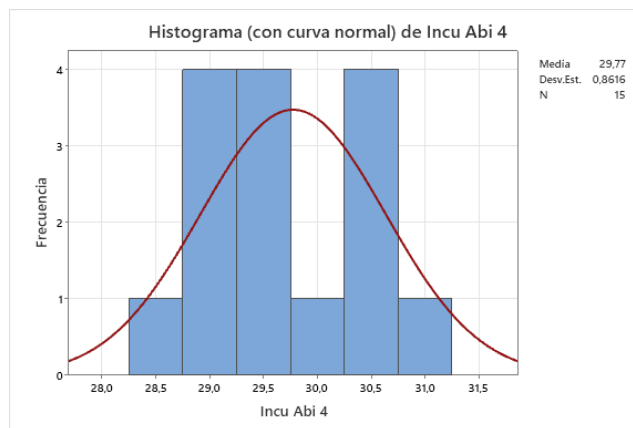


Ilustración 17. Temperatura Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.4.2 HUMEDAD RELATIVA

Se realizaron pruebas con el fin de medir la variable de humedad relativa en la incubadora abierta 4. Durante un período de 15 minutos, se obtuvo una media de 43.00 y una desviación estándar de 1.473. Estos resultados indican que existe una cierta variación en los valores registrados en relación con la media, siendo la diferencia de 1.473. Esto sugiere que los valores registrados se encontraron próximos a la media (Ilustración 18).

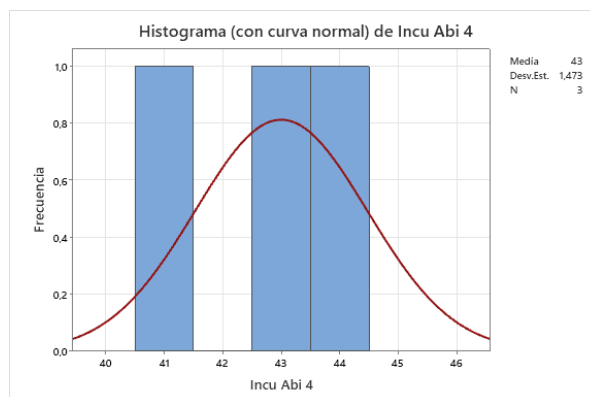


Ilustración 18. Humedad Relativa Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.4.3 FLUJO DE AIRE

Durante la medición de 15 minutos en la incubadora neonatal, se registró un equilibrio continuo en el flujo de aire, con valores iguales o inferiores a 0.1 m/s. Como consecuencia, se obtuvo una media constante y una desviación estándar de 0.0000, lo que indica una ausencia total de variabilidad en los datos. La cual muestra la persistencia de esta variable no solo en la incubadora neonatal objeto de estudio, sino también en la mayoría de las incubadoras neonatales evaluadas (Tabla 22).

Tabla 21. Flujo de Aire Incubadora Abierta 4.

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Abi 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Abi 2	3	3	0	3	100	100	0.1233	0.0233	0.0404
Incu Abi 3	3	3	0	3	100	100	0.1200	0.0200	0.0346
Incu Abi 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 2	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 3	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	
Incu Abi 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Abi 2	0.0016	32.77	0.1000	0.1000	0.1000	0.1700	0.1700	0.0700	
Incu Abi 3	0.0012	28.87	0.1000	0.1000	0.1000	0.1600	0.1600	0.0600	
Incu Abi 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 2	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 3	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	

Variable	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
Incu Abi 1	0.000000	0.1	3	*	*
Incu Abi 2	0.0700	0.1	2	1.73	*
Incu Abi 3	0.0600	0.1	2	1.73	*
Incu Abi 4	0.000000	0.1	3	*	*
Incu Cer 1	0.000000	0.1	3	*	*
Incu Cer 2	0.000000	0.1	3	*	*
Incu Cer 3	0.000000	0.1	3	*	*
Incu Cer 4	0.000000	0.1	3	*	*

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.4.4 SONIDO

Se encontró presencia de interacción entre el neonato, madres, enfermeras y médicos en la sala, que exhibió un nivel de impacto en las mediciones de sonido de las incubadoras. Se obtuvo como resultado que cuando una persona se encontraba presente en el área cercana del equipo, se produjeron variaciones. Se alcanzó una media de 42.50 dBA y una desviación estándar de 3.95. De lo anterior, se identificó que la dispersión está por encima de 3 desviaciones de la media. Se identificó que las variaciones de las mediciones estuvieron influenciadas por la circulación de los distintos actores involucrados en el uso del espacio (Ilustración 19).

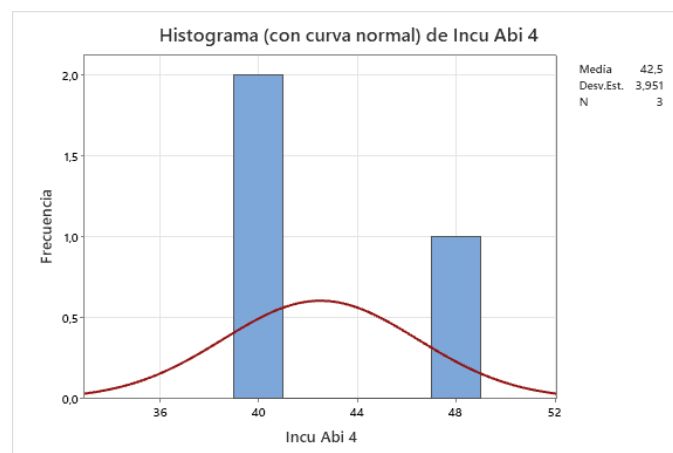


Ilustración 19. Sonido Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5 INCUBADORA CERRADA 1

Se efectuó una evaluación pormenorizada de la incubadora neonatal cerrada 1 (Isolette), se concluyó que el equipo se encuentra en excelentes condiciones. Tanto su aspecto exterior como su funcionamiento interno son óptimos, sin presentar señales de rasguños, manchas, golpes, chispas al conectarse o ruidos extraños. Además, todos los componentes están en su lugar y funcionando correctamente (Tabla 23, 24, 25).

Tabla 22. Análisis Externo Incubadora Cerrada 1.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta ralladuras o manchas.	X		
El equipo presenta abolladuras o golpes.	X		
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23. Análisis Interno Incubadora Cerrada 1.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.	X		Al encender el equipo por primera vez se produce un ruido extraño.
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24. Análisis Componentes Incubadora Cerrada 1.

Característica	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			
	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X		
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5.1 TEMPERATURA

Se realizó pruebas en la incubadora cerrada 1 con la finalidad de medir la temperatura, obteniendo resultados específicos. Se determinó que la media de la temperatura en la incubadora es de 34.76 °C, y se calculó una desviación estándar de 0.8756 para evaluar la variabilidad de los datos con respecto a la media. En este caso, la desviación estándar sugiere que los valores medidos estuvieron cerca de la media (Ilustración 20).

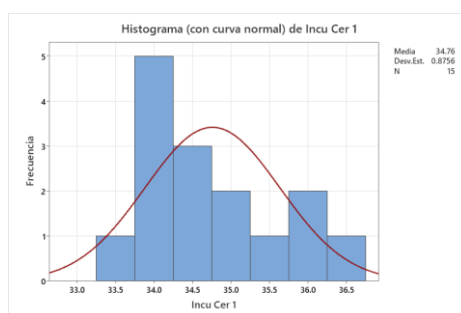


Ilustración 20. Temperatura Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5.2 HUMEDAD RELATIVA

Se desempeñaron pruebas a fin de medir la variable de humedad relativa en la incubadora cerrada 1, se obtuvo una media de 37.47 durante un período de 15 minutos, junto con una desviación estándar de 1.625. Estos resultados indicaron cierta variación en los valores registrados con respecto a la media, con una diferencia de 1.625 (Ilustración 21).

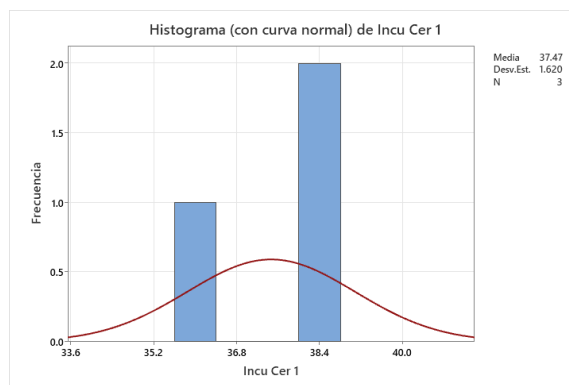


Ilustración 21. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5.3 FLUJO DE AIRE

Se evaluó realizando una medición de 15 minutos en la incubadora neonatal, se registró un equilibrio continuo en el flujo de aire, con valores constantes o inferiores a 0.1 m/s. Este resultado se reflejó en una media constante y una desviación estándar de 0.0000, indicando una falta total de variabilidad en los datos. Sin embargo, debido a la escasa cantidad de datos y la falta de variabilidad en los mismos, no fue posible obtener la curtosis y asimismo la asimetría (Tabla 26).

Tabla 25. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 1.

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Abi 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Abi 2	3	3	0	3	100	100	0.1233	0.0233	0.0404
Incu Abi 3	3	3	0	3	100	100	0.1200	0.0200	0.0346
Incu Abi 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Cer 2	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 3	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	
Incu Abi 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Abi 2	0.0016	32.77	0.1000	0.1000	0.1000	0.1700	0.1700	0.0700	
Incu Abi 3	0.0012	28.87	0.1000	0.1000	0.1000	0.1600	0.1600	0.0600	
Incu Abi 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 2	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 3	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Variable	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis				
Incu Abi 1	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Abi 2	0.0700	0.1	2	1.73	*				
Incu Abi 3	0.0600	0.1	2	1.73	*				
Incu Abi 4	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 1	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 2	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 3	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 4	0.000000	0.1	3	*	*				

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5.4 SONIDO

La interacción efectuada de las personas con los neonatos ya sea a través de la presencia de las madres, enfermeras o médicos, ha demostrado tener un impacto significativo en las variables de las incubadoras. Los resultados del análisis y las gráficas muestran que la presencia de una persona en el área cercana del equipo puede causar un desequilibrio. En cuanto al sonido, brindó una media de 63.9 dBA y una desviación estándar de 0.9644 para este equipo médico en particular, lo que indica una notable dispersión en relación con la media. Estas variaciones que se encontraron se deben a los factores mencionados anteriormente, es decir, la presencia de madres, enfermeras y médicos en la proximidad de la incubadora (Ilustración 22).

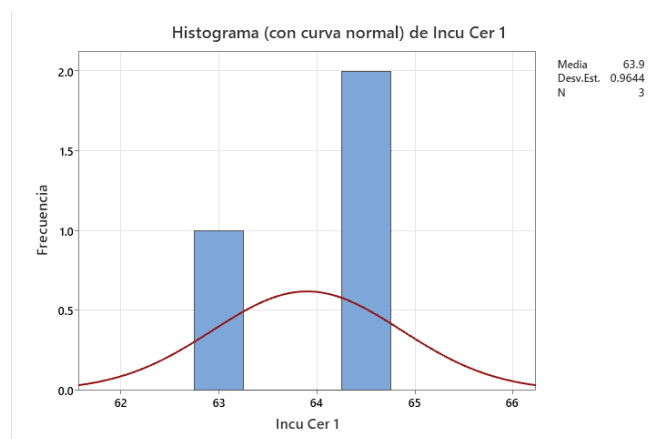


Ilustración 22. Sonido Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.6 INCUBADORA CERRADA 2

En la incubadora cerrada 2 (Baby Incubator) se le realizó una evaluación integral y se determinó que se encuentra en excelentes condiciones. Tanto su aspecto externo como su funcionamiento interno han sido evaluados y se han determinado como óptimos, sin evidencia de rasguños, manchas, golpes, chispas al conectarse o ruidos extraños. Asimismo, se ha verificado que todos los componentes están correctamente ubicados y funcionando de manera adecuada (Tabla 27 ,28, 29).

Tabla 26. Análisis Externo Incubadora Cerrada 2.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		X	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		X	
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27. Análisis Interno Incubadora Cerrada 2.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28. Análisis de Componentes Incubadora Cerrada 2.

Carácterística	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
Alarmas	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			

Carácterística	Análisis de Componentes			Observación
	Descripción	Si	No	
	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X		

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.6.1 TEMPERATURA

Se procedió a realizar pruebas correspondientes a la incubadora cerrada 2, con el fin de medir su temperatura, obteniendo resultados precisos. Se realizaron tres mediciones en un lapso de 15 minutos, determinando una temperatura media de 30.88°C. Además, se calculó una desviación estándar de 0.208, lo que indica la variabilidad de los datos en relación con la media. En este caso, la desviación estándar sugiere que los valores medidos estuvieron próximos a la media (Ilustración 23).

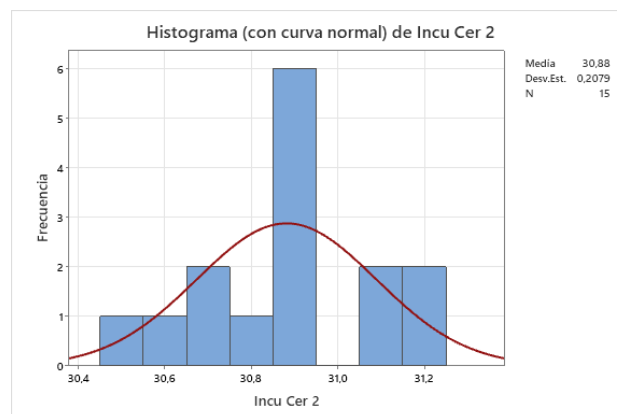


Ilustración 23. Temperatura Incubadora Cerrada 2.

Elaboración Propia.

5.1.6.2 HUMEDAD RELATIVA

Luego de realizar las pruebas correspondientes para medir la humedad relativa en la incubadora cerrada 2, se concluyó que la media durante un periodo de 15 minutos fue de 41.567, con una desviación estándar de 0.153. Estos resultados indican que hubo cierta variación en los valores obtenidos en relación con la media, pero la diferencia de 0.153 sugiere que los valores no se alejaron significativamente de la media (Ilustración 24).

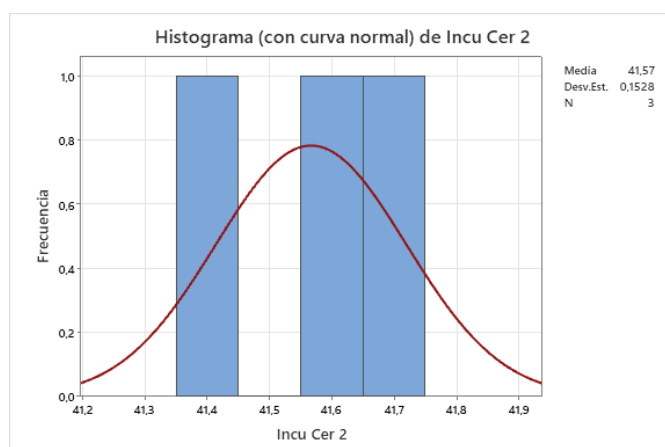


Ilustración 24. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 2.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.6.3 FLUJO DE AIRE

En términos generales las pruebas realizadas con una medición de 15 minutos en la incubadora neonatal, se registró un flujo de aire continuo y ponderado, cuyos valores no superaron los 0.1 m/s. Los resultados indicaron una media constante y una desviación estándar de 0.0000, lo que sugiere una ausencia total de variabilidad en los datos. Debido a la escasez de datos y la falta de variabilidad, no se puede obtener información sobre la curtosis ni de la asimetría (Tabla 30).

Tabla 29. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 2.

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Abi 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Abi 2	3	3	0	3	100	100	0.1233	0.0233	0.0404
Incu Abi 3	3	3	0	3	100	100	0.1200	0.0200	0.0346
Incu Abi 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 2	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 3	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000

Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango
Incu Abi 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Abi 2	0.0016	32.77	0.1000	0.1000	0.1000	0.1700	0.1700	0.0700
Incu Abi 3	0.0012	28.87	0.1000	0.1000	0.1000	0.1600	0.1600	0.0600
Incu Abi 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 2	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 3	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Incu Cer 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000
Variable	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis			
Incu Abi 1	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Abi 2	0.0700	0.1	2	1.73	*			
Incu Abi 3	0.0600	0.1	2	1.73	*			
Incu Abi 4	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 1	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 2	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 3	0.000000	0.1	3	*	*			
Incu Cer 4	0.000000	0.1	3	*	*			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.6.4 SONIDO

La interacción que efectuaron las personas con el neonato, como las madres, enfermeras y médicos, ha tenido un impacto significativo en las variables de las incubadoras. Los análisis y gráficos realizados indicaron que la presencia de una persona cerca del equipo médico puede causar un desequilibrio. En relación con el sonido, se encontró un valor promedio de 52.5 dBA y una desviación estándar de 3.32 para este equipo médico en particular, lo que indica una notable dispersión con respecto a la media. Esta variación puede ser atribuida a los factores mencionados anteriormente (Ilustración 25).

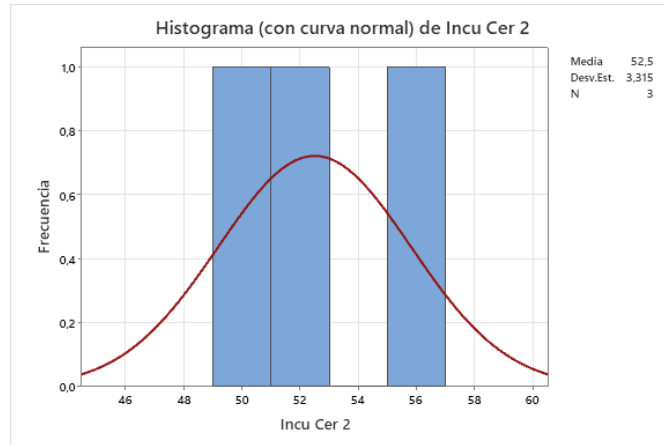


Ilustración 25. Sonido Incubadora Cerrada 2.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.7 INCUBADORA CERRADA 3

La incubadora cerrada 3 (Baby Incubator) ha sido sometida a una evaluación exhaustiva, la cual ha determinado que se encuentra en óptimas condiciones. Se ha llevado a cabo una prueba minuciosa tanto de su apariencia externa como de su funcionamiento interno, sin encontrar evidencia alguna de rasguños, manchas, golpes, chispas al conectarse o ruidos extraños. Se ha verificado que todos los componentes se encuentran correctamente ubicados y funcionando adecuadamente (Tabla 31, 32, 33).

Tabla 30. Análisis Externo Incubadora Cerrada 3.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		X	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		X	
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31. Análisis Interno Incubado Cerrada 3.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32. Análisis de Componentes Incubadora Cerrada 3.

Característica	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			
	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X		
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.7.1 TEMPERATURA

Se efectuaron pruebas en la incubadora neonatal cerrada 3 con la finalidad de medir su temperatura y se logró obtener información precisa. Se llevaron a cabo tres mediciones en un período de 15 minutos, y se concluyó que la media de la temperatura en la incubadora es de 35.268 °C. Además, se calculó una desviación estándar de 0.779 para indicar la variabilidad de los datos en relación con la media. En este caso, la desviación estándar sugiere que los valores medidos estuvieron cercanos a la media (Ilustración 26).

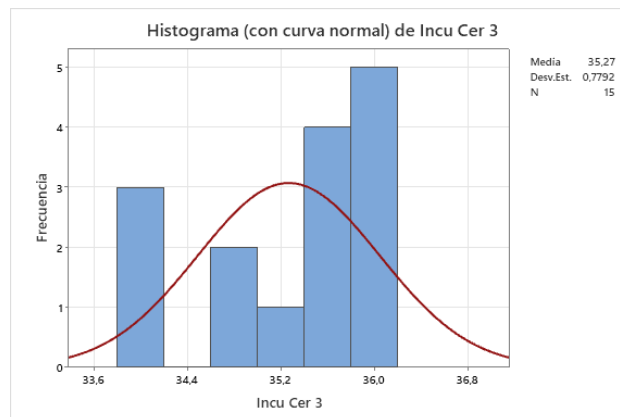


Ilustración 26. Temperatura Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.7.2 HUMEDAD RELATIVA

Se generaron pruebas necesarias con el fin de medir la variable de humedad relativa en la incubadora cerrada 3, se ha llegado a la conclusión que, durante un lapso de 15 minutos, la media obtenida fue de 33.20, y se registró una desviación estándar de 0.624. Estos resultados indican que se observó cierta variación en los valores con respecto a la media. Sin embargo, la diferencia de 0.153 sugiere que los valores no se alejaron significativamente de la media (Ilustración 27).

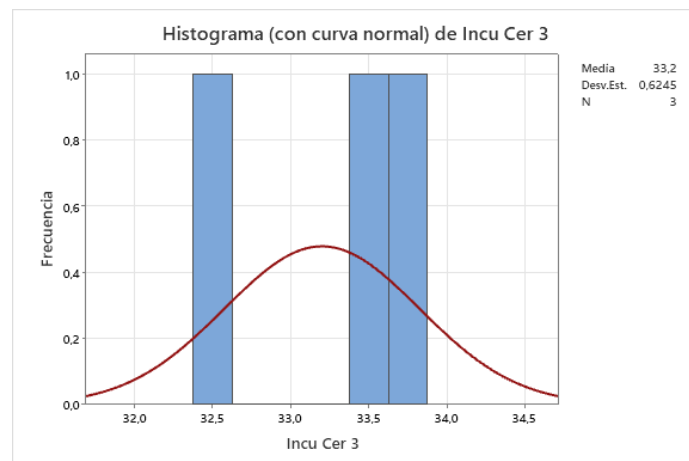


Ilustración 27. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.7.3 FLUJO DE AIRE

Se desempeñó una medición de 15 minutos en la incubadora neonatal, se registró un flujo de aire continuo que no superó los 0.1 m/s en ningún momento. Los resultados mostraron una media constante y una desviación estándar de 0.0000, lo que indica una completa ausencia de variabilidad en los datos. Debido a la escasez de datos y la falta de variabilidad, no es posible obtener información sobre la curtosis, asimismo de la asimetría (Tabla 34).

Tabla 33. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 3.

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Abi 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Abi 2	3	3	0	3	100	100	0.1233	0.0233	0.0404
Incu Abi 3	3	3	0	3	100	100	0.1200	0.0200	0.0346

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error	
								estándar de	Desv.Est.
								la media	
Incu Abi 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 2	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 3	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	
Incu Abi 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Abi 2	0.0016	32.77	0.1000	0.1000	0.1000	0.1700	0.1700	0.0700	
Incu Abi 3	0.0012	28.87	0.1000	0.1000	0.1000	0.1600	0.1600	0.0600	
Incu Abi 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 2	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 3	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Variable	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis				
Incu Abi 1	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Abi 2	0.0700	0.1	2	1.73	*				
Incu Abi 3	0.0600	0.1	2	1.73	*				
Incu Abi 4	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 1	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 2	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 3	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 4	0.000000	0.1	3	*	*				

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.7.4 SONIDO

La interacción de las personas con los neonatos ya sea mediante la presencia de las madres, enfermeras o médicos, demostró tener un impacto representativo en las variables de las incubadoras. Los resultados del análisis y las gráficas indicaron que la presencia de una persona cerca del equipo causa un desequilibrio. En cuanto al sonido, se midió un valor promedio de 50.23 dBA y una desviación estándar de 0.451 para este equipo médico en particular, lo que indica una poca dispersión en relación con la media (Ilustración 28).

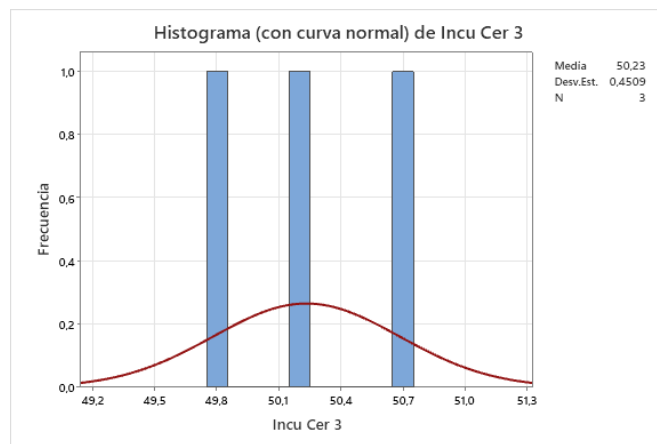


Ilustración 28. Sonido Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.8 INCUBADORA CERRADA 4

Tras someter la incubadora cerrada 4 (Baby Incubator) a una evaluación completa, se llegó a la conclusión de que se encontraba en condiciones óptimas. Se llevó a cabo una minuciosa prueba tanto de su apariencia externa como de su funcionamiento interno, sin hallar evidencia alguna de rasguños, manchas, golpes, chispas al conectarse o ruidos extraños. Se verificó que todos los componentes estaban correctamente ubicados y funcionando adecuadamente, lo que indica la eficacia de la evaluación (Tabla 34, 35, 36).

Tabla 34. Análisis Externo Incubadora Cerrada 4.

Análisis Externo	Si	No	Observación
El equipo se encuentra limpio.	X		
El equipo presenta rayaduras o manchas.	X		
El equipo presenta abolladuras o golpes.	X		
Existen daños físicos en los cableados.		X	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		X	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Análisis Interno Incubadora Cerrada 4.

Análisis Interno	Si	No	Observación
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.		X	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		X	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		X	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		X	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		X	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		X	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36. Análisis de Componentes Incubadora Cerrada 4.

Característica	Análisis de Componentes			Observación	
	Descripción	Si	No		N/A
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	X			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	X			
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.			X	En la sala cuentan con una UPS. Siempre realizar prueba.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	X			
	Se activan las alarmas sin razón alguna.		X		
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	X			

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.8.1 TEMPERATURA

Con el propósito de medir la temperatura en la incubadora cerrada 4, se realizaron pruebas que permitieron obtener información precisa. La media de la temperatura en la incubadora era de 31.068 °C. Además, se calculó una desviación estándar de 0.262 para indicar la variabilidad de los datos en relación con la media. En este caso, la desviación estándar sugiere que los valores medidos estuvieron cercanos a la media (Ilustración 29).

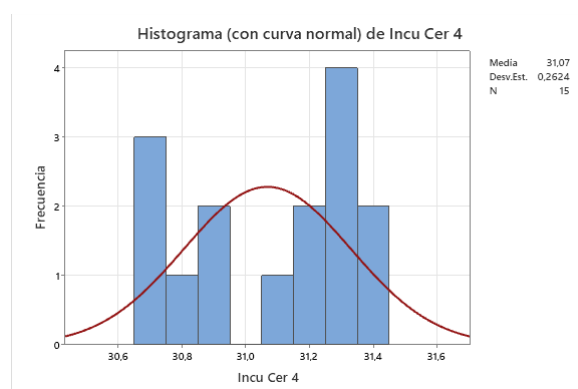


Ilustración 29. Temperatura Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.8.2 HUMEDAD RELATIVA

Para calcular la variable de la humedad relativa en la incubadora cerrada 4, se llevaron a cabo las pruebas necesarias, lo que permitió obtener información precisa. Durante un lapso de 15 minutos, se realizaron mediciones que arrojaron una media de 45.633 en la humedad relativa, con una desviación estándar de 1.002. Estos resultados indican que hubo escasa variabilidad en los valores con respecto a la media (Ilustración 30).

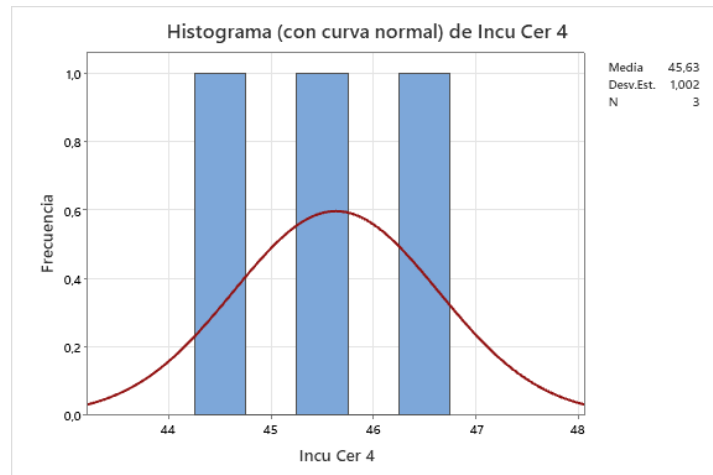


Ilustración 30. Humedad Relativa Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.8.3 FLUJO DE AIRE

Se ejerció una medición en la incubadora neonatal con una duración de 15 minutos, en la que se registró un flujo de aire constante que no superó los 0.1 m/s en ningún momento. Los resultados obtenidos indicaron una media estable y una desviación estándar de 0.0000, lo que sugiere la ausencia total de variabilidad en los datos. Dado que la muestra es muy limitada y no hay variabilidad, no se puede obtener información sobre la curtosis y asimetría de los datos (Tabla 38).

Tabla 37. Flujo de Aire Incubadora Cerrada 4.

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.
Incu Abi 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Abi 2	3	3	0	3	100	100	0.1233	0.0233	0.0404
Incu Abi 3	3	3	0	3	100	100	0.1200	0.0200	0.0346

Variable	Conteo total	N	N*	NAcum	Porcentaje	PrcAcum	Media	Error	
								estándar de	Desv.Est.
								la media	
Incu Abi 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 1	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 2	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 3	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Incu Cer 4	3	3	0	3	100	100	0.10000	0.000000	0.000000
Variable	Varianza	CoefVar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	
Incu Abi 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Abi 2	0.0016	32.77	0.1000	0.1000	0.1000	0.1700	0.1700	0.0700	
Incu Abi 3	0.0012	28.87	0.1000	0.1000	0.1000	0.1600	0.1600	0.0600	
Incu Abi 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 1	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 2	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 3	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Incu Cer 4	0.000000	0.00	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.000000	
Variable	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis				
Incu Abi 1	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Abi 2	0.0700	0.1	2	1.73	*				
Incu Abi 3	0.0600	0.1	2	1.73	*				
Incu Abi 4	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 1	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 2	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 3	0.000000	0.1	3	*	*				
Incu Cer 4	0.000000	0.1	3	*	*				

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.8.4 SONIDO

Se observó una interacción entre el neonato, las madres, enfermeras y médicos presentes en la sala, lo que afectó las mediciones de sonido de las incubadoras. Se encontró que la presencia de una persona cercana al equipo provocaba variaciones en las mediciones. La media registrada fue de 68 dBA, con una desviación estándar de 3.12. Se determinó que la dispersión de los datos estaba por encima de 3 desviaciones estándar de la media, lo que indica una alta variabilidad. Se identificó que las variaciones en las mediciones estaban influenciadas por la circulación de los distintos actores que utilizaban el espacio (Ilustración 31).

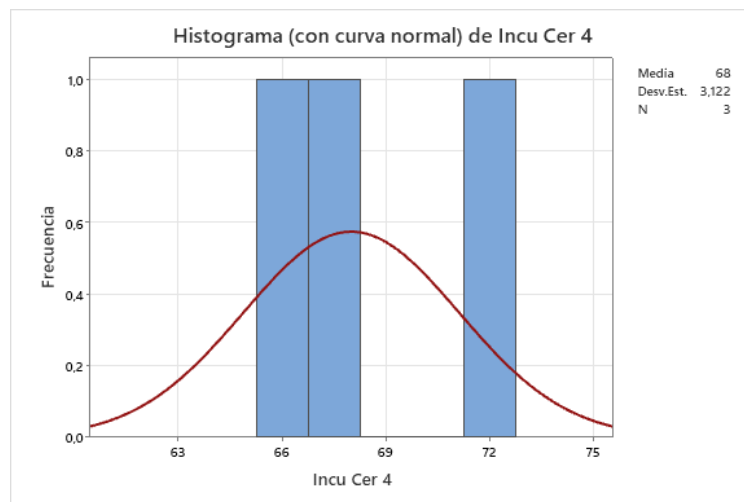


Ilustración 31. Sonido Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En la presente investigación de campo se recopilaron datos empíricos para brindar una comprensión más profunda del tema de investigación. Se realizaron diferentes técnicas para obtener estos datos, las cuales fueron explicadas en el apartado de la metodología. Gracias a la investigación de campo se logró realizar un análisis termográfico para comprobar las temperaturas de las incubadoras y una simulación de flujo de aire en SolidWorks para comprender el mismo

5.2.1 ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

En este análisis termográfico se utilizó una cámara termográfica marca Fluke como se explicó en la metodología. Para las incubadoras cerradas se tomaron fotografías laterales para que se pudiera apreciar la temperatura dentro de la incubadora. Cabe resaltar que a las fotografías se les aplicó un filtro con la finalidad de poder definir mejor los colores. La cámara termográfica no brindaba imágenes de alta calidad.

Para el análisis termográfico de la incubadora cerrada 1 se direccionó el puntero hacia la carcasa de la incubadora con la finalidad de obtener una toma completa del equipo. Mediante esta toma frontal se logró visualizar la presencia de calor en los botones de encendido y regulación de temperatura del equipo (Ilustración 32). También es importante resaltar que esta observación es positiva ya que al momento de apagar el equipo los botones se sentían calientes. La incubadora cerrada 1 y 4 contaban con esta misma peculiaridad ya que ambas son antiguos modelos C200 Isolette.

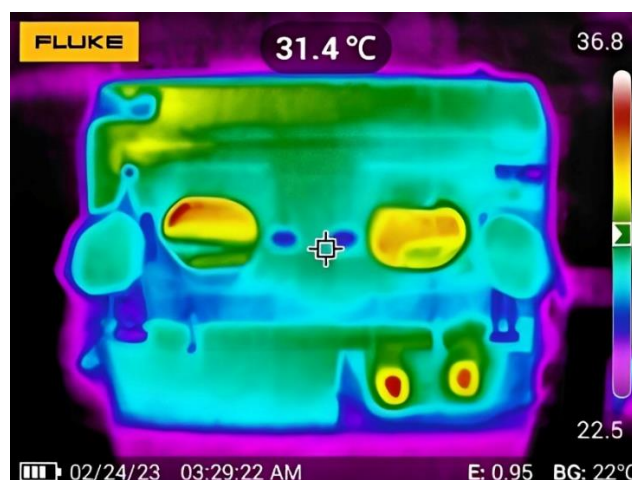


Ilustración 32. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta observación se debe investigar más a fondo debido a que puede existir un sobrecalentamiento en esa zona de los botones de la incubadora y esto podría repercutir en alguna falla o generar algún daño que pueda terminar ocasionando que el equipo falle y necesite una reparación o incluso generar algún daño al paciente a la hora de cometerse esta posible falla.

Con relación al funcionamiento de la incubadora cerrada 2, se procedió a mantenerla encendida durante un periodo de tiempo suficiente para alcanzar la temperatura preestablecida de 30 °C. Cabe mencionar que, al tratarse de un modelo más reciente del año 2021, el tiempo requerido para alcanzar dicha temperatura fue inferior a los 5 minutos. El tiempo necesario para alcanzar la temperatura deseada puede variar dependiendo del valor preestablecido, siendo posible que a medida que este aumente, el tiempo requerido también se incremente proporcionalmente.

En cuanto a la precisión de la incubadora, se registró que la carcasa del equipo estaba a una temperatura de 30.5 °C (Ilustración 33), lo cual se encuentra dentro de la tolerancia especificada por el fabricante de +/- 0.5 °C. Debido a que el valor preestablecido era de 30 °C, se logró comprobar que el desempeño de la incubadora se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.

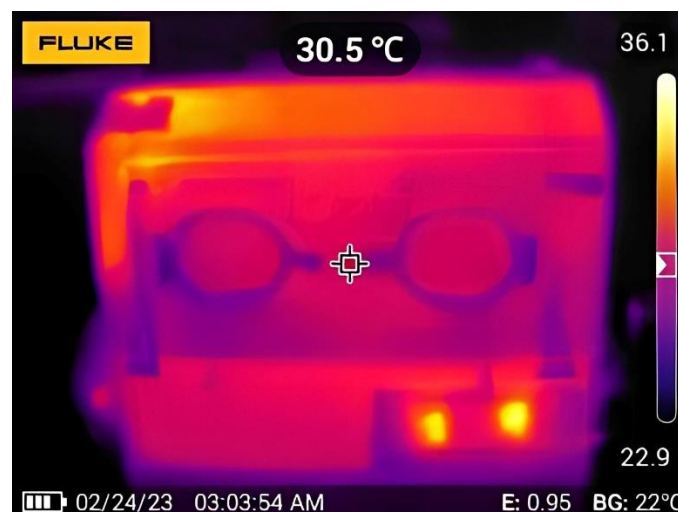


Ilustración 33. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 2.

Fuente: Elaboración Propia.

La incubadora cerrada 3 mantuvo una temperatura adecuada de 35 °C durante el estudio, lo que se confirmó mediante la cámara termográfica al obtener una temperatura de 34.9 °C (Ilustración 34). Esta diferencia de 0.1 °C se encontró dentro del margen de error esperado y cumplió con la tolerancia establecida por el fabricante.

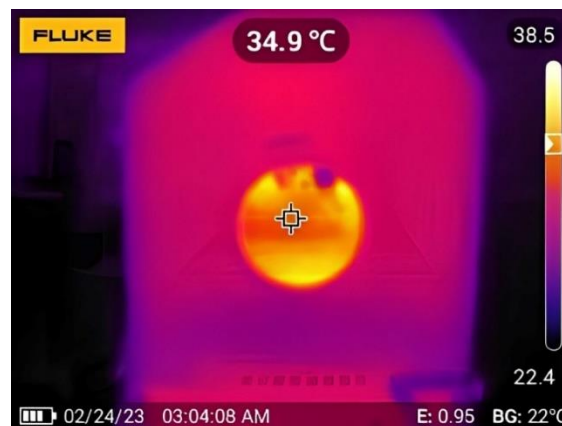


Ilustración 34. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado del análisis termográfico efectuado en la incubadora cerrada 4, se configuró una temperatura de 31 °C. Durante el estudio se observó que la medición entregó un valor de 31.1 °C (Ilustración 35). El valor obtenido de la medición se analizó con respecto al rango de tolerancia según el fabricante, y se determinó que es una desviación en categoría de cumplimiento. Para el desarrollo de esta prueba, fue necesario mantener la continuidad operativa del equipo por un lapso aproximado de 8 minutos con la finalidad de permitir que el equipo alcanzara la temperatura de configuración. De importante mención, la incubadora es modelo C200 Isolette y se identificó que presentaba una mayor antigüedad con respecto a las otras incubadoras que se estudiaron.



Ilustración 35. Análisis Termográfico Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto al análisis de la incubadora abierta 1, se llevó a cabo una toma frontal del equipo con la finalidad de observar la transferencia de calor desde la fuente calorífica hacia el colchón. Se logró confirmar que la transferencia de calor era adecuada y se daba de manera correcta (Ilustración 36). La fuente calorífica, configurada en un 50%, calentaba el colchón de manera apropiada en la parte inferior. Es importante mencionar que las incubadoras abiertas no permiten una configuración exacta de la temperatura, sino que se ajustan mediante porcentajes de temperatura.

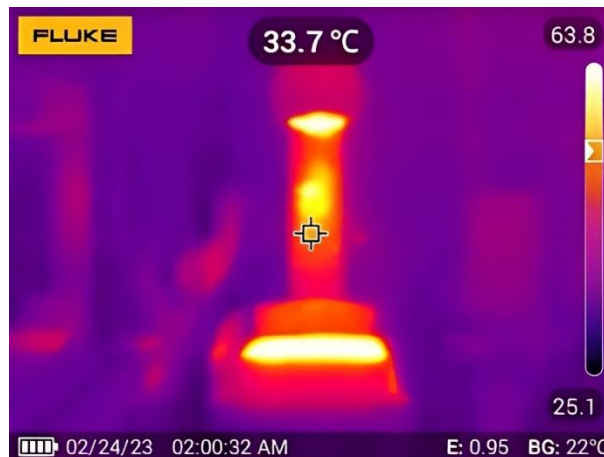


Ilustración 36. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Se llevó a cabo una evaluación de la eficacia de la incubadora abierta 2 en cuanto a la medición y control de la temperatura. Para ello, se realizó una captura de datos utilizando el analizador de incubadora Incu II de Fluke Biomedical en el momento preciso en el que se tomaron las mediciones. El objetivo de esta prueba fue demostrar que el analizador de incubadora también es capaz de captar la temperatura generada por estas incubadoras.

La incubadora abierta 2 se configuró para operar al 75% y se logró una temperatura de 29.9 °C (Ilustración 37). Es importante destacar que, dado que las incubadoras abiertas solo operan con porcentajes de temperatura, se mantuvieron encendidas durante un período suficiente para que alcanzaran una temperatura estable.



Ilustración 37. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Seguidamente, también se realizó un análisis termográfico de la incubadora abierta 3. Nuevamente se utilizó el analizador de incubadora para demostrar que esta captura la temperatura de manera eficiente y correcta. Como la naturaleza de las incubadoras abiertas no permite establecer un valor exacto de temperatura a esta incubadora abierta 3 se le indicó que produjera el 100% de calor. Se capturó el momento que la temperatura se encontraba 31.6 °C (Ilustración 38) y también en las 3 tomas de datos se apreciaron variaciones. Es importante destacar que la temperatura iba incrementando con el pasar del tiempo por este motivo se vio presente una variabilidad en la toma de datos.

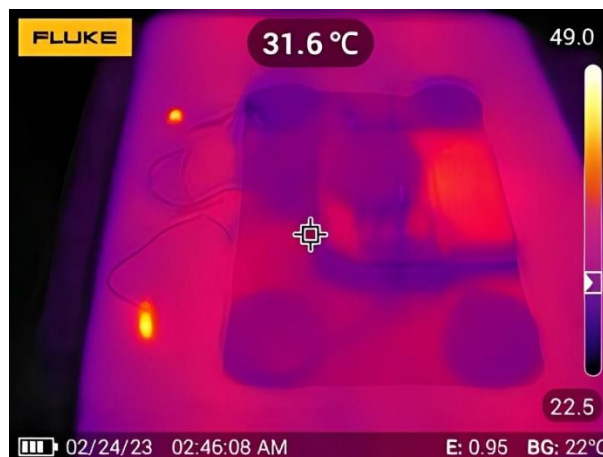


Ilustración 38. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.

La incubadora abierta 4 fue sometida a una configuración para su funcionamiento al 100% de su capacidad. Se estableció el valor máximo previamente mencionado y se mantuvo encendida durante un período aproximado de 20 minutos. Durante la prueba se registró una

elevada temperatura del colchón, alcanzando los 42.1°C (Ilustración 39). Este valor se atribuye tanto a la configuración de la incubadora al 100% como a su prolongado tiempo de funcionamiento. Es importante destacar que la configuración de la incubadora abierta a estos porcentajes tan altos no es común, ya que podría resultar perjudicial para la salud de los pacientes.

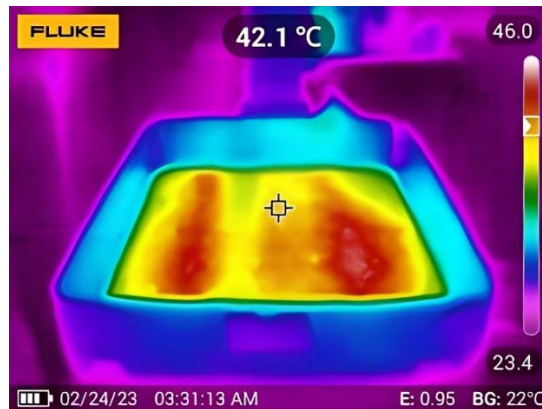


Ilustración 39. Análisis Termográfico Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2 SIMULACIÓN DE FLUJO DE AIRE

En esta sección se llevó a cabo la creación de un prototipo de incubadora neonatal cerrada con el fin de estudiar el comportamiento del aire en su interior. Es importante señalar que esta simulación fue llevada a cabo con el objetivo de visualizar la dinámica del flujo de aire dentro de la incubadora.

No se logró realizar un análisis exhaustivo, ya que no se han tenido en cuenta diversos factores que influyen en la correcta evaluación del flujo de aire en una incubadora, tales como las condiciones ambientales. Para lograr este objetivo se utilizó el software SolidWorks para crear el prototipo de la incubadora y también realizar la simulación de flujo de aire de esta.

Durante la simulación se estableció una temperatura interna de 37 °C, lo que permitió observar cómo el aire ingresaba uniformemente a través de una apertura ubicada en la parte inferior derecha de la carcasa y se distribuía de manera homogénea dentro de la incubadora mediante un sistema de lazo cerrado (Ilustración 40). Se asignaron otras variables a la simulación como la temperatura del aire y la velocidad de este para lograr obtener una simulación lo más real posible comparado con el funcionamiento correcto de las incubadoras neonatales.

Es relevante destacar que en la simulación realizada no se tomaron en cuenta las condiciones ambientales debido a que la naturaleza de la simulación no permitía la asignación de este tipo de variables. No obstante, el estudio posibilitó la obtención de una visión general del flujo de aire caliente que se produce en el interior de una incubadora cerrada.

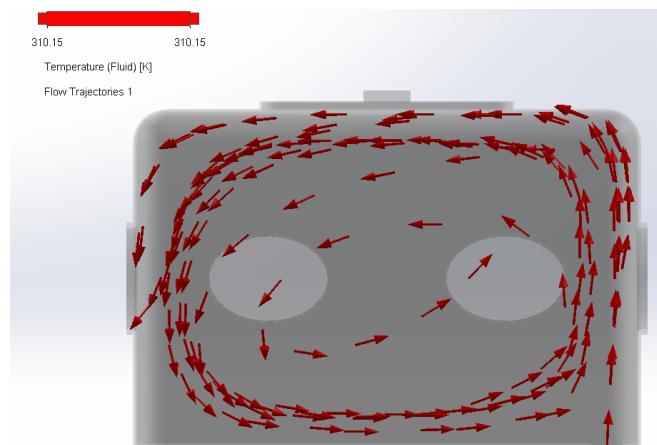


Ilustración 40. Simulación Flujo de Aire en SolidWorks.

Fuente: Elaboración Propia.

Para lograr una mejor visualización de los detalles de la incubadora, como las ventanillas y la apertura situada en la parte inferior derecha de la carcasa, se obtuvo una orientación de vista trimétrica (Ilustración 41). De esta manera, se pudo observar cómo el aire ingresaba a la parte interna de la incubadora por la apertura y se distribuía en el interior del equipo. Además, se aplicó un realce a las flechas para que pudieran apreciarse en una tonalidad diferente, con el objetivo de resaltar más este elemento.

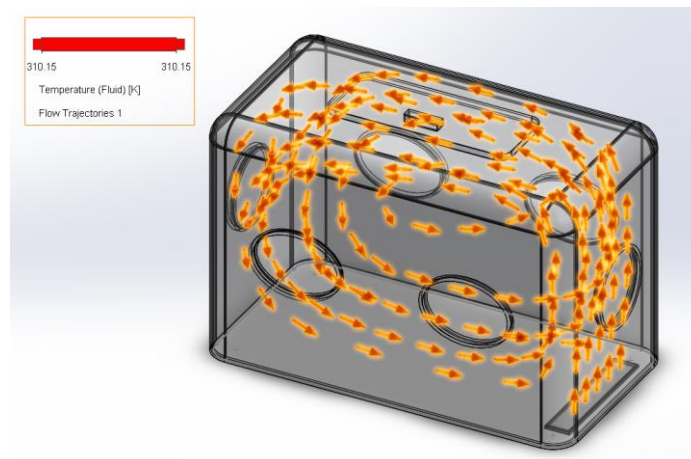


Ilustración 41. Orientación de Vista Trimétrica de la Simulación.

Fuente: Elaboración Propia.

Durante la realización de simulaciones en el programa SolidWorks, se encontró una función que permitió obtener tablas detalladas de los valores de interés para el estudio. En particular, se establecieron parámetros de temperatura promedio del fluido, temperatura total promedio y velocidad promedio del fluido. Con el fin de estudiar el comportamiento de estos parámetros durante los ciclos dentro de la incubadora, se obtuvieron diversos valores mediante la simulación.

Los resultados arrojados indicaron que la temperatura promedio del fluido permaneció constante en 310.15 K (37°C), aunque se observaron ligeras variaciones en los últimos decimales del valor establecido. En cuanto a la velocidad promedio del fluido, se obtuvieron valores de 0.2 m/s, pero se detectaron variaciones en los decimales finales de este parámetro. Finalmente, se analizó la temperatura promedio total, la cual se correlacionó directamente con la velocidad promedio del fluido. Se concluyó que, al igual que en los otros parámetros, se presentaron variaciones en los decimales finales de los resultados obtenidos (Tabla 39).

Tabla 38. Simulación de Flujo de Aire en SolidWorks.

Parámetro	Unidad	Valor	Valor Promedio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Progreso [%]	Uso en convergencia	Delta	Criterios
Temperatura Promedio (Fluido) 1	[K]	310.150278	310.1502778	310.1502774	310.1502781	100	Sí	3.2651E-07	6.1893E-05
Temperatura Total Promedio 2	[K]	310.150545	310.1505449	310.1505439	310.1505455	100	Sí	1.5558E-06	7.7245E-05
Velocidad Promedio 4	[m/s]	0.73168908	0.730921553	0.729431027	0.73168908	100	Sí	0.00225805	0.05698971
Temperatura Promedio (Fluido) 8	[K]	310.15045	310.1504611	310.1504371	310.1504778	100	Sí	4.0701E-05	5.6816E-05
Temperatura Total Promedio 9	[K]	310.150477	310.1504885	310.150464	310.1505052	100	Sí	4.1213E-05	5.9032E-05
Velocidad Promedio 11	[m/s]	0.20338191	0.21222491	0.203381914	0.217256878	100	Sí	0.00621864	0.02396851

Parámetro	Unidad	Valor	Valor Promedio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Progreso [%]	Uso en convergencia	Delta	Criterios
Temperatura Promedio (Fluido) 15	[K]	310.150454	310.150441	310.1504245	310.1504537	100	Sí	2.9123E-05	5.0943E-05
Temperatura Total Promedio 16	[K]	310.150547	310.1505335	310.1505143	310.1505465	100	Sí	3.2202E-05	5.7774E-05
Velocidad Promedio 18	[m/s]	0.41688824	0.417606086	0.414080713	0.419954656	100	Sí	0.00587394	0.0542121
Temperatura Promedio (Fluido) 22	[K]	310.150486	310.1504697	310.1504507	310.1504856	100	Sí	3.4893E-05	6.0807E-05
Temperatura Total Promedio 23	[K]	310.150514	310.1504973	310.1504779	310.1505136	100	Sí	3.5694E-05	5.9624E-05
Velocidad Promedio 25	[m/s]	0.21376783	0.213337278	0.21122944	0.216043137	100	Sí	0.0048137	0.06739643
Temperatura Promedio (Fluido) 29	[K]	310.150347	310.150379	310.1503472	310.1503914	100	Sí	2.186E-05	4.9856E-05

Parámetro	Unidad	Valor	Valor Promedio	Valor Mínimo	Valor Máximo	Progreso [%]	Uso en convergencia	Delta	Criterios
Temperatura Total Promedio 30	[K]	310.150387	310.150422	310.1503872	310.1504347	100	Sí	2.165E-05	5.349E-05
Velocidad Promedio 32	[m/s]	0.21674053	0.231746428	0.216740531	0.249899488	100	Sí	0.03019644	0.04095617
Temperatura Promedio (Fluido) 36	[K]	310.15038	310.1503764	310.1503442	310.1504	100	Sí	4.8093E-05	5.2544E-05
Temperatura Total Promedio 37	[K]	310.150422	310.150417	310.1503831	310.1504431	100	Sí	4.9874E-05	5.4379E-05
Velocidad Promedio 39	[m/s]	0.23488515	0.222713633	0.213556721	0.240030219	100	Sí	0.00514285	0.02520492

Fuente: Elaboración Propia.

5.3 ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE LOS EQUIPOS

En este apartado se llevó a cabo un análisis de cumplimiento de las ocho incubadoras que fueron objeto de estudio. Se elaboraron tablas detalladas que contenían todos los parámetros estudiados, incluyendo el análisis externo, interno y de componentes, así como los análisis de temperatura, humedad relativa, flujo de aire y sonido.

Cada uno de estos parámetros fue evaluado cuidadosamente, con el fin de obtener un panorama completo y detallado del desempeño de cada incubadora. Los resultados obtenidos permitieron identificar aquellas incubadoras que cumplieron con los criterios de evaluación establecidos, y aquellas que presentaron áreas de oportunidad para mejorar su funcionamiento.

En cuanto a los parámetros de temperatura, humedad relativa, flujo de aire y sonido, se tomaron 3 mediciones (elección propia) de cada uno de ellos en un lapso de 5 minutos cada una (con base a la cantidad de mediciones seleccionadas), lo que resultó en un tiempo de prueba total de 15 minutos para cada incubadora como establece el manual del analizador de incubadoras neonatales Fluke Biomedical Incu II. Luego, se calculó el promedio de las 3 mediciones de cada parámetro para determinar si el equipo cumple o no con los estándares correspondientes. Este enfoque riguroso permitió una evaluación precisa y confiable de las condiciones de las incubadoras.

El análisis externo de las incubadoras se llevó a cabo mediante una revisión exhaustiva de la parte externa del equipo con el fin de evaluar su estado general. Se evaluaron minuciosamente las características físicas del equipo, tales como la limpieza, la presencia de rayaduras, manchas o golpes, así como el estado de los conectores y cables. Los resultados obtenidos revelaron que todas las incubadoras evaluadas, es decir, el 100% (N=8) de ellas, se encontraban en óptimas condiciones, limpias y sin daños en sus cables y conectores.

En cuanto a las incubadoras abiertas, se verificaron cuatro unidades, y todas ellas se encontraban en óptimas condiciones, sin presentar abolladuras ni golpes. Sin embargo, el 25% (n=1) de estas incubadoras exhibió rayaduras o manchas. En el caso de las incubadoras cerradas, se evaluaron un total de cuatro unidades, de las cuales el 50% (n=2) presentó diversos daños como golpes, abolladuras, rayaduras y manchas (Tabla 40).

Tabla 39. Análisis Externo.

Análisis Externo	Incubadoras abiertas				Incubadoras cerradas			
	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)
El equipo se encuentra limpio.	4	0	100%	0%	4	0	100%	0%
El equipo presenta rayaduras o manchas.	1	3	25%	75%	2	2	50%	50%
El equipo presenta abolladuras o golpes.	0	4	0%	100%	2	2	50%	50%
Existen daños físicos en los cableados.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Durante el análisis interno de las incubadoras, se revisaron varios aspectos importantes para su correcto funcionamiento. Se evaluó si las incubadoras presentaban chispas o descargas eléctricas al momento de conectarse o desconectarse, si producían algún ruido, si se sobrecalentaban o despedían un olor a quemado mientras estaban en funcionamiento. Además, se observó si las luces titilaban o estaban bajas.

Como resultado del estudio interno, se pudo determinar que el 100% de las incubadoras abiertas analizadas no presentaban ningún problema interno y cumplían con las características evaluadas. Es decir, no hubo registro de chispas, descargas eléctricas, ruido, sobrecalentamiento, olor a quemado o luces en mal estado. En cuanto a las incubadoras cerradas, la mayoría cumplía con las características estudiadas. Sin embargo, el 25% de estas incubadoras presentó un ruido al encenderse por primera vez (Tabla 41). Este caso específico fue registrado en una de las incubadoras más antiguas, el modelo C200 Isolette.

Tabla 40. Análisis Interno.

Análisis Interno	Incubadoras abiertas				Incubadoras cerradas			
	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo al tomacorriente.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.	0	4	0%	100%	1	3	25%	75%
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.	0	4	0%	100%	0	4	0%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis de componentes de las incubadoras se enfocó en revisar tres aspectos principales: las alarmas, la batería y los sensores. En cuanto a las alarmas, se examinó si se activaban correctamente, si funcionaban de manera visual, acústica y si el equipo notificaba al usuario cuando este entraba en modo batería de respaldo. También se verificó si las alarmas verificadoras se podían apagar manualmente y si se activaban sin ningún motivo. En relación con el componente de la batería, se revisó si al entrar en modo batería, el equipo se mantenía encendido y funcional de manera adecuada. Por último, se verificó si los sensores detectaban las adversidades que debían notificar las alarmas.

En la revisión de las alarmas de las incubadoras, se encontró que todas las incubadoras examinadas (N=8) contaban con alarmas en perfectas condiciones. Todas las alarmas se activaban correctamente, tanto de forma visual como acústica, y no se activaban sin motivo alguno. Además, se comprobó que estas alarmas solo se podían apagar de manera manual, lo cual es beneficioso ya que permite que el usuario pueda identificar por qué se activó la alarma, corregir el problema en el momento y reestablecer la alarma.

Es importante destacar que en este apartado se agregó el estudio de la alarma que notifica cuando el equipo entra en modo batería de respaldo. Sin embargo, ninguna de las ocho incubadoras examinadas contaba con una batería de respaldo integrada. En la sala de neonatología del hospital, se utilizaba una UPS para todos estos equipos en caso de fallos en la energía eléctrica del hospital.

En segundo lugar, se examinó la batería de respaldo, pero se encontró que ninguna de las incubadoras analizadas (N=8) contaba con este tipo de batería. Sin embargo, se destacó la importancia de contar con un sistema de respaldo en caso de una falla en la energía eléctrica del hospital, y se mencionó que en la sala de neonatología donde se encontraban estas incubadoras se utilizaba una UPS para mantener los equipos en funcionamiento en caso de una interrupción de energía eléctrica. Además, se destacó que todos los equipos de la sala estaban conectados a conectores de grado médico para garantizar la seguridad eléctrica tanto de los pacientes como del personal médico.

En la última etapa del análisis, se procedió a examinar los sensores de las incubadoras. El objetivo era verificar si eran capaces de detectar cualquier eventualidad que pudiera activar las alarmas correspondientes. Se utilizó como ejemplo la detección de temperaturas extremadamente altas que pudieran poner en peligro la salud de los recién nacidos.

Los resultados obtenidos indican que todas las incubadoras analizadas, un total del 100% (N=8), cumplieron satisfactoriamente con este parámetro (Tabla 42). En otras palabras, los sensores integrados en los equipos fueron capaces de detectar las situaciones críticas y activar las alarmas correspondientes para alertar al personal médico y evitar daños mayores en los pacientes.

Tabla 41. Análisis de Componentes.

Análisis de Componentes		Incubadoras abiertas						Incubadoras cerradas					
		Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Frecuencia (N/A)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)	Porcentaje (N/A)	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Frecuencia (N/A)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)	Porcentaje (N/A)
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.	0	0	4	0%	0%	100%	0	0	4	0%	0%	100%
	La alarma funciona de forma visual y acústica.	4	0	0	100%	0%	0%	4	0	0	100%	0%	0%
	Se activan las alarmas de forma adecuada.	4	0	0	100%	0%	0%	4	0	0	100%	0%	0%
Alarmas	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	0	0	4	0%	0%	100%	0	0	4	0%	0%	100%
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	4	0	0	100%	0%	0%	4	0	0	100%	0%	0%

Análisis de Componentes	Incubadoras abiertas						Incubadoras cerradas					
	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Frecuencia (N/A)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)	Porcentaje (N/A)	Frecuencia (Sí)	Frecuencia (No)	Frecuencia (N/A)	Porcentaje (Sí)	Porcentaje (No)	Porcentaje (N/A)
Se activan las alarmas sin razón alguna.	0	4	0	0%	100%	0%	0	4	0	0%	100%	0%
Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	4	0	0	100%	0%	0%	4	0	0	100%	0%	0%

Fuente: Elaboración Propia.

Durante las mediciones realizadas en el estudio, el analizador proporcionó 5 mediciones de temperatura (T1, T2, T3, T4, T5) para cada incubadora. Con el objetivo de obtener un valor representativo que permitiera determinar si el equipo cumplía o no con este parámetro en específico, se calculó el promedio de estas 5 mediciones de temperatura. Posteriormente, se realizó otro promedio, en este caso de las 3 mediciones que se llevaron a cabo en un lapso de 15 minutos (una medición cada 5 minutos).

Los resultados obtenidos mostraron que el 50% (n=4) de las incubadoras analizadas (N=8) cumplieron con el parámetro de temperatura establecido (Tabla 43). En particular, las incubadoras abiertas 1 y 4, junto con las incubadoras cerradas 3 y 4, lograron superar exitosamente las pruebas de temperatura.

Tabla 42. Cumplimiento del Parámetro de Temperatura.

Temperatura	Valor Obtenido (Promedio)	Frecuencia (Cumple)	Frecuencia (No Cumple)	Porcentaje de Cumplimiento
Incubadora Abierta 1	30.4	1	0	100%
Incubadora Abierta 2	28.74	0	1	0%
Incubadora Abierta 3	33.46	0	1	0%
Incubadora Abierta 4	29.77	1	0	100%
Incubadora Cerrada 1	34.76	0	1	0%
Incubadora Cerrada 2	30.88	0	1	0%
Incubadora Cerrada 3	35.27	1	0	100%
Incubadora Cerrada 4	31.07	1	0	100%

Fuente: Elaboración Propia.

La humedad relativa de las incubadoras se midió utilizando el sensor de humedad incorporado en el analizador de incubadoras. Como se mencionó previamente, se realizaron tres mediciones por cada incubadora. Se determinó que el 62.5% (n=5) de las incubadoras analizadas (N=8) cumplían con éxito con el parámetro de humedad relativa (Tabla 44). Las incubadoras abiertas 1, 2 y 4, junto con las incubadoras cerradas 2 y 3, lograron pasar las pruebas de humedad relativa satisfactoriamente.

Tabla 43. Cumplimiento del Parámetro de Humedad Relativa.

Humedad Relativa	Valor Obtenido (Promedio)	Frecuencia (Cumple)	Frecuencia (No Cumple)	Porcentaje de Cumplimiento
Incubadora Abierta 1	35.9	1	0	100%
Incubadora Abierta 2	45.53	1	0	100%
Incubadora Abierta 3	27.57	0	1	0%
Incubadora Abierta 4	43	1	0	100%
Incubadora Cerrada 1	34.77	0	1	0%
Incubadora Cerrada 2	41.57	1	0	100%
Incubadora Cerrada 3	33.2	1	0	100%
Incubadora Cerrada 4	45.63	0	1	0%

Fuente: Elaboración Propia.

El flujo de aire de las incubadoras fue medido mediante el uso del sensor de flujo de aire integrado en el analizador de incubadoras. Se determinó que el 100% (N=8) de las incubadoras analizadas cumplían exitosamente con el parámetro de flujo de aire (Tabla 45). Cabe destacar que solo el 25% (n=2) de las incubadoras mostraron un promedio diferente al de las demás, aunque siempre dentro de la tolerancia establecida por el fabricante.

Tabla 44. Cumplimiento del Parámetro de Flujo de Aire.

Flujo de Aire	Valor Obtenido (Promedio)	Frecuencia (Cumple)	Frecuencia (No Cumple)	Porcentaje de Cumplimiento
Incubadora Abierta 1	0.1	1	0	100%
Incubadora Abierta 2	0.12	1	0	100%
Incubadora Abierta 3	0.12	1	0	100%
Incubadora Abierta 4	0.1	1	0	100%
Incubadora Cerrada 1	0.1	1	0	100%
Incubadora Cerrada 2	0.1	1	0	100%
Incubadora Cerrada 3	0.1	1	0	100%
Incubadora Cerrada 4	0.1	1	0	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Durante el estudio, se midió el sonido de las incubadoras utilizando el sensor de sonido incorporado en el analizador de incubadoras. Tras el análisis, se determinó que el 75% (n=6) de las incubadoras analizadas (N=8) cumplían exitosamente con el parámetro de sonido establecido (Tabla 46). Es importante destacar que, durante la toma de mediciones, se pudo observar que el ruido ambiental de la sala de neonatología influyó en el resultado de la medición. En particular, la presencia de un televisor en la sala, aunque con un volumen bajo, pudo influir en las mediciones obtenidas.

Las incubadoras cerradas 1 y 4 no cumplieron con el parámetro de sonido establecido. Sin embargo, es necesario mencionar que durante la toma de mediciones de la incubadora cerrada 1, personal de la alcaldía y el director del hospital ingresaron a la sala de neonatología para mostrarles el área. Durante la conversación que mantuvieron, se produjo ruido que se vio reflejado en el analizador con un incremento de los decibelios (dBA). Por otra parte, durante la toma de mediciones de la incubadora cerrada 4, una madre y una enfermera estaban conversando y esto pudo influir en la obtención de altos valores de sonido.

Tabla 45. Cumplimiento del Parámetro de Sonido.

Sonido	Valor Obtenido (Promedio)	Frecuencia (Cumple)	Frecuencia (No Cumple)	Porcentaje de Cumplimiento
Incubadora Abierta 1	54.13	1	0	100%
Incubadora Abierta 2	47.67	1	0	100%
Incubadora Abierta 3	49.23	1	0	100%
Incubadora Abierta 4	42.5	1	0	100%
Incubadora Cerrada 1	63.9	0	1	0%
Incubadora Cerrada 2	52.5	1	0	100%
Incubadora Cerrada 3	50.23	1	0	100%
Incubadora Cerrada 4	68	0	1	0%

Fuente: Elaboración Propia.

VI. CONCLUSIONES

1. La evaluación del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales en el Hospital El Progreso mediante el empleo de dispositivos de medición, simulaciones y análisis estadístico ha demostrado ser una metodología eficaz para garantizar la calidad de atención a los recién nacidos. Los resultados obtenidos han permitido identificar diversas anomalías en el funcionamiento de las incubadoras.

La utilización de dispositivos de medición y simulaciones ha permitido evaluar de manera precisa el desempeño de las incubadoras y verificar su capacidad para mantener las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los recién nacidos. Asimismo, el análisis estadístico de los datos ha permitido identificar patrones y tendencias en el comportamiento de las incubadoras, lo que ha permitido tomar medidas preventivas y correctivas para evitar problemas futuros.

2. Se han realizado importantes avances en la tecnología de las incubadoras neonatales y en la comprensión de los factores que influyen en la salud de los recién nacidos prematuros. Además, la identificación y evaluación de los indicadores de desempeño de las incubadoras, junto con la aplicación de teorías y enfoques apropiados, pueden ayudar a mejorar la atención médica y la calidad de vida de los bebés prematuros.

Es importante destacar la necesidad de seguir investigando y desarrollando nuevas técnicas y tecnologías para optimizar el cuidado neonatal. Además, la implementación efectiva de metodologías como el análisis termográfico, análisis estadístico y simulación de software pueden contribuir a las pruebas de desempeño actuales a ser más completas. Mediante estas metodologías se puede alcanzar un estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales más apropiado, completo y confiable.

3. Para el estudio del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales presentes en el Hospital El Progreso, se seleccionaron dos metodologías: la medición instrumental y la investigación de campo. La metodología de medición instrumental permitió obtener datos precisos y objetivos sobre el desempeño de las incubadoras a través del uso de herramientas especializadas como el analizador de incubadoras. Esta metodología se caracteriza por su alto nivel de precisión y fiabilidad en la obtención de datos, lo que garantiza una evaluación objetiva del comportamiento funcional de las incubadoras.

Por otro lado, la investigación de campo permitió obtener una visión más amplia y detallada del uso que se les da a las incubadoras neonatales en el hospital. A través de la observación directa y el análisis de los registros de los parámetros, se pudieron identificar las condiciones en las que se utilizan las incubadoras y los procedimientos seguidos por el personal médico en su uso y mantenimiento. Esta metodología resultó fundamental para comprender el contexto en el que se utilizan las incubadoras y obtener información relevante para la evaluación de su comportamiento funcional.

La combinación de ambas metodologías permitió obtener un panorama completo y detallado del comportamiento funcional de las incubadoras neonatales en el Hospital El Progreso, lo que nos permitió identificar oportunidades de mejora en su uso y calibraciones, y mejorar así la calidad del cuidado neonatal en el hospital.

4. El análisis y las mediciones realizadas a las ocho incubadoras disponibles en el Hospital El Progreso, utilizando un analizador de incubadoras y una cámara termográfica, han proporcionado datos valiosos sobre su funcionamiento y rendimiento. Estos datos han permitido evaluar la calidad de la asistencia médica brindada a los recién nacidos y han servido como una herramienta importante para identificar y prevenir posibles riesgos y problemas relacionados con estas incubadoras.

La utilización de estas herramientas tecnológicas y la realización de mediciones sistemáticas en las incubadoras permiten monitorear su rendimiento y detectar cualquier tipo de falla o desviación en los parámetros de funcionamiento. Esto asegura una atención adecuada y segura para los recién nacidos que las utilizan, mejorando así la calidad del cuidado neonatal en el Hospital El Progreso.

En definitiva, el análisis y las mediciones realizadas han sido de gran relevancia y utilidad para el Hospital El Progreso, permitiendo mejorar el control y el seguimiento de las incubadoras neonatales y garantizar un cuidado óptimo para los recién nacidos. Todo esto gracias a los resultados obtenidos en las pruebas de desempeño, mediante los dispositivos de medición (analizador y cámara termográfica), al análisis estadístico realizado a todos estos datos obtenidos y a la simulación de software realizada.

5. Se emplearon diversas metodologías de validación de datos, incluyendo simulaciones y análisis estadísticos. En particular, se utilizó el software SolidWorks para llevar a cabo simulaciones de flujo de aire dentro de la incubadora neonatal. Esta herramienta permitió verificar y analizar de manera precisa y detallada cómo el aire se mueve dentro de la incubadora y cómo afecta al entorno en el que se encuentra el neonato.

Además, para complementar y validar los datos obtenidos a través de las simulaciones, se utilizaron hojas de registro de pruebas para posteriormente llevar a cabo un análisis estadístico detallado de los resultados de la investigación. Este análisis permitió obtener una evaluación rigurosa y objetiva del desempeño de las incubadoras neonatales y de su impacto en la atención médica que se brinda a los recién nacidos.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 RECOMENDACIONES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

- Es importante tomar en cuenta que para garantizar la fiabilidad de los resultados que determinan el correcto funcionamiento del equipo, se recomienda aumentar la cantidad de mediciones realizadas. Por lo tanto, se sugiere que se tomen más mediciones con el fin de respaldar de manera más sólida los resultados obtenidos. Se hace hincapié en la importancia de llevar a cabo esta acción para mejorar la calidad y la eficacia del proceso de medición.
- Es recomendable extender el tiempo de funcionamiento de las incubadoras neonatales, en especial las incubadoras abiertas, para permitir que alcancen una temperatura más estable y evitar fluctuaciones significativas en los datos obtenidos. Se hace hincapié en la importancia de tomar en cuenta esta acción para mejorar la fiabilidad de los resultados y garantizar el bienestar del neonato. Por lo tanto, se sugiere mantener las incubadoras en funcionamiento durante un período mayor de tiempo para lograr una temperatura óptima y prevenir variaciones en los datos obtenidos, especialmente en las incubadoras abiertas que presentan mayores fluctuaciones.

7.2 RECOMENDACIONES PARA EL HOSPITAL EL PROGRESO

- Considerar reducir el nivel de ruido en la unidad de neonatología con el fin de evitar posibles interferencias en la toma de mediciones del analizador. Se sugiere retirar dispositivos como el televisor de la unidad o mantener su volumen bajo. Durante la obtención de mediciones, es esencial mantener un ambiente de completo silencio en la unidad, a fin de garantizar la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos.
- Se recomienda realizar pruebas de desempeño a las incubadoras neonatales con una periodicidad anual. Sin embargo, es importante considerar que la frecuencia de las pruebas puede variar en función de las recomendaciones del fabricante y de las normativas locales aplicables. Además, es fundamental llevar a cabo pruebas de verificación cada vez que se realice el mantenimiento o

reparación de las incubadoras, para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

VIII. APLICABILIDAD E IMPLEMENTACIÓN

En el área de neonatología, tanto en las unidades de neonatología como en las unidades de cuidados intensivos de neonatos se puede considerar el contenido abordado en este estudio con el objetivo de realizar un análisis preciso y adecuado para las incubadoras neonatales. De esta manera, se logra prolongar la vida útil de los equipos y garantizar su correcto funcionamiento, lo que es fundamental para la atención y cuidado de los pacientes neonatos.

Los ingenieros biomédicos son los profesionales que pueden implementar este estudio realizado en sus técnicas de evaluación de las incubadoras neonatales. Gracias a esto, se puede brindar un análisis más profundo y preciso para estos equipos médicos de suma importancia en la atención y tratamiento de los pacientes neonatos.

IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL

En el futuro, se prevé la posibilidad de extender el alcance de este estudio a otras incubadoras de distintas marcas y, potencialmente, incrementar la muestra de incubadoras neonatales. La finalidad de estas acciones consistirá en aplicar las técnicas utilizadas en hospitales que posean una mayor cantidad de equipos, lo que permitirá mejorar la eficacia y precisión en el uso de las incubadoras neonatales para pacientes. Además, se espera que estas iniciativas contribuyan a prolongar la vida útil de los equipos, garantizando su funcionamiento óptimo.

Es factible incorporar otras herramientas de simulación, como nuevos softwares. Aunque SolidWorks se utilizó para esta investigación, existen otras opciones de software que pueden desempeñar las mismas funciones e incluso ofrecer opciones adicionales que mejorarían la calidad de la simulación. Entre las opciones de software disponibles se encuentran Autodesk CFD, SimScale, Ansys, entre otros.

BIBLOGRAFÍA

Acerca de SOLIDWORKS - 2023—Ayuda de SOLIDWORKS. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2023, de

https://help.solidworks.com/2023/Spanish/SolidWorks/sldworks/HIDD_ABOUTBOX.htm

Allen, K. (2011). Neonatal thermal care: A discussion of two incubator modes for optimising thermoregulation. A care study. *Journal of Neonatal Nursing, 17*(2), 43-48.

<https://doi.org/10.1016/j.jnn.2011.01.004>

Badnjević, A., Gurbeta Pokvić, L., & Spahić, L. (2020). Chapter 78—Pediatric and neonate incubators. En E. Iadanza (Ed.), *Clinical Engineering Handbook (Second Edition)* (pp. 514-519). Academic Press.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813467-2.00079-1>

Bensebaa, F. (2013). Chapter 5—Clean Energy. En F. Bensebaa (Ed.), *Interface Science and Technology* (Vol. 19, pp. 279-383). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-369550-5.00005-7>

Benyó, Z. (2006). Education and research in biomedical engineering of the Budapest

University of Technology and Economics. *Acta Physiologica Hungarica, 93*(1), 13-21.

<https://doi.org/10.1556/aphysiol.93.2006.1.2>

Cámara termográfica portátil compacta | Cámara termográfica de bolsillo PTi120. (s. f.).

Recuperado 25 de marzo de 2023, de [https://www.fluke.com/es-](https://www.fluke.com/es-mx/producto/camaras-termicas/de-bolsillo-pti120)

[mx/producto/camaras-termicas/de-bolsillo-pti120](https://www.fluke.com/es-mx/producto/camaras-termicas/de-bolsillo-pti120)

Dispositivos médicos—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). Recuperado

25 de marzo de 2023, de <https://www.paho.org/es/temas/dispositivos-medicos>

Elisabeth L. Raab, L. K. K., & Lisa K. Kelly. (2021). *Evaluación y atención del recién nacido sano |*

Diagnóstico y tratamiento ginecoobstétricos, 12e | AccessMedicina | McGraw Hill

Medical.

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3087§ionid=258539741#258539773>

Fluke Biomedical. (2015). *INCU™ II*.

https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/incuii_gseng0200.pdf

Fraguela, A., Matlalcuatzi, F. D., & Ramos, Á. M. (2015). Mathematical modelling of thermoregulation processes for premature infants in closed convectively heated incubators. *Computers in Biology and Medicine*, 57, 159-172.

<https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2014.11.021>

Herramientas estadísticas, de análisis de datos y de mejora de procesos | Minitab. (s. f.).

Recuperado 25 de marzo de 2023, de <https://www.minitab.com/es-mx/>

IEC 62366-1:2015(en), Medical devices—Part 1: Application of usability engineering to medical devices. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2023, de

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iec:62366:-1:ed-1:v1:en>

IEC 62366-2:2016(en), Medical devices—Part 2: Guidance on the application of usability engineering to medical devices. (s. f.). Recuperado 26 de marzo de 2023, de

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iec:tr:62366:-2:ed-1:v1:en>

INCUBADORA ABIERTA O SERVOCUNA MEDIX SM401 – EQUITRONIC S.A. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2023, de <https://equitronic.com.co/producto/incubadora-abierta-o-servocuna-medix-sm401/>

INCU™ II - Tester para incubadora neonatal by Fluke Biomedical | MedicalExpo. (s. f.).

Recuperado 25 de marzo de 2023, de <https://www.medicalexpo.es/prod/fluke-biomedical/product-68507-721553.html>

- Linsenmeier, R. A., & Saterbak, A. (2020). Fifty Years of Biomedical Engineering Undergraduate Education. *Annals of Biomedical Engineering*, 48(6), 1590-1615. <https://doi.org/10.1007/s10439-020-02494-0>
- López Moreno, W. (2021). *Estadística práctica: Aplicación y análisis para la toma de decisiones (2a. ed.)*. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/181309?page=8>
- Mantenimiento. (s. f.). CAMO. Recuperado 25 de marzo de 2023, de <https://es.camo.org/servicios/mantenimiento/>
- Ministerio de Salud. (2019). *Medicamentos y Tecnologías Sanitarias—Avances en la rectoría del SNIS*. <https://www.paho.org/uru/dmdocuments/Medicamentos%20y%20tecnologias-%20ANA%20PEREZ.pdf>
- Netto, S. P. N., Chacon, P. F. S., de Moraes Junior, A. M. C., de Rubim Costa, C. L. B., & Brasil, F. L. (2019). Remote Monitoring of Temperature and Humidity—A Reliable and Inexpensive Device Development Applied in Neonatal Incubators. En R. Costa-Felix, J. C. Machado, & A. V. Alvarenga (Eds.), *XXVI Brazilian Congress on Biomedical Engineering* (pp. 695-699). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2119-1_106
- Pardell, X. (s. f.). *Incubadora Neonatal—Apuntes de Electromedicina Xavier Pardell*. Recuperado 25 de marzo de 2023, de <https://www.pardell.es/incubadora-neonatal.html>
- Picón-Jaimes, Y. A., Orozco-Chinome, J. E., Molina-Franky, J., & Franky-Rojas, M. P. (2020). Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: Fiebre, hipertermia e hipotermia. *MedUNAB*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.29375/01237047.3714>
- Pinho, M., Costa, A. S., Meneses, M., & Manso, J. (2023). A multiple criteria sorting method for supporting the maintenance management of medical ventilators: The case of Hospital

da Luz Lisboa. *Socio-Economic Planning Sciences*, 86, 101458.

<https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101458>

Ribeiro Custódio, R. A., Trzesniak, C., Pinto Ribeiro Miranda, R., Donda Angelini, G. H., Bordón,

J. S., Santos Vieira, L. C., & Pereira Mello, C. H. (2019). Applying Human Factors

Engineering Methods for Risk Assessment of a Neonatal Incubator. *Journal of*

Healthcare Engineering, 2019, e8589727. <https://doi.org/10.1155/2019/8589727>

Rincón Casado, A., Larrodé-Díaz, M., Fernandez Zacarias, F., & Hernández Molina, R. (2021).

Experimental and Computational Model for a Neonatal Incubator with Thermoelectric

Conditioning System. *Energies*, 14(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/en14175278>

Secretaría de Salud de Honduras. (2010). *Normas Nacionales Para la Atención Materno-*

Neonatal.

<http://www.bvs.hn/Honduras/salud/normas.nacionales.para.la.atencion.materno->

[neonatal.pdf](http://www.bvs.hn/Honduras/salud/normas.nacionales.para.la.atencion.materno-neonatal.pdf)

SOLIDWORKS Flow Simulation. (2017, noviembre 28). SOLIDWORKS.

<https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-flow-simulation>

Termografía. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2023, de [https://www.fluke.com/es-](https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/termografia)

[es/informacion/blog/termografia](https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/termografia)

Tiam Kapen, P., Youssoufa, M., Foutse, M., Dongmeza Koudjou, J., & Mkankam Kamga, F. de

P. (2020). A multi-function neonatal incubator for low-income countries:

Implementation and ab initio social impact. *Medical Engineering & Physics*, 77, 114-

117. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2019.10.021>

ULMI. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2023, de

<https://www.salud.gob.hn/site/index.php/ulmi>

Unidad neonatal. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2023, de

<https://enfamilia.aeped.es/edades-etapas/unidad-neonatal>

Uribe, L. F. U. (2016). *Diseño de un dispositivo para el análisis completo de incubadoras neonatales.*

Webber, C. M., Martínez-Gálvez, G., Higueta, M. L., Ben-Abraham, E. I., Berry, B. M., Porras, M.

A. G., Aristizabal, S., Asp, A., Lujan, J. L., & Willson, J. W. (2020). Developing Strategies for Sustainable Medical Equipment Maintenance in Under-Resourced Settings. *Annals of Global Health*, 86(1), Article 1. <https://doi.org/10.5334/aogh.2584>

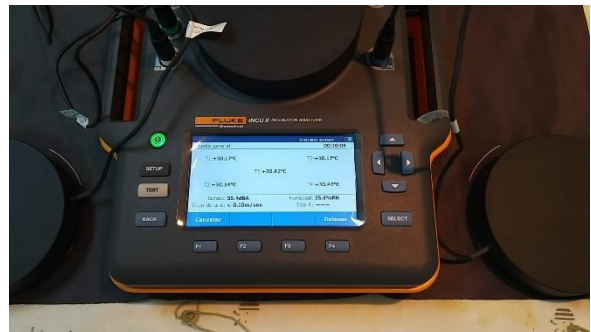
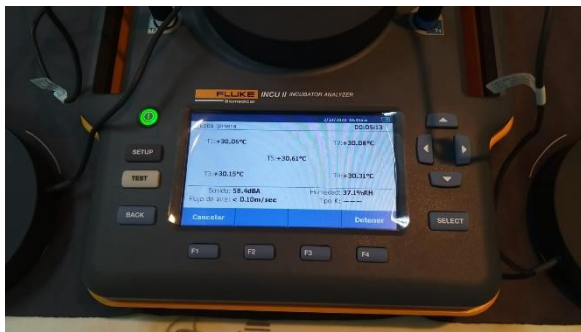
Yeler, O., & Koseoglu, M. F. (2022). Energy efficiency and transient-steady state performance comparison of a resistance infant incubator and an improved thermoelectric infant incubator. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 31, 101055. <https://doi.org/10.1016/j.jjestch.2021.09.001>

ANEXOS



Anexo 1. Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 2. Mediciones Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Sergio Manuel Paredes Garin
FECHA: 23/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Abierta #1	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	Ningbo David Medical Device	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	HKN-93B	<hr/>	
AÑO	2021		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		✓	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		✓	
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (50%)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	29.7	T1 = 30.06 T2 = 30.08		
		T3 = 30.15	30.24	Cumple
Valor máx. permitido	30.3	T4 = 30.31 T5 = 30.61		
Valor min permitido	29.7	T1 = 30.17 T2 = 30.17		
		T3 = 30.34	30.39	Cumple
Valor máx. permitido	30.3	T4 = 30.47 T5 = 30.82		
Valor min permitido	29.7	T1 = 30.31 T2 = 30.28		
		T3 = 30.55	30.57	No Cumple
Valor máx. permitido	30.3	T4 = 30.67 T5 = 31.05		

*Error < +/- 0.3 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	31.1	Cumple
Valor máx. permitido	80		
Valor min permitido	1	35.8	Cumple
Valor máx. permitido	80		
Valor min permitido	1	34.8	Cumple
Valor máx. permitido	80		

*Error < 80%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		

*Error < 0.3 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)		Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	58.4	No Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	55.4	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	48.6	Cumple
Valor máx. permitido	55		

*Error \leq 55 dBA

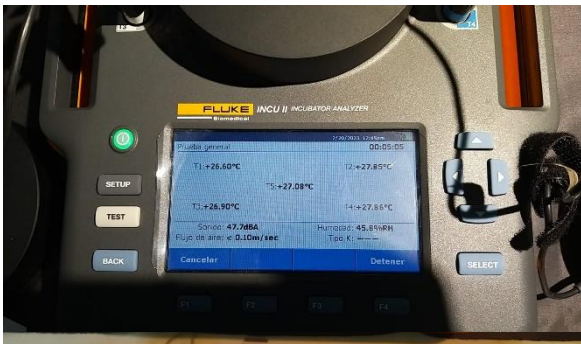
Anexo 3. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Abierta 1.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 4. Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 5. Mediciones Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Sergio Manuel Paredes Garin
FECHA: 20/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Abierta #2	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	General Electric	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	Lullaby IV Pole	_____	
AÑO	2021		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		✓	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		✓	
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (75%)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	26.9	T1 = 26.60 T2 = 27.85		
		T3 = 26.90	27.26	No Cumple
Valor máx. permitido	27.1	T4 = 27.86 T5 = 27.08		
Valor min permitido	28.9	T1 = 27.99 T2 = 29.29		
		T3 = 28.21	28.67	No Cumple
Valor máx. permitido	29.1	T4 = 29.21 T5 = 28.63		
Valor min permitido	29.9	T1 = 29.96 T2 = 30.95		
		T3 = 29.69	30.29	No Cumple
Valor máx. permitido	30.1	T4 = 30.74 T5 = 30.46		

*Error +/- 0.1 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	30	45.8	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	41.2	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	40.6	Cumple
Valor máx. permitido	75		

*Error 30-75%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	0.17	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		

*Error < 0.3 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)		Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	47.7	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	50.2	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	45.1	Cumple
Valor máx. permitido	55		

*Error \leq 55 dBA

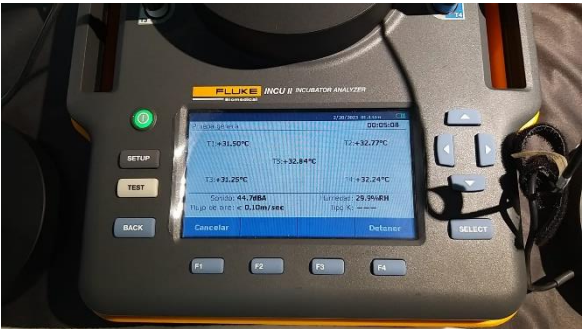
Anexo 6. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Abierta 2.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 7. Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 8. Mediciones Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Sergio Manuel Paredes Garin
FECHA: 20/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Abierta #3	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	General Electric	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	Lullaby IV Pole	<hr/>	
AÑO	2021		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		✓	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		✓	
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (100%)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor mín permitido	31.9	T1 = 31.50 T2 = 32.77		
		T3 = 31.25	32.12	Cumple
Valor máx. permitido	32.1	T4 = 32.24 T5 = 32.84		
Valor mín permitido	32.9	T1 = 32.93 T2 = 34.45		
		T3 = 32.37	33.54	No Cumple
Valor máx. permitido	33.1	T4 = 33.59 T5 = 34.35		
Valor mín permitido	33.9	T1 = 34.34 T2 = 36.13		
		T3 = 33.49	34.73	No Cumple
Valor máx. permitido	34.1	T4 = 34.96 T5 = 35.85		

*Error +/- 0.1 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	30	29.9	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	26.8	No Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	26	No Cumple
Valor máx. permitido	75		

*Error 30-75%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	0.16	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		

*Error < 0.3 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)		Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	44.7	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	53.6	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	49.4	Cumple
Valor máx. permitido	55		

*Error \leq 55 dBA

Anexo 9. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Abierta 3.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 10. Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 11. Mediciones Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Sergio Manuel Paredes Garin
FECHA: 23/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Abierta #4	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	Trident Medical Corporation	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	YD-I-C	_____	
AÑO	-----		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.	✓		
El equipo presenta abolladuras o golpes.		✓	
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (100%)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	27.7	T1 = 28.75 T2 = 28.64		
		T3 = 28.86	28.80	No Cumple
Valor máx. permitido	28.3	T4 = 28.83 T5 = 28.94		
Valor min permitido	28.7	T1 = 29.66 T2 = 29.57		
		T3 = 29.70	29.71	No Cumple
Valor máx. permitido	29.3	T4 = 29.68 T5 = 29.96		
Valor min permitido	29.7	T1 = 30.74 T2 = 30.66		
		T3 = 30.72	30.81	No Cumple
Valor máx. permitido	30.3	T4 = 30.70 T5 = 31.21		

*Error < +/- 0.3 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	44.3	Cumple
Valor máx. permitido	80		
Valor min permitido	1	43.3	Cumple
Valor máx. permitido	80		
Valor min permitido	1	41.4	Cumple
Valor máx. permitido	80		

*Error < 80%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		

*Error < 0.3 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)		Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	47	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	40.9	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	39.6	Cumple
Valor máx. permitido	55		

*Error \leq 55 dBA

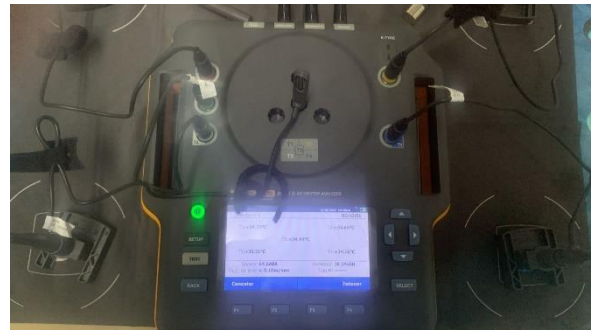
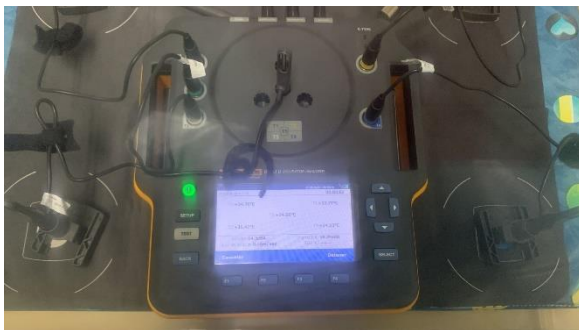
Anexo 12. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Abierta 4.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 13. Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 14. Mediciones Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Luis Manuel de Jesús Martínez Ruíz
FECHA: 20/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Cerrada #1	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	C100/200-2E	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	Isolette	_____	
AÑO	-----		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.	✓		
El equipo presenta abolladuras o golpes.	✓		
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.	✓		Produjo un ruido cuando se encendió por primera vez.
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (33 °C)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	32.5	T1 = 34.76 T2 = 33.77 T3 = 36.42	34.76	No Cumple
Valor máx. permitido	33.5	T4 = 34.23 T5 = 34.60		
Valor min permitido	32.5	T1 = 34.73 T2 = 33.66 T3 = 36.21	34.65	No Cumple
Valor máx. permitido	33.5	T4 = 34.16 T5 = 34.49		
Valor min permitido	32.5	T1 = 34.82 T2 = 33.89 T3 = 35.97	34.87	No Cumple
Valor máx. permitido	33.5	T4 = 34.24 T5 = 35.43		

*Error +/- 0.5 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	50	38.3	No Cumple
Valor máx. permitido	60		
Valor min permitido	50	38.5	No Cumple
Valor máx. permitido	60		
Valor min permitido	50	35.6	No Cumple
Valor máx. permitido	60		

*Error 50-60%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.1		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.1		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.1		

*Error < 0.10 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)	Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	50	
Valor máx. permitido	60	
	64.3	No Cumple
Valor min permitido	50	
Valor máx. permitido	60	
	64.6	No Cumple
Valor min permitido	50	
Valor máx. permitido	60	
	62.8	No Cumple

*Error 50-60 dBA

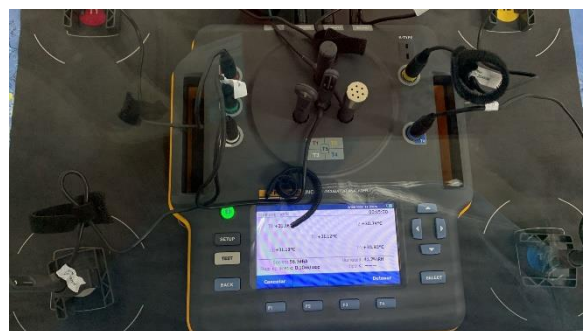
Anexo 15. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Cerrada 1.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 16. Incubadora Cerrada 2.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 17. Mediciones Incubadora Cerrada 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Luis Manuel de Jesús Martínez Ruíz
FECHA: 20/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Cerrada #2	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	Baby Incubator	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	BB-100	_____	
AÑO	2021		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		✓	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		✓	
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (30 °C)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	29.5	T1 = 31.07 T2 = 30.66 T3 = 30.94	30.88	No Cumple
Valor máx. permitido	30.5	T4 = 30.79 T5 = 30.94		
Valor min permitido	29.5	T1 = 30.90 T2 = 30.45 T3 = 30.88	30.74	No Cumple
Valor máx. permitido	30.5	T4 = 30.62 T5 = 30.86		
Valor min permitido	29.5	T1 = 31.16 T2 = 30.74 T3 = 31.19	31.02	No Cumple
Valor máx. permitido	30.5	T4 = 30.90 T5 = 31.12		

*Error +/- 0.5 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	30	41.4	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	41.6	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	41.7	Cumple
Valor máx. permitido	75		

*Error 30-75%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		

*Error < 0.3 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)		Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	50.2	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	51	Cumple
Valor máx. permitido	55		
Valor min permitido	1	56.3	No Cumple
Valor máx. permitido	55		

*Error \leq 55 dBA

Anexo 18. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Cerrada 2.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 19. Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 20. Mediciones Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Luis Manuel de Jesús Martínez Ruíz
FECHA: 20/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Cerrada #3	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	Baby Incubator	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	AI-1B	<hr/>	
AÑO	2021		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.		✓	
El equipo presenta abolladuras o golpes.		✓	
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (35 °C)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	34.5	T1 = 36.09 T2 = 34.77 T3 = 35.70	35.22	Cumple
Valor máx. permitido	35.5	T4 = 34.00 T5 = 35.55		
Valor min permitido	34.5	T1 = 35.84 T2 = 34.84 T3 = 35.57	35.14	Cumple
Valor máx. permitido	35.5	T4 = 33.85 T5 = 35.62		
Valor min permitido	34.5	T1 = 36.13 T2 = 35.11 T3 = 35.86	35.44	Cumple
Valor máx. permitido	35.5	T4 = 34.11 T5 = 35.98		

*Error +/- 0.5 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	30	33.7	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	33.4	Cumple
Valor máx. permitido	75		
Valor min permitido	30	32.5	Cumple
Valor máx. permitido	75		

*Error 30-75%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.3		

*Error < 0.3 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)		Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	1	49.8	Cumple
Valor máx. permitido	50		
Valor min permitido	1	50.7	No Cumple
Valor máx. permitido	50		
Valor min permitido	1	50.2	Cumple
Valor máx. permitido	50		

*Error \leq 50 dBA

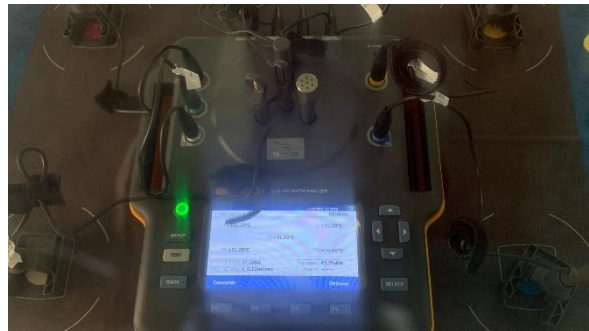
Anexo 21. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Cerrada 3.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 22. Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 23. Mediciones Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.

Proyecto de Investigación
ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD Y DESEMPEÑO
INCUBADORA NEONATAL
NOMBRE DEL ENCARGADO: Luis Manuel de Jesús Martínez Ruíz
FECHA: 20/02/2023
OBJETIVO DE LA PRUEBA

El objetivo del análisis de la funcionalidad y desempeño del equipo médico busca brindar seguridad y eficacia al momento de habilitar el equipo médico como disponible, al ser utilizado sobre el paciente, permitiendo que los datos brindados sean verídicos y reales para otorgarle al paciente un adecuado diagnóstico y tratamiento para su mejoría.

DATOS DEL EQUIPO		PARÁMETROS QUE MIDE EL EQUIPO	
EQUIPO	Incubadora Neonatal Cerrada #4	✓ Flujo de aire	✓ Sonido
MARCA	Isolette	✓ Humedad	✓ Temperatura
MODELO	C200	_____	
AÑO	----		

EQUIPO DE PRUEBA	MODELO
Analizador de incubadora neonatal	INCU II

ANÁLISIS EXTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
El equipo se encuentra limpio.	✓		
El equipo presenta rayaduras o manchas.	✓		
El equipo presenta abolladuras o golpes.	✓		
Existen daños físicos en los cableados.		✓	
Existen daños físicos en los conectores de los cableados.		✓	

*Al presentar posibles daños en el exterior del equipo, existe una alta posibilidad que estos afecten sus componentes internos y alteren el funcionamiento del equipo.

ANÁLISIS INTERNO

CARACTERÍSTICA	SÍ	NO	OBSERVACIÓN
Se presentan chispas al conectar o desconectar el equipo del tomacorriente.		✓	
Se producen descargas eléctricas al enchufar o desenchufar un cable.		✓	
El equipo produce ruidos extraños o zumbidos al ser encendido o en uso.		✓	
El equipo se sobrecalienta al ser encendido.		✓	
El equipo expulsa olor a quemado al estar encendido.		✓	
Las luces del equipo se encuentran bajas o titilantes.		✓	

*Al seleccionar posibles daños internos, es probable que el equipo presente daños en sus componentes eléctricos, afectando altamente su funcionamiento y poniendo en riesgo la seguridad del paciente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	SÍ	NO	N/A	OBSERVACIÓN
Batería	Al entrar en modo batería, el equipo se mantiene encendido y funcional en todos sus componentes.			✓	En la sala cuentan con una UPS.
Alarmas	La alarma funciona de forma visual y acústica.	✓			
	Se activan las alarmas de forma adecuada.		✓		

	El equipo notifica al usuario cuando este entra en modo batería de respaldo.	✓	En la sala cuentan con una UPS.
	Las alarmas indicadoras solo pueden apagarse manualmente.	✓	
	Se activan alarmas sin razón alguna.	✓	
Sensores	Los sensores detectan todas las adversidades que deben notificar las alarmas.	✓	

MEDICIONES DE TEMPERATURA (31 °C)

	Especificaciones (°C)	Valor Obtenido (°C)	Promedio (°C)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	30.5	T1 = 31.35 T2 = 30.70 T3 = 31.25	31.09	Cumple
Valor máx. permitido	31.5	T4 = 30.83 T5 = 31.33		
Valor min permitido	30.5	T1 = 31.29 T2 = 30.70 T3 = 31.20	31.07	Cumple
Valor máx. permitido	31.5	T4 = 30.85 T5 = 31.29		
Valor min permitido	30.5	T1 = 31.12 T2 = 30.70 T3 = 31.19	31.05	Cumple
Valor máx. permitido	31.5	T4 = 30.85 T5 = 31.37		

*Error +/- 0.5 °C

MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA

Especificaciones (%)		Valor Obtenido (%)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	50	44.6	No Cumple
Valor máx. permitido	60		
Valor min permitido	50	45.7	No Cumple
Valor máx. permitido	60		
Valor min permitido	50	46.6	No Cumple
Valor máx. permitido	60		

*Error 30-75%

MEDICIONES DE FLUJO DE AIRE

Especificaciones (m/s)		Valor Obtenido (m/s)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.10		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.10		
Valor min permitido	0.01	< 0.10	Cumple
Valor máx. permitido	0.10		

*Error < 0.10 m/s

MEDICIONES DE SONIDO

Especificaciones (dBA)	Valor Obtenido (dBA)	Cumple/No Cumple
Valor min permitido	50	
Valor máx. permitido	60	
	71.5	No Cumple
Valor min permitido	50	
Valor máx. permitido	60	
	65.5	No Cumple
Valor min permitido	50	
Valor máx. permitido	60	
	67	No Cumple

*Error 50-60 dBA

Anexo 24. Hoja de Registro de Pruebas Incubadora Cerrada 4.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 46. Artículos Seleccionados.

Autores de Estudios	Área de Conocimiento de la Revista Científica	Ciudad y País del Estudio	Leyes – Estándares de Referencia	Campo de Especialización del Autor	Enfoque del Estudio	Equipo Utilizado	Medidas propuestas y/o adoptadas
(Pinho et al., 2023)	Tecnología Médica	Lisboa, Portugal	N/A	Ingeniería en Biomédica	Gestión de Mantenimiento	Ventiladores Mecánicos	N/A
(Linsenmeier & Saterbak, 2020)	El nacimiento del ingeniero Biomédico	Chicago, USA	N/A	Ingeniería en Biomédica	Ingeniero Clínico	N/A	N/A
(Webber et al., 2020)	Tecnología Médica	N/A	N/A	Ingeniería en Biomédica	Estrategias para el mantenimiento de equipo médico	N/A	N/A
Benyó, Z. (2016)	Estudio sobre la ingeniería en Biomédica	Budapest, Hungría	N/A	Ingeniería en Biomédica	Educación e investigación en ingeniería en Biomédica	N/A	N/A
Uribe, L. (2016).	Equipos Médicos	Colombia	N/A	Ingeniería en Biomédica	Análisis de Incubadoras Neonatales	Incubadora Neonatal	N/A
Netto et al. (2019b)	Desarrollo de dispositivo médico	Brasil	N/A	Ingeniería en Biomédica	Monitoreo remoto en incubadoras neonatales	Incubadora Neonatal	N/A
(Soto & Sellán, 2017)	Neonatos	Honduras	N/A	Enfermería	Cuidados de neonatos,	Incubadora Neonatal	N/A
(Salud S. D., 2010)	Neonatos	Honduras	Acuerdo No. 2606	Enfermería	Normas Nacionales para el cuidado del Neonato	Incubadora Neonatal	N/A
(Salud, 2019).	Tecnología Sanitaria	Honduras	N/A	Ingeniería en Biomédica	Registro de tecnología Sanitaria	N/A	N/A
(ISO, s. f.)	Equipos Médicos	Suiza	IEC 62366-1:2015.	Ingeniería en Biomédica	Evaluación de la usabilidad de un	N/A	N/A

Autores de Estudios	Área de Conocimiento de la Revista Científica	Ciudad y País del Estudio	Leyes – Estándares de Referencia	Campo de Especialización del Autor	Enfoque del Estudio	Equipo Utilizado	Medidas propuestas y/o adoptadas
(ISO-IEC, s. f.)	Equipos Médicos	Suiza	IEC/TR 62366-2:2016	Ingeniería en Biomédica	dispositivo médico en lo que respecta a la seguridad		
(Ribeiro Custódio et al., 2019)	Tecnología Médica	Brasil	N/A	Ingeniería en Biomédica	Aplicación de métodos de ingeniería de factores humanos para la evaluación de riesgos de una incubadora neonatal.	Incubadora Neonatal	N/A

Fuente: Elaboración Propia.