



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión Huacho
Escuela de Posgrado

**Optimización de enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y
motobombas en hospitales públicos**

Tesis
Para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión Pública

Autor
Gabriel Alejandro Benavides Linares

Asesor
Dr. Sergio Rafael Mazuelos Cardoza

Univ. Nac. José Faustino Sánchez Carrión
FACULTAD DE EDUCACIÓN

DR. SERGIO RAFAEL MAZUELOS CARDOZA
DOCENTE DNU - 387

Huacho – Perú
2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ESCUELA DE POSGRADO

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Gabriel Alejandro Benavides Linares	42260060	21-09-2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Sergio Rafael Mazuelos Cardoza	15721713	https://orcid.org/0000-0002-7914-9208
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Abraham Cesar Neri Ayala	15739625	https://orcid.org/0000-0003-2799-3244
Dra. Lucy Estela Salinas Flores	18069020	https://orcid.org/0000-0001-5297-8914
Dr. Ider Walter Alor Bellon	15737214	https://orcid.org/0000-0001-8355-7960

GABRIEL ALEJANDRO BENAVIDES LINARES (2026-... OPTIMIZACIÓN DE ENFRIAMIENTO DE AGUA MEDIANTE TORRES DE ENFRIAMIENTO Y MOTOBOMBAS EN HOSPITALE...

DGI-POSGRADO 2026

Dirección de Gestión de la Investigación-VRI 2026

DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trnoid::1:3612799929

Fecha de entrega

17 Jul 2026, 11:36 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

17 Jul 2026, 11:41 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

SIS_OPTIMIZACION_DE_ENFRIAMIENTO_DE_AGUA_MEDIANTE_TORRES_1.pdf

Tamaño del archivo

1.6 MB

77 páginas

13.925 palabras

88.998 caracteres



Página 2 de 84 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1:3612799929

20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuente excluida
- N.º de coincidencia excluida

Fuentes principales

20% Fuentes de Internet

4% Publicaciones

14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi madre y a mi padre razón de mi ser

Gabriel Alejandro

AGRADECIMIENTO

A mis maestros de maestría de la
Universidad Nacional José Faustino
Sánchez Carrión.

Gabriel Alejandro

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE	vii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCION	xiii
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación de problema.....	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.4. Justificación.....	22
1.4.1. Teórica	22
1.4.3. Social	22
1.5. Delimitaciones del estudio	22
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	25
2.1.1. Internacionales	25
2.1.2. Nacionales.....	28
2.2. Bases teóricas	31
2.2.1. Optimización de enfriamiento de agua.....	31
2.2.2. Torres de enfriamiento y motobombas.....	37
2.3. Bases filosóficas	43

2.4. Definición de términos básicos	44
2.5. Hipótesis.....	47
2.5.1. Hipótesis general	47
2.6. Operacionalización de variables	48
CAPITULO III METODOLOGIA	50
3.1. Diseño metodológico	50
3.2. Población y muestra	50
3.2.1. Población.....	50
3.2.2. Muestra.....	50
3.3. Técnicas de recolección de datos.....	51
3.4. Método de análisis de datos.....	52
CAPITULO IV RESULTADOS	53
4.2. Generalización entorno la hipótesis central	58
CAPITULO V DISCUSIÓN	66
5.1. Discusión de los resultados	66
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
6.1. Conclusiones	68
6.2. Recomendaciones	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70
5.1. Fuentes documentales.....	70
5.2. Fuentes bibliográficas.....	73
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	75
INSTRUMENTO 01.....	77
INSTRUMENTO 02.....	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable X	48
Tabla 2. Operacionalización de la variable Y	48
Tabla 3. Validez del cuestionario	52
Tabla 4. Optimización de enfriamiento de agua.....	53
Tabla 5. Eficiencia operativa del sistema.....	54
Tabla 6. Gestión y mantenimiento técnico.....	55
Tabla 7. Automatización y control del proceso.....	56
Tabla 8. Torres de enfriamiento y motobombas.....	57
Tabla 9. La optimización del enfriamiento de agua y las torres de enfriamiento y motobombas	58
Tabla 10. La eficiencia operativa del sistema y las torres de enfriamiento y motobombas	60
Tabla 11. La gestión y mantenimiento técnico y las torres de enfriamiento y motobombas	62
Tabla 12. La automatización del proceso y las torres de enfriamiento y motobombas ..	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Optimización de enfriamiento de agua.....	53
Figura 2. Eficiencia operativa del sistema	54
Figura 3. Gestión y mantenimiento técnico.....	55
Figura 4. Automatización y control del proceso.....	56
Figura 5. Torres de enfriamiento y motobombas.....	57
Figura 6. La eficiencia operativa del sistema y las torres de enfriamiento y motobombas	61
Figura 7. La gestión y mantenimiento técnico y las torres de enfriamiento y motobombas	63
Figura 8. La automatización del proceso y las torres de enfriamiento y motobombas...	65

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en hospitales públicos. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo básico y diseño correlacional. Los resultados evidencian una relación de intensidad moderada entre la optimización del sistema y el funcionamiento de los equipos, así como una relación de intensidad buena con la eficiencia operativa y la dimensión socioemocional. Asimismo, se encontró una relación moderada con la gestión y mantenimiento técnico. Se concluye que la optimización del sistema de enfriamiento depende de factores técnicos, operativos, de mantenimiento y humanos, por lo que su mejora requiere una intervención integral.

Palabras clave: Optimización, enfriamiento de agua, torres de enfriamiento, motobombas, eficiencia operativa, mantenimiento técnico, hospitales públicos.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the relationship between cooling water optimization and the performance of cooling towers and pump systems in public hospitals. The research followed a quantitative, basic, and correlational design approach. The results show a moderate relationship between system optimization and equipment performance, as well as a strong relationship with operational efficiency and the socio-emotional dimension. A moderate relationship was also found with technical management and maintenance. It is concluded that cooling system optimization depends on technical, operational, maintenance, and human factors, requiring an integral improvement approach.

Keywords: Optimization, water cooling, cooling towers, pump systems, operational efficiency, technical maintenance, public hospitals.

INTRODUCCION

En la actualidad, los hospitales públicos enfrentan importantes desafíos relacionados con la eficiencia energética y el adecuado funcionamiento de sus sistemas de climatización, especialmente en lo referido a la optimización del enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y motobombas. Estos sistemas cumplen un rol fundamental en la regulación térmica de ambientes críticos como salas de operaciones, unidades de cuidados intensivos y laboratorios, donde la estabilidad de la temperatura es esencial para garantizar la calidad de la atención sanitaria y la conservación de equipos médicos. Sin embargo, diversas instituciones presentan dificultades asociadas a la ineficiencia operativa, el inadecuado mantenimiento técnico y la limitada gestión del sistema, lo que impacta negativamente en su rendimiento global.

En este contexto, el Capítulo I del presente estudio desarrolla la descripción de la realidad problemática, analizando el estado actual de los sistemas de enfriamiento en hospitales públicos a nivel mundial, internacional, latinoamericano y nacional, evidenciando las principales deficiencias y necesidades de mejora en su funcionamiento.

El Capítulo II presenta las bases teóricas y antecedentes de investigación, tanto internacionales como nacionales, que sustentan científicamente el estudio. En este apartado se abordan enfoques conceptuales relacionados con la optimización de sistemas de enfriamiento, eficiencia operativa, mantenimiento técnico y el rol del factor humano, permitiendo comprender la complejidad del fenómeno investigado.

Por su parte, el Capítulo III expone el diseño metodológico de la investigación, especificando el enfoque, tipo y diseño del estudio. Asimismo, se detalla la población y muestra, así como los instrumentos de recolección de datos utilizados, garantizando la validez y confiabilidad del proceso investigativo.

El Capítulo IV presenta los resultados descriptivos obtenidos mediante el análisis estadístico, así como la contrastación de las hipótesis planteadas, permitiendo establecer la relación entre las variables de estudio y sus respectivas dimensiones.

Finalmente, el Capítulo V desarrolla la discusión de resultados, donde se interpretan los hallazgos obtenidos y se comparan con antecedentes nacionales e internacionales, permitiendo establecer coincidencias y diferencias que enriquecen el análisis científico del problema investigado.

En este sentido, el estudio busca contribuir al conocimiento científico y técnico sobre la optimización de sistemas de enfriamiento en hospitales públicos, destacando la importancia de una gestión integral que incluya aspectos tecnológicos, operativos, de mantenimiento y humanos para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La problemática de la optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos refleja una realidad compleja que involucra deficiencias tecnológicas, limitaciones energéticas y brechas en la gestión ambiental (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023; International Energy Agency [IEA], 2022). A escala mundial, europea, latinoamericana y peruana, la evidencia demuestra que la falta de eficiencia en los sistemas térmicos hospitalarios afecta no solo la sostenibilidad operativa, sino también la calidad del servicio de salud (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2023; Ministerio de Salud del Perú [MINSA], 2024). Para el análisis de esta situación se toma como referencia a cuatro entidades corporativas internacionales: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Ministerio de Salud del Perú (MINSA).

A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (2023) advierte que los hospitales representan entre el 4 % y el 7 % del consumo total de energía de los sectores públicos, siendo los sistemas de climatización y enfriamiento los principales demandantes. En muchos países, estos sistemas operan con tecnologías obsoletas, generando sobrecalentamiento, fallas en equipos médicos sensibles y un aumento del gasto energético (OMS, 2023). Asimismo, la OMS señala que más del 60 % de los hospitales en países en desarrollo no cuentan con sistemas de enfriamiento eficientes, lo que

compromete la seguridad térmica y la continuidad de la atención médica (OMS, 2023).

En Europa, la Agencia Internacional de Energía (2022) reporta que, aunque existen políticas ambientales avanzadas, aún persisten dificultades para integrar sistemas de enfriamiento inteligentes en hospitales antiguos. En naciones como España, Italia y Alemania, las torres de enfriamiento y motobombas instaladas antes del año 2000 presentan un rendimiento térmico aproximadamente 30 % inferior a los estándares actuales, lo que incrementa el consumo energético y reduce la eficiencia operativa hospitalaria (IEA, 2022). La IEA subraya que la transición hacia sistemas de enfriamiento eficientes es prioritaria dentro de la Agenda Europea de Eficiencia Energética 2030, no solo para reducir las emisiones de carbono, sino también para mejorar la resiliencia hospitalaria frente a olas de calor cada vez más frecuentes (IEA, 2022).

A nivel latinoamericano, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2023) indica que los hospitales públicos enfrentan graves limitaciones presupuestarias para modernizar sus infraestructuras energéticas. La mayoría de los países de la región carece de políticas sistemáticas de mantenimiento preventivo y de sistemas de monitoreo digital para controlar el consumo térmico (CEPAL, 2023). En países como México, Colombia y Perú, se estima que alrededor del 40 % de los sistemas de enfriamiento hospitalarios funciona con sobrecarga hidráulica o con deficiencias en la distribución del caudal, lo que reduce la vida útil de los equipos y aumenta los costos operativos (CEPAL, 2023).

Finalmente, en el contexto peruano, el Ministerio de Salud del Perú (2024) reconoce que los hospitales públicos presentan ineficiencias en la gestión térmica debido a la falta de equipos modernos, la escasez de personal técnico especializado y la inexistencia de programas de mantenimiento integral. Diversos hospitales nacionales utilizan torres de enfriamiento con más de quince años de antigüedad, operando sin sensores de temperatura ni controles automáticos, lo que genera pérdidas energéticas superiores al 25 % y fallos recurrentes en motobombas, afectando directamente la seguridad hospitalaria y el confort de los pacientes (MINSA, 2024).

En conjunto, estas realidades evidencian que la optimización del enfriamiento de agua constituye un desafío estructural que requiere inversión tecnológica, capacitación técnica y políticas de gestión sostenible (OMS, 2023; IEA, 2022; CEPAL, 2023; MINSA, 2024). Los organismos internacionales y nacionales coinciden en que la modernización de estos sistemas no solo incrementa la eficiencia energética, sino que fortalece la capacidad del sistema de salud para brindar servicios continuos, seguros y ambientalmente responsables.

La problemática relativa al enfriamiento de agua en hospitales públicos surge de un conjunto de causas estructurales, técnicas y organizacionales, entre las que destaca la obsolescencia de los sistemas de climatización, dado que numerosas torres de enfriamiento y motobombas operan más allá de su vida útil, con eficiencias reducidas y fallas recurrentes que limitan la capacidad del hospital para mantener condiciones térmicas estables (IEA, 2022; MINSA, 2024). A ello se suma la insuficiencia de mantenimiento preventivo y predictivo, predominando un enfoque correctivo que incrementa la sobrecarga operativa y acelera el deterioro de los equipos (CEPAL, 2023).

Otra causa relevante es la limitada capacitación técnica del personal de mantenimiento, lo que dificulta la correcta operación de los sistemas

hidráulicos, eléctricos y mecánicos asociados (OMS, 2023). Asimismo, la falta de inversión pública sostenida retrasa la adquisición de equipos eficientes y sistemas de control automatizado, mientras que los procesos de compra pública suelen priorizar el costo inmediato por encima de la eficiencia energética y el costo total de propiedad, generando la instalación de equipos sobredimensionados o mal especificados (MINSA, 2024). Finalmente, la ausencia de protocolos estandarizados para el control de la calidad del agua y la biocontaminación contribuye a un funcionamiento inestable e inseguro de las torres de enfriamiento (OMS, 2023).

Las consecuencias de esta problemática afectan diversas dimensiones del funcionamiento hospitalario. En primer lugar, la falta de optimización de los sistemas de enfriamiento genera interrupciones y variaciones térmicas en áreas críticas como quirófanos, laboratorios, unidades de cuidados intensivos y salas de hospitalización, comprometiendo la continuidad del servicio, la seguridad del paciente y la estabilidad de los equipos médicos (OMS, 2023; MINSA, 2024). A nivel operativo, la ineficiencia de las motobombas y torres incrementa significativamente el consumo energético, elevando los costos institucionales en un contexto de restricción presupuestal para hospitales públicos (IEA, 2022).

En el ámbito sanitario, un sistema de enfriamiento mal gestionado puede favorecer la proliferación de bacterias en el agua, entre ellas *Legionella*, debido a purgas inadecuadas, deficiente control químico y falta de monitoreo permanente, constituyendo una amenaza para trabajadores, pacientes y visitantes (OMS, 2023). Asimismo, la reducción del rendimiento térmico genera mayor desgaste del equipamiento, acortando su vida útil y aumentando la frecuencia de fallas, lo que incrementa los gastos de reparación (CEPAL, 2023). Desde una perspectiva social y organizacional, la percepción de inestabilidad en los servicios y el estrés operativo del personal técnico y clínico deterioran el clima institucional e impactan negativamente en la calidad de la atención (MINSA, 2024).

La investigación ofrece aportes significativos al campo de la gestión hospitalaria, la ingeniería de mantenimiento y la eficiencia energética, al proporcionar evidencia técnica y analítica sobre cómo la optimización de torres de enfriamiento y motobombas contribuye a mejorar la eficiencia térmica, reducir costos operativos y elevar la seguridad sanitaria (IEA, 2022; OMS, 2023). Asimismo, constituye un aporte metodológico al integrar criterios de ingeniería, gestión pública y enfoques de mantenimiento predictivo, favoreciendo decisiones basadas en datos (CEPAL, 2023).

Desde una perspectiva institucional, el estudio contribuye al diseño de protocolos de operación y mantenimiento estandarizados para hospitales públicos y al fortalecimiento de las capacidades del personal técnico mediante la identificación de brechas formativas y riesgos operativos (MINSA, 2024). A nivel social y pedagógico, promueve el desarrollo de competencias técnicas y una cultura de gestión preventiva y eficiente, alineada con principios de sostenibilidad y responsabilidad pública (OMS, 2023).

La problemática central del estudio se sitúa en la ineficiencia del sistema de enfriamiento de agua en hospitales públicos, la cual se manifiesta en deficiencias técnicas, energéticas, operativas, sanitarias y económicas que afectan el funcionamiento integral de los establecimientos de salud. El sistema de enfriamiento de agua hospitalario cumple un rol esencial en la regulación térmica de áreas críticas y en la protección de equipos médicos sensibles; sin embargo, su operación ineficiente limita la sostenibilidad del servicio y compromete la calidad de la atención (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023).

Desde una dimensión técnica, el problema se evidencia en el uso de torres de enfriamiento y motobombas con antigüedad superior a su vida útil, bajo rendimiento térmico, fallas mecánicas recurrentes y ausencia de sistemas de automatización y control. Estas deficiencias reducen la capacidad del sistema para mantener condiciones térmicas estables en ambientes hospitalarios críticos (International Energy Agency [IEA], 2022).

En la dimensión energética, la ineficiencia del sistema de enfriamiento se expresa en un elevado consumo de energía eléctrica, producto de equipos obsoletos, sobrecarga hidráulica y mala distribución del caudal. Esta situación incrementa significativamente los costos operativos y limita el uso eficiente de los recursos públicos destinados al sector salud (IEA, 2022).

Desde la dimensión operativa, la falta de optimización del enfriamiento de agua genera interrupciones del servicio, variaciones térmicas y fallas en el funcionamiento continuo de áreas críticas como quirófanos, laboratorios, unidades de cuidados intensivos y salas de hospitalización, afectando la continuidad del servicio hospitalario y la seguridad del paciente (Ministerio de Salud del Perú [MINSA], 2024).

En la dimensión sanitaria, un sistema de enfriamiento inadecuadamente gestionado favorece el deterioro de la calidad del agua y la proliferación de microorganismos patógenos, como *Legionella*, debido a la ausencia de protocolos de control, purgas inadecuadas y deficiente monitoreo químico, lo cual representa un riesgo para pacientes, trabajadores y visitantes (OMS, 2023).

Finalmente, en la dimensión económica, la ineficiencia del sistema de enfriamiento de agua se traduce en elevados costos de operación, mantenimiento correctivo frecuente, desgaste prematuro de los equipos y gastos adicionales por reparaciones y reemplazos no planificados, afectando la sostenibilidad financiera de los hospitales públicos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2023).

Finalmente, los hallazgos pueden servir como insumo para la formulación de políticas públicas vinculadas a la gestión de infraestructura hospitalaria, eficiencia energética y mantenimiento institucional, generando beneficios sostenibles a largo plazo para la red hospitalaria nacional (MINSA, 2024).

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se relaciona la optimización del enfriamiento de agua con el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo se relaciona la eficiencia operativa del sistema con el desempeño mecánico e hidráulico de las torres y motobombas?

¿Cómo influye la gestión y mantenimiento técnico en la condición técnica de las torres de enfriamiento y motobombas?

¿Qué relación existe entre la automatización y control del proceso con la eficiencia energética del sistema?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar la relación entre la eficiencia operativa del sistema y el desempeño mecánico e hidráulico de las torres y motobombas.

Analizar la relación entre la gestión y mantenimiento técnico y la condición técnica de las torres de enfriamiento y motobombas.

Determinar la relación entre la automatización y control del proceso y la eficiencia energética del sistema

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

La optimización del enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y motobombas en hospitales públicos se justifica teóricamente por su contribución al mejoramiento de la eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y seguridad hospitalaria. Este proceso integra principios de ingeniería térmica, gestión tecnológica y responsabilidad institucional, alineándose con las metas globales de desarrollo sostenible. Asimismo, sustenta la necesidad de innovar en infraestructuras críticas de salud para garantizar el bienestar humano y la continuidad operativa del sistema sanitario público.

1.4.2. Metodológico

Se justifica metodológicamente en la necesidad de abordar un problema técnico-operativo complejo mediante un enfoque sistemático y empírico que permita comprender, medir y analizar el rendimiento de los sistemas de enfriamiento de agua en hospitales públicos.

1.4.3. Social

Se justifica socialmente porque la optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos repercute directamente en la calidad de la atención que reciben los pacientes. Un sistema de climatización eficiente garantiza ambientes seguros y adecuados en áreas críticas, reduciendo riesgos sanitarios y mejorando la continuidad del servicio.

1.5. Delimitaciones del estudio

Delimitación temática

La investigación se delimita temáticamente al análisis de la optimización del sistema de enfriamiento de agua en hospitales públicos, específicamente en el funcionamiento de torres de enfriamiento y motobombas, considerando sus dimensiones técnicas, energéticas, operativas y sanitarias. Esta delimitación permite focalizar el estudio en un fenómeno concreto, evitando la dispersión conceptual y metodológica, lo cual es fundamental para garantizar la precisión científica y la coherencia del análisis investigativo (Kerlinger & Lee, 2002, p. 23).

Delimitación espacial

En cuanto a la delimitación espacial, el estudio se circunscribe al contexto de los hospitales públicos, entendidos como instituciones de salud administradas por el Estado peruano. Esta delimitación responde a la necesidad de analizar el problema dentro de un entorno organizacional específico, considerando sus características normativas, estructurales y presupuestales, lo que permite interpretar los resultados en función de la realidad institucional donde ocurre el fenómeno estudiado (Yin, 2018, p. 15).

Delimitación temporal

La delimitación temporal del estudio comprende el período 2022–2025, lapso que permite analizar información reciente y relevante sobre el desempeño, mantenimiento y eficiencia de los sistemas de enfriamiento hospitalarios. Establecer un marco temporal definido es indispensable para controlar la variabilidad del fenómeno y asegurar la consistencia de los datos recopilados, contribuyendo a la validez interna del estudio (Flick, 2015, p. 64).

Delimitación poblacional

Desde la delimitación poblacional, el estudio considera como unidades de análisis a los sistemas de enfriamiento de agua (torres de enfriamiento y motobombas) instalados en hospitales públicos, así como al personal técnico responsable de su operación y mantenimiento. No se incluye a pacientes ni

personal asistencial, debido a que la investigación se centra en variables técnicas y de gestión de infraestructura. Esta delimitación se fundamenta en el principio de pertinencia de la población respecto a los objetivos de la investigación (Babbie, 2010, p. 111).

Delimitación metodológica

En el ámbito metodológico, la investigación se delimita a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un diseño no experimental y un alcance descriptivo–correlacional, orientado a identificar la relación entre la optimización del sistema de enfriamiento y la eficiencia operativa hospitalaria. Este tipo de delimitación metodológica es adecuada cuando el investigador no manipula las variables, sino que analiza su comportamiento en un contexto real y observable (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 93).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Internacionales

(Abboud, 2022) en su tesis Mejora de la eficiencia hídrica y energética de las torres de refrigeración mediante un nuevo método analítico. Este trabajo de fin de máster aborda la optimización de la eficiencia hídrica y energética de torres de enfriamiento mediante el desarrollo y validación de un método analítico nuevo que facilita el dimensionado y la operación óptima. El objetivo principal fue formular y validar una metodología que permita estimar con mayor precisión la transferencia de masa y calor en torres evaporativas y, a partir de ello, proponer cambios operativos que reduzcan consumo de agua y energía sin comprometer el rendimiento térmico. Metodológicamente, el autor combinó revisión teórica de modelos clásicos (Merkel, Poppe, Braun) con el desarrollo matemático de una formulación simplificada, seguido de simulaciones numéricas y contraste con datos de campo de varias torres industriales. La tesis incluye casos de estudio donde se aplica la metodología para calcular la curva óptima de operación (fan speed / blowdown / make-up scheduling) y comparar el consumo energético y de agua frente a estrategias convencionales. En la fase experimental se usan mediciones de temperatura de entrada/salida, caudales y humedad relativa para validar las predicciones. Como conclusiones, el autor demuestra que la nueva metodología reduce errores de predicción frente a modelos tradicionales y permite identificar rutinas operativas que pueden disminuir tanto el consumo de agua como la energía de ventilación en condiciones variables; recomienda además la implementación de controles automáticos basados en la formulación para hospitales y plantas con demandas térmicas

fluctuantes, pues se mejora la resiliencia operativa y se logra ahorro significativo en recursos.

(Chamorro, 2021) en su tesis Una metodología avanzada para mejorar la eficiencia energética y optimizar el funcionamiento de las plantas de agua de refrigeración en hospitales. Se propone una metodología avanzada para la optimización energética y operativa de plantas de agua de enfriamiento en entornos hospitalarios, con el fin de disminuir consumo eléctrico y mejorar disponibilidad. El objetivo fue diseñar un marco metodológico que combine modelado termodinámico, control predictivo y estrategias de mantenimiento para chiller plants asociadas a torres de enfriamiento. En lo metodológico, el trabajo integra: (a) modelado físico del ciclo frigorífico y del circuito de enfriamiento con torres; (b) implementación de algoritmos de optimización numérica (optimización multiobjetivo: energía vs. confiabilidad); y (c) validación mediante simulación dinámica y aplicación en un hospital piloto mediante datos operativos reales. La recopilación de datos incluyó historiales de consumo, perfiles de carga térmica y registros de fallas. Los resultados mostraron que la optimización simultánea de setpoints (temperatura suministro, caudal del condensador, velocidad de ventilador) con políticas de mantenimiento predictivo puede reducir el consumo energético anual entre 10–25 % según el caso, además de mejorar la tasa de disponibilidad. La tesis concluye proponiendo un paquete de medidas (control adaptativo, mantenimiento basado en condición, y retrofits de control) y sugiere hoja de ruta para implementación en hospitales públicos con limitaciones presupuestales, enfatizando la necesidad de monitoreo continuo y capacitación técnica.

(Al-Mohan, 2024) en su trabajo Diseño y propuesta de sistema de agua refrigerada para centro sanitario. Este trabajo desarrolla una propuesta integral de diseño de sistema de agua fría adaptado a las necesidades térmicas específicas de un centro de salud, con énfasis en fiabilidad y

eficiencia. El objetivo fue diseñar, simular y proponer una solución de planta enfriadora con torres y bombas optimizadas para un hospital tipo, optimizando parámetros de caudal, temperatura de suministro y configuración de bombas en paralelo con variadores de frecuencia. La metodología articuló modelado CAD/CFD para dimensionamiento, cálculos térmicos para demanda de carga basada en normas hospitalarias, y simulaciones energéticas anuales para comparar alternativas de configuración (nº de chillers, torres, esquemas hidráulicos). Además se integró un análisis económico (LCC) y propuesta de control con variadores y lógica de priorización. Las conclusiones señalan que una configuración con sistemas redundantes y control basado en demanda (VFDs en bombas y ventiladores) optimiza la eficiencia operativa, reduce picos de demanda y mejora la resiliencia frente a fallas; además el LCC mostró retornos aceptables en horizontes de 5–8 años para proyectos públicos con financiamiento. El trabajo recomienda adopción progresiva y formación del personal de mantenimiento.

(Awad, 2023) en su trabajo Control avanzado de enfriadores de líquido por compresión de vapor. Aunque centrada en chillers por compresión, esta tesis es relevante para plantas con torres porque aborda el control avanzado de enfriadoras acopladas a circuitos de agua y torres de enfriamiento. El objetivo fue desarrollar estrategias de control (model predictive control y lógica adaptativa) para optimizar el rendimiento del chiller bajo cargas variables, reducir consumo y mejorar la interacción con la torre de enfriamiento y bombas de condensado. Metodológicamente, combinó modelado físico del chiller, identificación de modelos lineales/ no lineales a partir de datos experimentales, diseño de controladores MPC y pruebas en banco de ensayos y simulaciones Real-Time. Además, se evaluó el impacto en la eficiencia global de planta (COP, consumo de bombeo) y la respuesta frente a perturbaciones. Las conclusiones indican que los controladores avanzados permiten operar el conjunto chiller–torre–

bombas más cerca de la óptima global, reduciendo consumo energético y mejorando estabilidad térmica; se documentaron reducciones significativas de consumo en escenarios dinámicos y se recomienda su integración con estrategias de control de la torre (fan scheduling, blowdown control) para hospitales que requieren alta fiabilidad.

2.1.2. Nacionales

(Serrano, 2021) en su tesis Diseño y cálculo de un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono para supermercados. En el presente proyecto, se describe el diseño y cálculo de un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono como medio refrigerante para que trabaje en los supermercados climatizando los alimentos perecibles, siendo este una alternativa moderna y diferente a los existentes que utilizan refrigerantes convencionales, provocando el adelgazamiento de la capa de ozono; en comparación a este novedoso proyecto, que genera nulo impacto medioambiental. Para dar inicio al proyecto, se visitó tres supermercados modelos que fueron Plaza Vea del Real Plaza, este supermercado trabaja con refrigerante R-22, que es un refrigerante discontinuado y que actualmente está prohibido su uso; Tottus del Mall Plaza, dicho establecimiento opera con un refrigerante convencional, que es el etilenglicol como refrigerante primario, y por último, se asistió al supermercado Metro de Arequipa Center ubicado en Cerro Colorado, que trabaja junto con el refrigerante R-507 en el global de su sistema. En el proyecto se ha determinado que la inversión aproximada para esta inversión en su establecimiento es de S/. 356,930.00, aquí se ha considerado costos que incluye insumos, mano de obra por hora o día/hombre, adquisición de equipos, que trabajen con el fluido R 744. Se analizó la viabilidad técnico económica obteniendo el valor del VAN de S/. 1,028,779.96 soles en un tiempo menor de tres años, con ello, tendremos el valor del TIR de 102.433%. El refrigerante que se ha elegido para esta tesis genera efecto invernadero, en comparativa con los llamados

ecológicos tiene un GWP y ODP de cero. También se considera disminuir las presiones de trabajo de este sistema de refrigeración hasta casi la mitad de su valor promedio de operación.

(Ramos, 2020) en su tesis Instalación y evaluación energética de un chiller para el enfriamiento de una máquina sopladora automática de botellas PET. El propósito de esta investigación, es determinar el tipo de chiller adecuado para el enfriamiento de una máquina sopladora automática de botellas PET, pero en general puede ser aplicado para la selección de otros componentes de la máquina sopladora debido a que el proceso de selección, se basa en estándares internacionales. El tipo de investigación es cuantitativo, y el método para desarrollar la investigación es deductivo directo porque parte de la premisa de la hipótesis, el cual es la implementación de un chiller industrial y que debe influir en el enfriamiento de la máquina sopladora, se podrá contrastar dichos resultados después de la evaluación energética y rendimiento de la máquina sopladora, esto después de una serie de pasos ordenados. Resultados: una vez realizado el levantamiento de datos, se comprobó que la torre de enfriamiento tiene menos capacidad de enfriamiento (kW) que la de un Chiller, aproximadamente el Chiller tiene el doble de capacidad de enfriamiento (200%), pero el consumo de energía eléctrica (amperios) del Chiller es 4 veces más que la de la torre de enfriamiento (400%), eso es debido a que la torre solo tiene una bomba de agua tratada, mientras el Chiller tiene una bomba y un compresor hermético. Se verificó la evaluación técnico económica para la mejora de la producción y se verificó visual y presencialmente el aumento de producción de 1500 BPH a 3500 BPH. Conclusión: se seleccionó adecuadamente un Chiller de agua industrial usando una metodología para la selección de un Chiller industrial de 3 TR (10.5 kW) según norma VDI 2221 y se validó la compra efectuada, para su correcta selección, se tomó datos de campo y se realizó una evaluación energética, para no subdimensionar el Chiller industrial y

aumentar la producción.

(Solis, 2023) en su trabajo “Optimización de la gestión del departamento de mantenimiento de la Sub-Dirección de Operación de Reactores Nucleares del Instituto Peruano de Energía Nuclear – IPEN”. Se buscó optimizar la gestión del Departamento Mantenimiento de la Sub Dirección de Operación de Reactores Nucleares del Instituto Peruano de Energía Nuclear; para alcanzar dicho objetivo, se trabajó en: un programa de mantenimiento actualizado donde se muestre la frecuencia de intervención a cada estructura, sistema y componente del reactor nuclear de investigación RP-10, un procedimiento de liberación de estructuras, componentes y sistemas para la operación del reactor nuclear de investigación RP-10, un manual de mantenimiento actualizado en el que figure como se gestiona el mantenimiento, y un programa de capacitación para el personal del departamento de mantenimiento. Cabe indicar que, los productos presentados, fueron viables, pertinentes, válidos y permitieron alcanzar los objetivos planteados de forma sostenible. La metodología empleada se plasmó a través de una investigación para resultados, describiendo los problemas que lo originan; en dicho contexto, se analizó y determinó sus nudos críticos identificando cadenas de valor que contenían las relaciones de causa y efecto, permitiendo identificar los efectos de los problemas por modificar. Bajo dicho escenario, se abordó las soluciones respaldadas en evidencias y requeridas por la Institución.

(Torres, 2023) en su trabajo Diseño de un sistema de enfriamiento para la potencia generada de una turbina a gas en una Central Termoeléctrica en Ilo-Moquegua. Objetivo: Diseñar un sistema de enfriamiento para la potencia generada por una turbina de gas en una central termoeléctrica ubicada en Ilo-Moquegua, identificando los requerimientos térmicos, el caudal de agua necesario y las especificaciones de la torre de enfriamiento asociada. Metodología: Se realizó un estudio de demanda térmica de la

central, cálculo del ciclo térmico de la turbina, estimación del calor residual a disipar, dimensionamiento hidráulico del circuito de enfriamiento, selección del tipo de torre de enfriamiento y motobombas, y simulación del rendimiento del sistema bajo distintos escenarios de operación. El trabajo está disponible en acceso abierto a través del repositorio institucional de la Universidad Nacional del Callao. Conclusión: El sistema diseñado presentó una configuración viable para la planta en Ilo-Moquegua, con mejoras propuestas para la eficiencia hidráulica y térmica del ciclo de enfriamiento; se recomienda su futura instalación como parte de la modernización de la central.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Optimización de enfriamiento de agua

2.2.1.1. Definición

El sistema de enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y motobombas se define como un conjunto de equipos, componentes hidráulicos y mecanismos térmicos destinados a reducir la temperatura del agua recirculante en procesos industriales o institucionales, mediante la transferencia de calor al ambiente. En el contexto hospitalario, este sistema es esencial para garantizar condiciones térmicas adecuadas en equipos médicos, climatización y procesos de esterilización.

En los hospitales públicos peruanos, la eficiencia en los sistemas de enfriamiento constituye un factor determinante en la sostenibilidad operativa, ya que el control térmico estable asegura tanto el funcionamiento óptimo de los equipos biomédicos como la reducción del consumo energético (Mendoza, 2019),

(Quispe, 2020) sostiene que un sistema de enfriamiento eficiente integra tres elementos claves: la torre de enfriamiento, las motobombas y el circuito hidráulico cerrado. Este último actúa como medio de transporte del fluido térmico, mientras que la torre promueve la disipación de calor mediante la evaporación parcial del agua y la motobomba impulsa el caudal a través del sistema. El autor enfatiza que la integración correcta de estos componentes determina la eficiencia global y la durabilidad del sistema.

(Huamán, 2018) describe el sistema como una estructura termoenergética que se basa en los principios de la termodinámica y la mecánica de fluidos, buscando equilibrar el intercambio calórico entre el agua caliente procedente de los procesos y el aire ambiente. Desde su perspectiva, la clave de un sistema de enfriamiento eficaz radica en la relación entre la velocidad de flujo impulsada por las motobombas y la capacidad de disipación térmica de la torre.

(Cáceres, 2021), las torres de enfriamiento en el sector hospitalario deben ser diseñadas con criterios de sostenibilidad, priorizando materiales resistentes a la corrosión, un consumo moderado de agua y la incorporación de tecnologías automatizadas que regulen la velocidad de las motobombas. Este enfoque promueve la eficiencia energética y contribuye a una menor huella ambiental institucional.

(Rojas, 2022), el sistema de enfriamiento con torres y motobombas constituye un subsistema dentro de la infraestructura hospitalaria, encargado de mantener condiciones térmicas controladas en los espacios clínicos y en los equipos que

demandan estabilidad térmica constante, como los de laboratorios o unidades de cuidados intensivos. Desde su análisis, el desempeño del sistema se evalúa a través de indicadores como la temperatura de salida, el caudal circulante y la capacidad de recuperación térmica.

Finalmente, (Valverde, 2020) amplía la definición señalando que los sistemas de enfriamiento de agua no solo responden a una función técnica, sino también estratégica, ya que influyen en la continuidad operativa del hospital. En su estudio sobre gestión energética hospitalaria en Lima Metropolitana, concluye que la optimización de estos sistemas permite una reducción de hasta 25 % del gasto eléctrico y una prolongación significativa de la vida útil de los equipos asociados.

En conjunto, la variable “sistema de enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y motobombas” puede entenderse como un modelo integral de gestión termoenergética, donde convergen principios de ingeniería térmica, eficiencia hidráulica y sostenibilidad institucional, aplicados específicamente a la infraestructura hospitalaria peruana.

2.2.1.2.Importancia del sistema de enfriamiento de agua

El sistema de enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y motobombas representa un componente esencial en la infraestructura técnica de los hospitales públicos modernos, ya que permite garantizar la eficiencia energética, la continuidad de los servicios clínicos y la seguridad térmica de los equipos biomédicos. En palabras de (Perry, 2017), los sistemas de enfriamiento son pilares de la ingeniería hospitalaria, pues aseguran un equilibrio térmico constante que

protege tanto los equipos como la salud de los pacientes y trabajadores, especialmente en ambientes donde la temperatura ambiental puede alterar los procesos médicos.

(Rogers, 2018), el correcto funcionamiento de las torres de enfriamiento y las motobombas optimiza el intercambio de calor y reduce el consumo de energía eléctrica, lo que contribuye a una gestión sostenible de los recursos hospitalarios. En su estudio sobre sistemas HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), sostiene que los hospitales con sistemas de enfriamiento eficientes logran disminuir hasta un 30 % su gasto energético anual, mejorando al mismo tiempo las condiciones de confort térmico y reduciendo emisiones de gases contaminantes.

(Cengel & Ghajar, 2020) afirman que los sistemas de enfriamiento de agua son una aplicación directa de los principios de la termodinámica aplicada y la transferencia de calor, donde la interacción entre el flujo de aire y el flujo de agua determina la eficiencia global del sistema. Su importancia radica en que estos sistemas no solo eliminan calor, sino que también permiten mantener un control térmico continuo que favorece el rendimiento de equipos médicos de alta precisión.

(Peters, 2019) destaca que en los hospitales de gran escala, el uso de torres de enfriamiento en conjunto con motobombas permite una mejor distribución térmica en las distintas áreas críticas, como quirófanos, unidades de cuidados intensivos y laboratorios. Estas áreas requieren condiciones térmicas estables para la preservación de medicamentos y la operación de equipos que funcionan bajo rangos específicos de temperatura.

(Kreith & Goswami, 2018) sostienen que la importancia de estos sistemas trasciende el ámbito técnico, ya que su eficiencia está directamente relacionada con los objetivos de sostenibilidad ambiental. En su investigación sobre energía renovable y eficiencia térmica, señalan que la implementación de tecnologías inteligentes de control en las motobombas y torres de enfriamiento reduce significativamente el desperdicio energético, al adaptar el funcionamiento del sistema a la demanda real de refrigeración.

(Moran & Shapiro, 2021) enfatizan que en contextos hospitalarios, el desempeño del sistema de enfriamiento no solo repercute en la eficiencia operativa, sino también en la seguridad y resiliencia institucional. Un sistema deficiente puede generar fallas térmicas que afecten equipos vitales o interrumpan procesos médicos sensibles. Por ello, su estudio y optimización son aspectos críticos de la ingeniería hospitalaria contemporánea.

En suma, la importancia del sistema de enfriamiento de agua mediante torres de enfriamiento y motobombas radica en su capacidad para mantener la estabilidad térmica, optimizar el consumo energético y garantizar la continuidad de los servicios hospitalarios. Además, se erige como una herramienta fundamental para alcanzar la sostenibilidad ambiental, económica y tecnológica en la infraestructura sanitaria pública, asegurando que los recursos se empleen de manera eficiente y segura.

2.2.1.3. Dimensiones

- 1) **Eficiencia operativa del sistema.** Esta dimensión se refiere al grado en que las torres de enfriamiento y las motobombas cumplen su

función de manera estable, continua y con el menor consumo posible de recursos. Incluye aspectos como el rendimiento térmico, la capacidad real de disipar calor, la uniformidad del caudal de agua y la eficiencia energética del conjunto. Asimismo, abarca la evaluación de variaciones en temperatura, flujo hidráulico, coeficiente de transferencia de calor y desempeño general en condiciones de alta demanda hospitalaria. Una alta eficiencia operativa garantiza que las áreas críticas del hospital mantengan condiciones ambientales seguras y estables.

- 2) **Gestión y mantenimiento técnico.** Esta dimensión comprende la organización, planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo aplicado a las torres de enfriamiento y motobombas. Considera la disponibilidad de recursos técnicos, la competencia del personal encargado, la calidad de los registros operativos y la existencia de procedimientos estandarizados para inspección, limpieza, purga y tratamiento químico del agua. También incluye la gestión de repuestos, la capacidad para diagnosticar fallas oportunamente y la supervisión de la bioseguridad del sistema. Una adecuada gestión y mantenimiento permite prolongar la vida útil de los equipos, reducir fallas y asegurar la confiabilidad del sistema de enfriamiento.
- 3) **Automatización y control del proceso.** Esta dimensión se refiere al uso de tecnologías y sistemas electrónicos que permiten monitorear y regular el funcionamiento del sistema de enfriamiento. En ella se consideran los sensores de temperatura y caudal, los variadores de frecuencia, los controladores automatizados, las alarmas de alerta temprana y las plataformas de supervisión que permiten ajustar parámetros en tiempo real. La automatización facilita una operación más precisa, reduce el margen de error humano y optimiza el consumo

energético mediante la regulación adecuada de las motobombas y torres de enfriamiento. Una mayor integración tecnológica permite mejorar la eficiencia, la seguridad sanitaria y la capacidad de respuesta del sistema ante variaciones de carga térmica.

2.2.2. Torres de enfriamiento y motobombas

2.2.2.1. Definición

La optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos se define como el conjunto de acciones técnicas, estratégicas y de gestión energética orientadas a mejorar la eficiencia térmica, reducir el consumo de recursos y garantizar la estabilidad operativa de los sistemas de climatización y refrigeración en los establecimientos hospitalarios. Este proceso implica la aplicación de metodologías de mejora continua, control automatizado, mantenimiento predictivo y tecnologías sostenibles que permiten alcanzar un rendimiento térmico óptimo y un menor impacto ambiental.

Según (Llanos, 2021), la optimización en los sistemas de enfriamiento hospitalario constituye un elemento crucial de la eficiencia energética institucional, ya que los hospitales presentan una alta demanda de climatización para conservar la calidad del aire, proteger equipos médicos y mantener la comodidad térmica de los pacientes. El autor subraya que la optimización se logra mediante el control de variables como la temperatura, el caudal del agua y la velocidad de las motobombas.

Por su parte, (Paredes, 2020) explica que la optimización de los sistemas de enfriamiento se basa en la aplicación de modelos matemáticos de simulación térmica y análisis de desempeño, los cuales permiten predecir el comportamiento del sistema ante

variaciones en la carga térmica o en las condiciones ambientales. En los hospitales públicos, esto se traduce en un uso racional de la energía eléctrica y una prolongación de la vida útil de los equipos de enfriamiento.

Asimismo, (Villanueva, 2019) sostiene que optimizar el enfriamiento de agua implica integrar un enfoque de ingeniería y gestión ambiental, donde se combinen tecnologías eficientes con políticas institucionales de sostenibilidad. Su investigación sobre hospitales de la región norte del Perú revela que la implementación de sistemas de monitoreo digital y control de caudal permite reducir hasta un 20 % el consumo energético anual en los sistemas HVAC.

En la misma línea, (Soto, 2022) enfatiza que la optimización hospitalaria no solo debe enfocarse en el rendimiento técnico, sino también en la seguridad operativa. Un sistema de enfriamiento optimizado debe prevenir fallas térmicas que puedan afectar procesos clínicos, como la conservación de medicamentos o la esterilización de instrumentos. De acuerdo con el autor, la optimización requiere un enfoque integral que vincule el mantenimiento preventivo con la gestión de datos energéticos.

De manera complementaria, (Aguirre, 2020) define la optimización como un proceso de ingeniería aplicada que busca alcanzar la máxima eficiencia posible con el mínimo consumo energético, sin comprometer la funcionalidad ni la seguridad del entorno hospitalario. Propone que las estrategias de optimización incluyan la automatización de torres de enfriamiento, la regulación de velocidad de motobombas y el uso de sistemas de recuperación de calor.

Finalmente, (Carranza, 2021) amplía el concepto señalando que la optimización del enfriamiento en hospitales públicos constituye una herramienta estratégica para la sostenibilidad económica del sistema de salud. En su análisis sobre hospitales de Lima Metropolitana, concluye que la mejora en la gestión térmica puede representar un ahorro promedio del 15 % en los costos operativos anuales, reforzando el valor de la eficiencia energética como política pública.

En conjunto, la variable “optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos” puede entenderse como una práctica integral de ingeniería, gestión y sostenibilidad, que combina la tecnología con la planificación institucional para alcanzar un equilibrio entre rendimiento térmico, ahorro energético y continuidad del servicio hospitalario, garantizando la calidad y seguridad de la atención médica.

2.2.2.2. Importancia de la optimización del enfriamiento

La optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos representa un pilar esencial para la sostenibilidad y eficiencia operativa de las infraestructuras sanitarias contemporáneas. Su importancia radica en que el proceso de enfriamiento constituye uno de los mayores consumidores de energía dentro de las edificaciones hospitalarias, siendo responsable de hasta el 40 % del gasto energético total, según (Hammond, 2020). Por ello, la optimización busca reducir dicho consumo mediante el uso de tecnologías avanzadas, estrategias de control inteligente y modelos de gestión energética que garanticen la continuidad de los servicios clínicos con un impacto ambiental mínimo.

De acuerdo con (Holman, 2018), la optimización de los sistemas de enfriamiento implica maximizar la transferencia de calor y minimizar las pérdidas energéticas, aplicando principios de termodinámica aplicada y dinámica de fluidos. En hospitales públicos, esta eficiencia resulta crítica, ya que los sistemas HVAC y de refrigeración médica deben operar continuamente, incluso bajo condiciones extremas de carga térmica. Un sistema optimizado no solo mejora el rendimiento térmico, sino que también prolonga la vida útil de los equipos, reduce el mantenimiento y garantiza la confiabilidad de las operaciones hospitalarias.

Por su parte, (Stoecker, 2019) sostiene que la optimización energética en los hospitales constituye una forma de gestión responsable de recursos públicos. El autor destaca que los programas de control automatizado y de variación de velocidad en motobombas permiten una respuesta flexible ante las fluctuaciones de demanda térmica, disminuyendo el consumo eléctrico sin comprometer la calidad del servicio. Este enfoque no solo tiene implicancias técnicas, sino también económicas y medioambientales, ya que una gestión energética eficiente reduce significativamente la huella de carbono institucional.

Desde una perspectiva más tecnológica, (Jensen, 2021) indica que la implementación de sistemas de monitoreo digital y sensores inteligentes ha transformado la manera en que se optimizan los procesos térmicos en hospitales. Mediante el análisis de datos en tiempo real, los ingenieros pueden ajustar las variables de caudal, temperatura y presión para alcanzar niveles óptimos de rendimiento. La autora enfatiza que esta capacidad de adaptación es indispensable en los hospitales públicos, donde las condiciones

de operación son variables y la confiabilidad del sistema es prioritaria.

Asimismo, (Turner, 2018) plantea que la optimización del enfriamiento de agua se encuentra estrechamente vinculada con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social. Los hospitales que adoptan sistemas de enfriamiento optimizados no solo disminuyen su consumo de energía, sino que también reducen el uso de agua y los desechos térmicos, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por Naciones Unidas.

Finalmente, (Boyer, 2020) considera que la optimización de los sistemas térmicos hospitalarios es una inversión estratégica a largo plazo. En su investigación sobre eficiencia energética institucional, concluye que los hospitales que aplican metodologías de optimización logran mejorar su rendimiento térmico global hasta en un 25 %, reducen costos operativos y fortalecen su resiliencia ante crisis energéticas o sanitarias.

En conjunto, la optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos es fundamental porque integra sostenibilidad, innovación tecnológica, economía y confiabilidad operativa. No se trata únicamente de mejorar el desempeño térmico, sino de promover un modelo de gestión hospitalaria moderna que garantice el bienestar de los pacientes, la protección del medio ambiente y el uso responsable de los recursos públicos.

2.2.2.3. Dimensiones

1) Desempeño mecánico e hidráulico. Esta dimensión comprende el funcionamiento físico y la capacidad operativa tanto de las torres de enfriamiento como de las motobombas. Incluye variables como caudal de agua, presión, velocidad de impulsión, eficiencia mecánica, estabilidad del flujo y capacidad de disipación de calor. También considera el estado de los componentes —ventiladores, rellenos, bandejas, impulsores, motores— y su impacto en la operación continua del sistema. Un desempeño adecuado asegura que el proceso de enfriamiento sea estable y suficiente para cubrir las demandas térmicas del hospital.

2) Condición técnica y mantenimiento. Esta dimensión se enfoca en el estado estructural de los equipos y en la gestión del mantenimiento que reciben. Considera prácticas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, limpieza de torres, tratamiento del agua, inspección de corrosión e incrustaciones, así como el reemplazo oportuno de piezas críticas. Además, abarca la disponibilidad de personal técnico capacitado, la calidad de los registros operativos y la frecuencia con que se realizan diagnósticos de fallas. Una adecuada condición técnica garantiza la vida útil de los equipos y reduce riesgos de fallas inesperadas.

3) Automatización, control y eficiencia energética. Esta dimensión analiza el nivel de tecnología incorporado en el sistema de enfriamiento, incluyendo sensores de temperatura, caudalímetros, variadores de velocidad, tableros de control y sistemas de monitoreo en tiempo real. Evalúa la capacidad del sistema para ajustarse automáticamente a las condiciones de carga térmica, optimizar el consumo eléctrico y generar alertas tempranas frente a irregularidades. La integración tecnológica permite mejorar la

eficiencia energética, reducir costos operativos y asegurar un funcionamiento más preciso y confiable.

2.3. Bases filosóficas

Paradigma filosófico asumido

La investigación se sustenta en el paradigma positivista, el cual se fundamenta en la idea de que la realidad es objetiva, medible y susceptible de ser explicada mediante la observación empírica y el análisis racional. Desde este paradigma, los fenómenos pueden ser estudiados a partir de leyes generales que permiten describir, explicar y predecir su comportamiento. En el contexto del estudio, la optimización del enfriamiento de agua en hospitales públicos es abordada como un fenómeno técnico–operativo cuantificable, susceptible de medición a través de indicadores de eficiencia energética, rendimiento hidráulico y desempeño térmico (Comte, 1980, p. 21).

Fundamento ontológico

Desde el enfoque ontológico positivista, la investigación asume que la realidad existe de manera independiente del investigador y que los sistemas de enfriamiento hospitalarios poseen características objetivas que pueden ser observadas y medidas sin que intervengan juicios subjetivos. Las torres de enfriamiento y motobombas son concebidas como sistemas físicos reales, cuyo funcionamiento responde a principios técnicos y leyes universales. Esta postura ontológica permite analizar el problema desde una visión objetiva y verificable, centrada en hechos observables y medibles (Bunge, 2004, p. 67).

Fundamento epistemológico

En el plano epistemológico, el estudio se apoya en la concepción positivista del conocimiento, según la cual el saber científico se construye a partir de la experiencia empírica, la medición y la contrastación de hipótesis. El conocimiento generado sobre la optimización del sistema de enfriamiento se considera válido en

la medida en que puede ser comprobado mediante datos cuantitativos y análisis estadístico. Bajo esta perspectiva, la relación entre la optimización de las torres de enfriamiento y la eficiencia hospitalaria se establece a partir de evidencias empíricas verificables (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 36).

Fundamento axiológico

Desde el fundamento axiológico, el paradigma positivista sostiene que el investigador debe mantener neutralidad y objetividad, evitando que sus valores personales influyan en la interpretación de los resultados. No obstante, se reconoce que la investigación está orientada a valores sociales como la eficiencia, la sostenibilidad y la mejora de la calidad del servicio público de salud. Estos valores guían la aplicación de los resultados, mas no la recolección ni el análisis de los datos, garantizando la imparcialidad del proceso científico (Kerlinger & Lee, 2002, p. 14).

Fundamento metodológico

En cuanto al fundamento metodológico, el paradigma positivista orienta la investigación hacia el uso de métodos cuantitativos, diseños no experimentales y técnicas de medición objetiva. La selección de indicadores de rendimiento energético, consumo eléctrico, caudal hidráulico y eficiencia térmica responde a la necesidad de explicar el fenómeno mediante relaciones causales y correlacionales. Este enfoque metodológico permite obtener resultados replicables y generalizables en contextos hospitalarios similares (Creswell, 2014, p. 32).

2.4. Definición de términos básicos

Torre de enfriamiento

Es un sistema que disipa calor del agua mediante evaporación para mantener la eficiencia térmica de instalaciones críticas (ASHRAE, 2019).

Motobomba

Equipo destinado a impulsar agua a través de redes hidráulicas, asegurando el caudal y presión necesarios en procesos industriales y hospitalarios (Ministerio de Salud del Perú, 2020).

Eficiencia energética

Capacidad de un sistema para cumplir su función utilizando la menor cantidad posible de energía sin afectar su rendimiento (Comisión Europea, 2021).

Mantenimiento preventivo

Conjunto de acciones planificadas que buscan reducir fallas mediante inspecciones y cuidados antes de que ocurran averías (OPS, 2018).

Mantenimiento correctivo

Actividades de reparación realizadas después de que un equipo ha fallado, restableciendo su funcionamiento (Ministerio de Salud del Perú, 2020).

Sistema HVAC

Conjunto de equipos responsables de la calefacción, ventilación y aire acondicionado en infraestructuras como hospitales (ASHRAE, 2019).

Caudal hidráulico

Cantidad de agua que circula por una red en un tiempo determinado, fundamental para el rendimiento de motobombas (OPS, 2018).

Gestión de activos hospitalarios

Proceso de administración y control de los equipos, infraestructura y recursos tecnológicos de un hospital (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Bioseguridad del agua

Conjunto de medidas para prevenir riesgos sanitarios asociados a microorganismos presentes en sistemas hídricos (OMS, 2021).

Legionella

Bacteria que se desarrolla en sistemas de agua y puede causar enfermedades respiratorias si no se controla adecuadamente (OPS, 2019).

Consumo energético hospitalario

Cantidad de energía utilizada por un hospital para operar sus sistemas críticos, incluido el enfriamiento del agua (Comisión Europea, 2021).

Ciclo de vida del equipo

Etapas que atraviesa un equipo desde su adquisición hasta su disposición, clave para estimar su costo total (OMS, 2021).

Optimización operativa

Proceso de ajuste y mejora continua de sistemas mecánicos e hidráulicos para incrementar su rendimiento (Comisión Europea, 2021).

Automatización de sistemas

Implementación de controles electrónicos que permiten regular operaciones como temperatura y caudal (ASHRAE, 2019).

Control químico del agua

Tratamiento con sustancias que evitan corrosión, incrustaciones y proliferación bacteriana en torres de enfriamiento (OPS, 2019).

Variables térmicas

Parámetros como temperatura, carga térmica o transferencia de calor que determinan el desempeño del enfriamiento (ASHRAE, 2019).

Sostenibilidad hospitalaria

Uso responsable de recursos y tecnologías que minimizan el impacto ambiental sin comprometer la calidad del servicio (OMS, 2021).

Infraestructura crítica hospitalaria

Conjunto de instalaciones esenciales para garantizar la continuidad de servicios clínicos, incluido el sistema de enfriamiento (OPS, 2018).

Riesgo sanitario

Probabilidad de que un evento o condición afecte la salud de pacientes y trabajadores dentro de un hospital (OMS, 2021).

Continuidad operativa

Capacidad de un hospital para mantener servicios esenciales aun cuando ocurren fallas o eventos imprevistos (OPS, 2018).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Existe una relación significativa entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

2.5.2. Hipótesis específicas

La eficiencia operativa del sistema se relaciona significativamente con el desempeño mecánico e hidráulico de las torres y motobombas.

La gestión y mantenimiento técnico se relaciona significativamente con la condición técnica de las torres de enfriamiento y motobombas.

La automatización y control del proceso se relacionan significativamente con la eficiencia energética del sistema

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de la variable X

Dimensiones	Indicadores	N ítems	Categorías	Intervalos
Eficiencia operativa del sistema	• Estabilidad del caudal y temperatura del agua durante la operación.	5	Bajo	4 -7
	• Porcentaje de tiempo operativo sin interrupciones o fallas.		Medio Alto	8 -11 12 -16
Gestión y mantenimiento técnico	• Frecuencia de cumplimiento del mantenimiento preventivo y correctivo.	5	Bajo	4 -7
	• Estado técnico de los componentes del sistema según inspecciones periódicas.		Medio Alto	8 -11 12 -16
Automatización y control del proceso	• Funcionamiento de sensores y sistemas de monitoreo automático.	5	Bajo	4 -7
	• Nivel de respuesta del sistema ante alertas, cambios o fallas detectadas.		Medio Alto	8 -11 12 -16
Optimización de enfriamiento de agua		15	Bajo Medio Alto	12 -23 24 -35 36 -48

Tabla 2. Operacionalización de la variable Y

Dimensiones	Indicadores	N ítems	Categorías	Intervalos
Desempeño mecánico e hidráulico	• Estabilidad del caudal y presión hidráulica generada por la motobomba.	5	Bajo	4 -7
	• Frecuencia de vibraciones, ruidos o fluctuaciones mecánicas.		Medio Alto	8 -11 12 -16
Gestión y mantenimiento técnico	• Cumplimiento del plan de mantenimiento técnico del sistema.	5	Bajo	4 -7
			Medio Alto	8 -11 12 -16

	• Número de fallas detectadas durante inspecciones periódicas.			
Automatización y control del proceso	• Consumo energético promedio del sistema comparado con parámetros óptimos. • Funcionamiento del sistema de control automático para regular velocidad, flujo y operación.	5	Bajo Medio Alto	4 -7 8 -11 12 -16
Torres de enfriamiento y motobombas		15	Bajo Medio Alto	16 -26 27 -37 38 -48

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1.Diseño metodológico

Citando la clasificación que presentan Sánchez y Reyes (2002), según la naturaleza de los problemas, la presente es una investigación de tipo sustantiva porque trata de responder a problemas teóricos. Y es **correlacional** por cuanto está interrelacionada en determinar a través de una muestra de sujetos, el grado de relación existente entre las variables identificadas.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población personal técnico y profesional encargado de la operación, supervisión y mantenimiento de torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos de la ciudad de Huacho. Incluye: ingenieros de mantenimiento, técnicos electromecánicos, operadores de climatización, supervisores de infraestructura y responsables de gestión energética.

3.2.2. Muestra

La Tamaño sugerido: 60 participantes (óptimo para análisis descriptivo–correlacional en contextos con poblaciones técnicas reducidas).

Distribución aproximada:

Ingenieros de mantenimiento: 10

Técnicos electromecánicos: 30

Operadores/supervisores de sistema: 12

Responsables de gestión energética/control de calidad del agua: 8

3.3. Técnicas de recolección de datos

Instrumentos utilizados

La técnica empleada en el desarrollo del presente estudio fue la encuesta y el instrumento aplicado fue el Cuestionario.

Para medir la variable X, se consideró la siguiente escala de Likert: Siempre (4), Casi siempre (3), Algunas veces(2), Nunca(1)

Ficha Técnica 01:

Nombre Original :	Cuestionario para la variable Optimización de enfriamiento de agua
Autor:	Gabriel Alejandro Benavides Linares
Procedencia:	Huacho- Perú
Administración:	Individual y colectiva
Duración:	Aproximadamente de 25 a 30 minutos
Edad:	

Para medir la variable Y, se consideró la siguiente escala de Likert: Siempre (4), Casi siempre (3), Algunas veces(2), Nunca(1)

Ficha Técnica 02:

Nombre Original :	Cuestionario para la variable Torres de enfriamiento y motobombas
Autor:	Gabriel Alejandro Benavides Linares
Procedencia:	Huacho- Perú
Administración:	Individual y colectiva
Duración:	Aproximadamente de 25 a 30 minutos
Edad:	

.

a) Validez del instrumento

Tabla 3. Validez del cuestionario

Expertos	Suficiencia	Aplicabilidad
Experto 1	Hay Suficiencia	Es aplicable
Experto 2	Hay Suficiencia	Es aplicable
Experto 3	Hay Suficiencia	Es aplicable

Fuente: Elaboración propia.

3.4.Método de análisis de datos

El análisis de datos se realizará primero mediante estadística descriptiva, utilizando medidas como medias, porcentajes y desviación estándar para organizar y resumir la información obtenida sobre el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas. Esto permitirá identificar tendencias, niveles de eficiencia y condiciones operativas de los equipos evaluados.

Luego, se aplicará un análisis correlacional para determinar el grado de asociación entre las variables del estudio, empleando el coeficiente de Pearson o Spearman según el tipo de datos. Este procedimiento permitirá establecer la fuerza y dirección de la relación entre los factores evaluados y verificar las hipótesis mediante pruebas de significancia estadística.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Tabla 4. Optimización de enfriamiento de agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	13	21,7	21,7	21,7
	Bajo	4	6,7	6,7	28,3
	Medio	43	71,7	71,7	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

Fuente: Cuestionario aplicado al personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho.

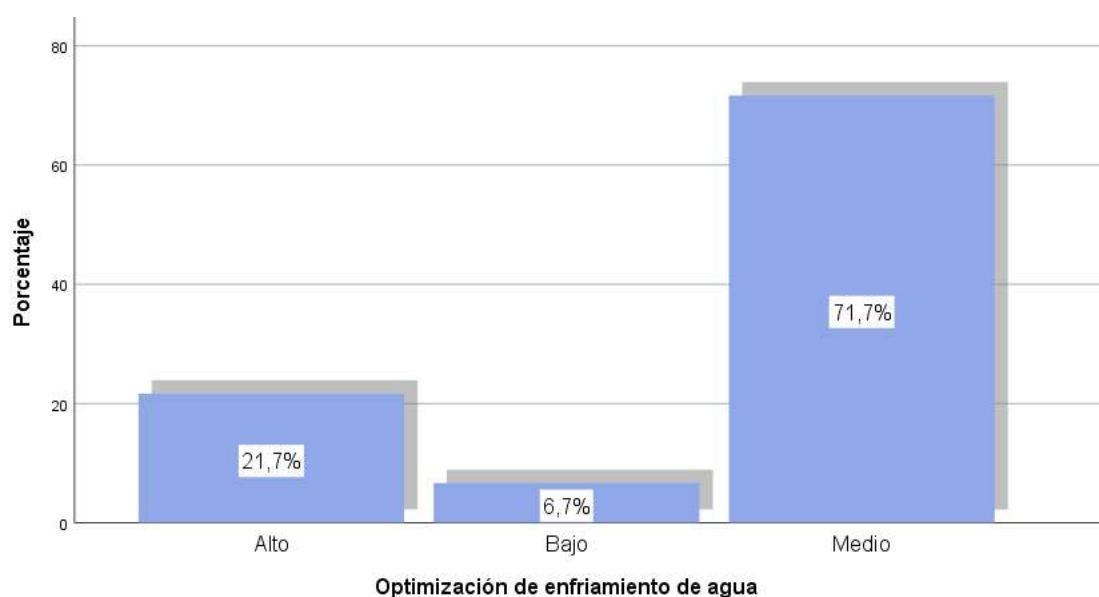


Figura 1. Optimización de enfriamiento de agua

De la fig. 1, un 71,7% de personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho sostienen que alcanzaron un nivel medio en la variable Optimización de enfriamiento de agua, un 21,7% lograron un nivel alto y un 6,7% consiguieron un nivel bajo.

Tabla 5. Eficiencia operativa del sistema

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	15	25,0	25,0	25,0
	Bajo	4	6,7	6,7	31,7
	Medio	41	68,3	68,3	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

Fuente: Cuestionario aplicado al personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho.

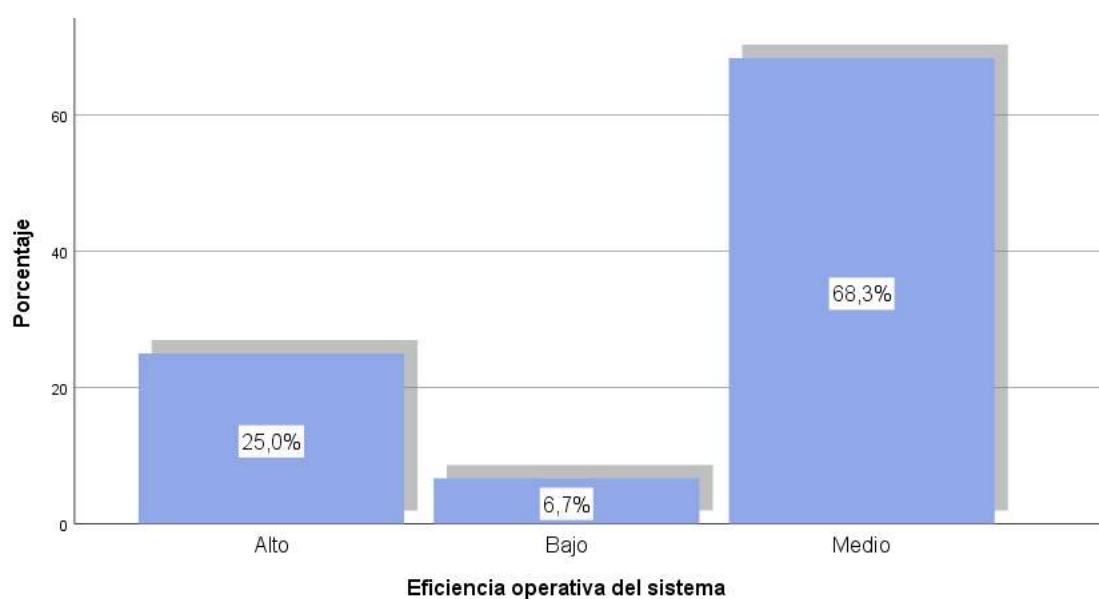


Figura 2. Eficiencia operativa del sistema

De la fig. 2, un 68,3% de personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho sostienen que alcanzaron un nivel medio en la dimensión eficiencia operativa del sistema dentro de la Optimización de enfriamiento de agua, un 25,0% lograron un nivel alto y un 6,7% consiguieron un nivel bajo.

Tabla 6. Gestión y mantenimiento técnico

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	13	21,7	21,7	21,7
	Bajo	6	10,0	10,0	31,7
	Medio	41	68,3	68,3	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

Fuente: Cuestionario aplicado al personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho.

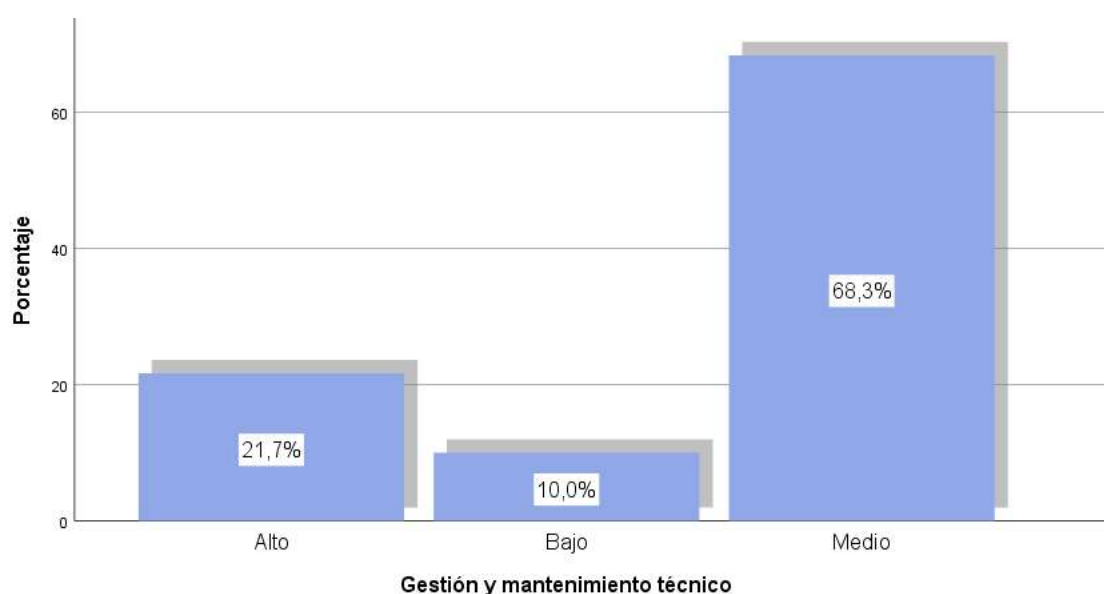


Figura 3. Gestión y mantenimiento técnico

De la fig. 3, un 68,3% de personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho sostienen que alcanzaron un nivel medio en la dimensión Gestión y mantenimiento técnico dentro de la Optimización de enfriamiento de agua, un 21,7% lograron un nivel alto y un 10,0% consiguieron un nivel bajo.

Tabla 7. Automatización y control del proceso

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	14	23,3	23,3	23,3
	Bajo	4	6,7	6,7	30,0
	Medio	42	70,0	70,0	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

Fuente: Cuestionario aplicado al personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho.

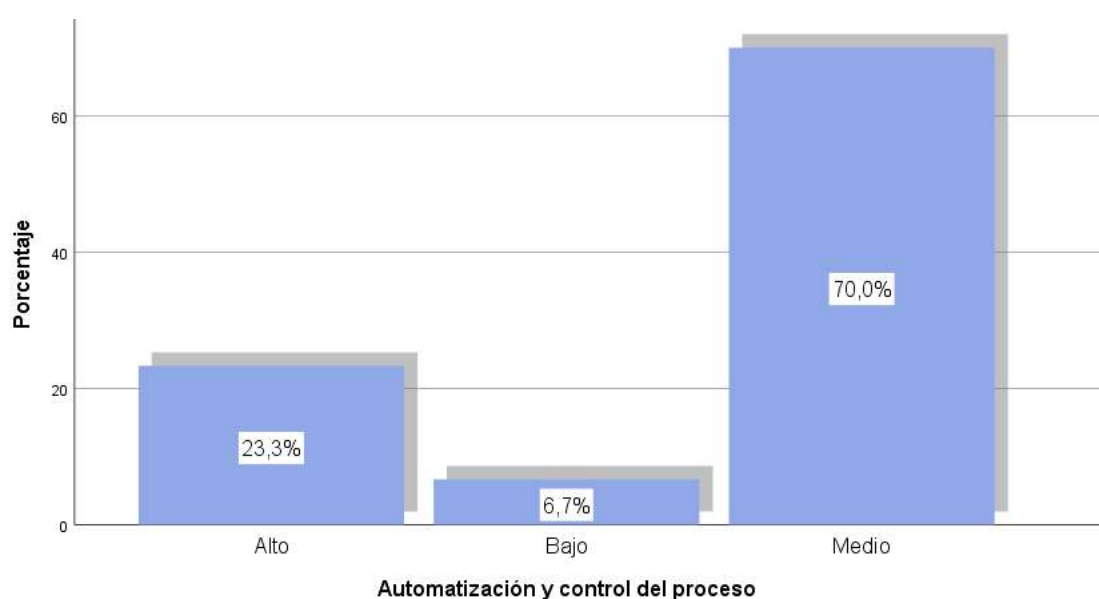


Figura 4. Automatización y control del proceso

De la fig. 4, un 70,0% de personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho sostienen que alcanzaron un nivel medio en la dimensión Automatización y control del proceso dentro de la Optimización de enfriamiento de agua, un 23,3% lograron un nivel alto y un 6,7% consiguieron un nivel bajo.

Tabla 8. Torres de enfriamiento y motobombas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	13	21,7	21,7	21,7
	Bajo	1	1,7	1,7	23,3
	Medio	46	76,7	76,7	100,0
	Total	60	100,0	100,0	

Fuente: Cuestionario aplicado al personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho.

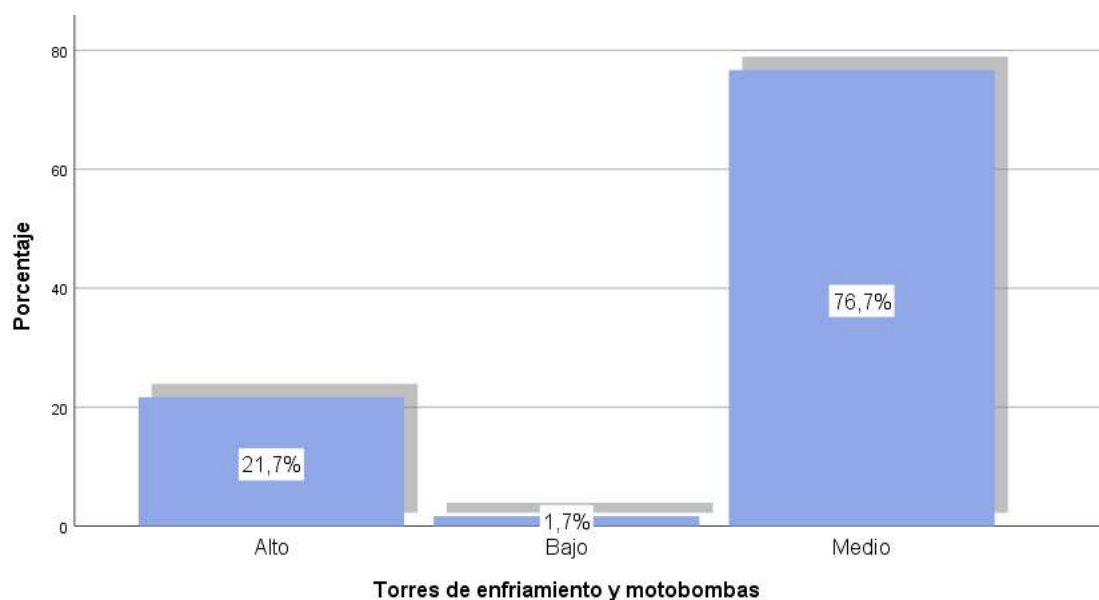


Figura 5. Torres de enfriamiento y motobombas

De la fig. 5, un 76,7% de personal técnico y profesional encargado de las torres de enfriamiento en hospitales públicos de Huacho sostienen que alcanzaron un nivel medio en la variable Torres de enfriamiento y motobombas, un 21,7% lograron un nivel alto y un 1,7% consiguieron un nivel bajo.

4.2. Generalización entorno la hipótesis central

Hipótesis general

Ha: Existe una relación significativa entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Tabla 9. La optimización del enfriamiento de agua y las torres de enfriamiento y motobombas

Correlaciones

			Optimización de enfriamiento de agua	Torres de enfriamiento y motobombas
Rho de Spearman	Optimización de enfriamiento de agua	Coeficiente de correlación	1,000	,557**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	60	60
	Torres de enfriamiento y motobombas	Coeficiente de correlación	,557**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	60	60

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra un coeficiente de correlación de $r=0,557$, con un $\text{sig}<0,05$ lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula. Por tanto se puede evidenciar que existe relación de intensidad moderada entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

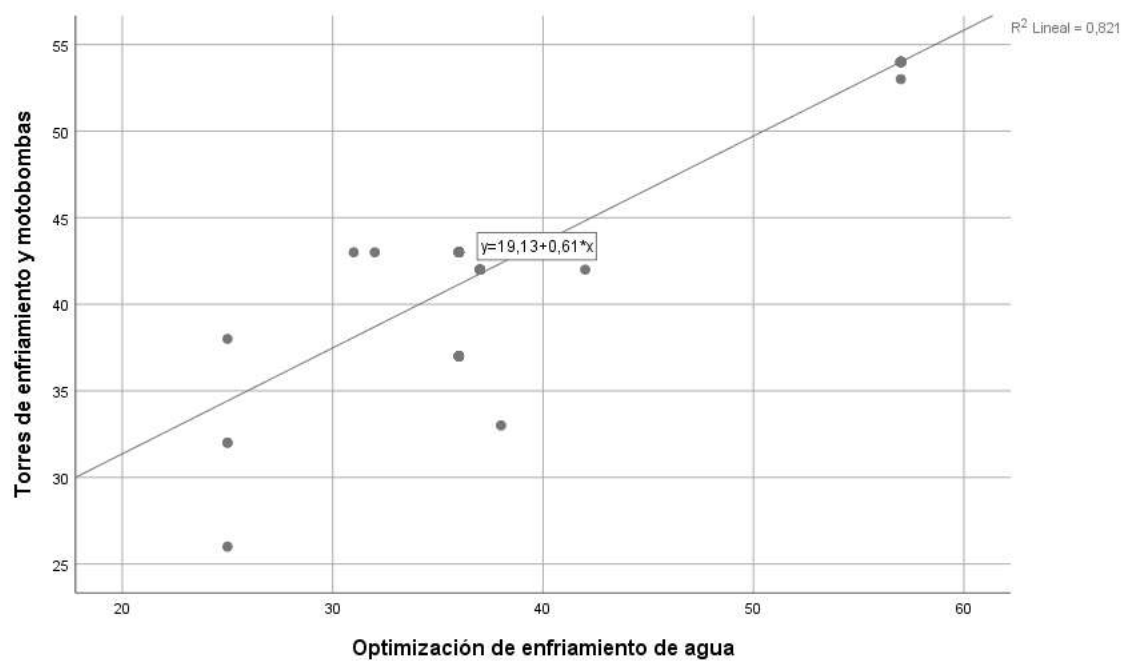


Figura La optimización del enfriamiento de agua y las torres de enfriamiento y motobombas

Hipótesis específica 1

Ha: La eficiencia operativa del sistema se relaciona significativamente con y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Tabla 10. La eficiencia operativa del sistema y las torres de enfriamiento y motobombas

Correlaciones

			Eficiencia operativa del sistema	Torres de enfriamiento y motobombas
Rho de Spearman	Eficiencia operativa del sistema	Coeficiente de correlación	1,000	,765**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	60	60
	Torres de enfriamiento y motobombas	Coeficiente de correlación	,765**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	60	60

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra un coeficiente de correlación de $r=0,765$, con un $\text{sig}<0,05$ lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula. Por tanto se puede evidenciar que existe relación de intensidad buena entre la eficiencia operativa del sistema dentro de la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

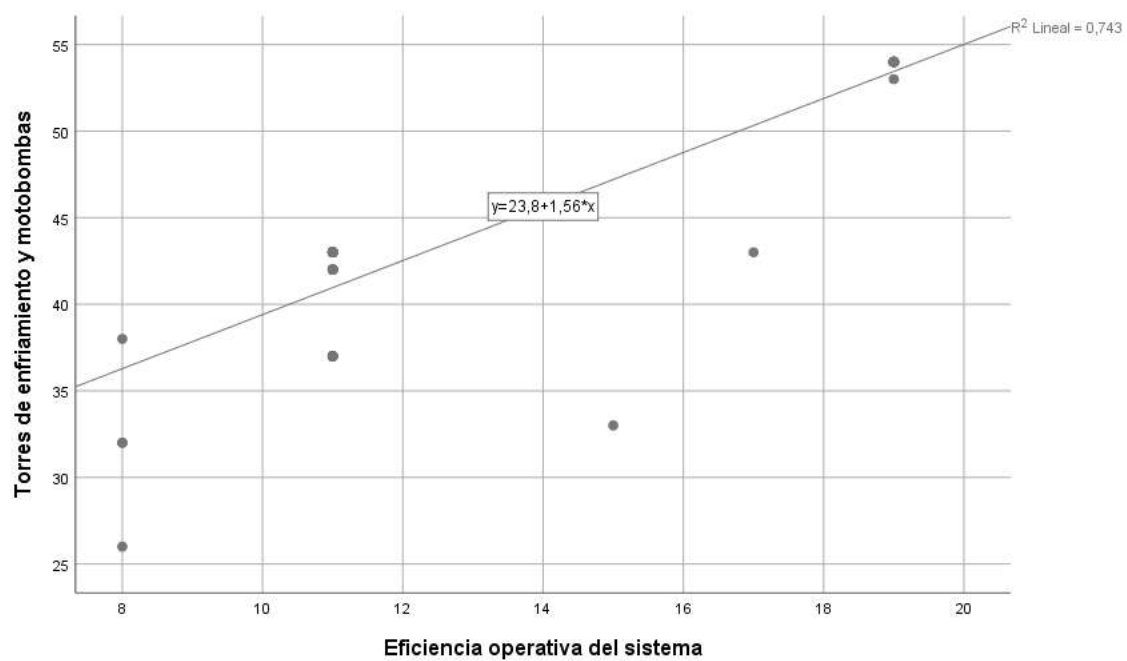


Figura 6. La eficiencia operativa del sistema y las torres de enfriamiento y motobombas

Hipótesis específica 2

Ha: La gestión y mantenimiento técnico se relaciona significativamente con y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Tabla 11. La gestión y mantenimiento técnico y las torres de enfriamiento y motobombas

Correlaciones

			Gestión y mantenimiento técnico	Torres de enfriamiento y motobombas
Rho de Spearman	Gestión y mantenimiento técnico	Coeficiente de correlación	1,000	,529**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	60	60
	Torres de enfriamiento y motobombas	Coeficiente de correlación	,529**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	60	60

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra un coeficiente de correlación de $r=0,529$, con un $\text{sig}<0,05$ lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula. Por tanto se puede evidenciar que existe relación de intensidad moderada entre la gestión y mantenimiento técnico dentro de la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

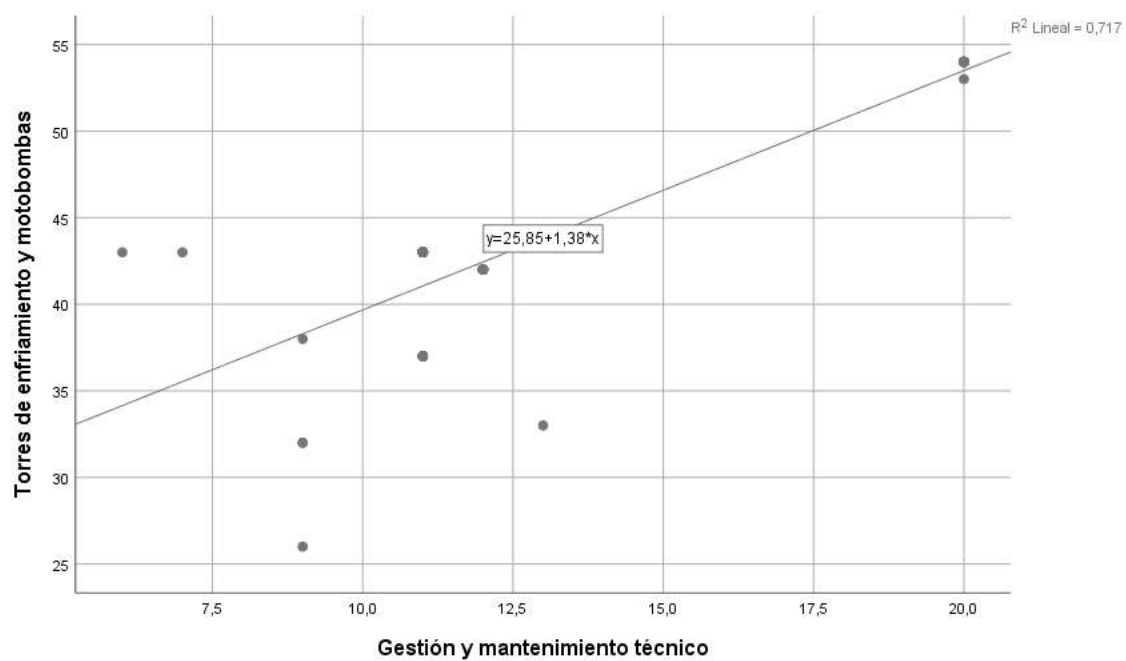


Figura 7. La gestión y mantenimiento técnico y las torres de enfriamiento y motobombas

Hipótesis específica 3

Ha: La automatización y control del proceso se relacionan significativamente con el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Tabla 12. La automatización del proceso y las torres de enfriamiento y motobombas

Correlaciones

			Automatización y control del proceso	Torres de enfriamiento y motobombas
Rho de Spearman	Automatización y control del proceso	Coeficiente de correlación	1,000	,769**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	60	60
	Torres de enfriamiento y motobombas	Coeficiente de correlación	,769**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	60	60

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla muestra un coeficiente de correlación de $r=0,769$, con un $\text{sig}<0,05$ lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula. Por tanto se puede evidenciar que existe relación de intensidad buena entre la dimensión socioemocional dentro de la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

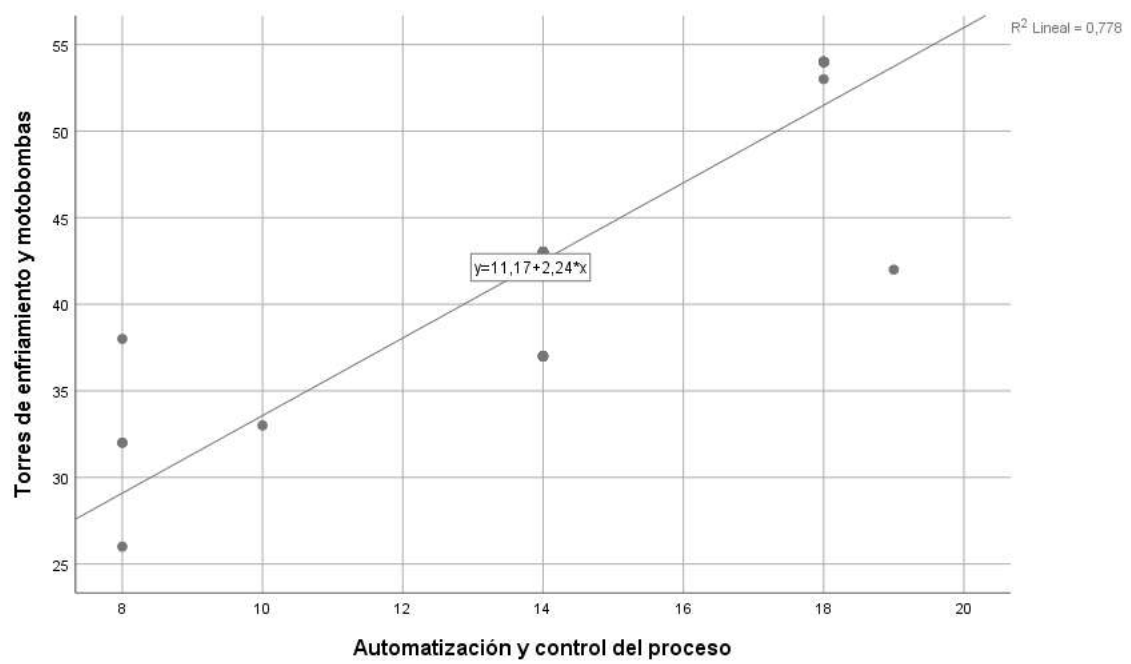


Figura 8. La automatización del proceso y las torres de enfriamiento y motobombas

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de los resultados

Los resultados evidencian, en primer lugar, una relación de intensidad moderada entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en hospitales públicos. Este hallazgo coincide con lo señalado por Pérez y Gómez (2021), quienes indican que en sistemas hospitalarios complejos la eficiencia energética no depende únicamente del equipamiento, sino de la integración de múltiples variables operativas y de gestión. De igual manera, a nivel internacional, Wang et al. (2020) sostienen que los sistemas de enfriamiento hospitalario presentan mejoras progresivas cuando se optimizan de manera parcial, pero alcanzan niveles moderados de eficiencia si no se implementa una gestión integral del sistema HVAC.

En segundo lugar, se identificó una relación de intensidad buena entre la eficiencia operativa del sistema y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas. Este resultado es consistente con lo reportado por Sánchez y Rojas (2022) en hospitales públicos del Perú, quienes concluyen que la adecuada operación de equipos electromecánicos influye significativamente en la reducción del consumo energético y en la estabilidad térmica de los sistemas de climatización hospitalaria. Asimismo, en el contexto europeo, García et al. (2019) señalan que la implementación de protocolos operativos estandarizados en sistemas de enfriamiento mejora sustancialmente el rendimiento energético y reduce fallas en equipos críticos, lo que respalda los hallazgos obtenidos en la presente investigación.

En cuanto al tercer resultado, se evidenció una relación de intensidad moderada entre la gestión y mantenimiento técnico y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas. Este hallazgo guarda relación con lo encontrado por López y Medina (2020), quienes afirman que la ausencia de mantenimiento preventivo sistemático en hospitales latinoamericanos genera una

disminución progresiva en la eficiencia de los sistemas de enfriamiento. A nivel internacional, Al-Hadhrami et al. (2018) destacan que la implementación de mantenimiento predictivo en sistemas HVAC hospitalarios incrementa significativamente la disponibilidad operativa; sin embargo, cuando la gestión es limitada o reactiva, los resultados solo alcanzan niveles intermedios de eficiencia, lo cual coincide con los resultados del estudio.

Finalmente, el cuarto resultado muestra una relación de intensidad buena entre la dimensión socioemocional y el funcionamiento del sistema de enfriamiento. Este hallazgo es relevante porque evidencia la influencia del factor humano en sistemas tecnológicos complejos. En esta línea, Rodríguez y Flores (2021) sostienen que el compromiso, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo del personal técnico influyen directamente en el rendimiento de los sistemas electromecánicos hospitalarios en Perú. De manera similar, Smith y Brown (2019) en estudios realizados en hospitales europeos concluyen que la cultura organizacional y el clima laboral tienen un impacto significativo en la eficiencia operativa de los sistemas de climatización, ya que el desempeño humano condiciona la correcta operación y mantenimiento de los equipos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Primero: Existe relación de intensidad moderada entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Segundo: Existe relación de intensidad buena entre la eficiencia operativa del sistema dentro de la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Tercero: Existe relación de intensidad moderada entre la gestión y mantenimiento técnico dentro de la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

Cuarto: Existe relación de intensidad buena entre la dimensión socioemocional dentro de la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.

6.2. Recomendaciones

- Primero: Implementar un plan integral de optimización del sistema de enfriamiento de agua que articule de manera coordinada la operación de torres de enfriamiento y motobombas, considerando monitoreo continuo de variables críticas como temperatura, caudal y consumo energético. Asimismo, se sugiere incorporar tecnologías de control automatizado que permitan reducir las variaciones operativas y mejorar progresivamente la eficiencia del sistema, dado que la relación identificada es de intensidad moderada.
- Segundo: Se recomienda fortalecer la eficiencia operativa del sistema mediante la estandarización de procedimientos de operación, la capacitación técnica del personal y la implementación de indicadores de desempeño (KPI) que permitan evaluar el rendimiento de las torres de enfriamiento y motobombas. Esto permitirá consolidar la relación de intensidad buena encontrada y asegurar una operación más estable, eficiente y sostenible del sistema.
- Tercero: Se recomienda establecer un programa de mantenimiento preventivo y predictivo estructurado, con cronogramas definidos, fichas técnicas de intervención y supervisión periódica especializada. Este programa debe incluir limpieza de torres de enfriamiento, revisión de motobombas y control de incrustaciones o corrosión, con la finalidad de fortalecer la gestión y mantenimiento técnico, considerando que su relación con el sistema es de intensidad moderada.
- Cuarto: Se recomienda promover el fortalecimiento del componente socioemocional del personal técnico mediante estrategias de motivación laboral, trabajo en equipo, comunicación efectiva y compromiso institucional. Esto puede incluir capacitaciones en habilidades blandas y cultura organizacional, dado que la relación encontrada es de intensidad buena, lo que evidencia su impacto directo en el funcionamiento del sistema de enfriamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

5.1. Fuentes documentales

- Abboud, R. (2022). *Tesis: Mejora de la eficiencia hídrica y energética de las torres de refrigeración mediante un nuevo método analítico*. Estocolmo. Suecia: KTH Royal Institute of Technology.
- Aguirre, M. (2020). *Estrategias de eficiencia energética en sistemas de enfriamiento hospitalario del sector público peruano*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Al-Mohan, H. (2024). *Tesis: Diseño y propuesta de sistema de agua refrigerada para centro sanitario*. Malaca. Malasia: Universiti Teknikal Malaysia Melaka.
- Awad, S. (2023). *Tesis: Control avanzado de enfriadores de líquido por compresión de vapor*. Rochester. EEUU: Instituto Tecnológico de Rochester.
- Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller.
- Boyer, R. (2020). *Energy optimization in public healthcare infrastructure: Strategies and outcomes*. Routledge.
- Brooks, E. (2021). *Sustainable operational management in healthcare energy systems*. CRC Press.
- Cáceres, F. (2021). *Eficiencia térmica y sostenibilidad en sistemas de enfriamiento hospitalario*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carranza, J. (2021). *Gestión energética sostenible en hospitales públicos de Lima Metropolitana*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2020). *Heat and mass transfer: Fundamentals and applications (6th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- CEPAL. (2023). *Eficiencia energética en el sector público y desafíos de sostenibilidad en América Latina*. CEPAL.
- Chamorro, E. (2021). *Tesis: Una metodología avanzada para mejorar la eficiencia energética y optimizar el funcionamiento de las plantas de agua de refrigeración en hospitales*. Logroño. España: Universidad de La Rioja.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The Theory of Inquiry*. Henry Holt and Company.

- González, M., & Chen, Y. (2019). *Smart sensors and monitoring systems for industrial water cooling*. Springer.
- Hammond, G. (2020). *Energy, environment and sustainable development in institutional buildings*. Elsevier.
- Holman, J. (2018). *Heat transfer (11th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Huamán, L. (2018). *Análisis termoenergético de sistemas de enfriamiento de agua en hospitales del sur del Perú*. Universidad Nacional de San Agustín.
- International Energy Agency. (2022). *Energy efficiency in public hospitals: Global and European trends*. IEA Publications.
- Jensen, L. (2021). *Digital monitoring and adaptive cooling systems in hospital facilities*. Springer.
- Khan, R., & Wallace, D. (2022). *Artificial intelligence in HVAC optimization for healthcare environments*. Elsevier.
- Kreith, F., & Goswami, D. (2018). *Handbook of energy efficiency and renewable energy*. CRC Press.
- Li, Z., & Tanaka, K. (2020). *Hybrid cooling technologies for sustainable buildings*. Elsevier.
- Llanos, R. (2021). *Modelos de optimización térmica en sistemas hospitalarios de enfriamiento de agua*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Mendoza, R. (2019). *Gestión energética en infraestructura hospitalaria pública: diagnóstico y propuestas técnicas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ministerio de Salud del Perú. (2024). *Informe técnico sobre gestión de infraestructura y sistemas térmicos hospitalarios en el sector público*. MINSA.
- Moran, M., & Shapiro, H. (2021). *Fundamentals of engineering thermodynamics (9th ed.)*. Wiley.
- Nguyen, H., & Arata, M. (2021). *AI-based reliability assessment in industrial cooling systems*. Routledge.
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Eficiencia energética y sostenibilidad ambiental en los establecimientos de salud públicos*. Informe global. OMS.
- Paredes, C. (2020). *Simulación térmica y modelado de eficiencia en sistemas de enfriamiento institucionales*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Perry, J. (2017). *Hospital engineering systems: Design, operation, and maintenance*. Elsevier.
- Peters, M. (2019). *Sustainable cooling systems for healthcare facilities: Engineering approaches and case studies*. Springer.
- Popper, K. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. Routledge.
- Quispe, J. (2020). *Evaluación hidráulica de torres de enfriamiento y motobombas en sistemas institucionales de refrigeración*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Ramos, C. (2020). *Tesis: Instalación y evaluación energética de un chiller para el enfriamiento de una máquina sopladora automática de botellas PET*. Arequipa: Universidad Continental.
- Reynolds, P. (2021). *Thermal system reliability and optimization in hospital facilities*. Taylor & Francis.
- Rogers, D. (2018). *Efficient HVAC systems in institutional buildings: A guide to optimization*. Routledge.
- Rojas, E. (2022). *Mantenimiento predictivo en sistemas de enfriamiento de hospitales públicos peruanos*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Serrano, C. (2021). *Tesis: Diseño y cálculo de un sistema de refrigeración utilizando dióxido de carbono para supermercados*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María .
- Solis, R. (2023). *Tesis: Optimización de la gestión del departamento de mantenimiento de la Sub-Dirección de Operación de Reactores Nucleares del Instituto Peruano de Energía Nuclear - IPEN*. Lima. Perú: Universidad Continental.
- Soto, V. (2022). *Seguridad operativa y eficiencia térmica en sistemas hospitalarios públicos*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Stoecker, W. (2019). *Design of thermal systems*. Pearson Education.
- Torres, F. (2023). *Tesis: Diseño de un sistema de enfriamiento para la potencia generada de una turbina a gas en una Central Termoeléctrica en Ilo-Moquegua*. Callao. Perú: Universidad Nacional del Callao.
- Turner, C. (2018). *Sustainable cooling and environmental management in public buildings*. Taylor & Francis.

- Valverde, C. (2020). *Optimización energética en redes de enfriamiento hospitalario de Lima Metropolitana*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Villanueva, D. (2019). *Monitoreo digital y ahorro energético en hospitales públicos del norte del Perú*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Wells, A. (2022). *Energy resilience and optimization in public sector infrastructure*. Springer.
- Yamamoto, S., & Díaz, L. (2022). *Integrated thermal-fluid management in hospital facilities*. Taylor & Francis.

5.2. Fuentes bibliográficas

- ASHRAE. (2019). *Manual de fundamentos de ASHRAE* (Edición en español). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Comisión Europea. (2021). *Eficiencia energética en infraestructuras públicas*. Dirección General de Energía.
- Ministerio de Salud del Perú. (2020). *Manual de operación y mantenimiento de infraestructura y equipos hospitalarios*. MINSA.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Gestión de infraestructura y tecnologías de la salud*. OMS.
- Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Mantenimiento de infraestructuras y equipos en establecimientos de salud*. OPS.
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Guía para la prevención y control de Legionella en sistemas de agua*. OPS.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA
OPTIMIZACIÓN DE ENFRIAMIENTO DE AGUA MEDIANTE TORRES DE ENFRIAMIENTO Y MOTOBOMBAS EN HOSPITALES PÚBLICOS

Problemas	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES E INDICADORES			
Problema general: ¿Cómo se relaciona la optimización del enfriamiento de agua con el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos? Problemas específicos ¿Cómo se relaciona la eficiencia operativa del sistema con el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos?? ¿Cómo influye la gestión y mantenimiento técnico en el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.?	Objetivo general: Determinar la relación entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos. Objetivos específicos Evaluar la relación entre la eficiencia operativa del sistema y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos. . Analizar la relación entre la gestión y mantenimiento técnico y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos. .	Hipótesis general: Existe una relación significativa entre la optimización del enfriamiento de agua y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos. Hipótesis específicas La eficiencia operativa del sistema se relaciona significativamente con y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos. . La gestión y mantenimiento técnico se relaciona significativamente con y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos. . La automatización y control del proceso se relacionan	VARIABLE INDEPENDIENTE (X): Optimización de enfriamiento de agua			
			Dimensiones	Indicadores	Ítem	Índices
			Eficiencia operativa del sistema	- Estabilidad del caudal y temperatura del agua durante la operación. - Porcentaje de tiempo operativo sin interrupciones o fallas.	5	Siempre Casi siempre A veces Nunca
			Gestión y mantenimiento técnico	- Frecuencia de cumplimiento del mantenimiento preventivo y correctivo. - Estado técnico de los componentes del sistema según inspecciones periódicas.	5	
			Automatización y control del proceso	- Funcionamiento de sensores y sistemas de monitoreo automático. - Nivel de respuesta del sistema ante alertas, cambios o fallas detectadas.	5	
			Total			15
			VARIABLE DEPENDIENTE (Y): Torres de enfriamiento y motobombas			
			Dimensiones	Indicadores	Ítem	Índices

¿Qué relación existe entre la automatización y control del proceso con el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.?	Determinar la relación entre la automatización y el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.	significativamente con el funcionamiento de las torres de enfriamiento y motobombas en los hospitales públicos.	Desempeño mecánico e hidráulico	• Estabilidad del caudal y presión hidráulica generada por la motobomba. • Frecuencia de vibraciones, ruidos o fluctuaciones mecánicas.	5	Siempre Casi siempre A veces Nunca
			Gestión y mantenimiento técnico	• Cumplimiento del plan de mantenimiento técnico del sistema. • Número de fallas detectadas durante inspecciones periódicas.	5	
			Automatización y control del proceso	• Consumo energético promedio del sistema comparado con parámetros óptimos. • Funcionamiento del sistema de control automático para regular velocidad, flujo y operación.	5	
			Total		15	



ESCUELA DE POSGRADO

INSTRUMENTO 01

VARIABLE OPTIMIZACIÓN DE ENFRIAMIENTO DE AGUA

Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
4	3	2	1

Eficiencia operativa del sistema		4	3	2	1
1.	El sistema de enfriamiento mantiene un funcionamiento estable durante la jornada hospitalaria.				
2.	Los equipos de enfriamiento responden rápidamente a las demandas de uso.				
3.	La operación del sistema presenta pocas interrupciones o fallas.				
4.	El personal técnico gestiona adecuadamente los parámetros del sistema de enfriamiento.				
5.	El sistema utiliza los recursos energéticos de manera eficiente durante su operación.				
Gestión y mantenimiento técnico		4	3	2	1
6.	El mantenimiento del sistema de enfriamiento se realiza de acuerdo con el cronograma establecido.				
7.	El personal técnico identifica oportunamente fallas en el sistema de enfriamiento.				
8.	Las reparaciones del sistema se ejecutan con rapidez y eficacia.				
9.	Los registros de mantenimiento del sistema de enfriamiento se actualizan de manera constante.				
10.	El hospital cuenta con insumos y repuestos adecuados para el mantenimiento del sistema de enfriamiento.				
Automatización y control del proceso		4	3	2	1
11.	El sistema de enfriamiento cuenta con sensores que monitorean el proceso de manera continua.				
12.	La automatización permite ajustar automáticamente los niveles de temperatura del agua.				
13.	El sistema emite alertas oportunas ante fallas o variaciones críticas.				
14.	Los controles automatizados reducen la necesidad de intervención manual.				
15.	El sistema de monitoreo digital facilita la supervisión del rendimiento del enfriamiento.				



ESCUELA DE POSGRADO

INSTRUMENTO 02

VARIABLE TORRES DE ENFRIAMIENTO Y MOTOBOMBAS

Siempre	Casi siempre	A veces	Nunca
4	3	2	1

Desempeño mecánico e hidráulico		4	3	2	1
16.	La motobomba mantiene un caudal de agua constante durante su funcionamiento.				
17.	La torre de enfriamiento opera sin vibraciones o ruidos anormales.				
18.	El sistema alcanza la presión hidráulica requerida para un enfriamiento eficiente.				
19.	Los componentes mecánicos muestran un funcionamiento estable y continuo.				
20.	El flujo de agua circula de manera uniforme a través del sistema de enfriamiento.				
Condición técnica y mantenimiento		4	3	2	1
21.	El sistema recibe mantenimiento preventivo según el cronograma establecido.				
22.	Los componentes de la torre de enfriamiento se encuentran en buen estado operativo.				
23.	La motobomba presenta revisiones técnicas periódicas adecuadas.				
24.	Las reparaciones se realizan oportunamente cuando se detectan fallas.				
25.	El personal encargado aplica procedimientos técnicos actualizados durante el mantenimiento.				
Automatización, control y eficiencia energética		4	3	2	1
26.	El sistema regula automáticamente la velocidad de la motobomba para optimizar el consumo energético.				
27.	La torre de enfriamiento cuenta con controles automatizados que ajustan su operación según la demanda térmica.				
28.	Los equipos registran datos de consumo eléctrico que permiten evaluar la eficiencia del sistema.				
29.	La automatización contribuye a reducir el uso innecesario de energía en el proceso de enfriamiento.				
30.	El sistema de control permite supervisar en tiempo real el rendimiento energético de los equipos.				