

Impacto de consumo de energía de los aires acondicionados en el rendimiento operativo del Hospital Susana López de Valencia E.S.E

Carlos Manuel Castillo Yasno



Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Facultad de Ciencias Administrativas, Contables y Económicas
Programa de Finanzas y Negocios Internacionales
Popayán – Cauca
2025

Impacto de consumo de energía de los aires acondicionados en el rendimiento operativo del Hospital Susana López de Valencia E.S.E

Carlos Manuel Castillo Yasnó

Trabajo de Grado modalidad Pasantía para optar el título profesional de Finanzas y
Negocios Internacionales

Director

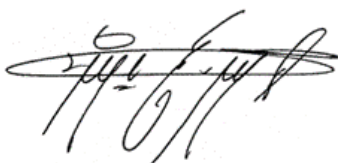
Jorge E. Orozco Álvarez



Corporación Universitaria Autónoma del Cauca
Facultad de Ciencias Administrativas, Contables y Económicas
Programa de Finanzas y Negocios Internacionales
Popayán – Cauca
2025

Nota de Aceptación

Una vez revisado y aprobado el documento final del trabajo de grado titulado ***Impacto de consumo de energía de los aires acondicionados en el rendimiento operativo del Hospital Susana López de Valencia E.S.E;*** realizado por el estudiante **Carlos Manuel Castillo Yasnó**, se autoriza para optar el título de profesional en **Finanzas y Negocios Internacionales** en la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.



Director.

Jorge E. Orozco Álvarez



Jurado 1.

Diana Ximena Sánchez



Jurado 2.

Martin José Valencia Gutiérrez

Popayán, Septiembre 2025

Dedicatoria

A ti, mamá.

Porque no hay palabras que alcancen para agradecerte todo lo que has hecho por mí. Porque tu amor me sostuvo cuando flaqueé, tu voz me animó cuando dudé, y tu ejemplo me enseñó que la entrega, el coraje y la dignidad valen más que cualquier título. Este logro es tuyo más que mío, porque me diste todo sin pedir nada, porque fuiste hogar, refugio, impulso y paz en cada paso de este camino. Cada página de este trabajo lleva tu nombre grabado entre líneas, porque sin ti, nada de esto habría sido posible.

Gracias por ser mi todo.

Hoy te honro con este esfuerzo, con todo mi amor y toda mi alma.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza para culminar esta etapa académica.

A mi director de trabajo de grado, profesor Jorge Orozco, por su orientación, paciencia y valiosos aportes durante todo el proceso investigativo. Su compromiso con la formación de profesionales ha sido fundamental para mi desarrollo académico.

Agradezco de manera especial al Ingeniero Diego Toledo, líder del proceso de innovación del Hospital Susana López de Valencia E.S.E., por su apoyo constante, disposición y confianza para el desarrollo de esta investigación dentro de la institución. Su guía fue clave para vincular el conocimiento académico con las necesidades reales del entorno hospitalario.

A mi familia, por su amor, respaldo y palabras de aliento en cada paso del camino. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos, por su compañía, apoyo emocional y por hacer más llevadero este proceso con su amistad y comprensión.

A todos, gracias por ser parte de este logro.

Tabla de Contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Capítulo 1: Problema de Investigación.....	13
1.1 Planteamiento del Problema.....	13
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
Capítulo 2: Estado del Arte.....	17
2.1 Antecedentes.....	19
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	20
2.1.3 Antecedentes Locales.....	22
2.2 Marco Conceptual o Teórico.....	22
2.2.1 Eficiencia Energética.....	23
2.2.2 Gestión Energética.....	23
2.2.3 Consumo Energético en Sistemas de Aire Acondicionado.....	24
Capítulo 3: Metodología.....	27
3.1 Planificación de Visitas.....	27
3.2 Recolección de Datos.....	27
3.3 Observación de Condiciones Operativas.....	30
3.4 Cálculo del Consumo Energético.....	31
3.5 Elaboración de Cuadro de Cálculo.....	31
3.6 Análisis de Resultados.....	32
3.7 Presentación de Resultados.....	32
3.7.1 Análisis del Chiller de Agua.....	32
3.7.2 Análisis de UMAS pertenecientes al Chiller.....	33
3.7.3 Expansión Directa.....	44
3.7.4 Mini Split.....	46
3.7.5 Dashboard de la evaluación del impacto de consumo.....	50
Capítulo 4: Resultados y Discusión.....	51

4.1 Área número 1.....	51
4.2 Área número 2.....	51
4.3 Área número 3.....	52
4.4 Área número 4.....	53
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones	55
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones	56
Referencias.....	58

Lista de Figuras

Figura 1. Fotografía del Chiller de Agua	33
Figura 2. Fotografía de la unidad manejadora de aire (UMA)	34
Figura 3. Placa de chiller UMI.....	35
Figura 4. Placa de UMA urgencias pediatría	35
Figura 5. Placa de UMA pediatría consultorio	35
Figura 6. Placa UMA central de esterilización	36
Figura 7. Placa de quirófanos de 4 -6	36
Figura 8. Placa de UMA vacunación	37
Figura 9. Placa UMA lactario	37
Figura 10. Placa de ICI neonatal.....	38
Figura 11. Placa UMA pediatría aislamiento.....	39
Figura 12. Placa UMA hospitalización pediatría.....	39
Figura 13. Placa UCI pediatría	40
Figura 14. Placa de chiller cirugía adultos.....	41
Figura 15. Placa cirugía adultos (quirófanos).....	41
Figura 16. Placa de chiller imágenes	42
Figura 17. Placa de imágenes correspondiente a cada una de las áreas.....	43
Figura 18. Placas pertenecientes a laboratorios	44
Figura 19 Placa cubículo de 1-9 de UCI ADULTOS	45
Figura 20. Placa cubículo del 10-21 de UCI ADULTOS	46
Figura 21. Imagen Y Placas De Mini Esplit	47
Figura 22. Cuadro de Parámetros	47
Figura 23. Imagen de porcentaje de consumo y consumo en kW/h mes.....	48
Figura 24. Porcentaje de consumo y consumo monetario mes.....	48
Figura 25. Cuadro en relación al consumo de energía.....	49
Figura 26. Costos de mantenimiento	49
Figura 27. Dashboard de referencia.....	50
Figura 28. Herramienta de Costeo	54

Resumen

El consumo energético en los hospitales representa un componente crítico para su operación, por lo que resulta fundamental conocer y controlar su comportamiento dentro del sistema de costos institucional. En este contexto, el Hospital Susana López de Valencia E.S.E., como entidad prestadora de servicios de salud, decidió implementar un estudio orientado a determinar cuánta energía consumen los sistemas de aire acondicionado que operan en sus distintas áreas, considerando que estos equipos representan un gasto significativo y esencial para el funcionamiento adecuado de la institución. El objetivo principal de este análisis es establecer el valor y el costo energético asociado al uso de estos sistemas, así como su impacto dentro del total de costos operativos del hospital. A partir de estos resultados, el hospital tiene la posibilidad diseñar un sistema de gestión energética que permita mejorar la eficiencia operativa de los aires acondicionados, lo cual contribuiría a una administración más eficiente de los recursos energéticos y financieros del hospital.

Palabras clave: gestión energética, impacto, costeo, eficiencia

Abstract

Energy consumption in hospitals is a critical component of their operations, making it essential to monitor and control its behavior within the organization's cost structure. In this context, Susana López de Valencia Hospital E.S.E., as a healthcare service provider, implemented a study aimed at determining the amount of energy consumed by the air conditioning systems operating across its various departments, given that these systems represent a significant and essential expense for the institution's proper functioning. The main objective of this analysis is to establish the energy cost and consumption associated with these systems, as well as their impact on the hospital's overall operating expenses. Based on the findings, the study seeks to design an energy management system that improves the operational efficiency of the air conditioning units, thereby contributing to a more efficient administration of the hospital's energy and financial resources.

Keywords: energy management, impact, costing, efficiency

Introducción

En los últimos años, se ha observado una creciente preocupación en las organizaciones por el consumo de energía, impulsada por tres factores fundamentales: el aumento progresivo del costo de este recurso, la necesidad de reducir su impacto ambiental y la búsqueda constante de una mayor eficiencia operativa. En consecuencia, cada vez más instituciones han adoptado medidas orientadas a gestionar de manera más estructurada y responsable sus recursos energéticos, reconociendo que una gestión adecuada no solo incide en la sostenibilidad ambiental, sino también en el desempeño financiero y funcional de las entidades.

Teniendo en cuenta esta realidad, el Hospital Susana López de Valencia E.S.E., como entidad pública prestadora de servicios de salud, ha asumido el compromiso de implementar acciones internas que le permitan optimizar su funcionamiento. Entre estas medidas, se destaca la atención prioritaria al impacto económico y operativo generado por sus sistemas de aire acondicionado, los cuales son indispensables para garantizar condiciones adecuadas de temperatura y confort en áreas críticas como quirófanos, unidades de cuidado intensivo, farmacia, ecografías y servicios transfusionales, entre otros. Sin embargo, el funcionamiento continuo de estos equipos representa una proporción significativa del consumo total de energía, alcanzando cifras que, según estudios previos en instituciones similares, pueden superar el 50 % del gasto energético institucional.

Frente a este panorama, el presente proyecto tiene como finalidad evaluar el impacto del consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado en el rendimiento operativo del Hospital Susana López de Valencia E.S.E.

El para qué de este estudio se enfoca en proporcionar un análisis técnico, económico y operativo que permita identificar los niveles actuales de consumo, estimar los costos asociados y determinar el grado de eficiencia energética de estos equipos. Por su parte, por qué se fundamenta en la necesidad de implementar estrategias de gestión energética que garanticen un uso racional de los recursos, contribuyan a la reducción de costos operativos y fortalezcan la sostenibilidad institucional.

Para lograr este propósito, se propone una metodología mixta de enfoque secuencial, que integrará procesos de planificación, recolección de datos, análisis técnico-financiero y formulación de recomendaciones prácticas. Mediante, revisión documental, encuestas al personal y cuadros de

parametrización, se recopilará información cuantitativa y cualitativa que permita caracterizar con precisión el comportamiento energético de los aires acondicionados en las distintas áreas del hospital. Además, se establecerán indicadores de rendimiento que facilitarán la toma de decisiones informadas y la priorización de acciones de mejora.

De esta manera, se configura una propuesta investigativa sólida, que no solo cumple con los requerimientos académicos, sino que también responde a una necesidad real del entorno institucional, aportando herramientas concretas para la gestión eficiente de los recursos energéticos.

En conclusión, este proyecto no solo pretende analizar el consumo energético de los sistemas de climatización del hospital, sino también convertirse en una hoja de ruta para la formulación de una política interna de eficiencia energética, que contribuya a mejorar el desempeño operativo de la institución, fortalecer su compromiso ambiental y garantizar una mejor calidad en la prestación de los servicios de salud.

Capítulo 1: Problema de Investigación

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, el consumo energético representa uno de los principales retos operativos para las instituciones prestadoras de servicios de salud, especialmente aquellas que, como el Hospital Susana López de Valencia E.S.E., deben mantener altos estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad. A medida que aumentan los costos de la energía eléctrica y se incrementa la presión por cumplir con normativas ambientales y presupuestarias, se hace cada vez más necesario implementar estrategias de gestión que permitan optimizar el uso de este recurso, sin comprometer la continuidad ni la calidad del servicio. Este desafío se acentúa en contextos hospitalarios donde el confort térmico no solo es una necesidad operativa, sino también una condición indispensable para la seguridad y el bienestar de los pacientes, del personal asistencial y del adecuado funcionamiento de los equipos biomédicos.

El Hospital Susana López de Valencia E.S.E., ubicado en la zona sur de la ciudad de Popayán, cuenta con una infraestructura hospitalaria que presta servicios de alta complejidad, incluyendo urgencias, hospitalización, cirugía general y especializada, cuidados intensivos e intermedios, neonatología, pediatría, entre otros. Para garantizar un ambiente seguro, higiénico y confortable, la institución ha instalado sistemas de aire acondicionado en múltiples áreas estratégicas, como farmacia, ecografías, salas quirúrgicas, servicios de transfusión, zonas administrativas y demás espacios donde el control de temperatura y humedad es fundamental. Sin embargo, el funcionamiento continuo de estos sistemas ha implicado un alto consumo de energía eléctrica, con un promedio mensual superior a los 80 millones de pesos, lo cual representa una carga significativa dentro del presupuesto operativo del hospital.

Diversos estudios han demostrado que, en instituciones similares, los sistemas de climatización pueden llegar a representar entre el 40 % y el 50 % del consumo total de energía. Esta cifra, además de ser alarmante, refleja una oportunidad crítica para intervenir de manera técnica, financiera y estratégica. El uso ineficiente o descontrolado de los aires acondicionados, ya sea por antigüedad de los equipos, sobredimensionamiento, ausencia de mantenimientos preventivos o patrones de uso inadecuados, puede generar sobrecostos, reducir la vida útil de los sistemas, y comprometer el rendimiento operativo general del hospital. Asimismo, la falta de

información detallada sobre el comportamiento energético de cada unidad impide una adecuada toma de decisiones por parte de los responsables administrativos y técnicos de la institución.

A pesar de que el hospital ha venido manifestando interés por mejorar su eficiencia energética, aún no se cuenta con un diagnóstico preciso que permita conocer el impacto real que tienen estos sistemas en el gasto energético institucional. En consecuencia, se hace necesario diseñar e implementar un estudio que permita identificar, caracterizar y analizar el consumo energético de los aires acondicionados instalados en las distintas áreas del hospital, y establecer un sistema de costeo que permita desagregar estos consumos por unidad y por zona, a través de cuadros de parametrización que proporcionen datos organizados, fiables y útiles para la gestión.

La ejecución de este proyecto contemplará la recopilación de información técnica sobre cada equipo (marca, potencia, antigüedad, horas de uso), la revisión documental de facturas de energía y reportes operativos, así como el análisis del comportamiento de uso por parte del personal. A partir de esta información, se establecerán patrones de consumo, se calcularán costos energéticos específicos y se identificarán oportunidades de mejora. Con base en este diagnóstico, se formularán recomendaciones que puedan orientar al hospital en la toma de decisiones enfocadas en la eficiencia energética, como la sustitución de equipos, la automatización de sistemas, la implementación de controles inteligentes o la reorganización de los horarios de uso.

Finalmente, este estudio no solo pretende reducir el consumo y los costos energéticos asociados, sino también contribuir al fortalecimiento de una cultura institucional orientada a la sostenibilidad, al cumplimiento de normativas ambientales y al mejoramiento continuo de los procesos hospitalarios. De esta manera, el Hospital Susana López de Valencia E.S.E. podrá avanzar hacia un modelo de gestión integral, donde la eficiencia energética sea entendida no como una opción, sino como una responsabilidad estratégica frente a la salud, el medio ambiente y el bienestar de la comunidad.

1.2 Justificación

Realizar un estudio detallado sobre el impacto del consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado en el rendimiento operativo del Hospital Susana López de Valencia E.S.E. es una necesidad estratégica en el actual contexto institucional, económico y ambiental. Esta investigación permitirá conocer con precisión el gasto energético asociado a estos equipos, los

cuales representan un componente significativo del consumo total del hospital y, por tanto, un factor clave dentro de sus costos operativos. Dado que el uso intensivo de sistemas de climatización es indispensable para el adecuado funcionamiento de áreas críticas como quirófanos, salas de hospitalización, unidades neonatales y servicios diagnósticos, resulta fundamental evaluar si dicho consumo energético está siendo gestionado de manera eficiente y sostenible.

En este sentido, el estudio propuesto busca optimizar la asignación de recursos, identificar oportunidades de ahorro, mejorar las condiciones ambientales internas y contribuir al fortalecimiento de una cultura institucional orientada a la eficiencia energética. A través del análisis técnico y económico del comportamiento de los equipos de aire acondicionado, se podrá establecer una línea base de consumo, evaluar el rendimiento por áreas y determinar el costo-beneficio de implementar acciones correctivas o de modernización tecnológica. Lo anterior permitirá al hospital tomar decisiones informadas que no solo reduzcan gastos innecesarios, sino que también mejoren la calidad del ambiente laboral y asistencial, generando impactos positivos en la seguridad del paciente, el confort del personal y la eficiencia general del servicio.

Además, la realización de este estudio responde a la necesidad de alinear las prácticas operativas del hospital con las normativas vigentes en materia de sostenibilidad energética y mitigación del cambio climático. Al reducir su huella de carbono y demostrar una gestión responsable del recurso eléctrico, la institución podría acceder en el futuro a incentivos fiscales, programas de eficiencia energética o reconocimientos institucionales, lo que aumentaría su competitividad y reputación dentro del sector salud.

La importancia de implementar este tipo de estudios ha sido demostrada en experiencias previas como la de la Universidad Tecnológica Centroamericana (CUTEC), donde se desarrolló un sistema de medición y monitoreo de corrientes eléctricas en unidades de aire acondicionado. Este sistema permitió controlar en tiempo real el consumo energético de cada equipo y detectar cuáles funcionaban de forma ineficiente, logrando así beneficios operacionales y económicos tangibles para la institución (Rodríguez Mejía, 2022). De manera similar, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica se realizó un estudio de factibilidad basado en el análisis del ciclo de vida útil de los sistemas de climatización, lo cual permitió definir criterios técnicos y financieros para el retiro y reemplazo de equipos obsoletos, así como diseñar un cuadro de mando integral para la gestión de dichos sistemas (Mata-Mata, 2021).

Tomando en cuenta estas experiencias, el presente estudio permitirá al Hospital Susana López de Valencia E.S.E. aplicar un enfoque riguroso y contextualizado para la evaluación de sus sistemas de aire acondicionado, trazando rutas concretas hacia una gestión energética más eficiente. Esta iniciativa no solo impactará de manera positiva la sostenibilidad económica de la institución, sino que también contribuirá al cumplimiento de su misión institucional: ofrecer servicios de salud de alta calidad, accesibles y con responsabilidad social.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el impacto de consumo de energía de los aires acondicionados en el rendimiento operativo del hospital susana López de valencia E.S.E.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un inventario de los sistemas de aire acondicionado existentes en el hospital.
- Analizar el consumo energético actual de los aires acondicionados en el hospital.
- Estimar los costos operativos y de mantenimiento asociados con los sistemas de aire acondicionado y catalogarlos para saber cuáles son más eficientes.
- Desarrollar una evaluación de estrategias financieras con recomendaciones para la optimización de la eficiencia energética.

Capítulo 2: Estado del Arte

El consumo energético en hospitales es un tema de creciente interés dentro de la investigación aplicada en eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y gestión de recursos públicos. Las instituciones prestadoras de servicios de salud, por su complejidad y exigencia técnica, requieren condiciones ambientales controladas las 24 horas del día, los 7 días de la semana. En este contexto, los sistemas de aire acondicionado se han convertido en elementos críticos para garantizar el confort térmico de pacientes y personal, así como para preservar el correcto funcionamiento de equipos médicos. Sin embargo, su uso continuo representa uno de los componentes más significativos del consumo eléctrico hospitalario.

Diversos estudios han evidenciado que el consumo energético de los sistemas de climatización puede representar entre el 30 % y el 50 % del total de la demanda eléctrica en hospitales, dependiendo de las condiciones climáticas, la infraestructura física y la tecnología instalada. Por ejemplo, Rayo Salcedo (2023), en un estudio aplicado al sector industrial de refrigeración, destaca que la falta de control en el consumo energético puede generar costos operativos desproporcionados, afectando el equilibrio financiero de las instituciones. Esta afirmación cobra relevancia en hospitales — donde el presupuesto debe priorizar la atención directa en salud— y subraya la necesidad de mecanismos de eficiencia en todos los procesos de soporte, incluido el energético (Kigali Cooling Efficiency Program, 2018).

En el caso específico de instituciones educativas y de investigación tecnológica, se han desarrollado propuestas relevantes que permiten ilustrar el camino a seguir por entidades hospitalarias. Por ejemplo, Mata-Mata (2021), en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, diseñó un estudio de factibilidad basado en el análisis del ciclo de vida útil de los sistemas de aire acondicionado, donde no solo se evaluó el impacto financiero y técnico de los equipos, sino que también se propuso una directriz ambiental para el retiro de unidades obsoletas y la implementación de un Cuadro de Mando Integral. Este enfoque permitió priorizar decisiones de inversión y mantenimiento con base en criterios de eficiencia energética.

De manera complementaria, Rodríguez Mejía (2022), en la Universidad Tecnológica Centroamericana (CUTEC), diseñó e implementó un sistema de monitoreo y medición en tiempo real de las corrientes eléctricas utilizadas por unidades de aire acondicionado, logrando identificar patrones de ineficiencia y posibles fallas operativas. Este tipo de innovación tecnológica demuestra

que el seguimiento detallado del consumo puede traducirse en decisiones administrativas concretas, generando ahorros significativos y mejorando la eficiencia institucional.

Desde el punto de vista técnico, autores como Fundación Red de Energía - BUN-CA (2011) y Climart (s.f.) han documentado el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado tipo chiller y de expansión directa (DX), explicando cómo variables como la carga térmica, el mantenimiento, el dimensionamiento y el tiempo de operación influyen directamente en el consumo energético. Estos conocimientos son fundamentales para analizar la situación específica del Hospital Susana López de Valencia E.S.E., que opera con distintos tipos de unidades de climatización en áreas de alta exigencia.

Asimismo, la literatura especializada en eficiencia energética, como la de Repsol (s.f.) y UPME (2020), señala que una gestión energética efectiva debe contemplar no solo el análisis del consumo actual, sino también la implementación de planes de acción con metas de reducción, uso de tecnologías limpias, control operativo y cambio cultural dentro de la organización. En ese sentido, es necesario contar con herramientas que faciliten la toma de decisiones basada en datos confiables.

Una de estas herramientas es el costeo energético por áreas, modelo desarrollado por UPME (2020), el cual permite desagregar el consumo de energía y sus costos asociados según las diferentes zonas funcionales de una institución. Este enfoque facilita identificar los focos de mayor consumo, estimar el retorno de las inversiones y justificar financieramente las decisiones de modernización tecnológica. Una herramienta clave es el uso de cuadros de mando o dashboards energéticos. Empresas como Phoenix Contact (s.f.) ofrecen soluciones que permiten estructurar y comparar datos energéticos jerárquicamente, generar alertas y configurar indicadores clave de rendimiento (EnPI) personalizados. Otros proveedores como Spacewell (s.f.) brindan cuadros de mando que integran datos, análisis de costos, detección de anomalías y previsiones, facilitando la interpretación y toma de decisiones por los equipos de gestión.

En términos de impacto organizacional, Gameros Morales et al. (2018) plantean que los sistemas de gestión energética no solo ayudan a reducir costos, sino que elevan la reputación institucional, mejoran la calidad del ambiente laboral y posicionan a las organizaciones como referentes en sostenibilidad. En el caso de hospitales públicos, este tipo de acciones pueden incluso

abrir oportunidades para acceder a incentivos gubernamentales o financiación internacional para proyectos de eficiencia energética.

En conjunto, el análisis de estos estudios evidencia que existe una base sólida de conocimiento técnico y aplicado que respalda la necesidad de desarrollar un estudio específico sobre el impacto del consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado en el Hospital Susana López de Valencia E.S.E. Aplicar modelos de costeo, medición directa, análisis de eficiencia, evaluación del

ciclo de vida útil y monitoreo en tiempo real permitirá a esta institución identificar oportunidades de mejora, reducir gastos operativos, cumplir con normativas ambientales y avanzar hacia una gestión sostenible de la energía, alineada con las mejores prácticas nacionales e internacionales.

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

La eficiencia energética en instituciones de salud ha sido objeto de múltiples estudios a nivel internacional, en especial en contextos donde los costos operativos elevados y la necesidad de sostenibilidad han impulsado la adopción de nuevas tecnologías y metodologías de gestión energética. En países desarrollados como Canadá, Estados Unidos y Costa Rica, se han documentado diversas experiencias exitosas que permiten comprender la importancia de monitorear y controlar el consumo energético de los sistemas de climatización, especialmente en instituciones hospitalarias.

Uno de los casos más relevantes es el del Hospital Universitario de Alberta, en Canadá, donde se implementó un programa integral de gestión de energía que incluyó la modernización de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), lo que resultó en una reducción del consumo energético del 20 %, generando ahorros importantes en las facturas eléctricas. Estas mejoras se lograron mediante el uso de sensores, sistemas automatizados de control y estrategias de mantenimiento preventivo que permiten mantener el rendimiento de los equipos en niveles óptimos.

De manera similar, en la Clínica Mayo, en Estados Unidos, se desarrolló una estrategia basada en eficiencia energética que contempló la instalación de paneles solares, recuperación de calor y modernización de los sistemas de aire acondicionado, logrando reducciones considerables en emisiones de carbono y costos operativos (Mayo Clinic, s.f.). Este enfoque demuestra que, con una adecuada planificación y respaldo institucional, es posible alinear la eficiencia energética con la calidad del servicio en instituciones del sector salud.

Otro estudio destacado es el realizado por Mata-Mata (2021) en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, donde se aplicó un análisis del ciclo de vida útil de los sistemas de aire acondicionado del campus tecnológico central Cartago. El estudio permitió determinar el impacto financiero, técnico y ambiental de estos equipos y establecer criterios para el retiro, reemplazo y modernización de los mismos. Además, se diseñó un Cuadro de Mando Integral que permitió tomar decisiones basadas en indicadores energéticos específicos, mejorando así el rendimiento general del sistema.

En Honduras, Rodríguez Mejía (2022) desarrolló un sistema de medición y monitoreo de corrientes eléctricas para las unidades de aire acondicionado en el campus CUTECH. Esta iniciativa permitió a la institución identificar, mediante la red local, qué equipos estaban funcionando de forma ineficiente, facilitando el control del consumo de energía y promoviendo decisiones técnicas informadas. El resultado fue una mejora significativa en el uso de los recursos operativos y una reducción en los costos derivados del consumo excesivo.

En conjunto, estos antecedentes internacionales evidencian que el estudio, monitoreo y optimización del consumo energético en sistemas de climatización no solo es viable, sino necesario para garantizar la sostenibilidad de las instituciones hospitalarias. Las metodologías utilizadas en estos países, centradas en medición directa, análisis financiero y uso de tecnologías inteligentes, sirven como referente para el desarrollo de estrategias similares en contextos latinoamericanos y, específicamente, en el caso del Hospital Susana López de Valencia E.S.E.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En el contexto colombiano, el estudio del consumo energético en hospitales ha comenzado a recibir atención por parte de instituciones académicas y organismos estatales, aunque aún se encuentra en una etapa incipiente en comparación con experiencias internacionales. No obstante,

existen investigaciones relevantes que han abordado la eficiencia energética y el comportamiento de los sistemas de aire acondicionado, especialmente en instituciones públicas y educativas, las cuales comparten características similares con el entorno hospitalario.

Por ejemplo, Rayo Salcedo (2023) realizó un estudio de factibilidad sobre el diseño alternativo de un sistema central de refrigeración en una planta industrial en Colombia, el cual permitió analizar el impacto del consumo energético sobre los costos operativos. Aunque este estudio se desarrolló en un contexto industrial, sus resultados son extrapolables al ámbito hospitalario, pues demuestra cómo la optimización del sistema de refrigeración puede representar mejoras significativas en eficiencia y rentabilidad.

Asimismo, diversas universidades colombianas han desarrollado iniciativas para promover la eficiencia energética en sus campus, lo cual ha implicado la evaluación del rendimiento de sistemas de climatización, uso de sensores de temperatura, y planes de acción basados en mediciones reales de consumo eléctrico. Aunque estos estudios aún no se han consolidado en todos los hospitales públicos del país, sus resultados evidencian la necesidad de incorporar la gestión energética como una prioridad institucional.

En materia normativa, el Ministerio de Minas y Energía de Colombia ha emitido lineamientos orientados a promover el uso racional de la energía, especialmente en entidades públicas. A través del Decreto 348 de 2017 y otras normativas, se han establecido metas de reducción de consumo, auditorías energéticas y planes de acción para mejorar la eficiencia en sectores clave, incluyendo el de la salud. Sin embargo, la implementación de estas medidas aún enfrenta barreras operativas y presupuestales, por lo cual los estudios como el que se plantea en el Hospital Susana López de Valencia E.S.E. resultan fundamentales para dar cumplimiento a estas políticas de Estado.

De manera general, los antecedentes nacionales indican que, aunque hay avances importantes, aún existe una brecha entre la normativa, el conocimiento académico y su aplicación práctica en hospitales públicos. Por tanto, la realización de investigaciones como la que se propone contribuye a cerrar esa brecha y a generar modelos replicables en otros hospitales del país.

2.1.3 Antecedentes Locales

A nivel local, en el departamento del Cauca y en la ciudad de Popayán, la literatura relacionada con el consumo energético en hospitales es escasa, lo cual refuerza la pertinencia y necesidad del presente estudio. Sin embargo, se han identificado experiencias en instituciones educativas y proyectos desarrollados por universidades locales que abordan parcialmente la temática de eficiencia energética y sostenibilidad institucional.

En la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, se han desarrollado trabajos de grado y proyectos de investigación en el marco de programas como Finanzas y Negocios Internacionales y Contaduría Pública, que abordan el análisis de costos energéticos en empresas públicas y privadas. Algunos de estos trabajos han hecho énfasis en la necesidad de implementar modelos de costeo por centros de consumo, estrategias de ahorro energético y tecnologías de monitoreo, aunque pocos se han centrado específicamente en el sector hospitalario.

El presente proyecto representa, por tanto, una oportunidad única para desarrollar un modelo de análisis energético aplicado directamente a una institución de salud pública del nivel departamental, como lo es el Hospital Susana López de Valencia E.S.E. Esta entidad, reconocida por su complejidad y por la prestación de servicios especializados, enfrenta desafíos importantes relacionados con el control de sus costos operativos. Por ello, el análisis detallado de su consumo energético, enfocado en los sistemas de aire acondicionado, no solo llenará un vacío investigativo en el contexto local, sino que también proporcionará herramientas útiles para la toma de decisiones institucionales basadas en evidencia.

2.2 Marco Conceptual o Teórico

El presente estudio requiere de una base conceptual sólida que permita comprender, desde una perspectiva técnica y operativa, los distintos elementos que intervienen en el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado en entornos hospitalarios. En este sentido, el marco conceptual constituye una herramienta clave para delimitar los principales términos, enfoques y fundamentos que orientan el análisis de la problemática planteada.

Dado que el objetivo central de la investigación es evaluar el impacto del consumo de energía en el rendimiento operativo del Hospital Susana López de Valencia E.S.E., resulta necesario abordar conceptos como eficiencia energética, gestión energética y consumo energético

en sistemas de climatización, los cuales permiten entender cómo se puede reducir el uso de energía sin afectar la calidad del servicio, a través de tecnologías adecuadas y estrategias organizacionales.

Asimismo, se incluyen definiciones relacionadas con el coste energético y el uso de cuadros de parametrización, herramientas metodológicas esenciales para desglosar y analizar el consumo por áreas específicas dentro del hospital, facilitando así la toma de decisiones informadas. Finalmente, se abordan los beneficios de una gestión energética efectiva, en términos de reducción de costos, sostenibilidad ambiental y mejoramiento del desempeño institucional.

Este marco conceptual no solo aporta claridad a los elementos técnicos del estudio, sino que también establece los criterios analíticos desde los cuales se evaluará la información recopilada. Así, se configura como un componente transversal que articula la comprensión teórica con la aplicación práctica, permitiendo una interpretación integral de los hallazgos y recomendaciones que surjan del proceso investigativo.

2.2.1 Eficiencia Energética

La eficiencia energética consiste en utilizar menos energía para realizar la misma tarea, lo que ayuda a reducir el consumo y minimizar el desperdicio. Esto se logra mediante tecnologías mejoradas, como bombillas LED y sistemas de calefacción eficientes, así como prácticas operativas como la programación de horarios de uso y el mantenimiento regular de equipos. Un diseño eficiente de edificaciones que maximice la luz natural y el aislamiento térmico también contribuye a disminuir la necesidad de iluminación artificial y climatización. Fomentar comportamientos sostenibles, como apagar equipos no utilizados, es fundamental. Los beneficios de la eficiencia energética incluyen la reducción de costos operativos, un menor impacto ambiental, mayor confort en los espacios y el cumplimiento de normativas. En resumen, es clave para optimizar el uso de recursos y promover un desarrollo sostenible (Repsol, s.f.).

2.2.2 Gestión Energética

Consiste en optimizar el uso de la energía en una organización para mejorar su eficiencia, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Implica la planificación, monitoreo y control del consumo energético, así como la implementación de tecnologías y prácticas que fomenten el ahorro y el uso de fuentes de energía más limpias y sostenibles. Además, la gestión energética se

enfoca en cumplir con normativas medioambientales y contribuir a la sostenibilidad, ayudando a las organizaciones a reducir su huella de carbono y a mejorar su competitividad económica (UPME, 2020).

2.2.3 Consumo Energético en Sistemas de Aire Acondicionado

Funcionamiento de los Aires Acondicionados. Los aires acondicionados tipo chiller funcionan mediante un ciclo de refrigeración que involucra varios componentes clave. El proceso comienza en el compresor, que succiona el refrigerante gaseoso de baja presión y lo comprime, aumentando su temperatura y presión. A continuación, el gas caliente fluye al condensador, donde libera calor al ambiente exterior, ya sea a través de aire o agua, y se convierte en un líquido refrigerante. Este líquido luego pasa por la válvula de expansión, que reduce su presión y provoca un enfriamiento rápido. A continuación, el refrigerante frío entra en el evaporador, donde absorbe calor del aire interior, enfriándolo y evaporándose nuevamente en un gas. Este gas regresa al compresor, y el ciclo se repite. Este sistema permite un control eficiente de la temperatura en grandes espacios, como hospitales y edificios comerciales, proporcionando un ambiente confortable mientras optimiza el consumo energético (Fundación Red de Energía - BUN-CA, 2011).

Los aires acondicionados de expansión directa (DX) funcionan mediante un ciclo de refrigeración en el que el refrigerante circula a través de varios componentes. Primero, el compresor succiona el refrigerante en estado gaseoso y lo comprime, aumentando su presión y temperatura. Luego, este gas caliente pasa al condensador, donde libera calor al aire exterior y se convierte en un líquido refrigerante. A continuación, el líquido se expande al pasar por una válvula de expansión, lo que reduce su presión y lo enfría rápidamente. Este refrigerante frío entra en el evaporador, donde absorbe calor del aire interior, enfriándolo y evaporándose nuevamente en gas. Finalmente, el gas refrigerante regresa al compresor, y el ciclo se repite, proporcionando un enfriamiento eficiente y efectivo para espacios más pequeños (Climar, s.f.).

Costeo Energético.

Modelos de Costeo: “costeo por áreas implica” desglosar los costos energéticos en diferentes secciones o departamentos del hospital, permitiendo identificar dónde se generan los mayores gastos y facilitando decisiones informadas para mejorar la eficiencia (UPME, 2020).

Cuadros de Parametrización.

Definición y Uso: Los cuadros de parametrización son esenciales para un análisis detallado y efectivo en un proceso de costeo. Te permitirán recopilar, organizar y analizar datos de manera que puedas tomar decisiones informadas sobre la gestión de recursos energéticos en el Hospital Susana López E.S.E

Ejemplos de Parámetros:

Estructuración de Datos. Permiten organizar y presentar la información de manera clara y sistemática, facilitando la comprensión de los datos, para este particular caso el consumo de energía.

Desglose de Costos. Ayudan a desglosar los costos asociados a diferentes áreas donde se encuentran los aires acondicionados, lo que permite identificar dónde se generan los mayores gastos dependiendo de su marca y actividad.

Cálculo de Costos. Facilitan el cálculo de costos específicos mediante la inclusión de parámetros como el consumo energético (kWh), el precio por kWh y las horas de operación, permitiendo realizar análisis detallados.

Comparación de Áreas. Permiten realizar comparaciones entre diferentes áreas del hospital, ayudando a identificar patrones de consumo y posibles ineficiencias.

Toma de Decisiones. Proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas sobre dónde realizar mejoras, qué equipos actualizar y cómo optimizar el uso de energía.

Monitoreo y Evaluación. Sirven como herramienta para el monitoreo continuo del consumo energético, permitiendo evaluar el impacto de las medidas implementadas a lo largo del tiempo para el hospital susana.

Facilitación de Informes. Simplifican la creación de informes y presentaciones, ya que la información está organizada de forma clara y concisa, lo que facilita la comunicación de hallazgos y recomendaciones a la dirección del hospital (Phoenix Contact, s.f.; Spacewell, s.f.).

Beneficios de la Gestión Energética.

Reducción de Costos: Una mejor gestión energética en el Hospital Susana López puede impactar positivamente su presupuesto al reducir costos operativos. Al implementar medidas de

eficiencia energética, como la optimización de aires acondicionados, el hospital puede disminuir su consumo eléctrico y, por ende, sus facturas. La modernización de equipos y la automatización del uso de energía también contribuyen a minimizar el desperdicio y prolongar la vida útil de los sistemas, lo que reduce costos de mantenimiento.

Además, esta gestión mejora la imagen institucional al alinearse con prácticas sostenibles, atrayendo más pacientes y donaciones. Un ambiente confortable también eleva la satisfacción de los pacientes y mejora la calidad del servicio. Finalmente, los datos recolectados facilitan la toma de decisiones informadas y la planificación financiera. En conjunto, estas estrategias no solo optimizan el presupuesto, sino que también contribuyen a una atención médica de mayor calidad (Gameros Morales et al., 2018).

Capítulo 3: Metodología

Para el desarrollo de estos procesos se establece y se hará referencia a el tipo de “metodología secuencial” el autor (Abuchar Porras, 2023) estructura dentro de su investigación las categorías metodológicas tradicionales o estructuradas, se escoge dicha metodología dada su relevancia con la estructura de desarrollo de los procesos a realizar en esta investigación en el hospital Susana López de Valencia E.S.E.

3.1 Planificación de Visitas

Definición de Áreas: Identificar y listar todas las áreas del hospital donde se encuentran los aires acondicionados, como salas de pacientes, quirófanos y áreas administrativas.

Cronograma de Visitas: Establecer un calendario para visitar cada área, asegurando tiempo suficiente para realizar observaciones detalladas y recopilación de datos.

Desarrollo: La planificación de las visitas a los diferentes tipos de sistemas de aire acondicionado se desarrolló en conjunto con Jhon Avirama, encargado del mantenimiento general del hospital, quien acompañaría al pasante durante todas y cada una de las visitas programadas. El cronograma de visitas fue integrado al cronograma general del estudio, junto con las actividades que se llevarían a cabo en cada jornada.

3.2 Recolección de Datos

Registro de Equipos: Durante cada visita, anotar la marca, modelo y capacidad de cada aire acondicionado. Esta información es crucial para calcular su consumo energético.

Medición de Potencia: Utilizar una herramienta de medición “pinzas amperimétricas” la cual me permitirá evaluar la corriente eléctrica para registrar la potencia nominal de cada unidad en kilovatios (kW). Si no es posible, se puede obtener de la etiqueta del fabricante.

Horas de Operación: Preguntar al personal sobre las horas promedio diarias de funcionamiento de cada equipo, así como cualquier patrón de uso específico (por ejemplo, si hay temporadas de mayor uso).

Desarrollo: Durante cada visita se visitaron 9 diferentes tipos de sistemas de aire acondicionado con sus respectivas localidades específicas a las cuales alimentan los cuales son:

1. Edificio UMI (hospitalización pediatría)
2. Unidades manejadoras de aire acondicionado del área hospitalización pediatría.
 - Urgencias pediatría.
 - Regencias pediátrica consultorio
 - Central de esterilización
 - Quirófano 4-5
 - Vacunación
 - Lactario
 - ICI neonatal
 - Pediatría aislamiento
 - Hospitalización pediatría
 - UCI pediatría
3. Chiller UCI intermedios
 - UCI Intermedios
4. Chiller quirófanos adultos
 - Quirófano 1
 - Quirófano 2
 - Quirófano 3
5. Chiller imágenes
 - Hospitalización adultos
6. Imágenes UMAS
 - Tomografía
 - Rayos x
 - Endoscopio
 - Pasillos

7. UCI adultos

- Cubículos del 1-9 de UCI adultos
- Cubículos del 10-21 de UCI adultos
- Cubículos restantes de UCI adultos

8. Equipo de química

- Laboratorio

9. Sistema de aire acondicionado mini Split

- Bodega de farmacias
- Compresor aire medicinal
- Mantenimiento
- Bodega 1 suministros
- Bodega 2 suministros
- Oficina de gerente
- Suministros
- Estación enfermería
- Farmacia central
- Edificios adultos
- Equipo de química
- Fisiatría
- Aseo
- Bodega
- Laboratorio
- Oficina de Costos

Durante las visitas a cada una de estas áreas, no fue necesario utilizar la herramienta de medición que se pensaba sería requerida para tomar las mediciones de potencia de los aires

acondicionados, ya que cada uno de estos equipos contaba con su respectiva placa o etiqueta, en la cual estaban especificados los datos necesarios. Estos datos fueron: voltaje, corriente, resistencia (ohmios), potencia (W), potencia en kilovatios (kW), tipo de aire, caballaje (HP) y $\cos \phi$ (que representa el factor de potencia del equipo). Para dar cumplimiento al objetivo específico número 3 se desarrollarán los siguientes procesos

Nota importante: Para determinar las horas de uso diario de los aires acondicionados, fue imposible conocer con exactitud su tiempo de funcionamiento, ya que se apagan según la programación del sistema; por ello, en este estudio se asumió un promedio de 13 horas diarias por equipo. Aunque generalmente el costo energético se calcula considerando un funcionamiento de 24 horas, para este caso particular hacerlo así resultaría en un costo de energía de los aires acondicionados superior al total del hospital, lo cual no es lógico. La investigación indicó que Popayán presenta un clima tropical y templado con temperaturas entre 18 °C y 29 °C, y que la temperatura requerida en el hospital oscila entre 22 °C y 24 °C, lo que implica que un aire acondicionado debería funcionar entre 8 y 11 horas para mantener dicho rango. Sin embargo, algunos equipos permanecen encendidos las 24 horas, por lo que, al hacer un promedio ponderado entre los 9 sistemas estudiados, se concluyó que el tiempo promedio de funcionamiento diario está entre 12 y 13 horas, valor que se adoptó para el análisis del estudio.

3.3 Observación de Condiciones Operativas

Factores de Uso: Observar y registrar factores como la temperatura ajustada, el estado de mantenimiento (limpieza de filtros, funcionamiento de ventiladores), y si hay obstrucciones en la entrada o salida de aire.

Comportamiento del Usuario: Anotar prácticas del personal relacionadas con el uso de los aires acondicionados, como si se apagan cuando no se utilizan.

Desarrollo: Para el desarrollo de estas actividades fue necesario desarrollar informe en cuanto a los procesos operativos de los aires acondicionados entre estos se encuentran los siguientes:

- **Encendido y apagado.** Los tipo de aire acondicionado de alta tecnología como lo son los tipo chiller y de expansión directa tienen un sistema de encendido y apagado de acuerdo a los sensores de temperatura o termostato que manejan, los cuales están ubicados en la misma área

donde se encuentra el chiller, lo cual es motivo para una posible estrategia o sugerencia de optimización de los aires pues dichos sensores deberían estar ubicados en las áreas donde están mandado el aire, la cual será explicada más adelante en el presente trabajo.

- **Control automático de temperatura y humedad.** Este está controlado por los termostatos ya mencionados los cuales de igual formas están ubicados en algunas de las áreas del hospital para que las personas del área puedan saber si se encuentran a la temperatura adecuada.

- **Mantenimiento correctivo y preventivo.** Para el seguimiento de este control operativo de los aires acondicionados se analizó el “clausulado complementario al contrato electrónico N° 229 DEL 2024, este me permitió analizar los costos de mantenimiento de cada uno de los aires acondicionados junto con las piezas de repuesto lo cual nos daba un valor estimado por mantenimiento anual para el año 2024 de \$ 310.938.110 estos valores se distribuyen entre las diferentes áreas para así lograr tener unos resultados más precisos.

3.4 Cálculo del Consumo Energético

Fórmula de Consumo: $\text{Consumo (kWh)} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Horas de Operación (h)}$

3.5 Elaboración de Cuadro de Cálculo

Diseño del Cuadro: Crear un cuadro donde se incluyan columnas para cada aire acondicionado con los siguientes encabezados:

- Área
- Marca/Modelo
- Potencia (kW)
- Horas de Operación (h)
- Consumo Estimado (kWh)

Ingreso de Datos: Completar el cuadro con los datos recolectados en cada visita, asegurando que toda la información esté organizada y sea fácil de interpretar.

Para el cálculo de la potencia de estos aires implementamos la formula ya mencionada para de esta forma poder obtener la unidad de medida vital en este trabajo la cual es KW/H, por

consiguiente, estos datos se analizaron en una hoja de cálculo en la plataforma de EXCEL para poder permitirnó manejar un mejor orden en cuanto a los cálculos desarrollados con los diferentes ítems mencionados

3.6 Análisis de Resultados

De acuerdo a lo analizado y estudiado en el proyecto se podrían identificar diferentes análisis de resultados que logren generar un impacto positivo en el hospital, como, por ejemplo.

Rendimiento sobre el consumo energético: Medida clave para los sistemas de aire acondicionado del hospital, expresada como SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) o EER (Energy Efficiency Ratio).

Para en análisis de los resultados se hizo la correspondiente analítica de datos para ser plasmados en un dashboard el cual es un cuadro de mando el cual nos permite ver de manera clara los datos obtenidos, el objetivo general es proporcionar una visión general y fácil de entender el rendimiento, permitiendo la toma de decisiones informadas y la identificación de áreas a mejorar.

3.7 Presentación de Resultados

Elaborar un informe que resuma los hallazgos, incluyendo el cuadro de cálculo, recomendaciones para mejorar la eficiencia del consumo y un análisis del coste de los aires acondicionados desarrollando en sí mismos propuestas financieras para la optimización de los costos. Para el desarrollo de esta fase, se identificaron todas y cada una de las áreas las cuales son alimentadas por alguno de los sistemas de aire acondicionado de igual forma es importante entender a que se dedican todas y cada una de las diferentes áreas para así entender de manera más objetiva los resultados obtenidos, pues dependiendo de las tecnologías o equipos que se usen, eso impactara de manera directa en los resultados.

3.7.1 Análisis del Chiller de Agua

Un chiller es un sistema de refrigeración que se utiliza para enfriar líquidos, generalmente agua, que luego se distribuyen a través de un sistema de tuberías a unidades manejadoras de aire (UMA) u otros dispositivos. El chiller funciona mediante un ciclo de refrigeración en el que un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador trabajan en conjunto para

reducir la temperatura del agua. Este tipo de sistema se usa comúnmente en grandes instalaciones como edificios comerciales, fábricas y hospitales para mantener condiciones térmicas adecuadas.

Figura 1

Fotografía del Chiller de Agua



3.7.2 Análisis de UMAS pertenecientes al Chiller

Las Unidades Manejadoras de Aire (UMA) en un sistema de aire acondicionado tipo chiller funcionan como el componente encargado de distribuir el aire acondicionado a los diferentes espacios de un edificio. A continuación, te explico cómo operan:

Recepción de agua fría: Las UMAS reciben agua fría proveniente del chiller a través de una red de tuberías. Esta agua ha sido enfriada previamente en el chiller, que realiza el proceso de refrigeración.

Intercambio de calor: Dentro de la UMA, el agua fría circula a través de unos serpentines o intercambiadores de calor. A medida que el aire del espacio interior es aspirado por la unidad, pasa por estos serpentines, donde se produce un intercambio térmico. El aire caliente del ambiente transfiere su calor al agua fría que circula por los serpentines.

Enfriamiento del aire: A medida que el aire pasa por los serpentines fríos, su temperatura disminuye. Esto permite que el aire se enfríe antes de ser distribuido de nuevo al espacio interior.

Filtración del aire: Las UMAS generalmente incorporan filtros para purificar el aire antes de que se distribuya en el espacio, eliminando partículas de polvo, polen, y otros contaminantes.

Distribución del aire: El aire enfriado es impulsado por un ventilador hacia los ductos de ventilación del edificio, que lo distribuyen por las distintas áreas.

Drenaje de condensados: Debido al enfriamiento del aire, se puede generar condensación (humedad). Las UMAS están equipadas con una bomba de drenaje para evacuar el agua condensada y evitar acumulaciones.

En resumen, las Unidades Manejadoras de Aire (UMA) son responsables de enfriar el aire en función del agua fría proporcionada por el chiller y de distribuir ese aire enfriado a las áreas que requieren climatización. Además, purifican el aire y gestionan la humedad generada durante el proceso de enfriamiento.

Figura 2

Fotografía de la unidad manejadora de aire (UMA)



Los diferentes aires tipo chiller y sus correspondientes UMAS se encuentran en las siguientes áreas:

1. Edificio UMI (hospitalización pediatría) chiller. El área de hospitalización pediátrica se encarga de brindar atención médica y cuidados especializados a niños y adolescentes hospitalizados, incluyendo tratamientos médicos, cuidados de enfermería y apoyo emocional. Además, adapta el entorno para el bienestar de los pequeños.

3. UMA central de esterilización. En el área pediátrica, la central de esterilización se encarga de limpiar y esterilizar todo el equipo médico y quirúrgico utilizado en los procedimientos pediátricos, como juguetes, instrumentos quirúrgicos, sistemas de respiración, y otros materiales específicos para niños y bebés, asegurando que estén completamente libres de gérmenes y sean seguros para su uso en los pequeños pacientes.

Figura 6

Placa UMA central de esterilización



4. UMA Quirófanos 4 y 6. En el área pediátrica, los quirófanos se utilizan para realizar cirugías a niños y adolescentes, asegurando un ambiente estéril y seguro con equipos adaptados a las necesidades de los pacientes pediátricos.

Figura 7

Placa de quirófanos de 4 -6



5. **UMA vacunación.** En el área pediátrica, la vacunación tiene como objetivo proteger a los niños contra enfermedades prevenibles mediante la administración de vacunas según el calendario de vacunación establecido. Estas vacunas ayudan a fortalecer el sistema inmunológico de los niños y a evitar la propagación de enfermedades graves como el sarampión, polio, difteria, tos ferina, entre otras. Además, se realizan en un entorno controlado para garantizar la seguridad y el bienestar de los niños durante el proceso.

Figura 8

Placa de UMA vacunación



6. **UMA lactario.** El lactario en el área pediátrica es un espacio dedicado para que las madres puedan extraer, almacenar y alimentar a sus bebés con leche materna de manera segura y cómoda. También se proporciona apoyo y orientación sobre la lactancia materna para asegurar que tanto la madre como el bebé reciban el máximo beneficio nutricional.

Figura 9

Placa UMA lactario



7. **UMA UCI neonatal.** La UCI neonatal (Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales) en el área pediátrica se encarga de proporcionar atención médica especializada a recién nacidos que presentan problemas de salud graves, como prematurez, dificultades respiratorias, infecciones o malformaciones. Este espacio está equipado con tecnología avanzada y personal capacitado para monitorizar y tratar a los recién nacidos en estado crítico, asegurando su recuperación y estabilidad.

Figura 10

Placa de ICI neonatal



8. **UMA Pediatría aislamiento.** El área de pediatría de aislamiento se encarga de atender a niños con enfermedades contagiosas o infecciones graves, como virales o bacterianas, que requieren aislamiento para evitar la propagación de gérmenes a otros pacientes. Aquí, los niños reciben cuidados médicos y tratamiento adecuado en un entorno controlado, con medidas estrictas de higiene y protección para su seguridad y la de los demás.

Figura 11*Placa UMA pediatría aislamiento*

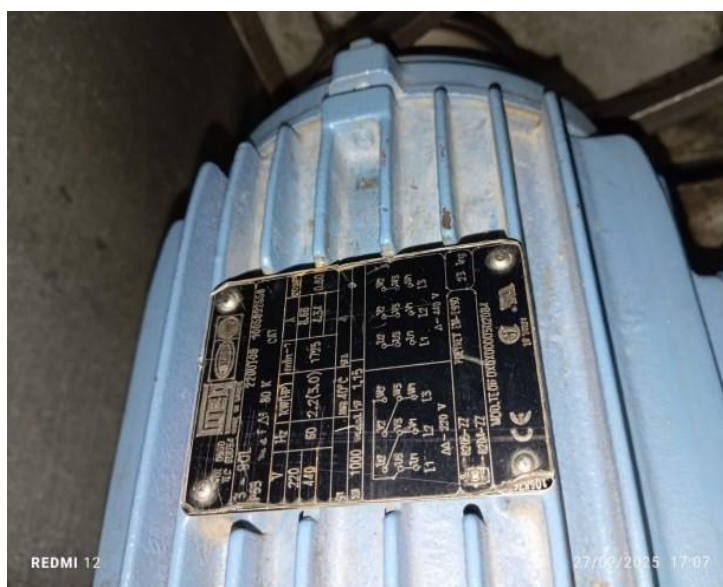
9. UMA Hospitalización pediatría. La hospitalización pediátrica se encarga de proporcionar atención médica continua a niños que necesitan tratamientos especializados o seguimiento por enfermedades, cirugías o condiciones médicas graves. En esta área, los niños reciben cuidados de enfermería, monitoreo constante, y apoyo emocional, además de tener un entorno adaptado a sus necesidades, con personal capacitado en pediatría para garantizar su bienestar y recuperación.

Figura 12*Placa UMA hospitalización pediatría*

10. UMA UCI pediatría. La UCI pediátrica (Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos) se encarga de atender a niños en estado crítico o con enfermedades graves, que requieren monitorización constante y tratamientos especializados. Está equipada con tecnología avanzada y personal altamente capacitado para proporcionar cuidados intensivos a niños con problemas respiratorios, cardiovasculares, infecciones graves o complicaciones postquirúrgicas. El objetivo es estabilizar al paciente y asegurar su recuperación.

Figura 13

Placa UCI pediatría



11. Chiller cirugía adultos. El área de hospitalización de adultos se encarga de brindar atención médica continua, tratamiento, monitoreo y cuidados postquirúrgicos a pacientes adultos, asegurando su recuperación y bienestar durante su estancia en el hospital.

Figura 14*Placa de chiller cirugía adultos*

12. UMAS cirugía adultos (quirófanos). La cirugía de adultos se encarga de realizar procedimientos quirúrgicos en pacientes adultos para tratar enfermedades, lesiones o condiciones médicas que requieren intervención. Esto incluye cirugías programadas y de emergencia, con el objetivo de mejorar la salud o salvar la vida del paciente.

Figura 15*Placa cirugía adultos (quirófanos)*

13. Chiller imágenes. El área de imágenes en un hospital se encarga de realizar diversos estudios diagnósticos como radiografías, tomografías computarizadas (TAC), resonancias magnéticas (RM), ecografías y mamografías. Estos estudios proporcionan imágenes detalladas del interior del cuerpo, ayudando a los médicos a identificar enfermedades, lesiones o condiciones médicas. La información obtenida guía el diagnóstico y tratamiento adecuado del paciente, permitiendo una atención médica más precisa y temprana.

Figura 16

Placa de chiller imágenes



Área de Imágenes

14. UMA Tomografía. La tomografía (o tomografía computarizada - TAC) es un estudio de diagnóstico por imágenes que utiliza rayos X y un computador para obtener imágenes detalladas y transversales (en cortes) de los órganos y estructuras internas del cuerpo. Esta técnica permite a los médicos ver áreas difíciles de evaluar con radiografías convencionales, como el cerebro, los pulmones, el abdomen y los huesos, y es fundamental para diagnosticar enfermedades, lesiones o infecciones.

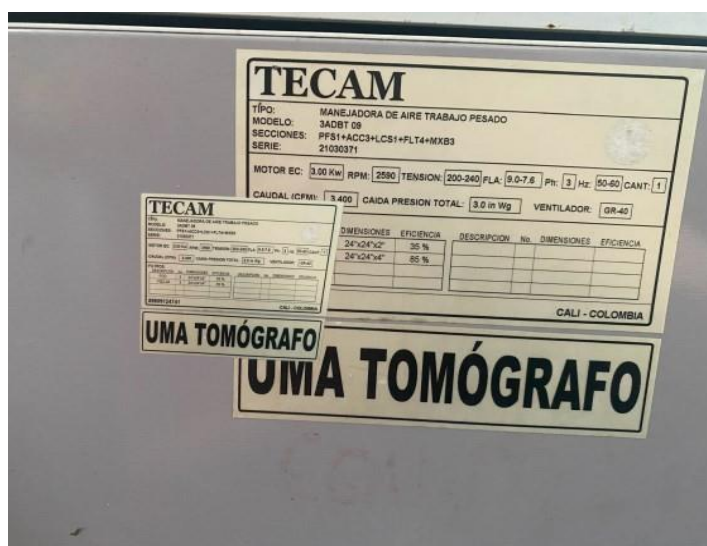
15. UMA rayos x. Los rayos X son una técnica de diagnóstico por imágenes que utiliza radiación electromagnética para crear imágenes del interior del cuerpo, especialmente de huesos y estructuras internas. Este estudio es útil para detectar fracturas, infecciones, enfermedades

pulmonares, y otros problemas óseos o orgánicos. Las imágenes obtenidas a través de rayos X permiten a los médicos hacer diagnósticos rápidos y precisos.

16. UMA endoscopia. La endoscopia es un procedimiento médico que utiliza un instrumento delgado y flexible llamado endoscopio para examinar el interior de los órganos o cavidades del cuerpo, como el tracto digestivo, los pulmones o las vías urinarias. El endoscopio tiene una cámara en su extremo, lo que permite obtener imágenes en tiempo real y realizar procedimientos como biopsias o extracción de tejidos. Se usa para diagnosticar enfermedades, inflamaciones, tumores o lesiones sin necesidad de realizar una cirugía abierta.

Figura 17

Placa de imágenes correspondiente a cada una de las áreas



Para esta placa existe la totalidad de 4 unas de la misma potencia por lo tanto contaban con las mismas características en sus placas por lo tanto esta placa representa las zonas de (tomografía, rayos x, endoscopia, pasillos)

Equipo de química

17. UMA Laboratorio. El laboratorio de química clínica en un hospital se encarga de realizar análisis de muestras biológicas como sangre, orina y otros fluidos corporales para ayudar en el diagnóstico, monitoreo y tratamiento de diversas enfermedades. Los procedimientos incluyen pruebas para evaluar la función de órganos (hígado, riñón, etc.), niveles de glucosa, colesterol,

3. Falta de centralización: Los chilles enfrían agua centralmente, lo que es más eficiente para distribuir el enfriamiento a múltiples áreas con menos energía.

4. Mayor carga en el compresor: Las unidades DX tienen compresores que trabajan más intensamente para enfriar el aire directamente en cada unidad, lo que aumenta el consumo de energía

Aires expansión directa que se encuentran en el Hospital Susana López De Valencia

UCI Adultos. La UCI de adultos (Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos) se encarga de proporcionar atención médica especializada y monitorización continua a pacientes adultos en estado crítico o con enfermedades graves, como fallo respiratorio, insuficiencia multiorgánica o traumatismos severos. Esta unidad está equipada con tecnología avanzada para el tratamiento y control de las funciones vitales, y cuenta con personal altamente capacitado para brindar cuidados intensivos las 24 horas del día, con el objetivo de estabilizar al paciente y facilitar su recuperación.

Figura 19

Placa cubículo de 1-9 de UCI ADULTOS



Figura 20*Placa cubículo del 10-21 de UCI ADULTOS*

3.7.4 Mini Split

El mini Split es un sistema sin ductos, eficiente y fácil de instalar, ideal para espacios pequeños o individuales. A diferencia de los chillers, que requieren agua fría y unidades manejadoras para grandes instalaciones, y los sistemas DX, que enfrían aire directamente, el mini split ofrece una solución autónoma para climatizar áreas específicas. Es más sencillo de mantener y más flexible para el control de temperatura en habitaciones individuales; estos aires pueden ser encontrados en diferentes áreas del hospital como, por ejemplo, bodegas, talleres, consultorios etc

Figura 21*Imagen Y Placas De Mini Esplit*

Una vez realizada la recolección de datos suministrada por las placas de los diferentes tipos de aires acondicionados se procede a hacer su respectivo análisis de potencia para lograr establecer cuál es su consumo en KW/H y de esa forma lograr analizar su consumo diaria, mensual, y anual, tanto de forma general de todo el sistema como de forma específica.

Figura 22*Cuadro de Parámetros*

Voltaje	Corriente	Resistencias (ohm)	Potencia(w)	Utilización (H/Dia)	Potencia sistema	Potencia (kw)	tipo HVAC	Hp	Cos p	Energía (kwh)	Metros cuadrados
220	14	15,7	3080	13	3730	3,73	Chiller	5,0	0,70	48,49	289,0483333

La figura 22 nos permite apreciar el cuadro de EXCEL trabajado con cada una de las áreas tenidas en cuenta para su desarrollo, cabe resaltar que este cuadro se hizo en base a un cuadro ya desarrollado por el hospital que permite de manera eficiente su integración al sistema de costos que actualmente se maneja.

Posteriormente se procede a organizar los datos generales de cada una de las áreas en cuestión para determinar cuánto se está consumiendo tanto energética como monetariamente; es decir “cuanta energía se está gastando y cuanto estamos pagando por esta”.

Figura 23

Imagen de porcentaje de consumo y consumo en kW/h mes

% consumo de aires acondicionados	consumos en kw/h (mes) aires acondicionandos
30,98%	31.099,54
9,52%	9.552,53
7,95%	7.979,40
2,67%	2.683,72
20,07%	20.145,84
2,80%	2.808,00
19,95%	20.030,79
3,33%	3.342,77
2,73%	2.743,15
100,00%	100.385,73

La figura 23 tomada de la analítica de datos del EXCEL se puede ver que ya se tiene determinado el porcentaje que cada uno de los aires está consumiendo en relación a su consumo y cuantos kW/h representa para cada uno.

Figura 24

Porcentaje de consumo y consumo monetario mes

% consumo de aires acondicionados	consumos en kw/h (mes) aires acondicionandos
27,28%	31.099,54
8,38%	9.552,53
9,30%	10.596,14
2,82%	3.217,50
7,00%	7.979,40
2,35%	2.683,72
17,67%	20.145,84
2,46%	2.808,00
17,57%	20.030,79
2,93%	3.342,77
2,22%	2.532,14
100,00%	113.988,36

En esta parte del EXCEL trabajado se logra identificar cuanto se está pagando por los kW/h que se obtienen en la tabla inmediatamente anterior, para un valor promedio de casi 80 millones de pesos mensuales (ver figura 24).

Con este análisis básico y en conjunto con la información suministrada por el hospital como lo fueron los costos de mantenimiento y los recibos de energía pagados mensualmente ambos durante el año 2024 se obtiene información la cual será organizada en un sarmentador de datos para cada área del hospital y desarrollar el dashboard.

Figura 25

Cuadro en relación al consumo de energía

Mes	Periodo de consumo		Cargos	Cantidad	Valor unitario	Subtotal
Diciembre	12/10/2023	1/09/2024	Energía activa	161.821,00	\$961,16	\$155.535.629,63
Enero	1/10/2024	2/09/2024	Energía activa	168.883,00	\$855,56	\$144.490.147,46
Febrero	20/02/2024	15/03/2024	Energía activa	179.298,00	\$866,30	\$155.325.857,40
Marzo	3/01/2024	31/03/2024	Energía activa	192.372,40	\$927,74	\$178.470.608,51
Abril	4/01/2024	30/04/2024	Energía activa	179.456,20	\$1.048,85	\$188.223.335,25
Mayo	5/01/2024	31/05/2024	Energía activa	180.494,60	\$591,95	\$106.844.536,55
Junio	6/01/2024	30/06/2024	Energía activa	169.235,00	\$748,40	\$126.655.897,09
Julio	7/01/2024	31/07/2024	Energía activa	169.752,00	\$758,43	\$128.744.228,50
Agosto	8/01/2024	31/08/2024	Energía activa	166.755,60	\$750,75	\$125.191.183,06
Septiembre	9/01/2024	30/09/2024	Energía activa	164.863,60	\$732,56	\$120.771.802,88
Octubre	10/01/2024	31/10/2024	Energía activa	170.163,00	\$740,23	\$125.960.012,73
Noviembre	11/01/2024	30/11/2024	Energía activa	156.230,80	\$738,59	\$115.389.928,52
Diciembre	12/01/2024	31/12/2024	Energía activa	158.934,38	\$736,02	\$116.979.470,42
Enero	1/01/2025	31/01/2025	Energía activa	158.397,80	\$674,44	\$106.830.477,50
Promedio ponderado anual				2.056.438,58	\$791,28	\$1.633.047.008,37
promedio ponderado mensual				171.369,88		\$136.087.250,70
Promedio ponderado diario				5.634,08		\$4.474.101,39

Figura 26

Costos de mantenimiento

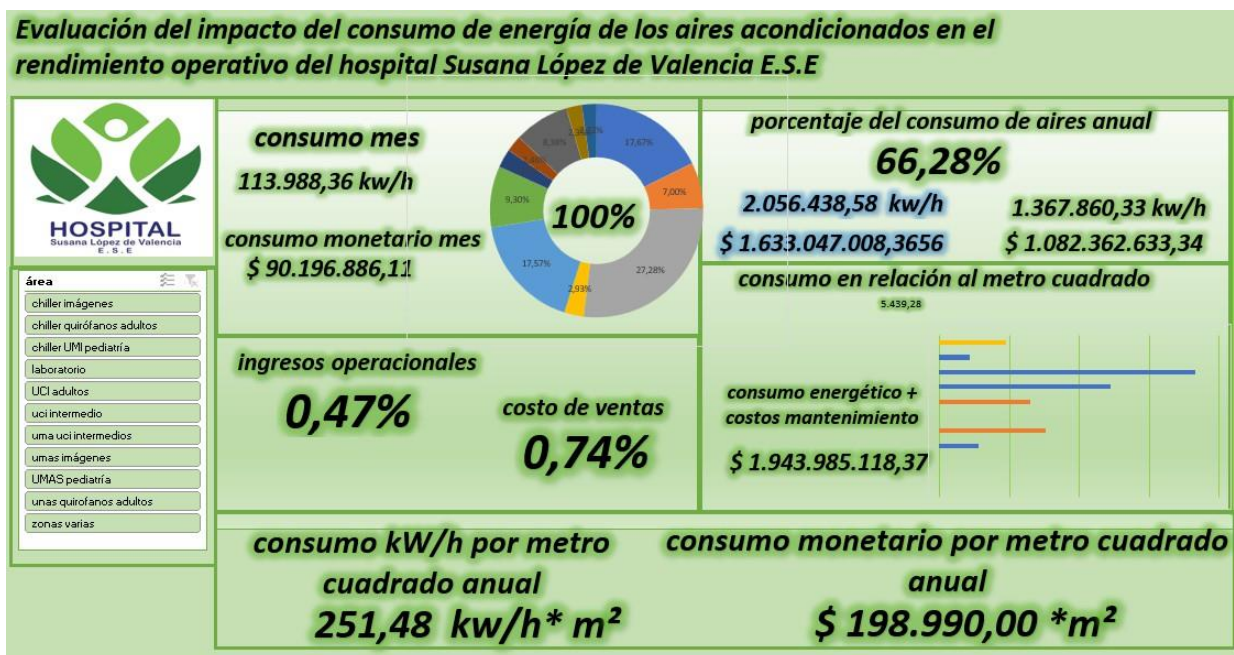
area	tipo de aire	costos de mantenimiento
chiller UMI pediatria	chiller	\$46.714.941,00
UMAS pediatria	chiller	\$46.714.941,00
uci intermedio	expansion directa	\$25.320.724,33
umas uci intermedios	expansion directa	\$25.320.724,33
chiller quirofanos adultos	chiller	\$29.162.441,00
umas quirofanos adultos	chiller	\$29.162.441,00
chiller imagenes	chiller	\$30.846.291,00
imágenes umas	chiller	\$30.846.291,00
UCI adultos	expansion directa	\$25.320.724,33
laboratorio	chiller	\$21.528.591,00
zonas varias	mini split	\$0,00
otros		
promedio ponderado		\$310.938.110,00

Con esta información se procesa a organizar el dashboard el cual es el que permite explicar todos los datos obtenidos

3.7.5 Dashboard de la evaluación del impacto de consumo

Figura 27

Dashboard de referencia



Capítulo 4: Resultados y Discusión

De acuerdo con el análisis de datos que no arroja el dashboard logramos obtener los diferentes tipos de restados:

4.1 Área número 1

El consumo mes general y específico por parte de los aires acondicionados en sus diferentes áreas de trabajo influyendo en estos los aires tipo chiller, expansión directa y mini Split el cual tiene un valor de 100.385.728 kw/h

El consumó a nivel monetario del mes de manera general (100%) y especifica, representando cada área del consumo de energía por parte de los aires con su respectivo consumo a nivel porcentual

4.2 Área número 2

Logramos determinar el consumo anual de los aires acondicionados, y para ello se presentan inicialmente ciertos valores destacados en color AZUL, los cuales no varían dentro de la tabla. Estos valores corresponden al consumo total en kilovatios (kW) registrado a nivel general en el hospital, así como al costo total asociado a dicho consumo. Debido a que representan datos globales, permanecen constantes independientemente del área de costos que se analice. Su presencia tiene como objetivo servir de referencia para facilitar una comparación visual con los valores resaltados en color VERDE, los cuales sí varían según el área y representan el consumo y el costo expresados en términos porcentuales. Esta diferenciación por colores permite identificar fácilmente la relación entre los datos globales y los específicos de cada sección, lo que a su vez contribuye a una mejor interpretación del impacto energético y económico de los aires acondicionados dentro del hospital.

Se identificó un valor de 58,3694 %, el cual representa un dato clave dentro del análisis e investigación realizada. Este porcentaje refleja el nivel de consumo energético atribuible a los aires acondicionados en el hospital, posicionándose como uno de los hallazgos más relevantes del estudio. Su importancia radica en que este valor es considerablemente alto, especialmente si se compara con el promedio general observado en organizaciones similares, como otros hospitales, donde el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado suele representar

aproximadamente un 40 % del total. Esta diferencia sugiere un uso intensivo de estos equipos en la institución analizada y resalta la necesidad de evaluar posibles medidas de optimización o eficiencia energética en este aspecto específico.

4.3 Área número 3

Se llevó a cabo un análisis basado en los metros cuadrados correspondientes a la totalidad de las áreas del hospital, dado que el sistema de costos de la institución ya contempla esta unidad como parte de su estructura contable, lo cual facilita su integración a los sistemas actualmente establecidos. Durante el estudio, se determinó que el hospital cuenta con un total de 7.871,839 m², cifra que está acompañada por una gráfica representativa que permite visualizar la distribución espacial. En dicha representación se identifican tres áreas que no registran ningún valor en metros cuadrados, lo cual se debe a que corresponden a zonas técnicas del sistema de aire tipo chiller, encargadas de alimentar otras áreas. Estas zonas, como azoteas, bodegas o techos, están ubicadas en espacios remotos del hospital y, por tanto, no están contempladas directamente dentro de las áreas funcionales analizadas. No obstante, aunque estas áreas no impactan directamente en el cálculo de superficie útil, el consumo energético de sus sistemas de aire acondicionado se refleja en los metros cuadrados de las áreas que efectivamente son alimentadas por ellos. Por ello, esta situación no genera incongruencias en la interpretación de los datos y se considera válida dentro del enfoque metodológico del estudio.

Se identificó un valor total correspondiente al consumo energético y al costo de mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado del hospital, el cual asciende a \$1.264.138.596,9909. Este valor es uno de los más relevantes dentro del análisis, ya que permite visualizar de manera directa el costo de operatividad del sistema de climatización a nivel general, así como también desglosarlo para cada una de las áreas evaluadas. Contar con esta cifra no solo aporta claridad sobre el impacto económico actual del sistema, sino que también constituye una base fundamental para futuros análisis. La intención principal de los estudios posteriores será desarrollar un sistema de mejora que permita reducir progresivamente este valor, buscando alternativas más eficientes desde el punto de vista energético, técnico y financiero, sin comprometer la funcionalidad ni las condiciones ambientales requeridas en las distintas áreas del hospital.

NOTA: Cabe resaltar que el dashboard permite interactuar con los valores obtenidos y extraer información adicional según las necesidades específicas del análisis. Por esta razón, en el presente estudio solo se analizaron los valores más relevantes en cuanto a su estructura. Sin embargo, dependiendo de lo que se desee conocer sobre los costos y el consumo del sistema o sistemas de aire acondicionado, podrían obtenerse muchas más conclusiones relacionadas con este costeo y su impacto en la operación del hospital.

4.4 Área número 4

En esta área encontramos un valor titulado como ingresos operacionales, que arroja un porcentaje de 0,415 %. Este valor representa la proporción del ingreso total operativo anual del hospital que se destina a cubrir los costos relacionados con el sistema de aire acondicionado, los cuales incluyen consumo energético, mantenimiento, repuestos, mano de obra, entre otros. Aunque este porcentaje puede parecer bajo en términos relativos, ya que es aproximadamente 0,4 %, en términos absolutos —es decir, en miles de millones de pesos— representa un gasto considerable. Además, este valor debe compararse con estándares del sector, ya que, si otros hospitales gastan menos del 0,4 %, podría indicar que existe alguna ineficiencia o sobredimensionamiento en el sistema. Cabe destacar que este indicador permite establecer de manera directa objetivos para la optimización de costos, evaluar la eficiencia energética del sistema y justificar inversiones orientadas a la sostenibilidad ambiental, como por ejemplo la implementación de paneles solares.

Encontramos un valor de 0,649 %, el cual representa el costo de ventas por servicio. En términos generales, esto indica que por cada 100 pesos que el hospital ingresa por servicio, aproximadamente 0,6 pesos se destinan a cubrir los costos asociados al sistema de aire acondicionado. Este valor permite conocer qué tan significativo es el gasto del sistema de aire acondicionado en relación con los ingresos totales del hospital, ayuda a evaluar la eficiencia en el uso de recursos y controlar los gastos, facilita comparaciones con otras áreas o con hospitales similares para identificar oportunidades de ahorro, y es útil para planificar presupuestos y justificar inversiones en eficiencia energética.

Figura 28*Herramienta de Costeo*

cuadro de costos de energía por aire acondicionado para cada área de mantenimineto				
áreas prestadoras de servicios	metros cuadrados	mantenimineto	consumo energetico	total costo operativo
áreas de servicio umi	1992,79	\$93.429.882,00	\$386.006.753,48	\$479.436.635,48
Urgencias umi pediatria o	585	\$27.427.115,24	\$113.315.477,69	\$140.742.592,92
Hospitalización umi pediatria	557	\$26.114.364,42	\$107.891.830,89	\$134.006.195,31
Unidad de cuidados intensivos neonatos	255,12	\$11.961.035,28	\$49.417.170,37	\$61.378.205,65
Unidad de cuidados pediatria	302,17	\$14.166.925,49	\$58.530.834,01	\$72.697.759,49
central de materiales	127	\$5.954.262,62	\$24.600.112,25	\$30.554.374,87
quirofanos 4,5,6 umi	166,5	\$7.806.178,95	\$32.251.328,27	\$40.057.507,22
áreas de servicio cirugía adultos	218,518	\$58.324.882,00	\$101.250.340,00	\$159.575.222,00
quirofano 1	68,634	\$18.319.177,14	\$31.801.571,66	\$50.120.748,80
quirofano 2	80,136	\$21.389.188,73	\$37.131.024,66	\$58.520.213,39
quirofano 3	69,748	\$18.616.516,12	\$32.317.743,68	\$50.934.259,81
area ici intermedio	648	\$50.641.448,67	\$131.165.778,24	\$181.807.226,91
ici intermedio	648	\$50.641.448,67	\$131.165.778,24	\$181.807.226,91
áreas de servicio imágenes	1223	\$61.692.582,00	\$217.955.398,83	\$279.647.980,83
unidad materno fetal	20	\$1.008.872,97	\$3.564.274,72	\$4.573.147,68
Imagenología	963	\$48.577.233,41	\$171.619.827,53	\$220.197.060,95
electrocardiograma	40	\$2.017.745,94	\$7.128.549,43	\$9.146.295,37
endoscopia y procedimientos	200	\$10.088.729,68	\$35.642.747,15	\$45.731.476,83
áreas de servicio uci adultos	760	\$25.320.724,33	\$190.199.932,70	\$215.520.657,04
uci adultos	760	\$25.320.724,33	\$190.199.932,70	\$215.520.657,04
area de laboratorio	283	\$21.528.591,00	\$31.740.847,40	\$53.269.438,40
laboratorio	283	\$21.528.591,00	\$31.740.847,40	\$53.269.438,40
áreas de servicio	320	\$0,00	\$24.043.582,69	\$24.043.582,69
farmacia	160	\$0,00	\$12.021.791,35	\$12.021.791,35
mantenimineto	50	\$0,00	\$3.756.809,80	\$3.756.809,80
fisiatria	20	\$0,00	\$1.502.723,92	\$1.502.723,92
subdireccion cientifica	30	\$0,00	\$2.254.085,88	\$2.254.085,88
gerencia	20	\$0,00	\$1.502.723,92	\$1.502.723,92
costos	20	\$0,00	\$1.502.723,92	\$1.502.723,92
aseo	20	\$0,00	\$1.502.723,92	\$1.502.723,92

Esta herramienta la cual fue entregada al área de costos del hospital Susana López de Valencia específicamente al señor Andrés Arana permitirá conocer los costos por área de servicio de manera específica en relación a las áreas ya manejadas en el sistema de los costos actualmente por metro cuadrado; por tanto esta herramienta le permite identificar el 66% de la totalidad por costos de energía perteneciente al sistema de aire acondicionado e identificar sus áreas de mayor o menor consumo, para de acuerdo a esto tomar decisiones futuras que le permitan al hospital ser más eficientes con este recurso energético.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Importancia del sistema del sistema de aire acondicionado en el hospital: El sistema de aire acondicionado representa un porcentaje considerable del consumo energético total del hospital, llegando a valores superiores al 58 %, lo que indica un uso intensivo que impacta significativamente en el gasto energético global.

Impacto económico relevante a pesar de porcentajes bajos relativos: Aunque los costos relacionados con el sistema de aire acondicionado pueden parecer bajos en términos porcentuales respecto a los ingresos operacionales (por ejemplo, 0,4 % o 0,6 %), en términos absolutos constituyen montos importantes, equivalentes a miles de millones de pesos, lo que demanda atención para su gestión eficiente.

Necesidad de comparar con estándares del sector: Es fundamental comparar estos indicadores con los valores promedio de hospitales similares para identificar posibles ineficiencias o sobredimensionamientos en el sistema, y así justificar la implementación de mejoras o ajustes.

Identificación de áreas con mayor consumo energético: algunas áreas del hospital específicas como (UCI adultos) representan un consumo energético muy elevado debido a que la tecnología del sistema no es la adecuada para ser implementada en un hospital financieramente hablando, pues este aire cumple con su labor, pero a un costo muy elevado en comparación con los demás sistemas de aires

Uso del análisis de metro cuadrado para optimización: este análisis en función de la superficie total del hospital y su distribución espacial permite endentar mejor el impacto de los sistemas de aire acondicionado y facilita la implementación de mejoras alineadas al sistema de costos existente.

Bases para futuras mejoras y sostenibilidad: Los datos obtenidos sirven como base para diseñar estrategias de optimización energética y financiera, así como para justificar inversiones en tecnologías más eficientes y sostenibles, como sistemas avanzados de climatización o energías renovables (por ejemplo, paneles solares).

5.2 Recomendaciones

Inversión en tecnologías más eficiente para el área de ICI adultos: Evaluar la posibilidad de reemplazar los aires acondicionados actuales por equipos más modernos y eficientes, como los sistemas chiller, los cuales ya forman parte, en gran medida, de la infraestructura del hospital, con el fin de reducir el consumo energético sin comprometer el confort ambiental ni las condiciones técnicas requeridas.

Implementación de sistema de aire acondicionado para áreas del hospital: Durante las visitas realizadas por el pasante, se observó que el cuarto piso del área de hospitalización de pediatría no cuenta con un sistema de aire acondicionado. Asimismo, se identificó que esta área podría integrarse fácilmente al sistema de climatización del edificio, ya que, con la instalación de una Unidad Manejadora de Aire (UMA), podría ser alimentada por el chiller del edificio UMI, el cual actualmente opera al 70 % de su capacidad.

Optimizaciones para ayudar al medio ambiente: El sistema de aire acondicionado del área de laboratorio debería ser reemplazado, ya que ha superado su vida útil desde hace varios años y utiliza refrigerante R22, el cual es nocivo para el medio ambiente. Cabe resaltar que esta renovación también tendría un impacto positivo a nivel financiero, ya que, al tratarse de un equipo antiguo, sus costos de mantenimiento son elevados, al igual que su consumo energético. Esto es especialmente relevante si se tiene en cuenta la relación entre su consumo y los metros cuadrados que climatiza.

Establecer oportunidades de mejora en cuanto al sistema de funcionamiento actual del chiller: Esta recomendación surge debido a que, en el sistema de aire tipo chiller, se utilizan sensores de temperatura ubicados en el retorno de la Unidad Manejadora de Aire (UMA). Sin embargo, sería más adecuado contar con sensores en cada una de las áreas de trabajo, ya que los factores climáticos propios de estos espacios: como la presencia de personas, equipos electrónicos y ventanas expuestas al sol; dificultan mantener una temperatura ideal de operación. La instalación de sensores por área permitiría un control más preciso y eficiente del ambiente térmico.

Realizar auditorías energéticas periódicas: Evaluar de forma regular el rendimiento energético del sistema de climatización para identificar áreas de mejora, equipos ineficientes o sobredimensionados, y oportunidades de ahorro.

Establecer benchmarks con otras instituciones de salud para identificar posibles desviaciones, detectar oportunidades de mejora y validar la eficiencia del sistema actual.

Incluir estos indicadores en la planificación financiera anual:

Incorporar el costo del sistema de aire acondicionado como una línea estratégica dentro del presupuesto operativo, permitiendo así una mejor planificación y toma de decisiones.

Establecer metas de reducción progresiva del consumo

Definir objetivos claros a corto, mediano y largo plazo para reducir el consumo energético del sistema de aire acondicionado, con seguimiento regular y planes de acción definidos

Referencias

- Abuchar Porras, A. (2023). *Metodologías ágiles para el desarrollo de software*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Climar. (s.f.). *Climart expansión directa valencia*. <https://climartvalencia.es/expansion-directa/>
- Fundación Red de Energía - BUN-CA (2011). *Manual técnico: Acondicionadores de aire*. <https://www.bun-ca.org/publicaciones/manuales/UltimaVersion/AireAcondicionado30Junio11.pdf>
- Gameros Morales, C. A., Paredes Araiza, S. P., & Carmona Jurado, C. H. (2018). Sistema de gestión energética, práctica como beneficio económico y ambiental en organizaciones. *Finguach Ingeniería y Ciencia. Una Mirada a La investigación científica*, 5(17), 3–5. <https://revistascientificas.uach.mx/index.php/finguach/article/view/356>
- Kigali Cooling Efficiency Program (K-CEP). (2018). *Global climate impact from hospital cooling* (K-CEP knowledge brief). ClimateWorks Foundation. <https://www.climateworks.org/wp-content/uploads/2018/11/kigali-ceo-global-hospital-cooling-report.pdf>
- Mata-Mata, M. de los A. (2021). *Estudio de factibilidad basado en el análisis del ciclo de vida útil para la determinación del impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica* [Trabajo de grado licenciatura, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13260>
- Mayo Clinic. (s.f.). *Mayo Clinic Green Initiatives*. <https://www.communityengagement.mayoclinic.org/environmental-stewardship>
- Phoenix Contact. (s.f.). Software de gestión de la energía. <https://www.phoenixcontact.com/es-co/productos/monitorizacion-de-la-energia/software-de-gestion-de-la-energia>
- Presidente de la República. (2017, marzo 1). Decreto 348 de 2017. *Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política*

pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.

Rayo Salcedo, D. M. (2023). *Estudio de viabilidad técnico y económico para la implementación de un sistema de refrigeración por absorción en el Ingenio Providencia S.A.* [Trabajo de grado Pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio Educativo Digital UAO. <https://red.uao.edu.co/entities/publication/61b6b536-2451-4b5d-b68b-b6b84f5f8ffa>

Repsol. (s.f.). *Eficiencia Energética: qué es y qué ventajas ofrece.* <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/ejes-sostenibilidad/cambio-climatico/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/index.cshtml>

Rodríguez Mejía, A. J. (2022). *Sistema de medición y monitoreo de corriente eléctrica para unidad de aire acondicionado* [Trabajo de grado pregrado, Universidad Tecnológica Centroamericana]. Repositorio Institucional UNITEC. <https://repositorio.unitec.edu/items/ff770ce7-2d9c-4b35-afde-98db2caadd9d>

Spacewell. (s.f.). *Software de Gestión Energética para un Mayor Control de Costes y Sostenibilidad.* <https://spacewell.com/es/software-de-gestion-energetica/>

UPME. (2020). *Guía de Planes de Gestión Eficiente de la Energía para Entidades Públicas.* https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Guia_liviana_PGEE.pdf