

**Propuesta de un Modelo de Gestión de Proyectos para Integrar Energías Renovables en
el Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera
Informe Técnico Resultado de Investigación**

Elaborado por:

María Camila Polania Vargas

María Camila Vásquez Matiz

Yaneth Rocío Nocua Castañeda

Marylin Londoño Ballesteros

Universidad Ean

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Posgrado

Especialización de Gerencia de Proyectos

Bogotá D.C.

Noviembre 2024

Propuesta de un Modelo de Gestión de Proyectos para Integrar Energías Renovables en el Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera
Informe Técnico Resultado de Investigación

Resumen

La presente investigación propone un modelo de gestión de proyectos para integrar energías renovables en el Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. de Mosquera. A partir del análisis del consumo energético actual y la evaluación de tecnologías renovables, se plantea una solución basada en energía solar fotovoltaica para optimizar el uso de recursos, reducir costos operativos y disminuir el impacto ambiental. La metodología incluye una evaluación técnica, económica y ambiental, y se diseñó un sistema que requiere la instalación de paneles solares, baterías de almacenamiento y un plan de mantenimiento. Los resultados destacan la viabilidad técnica y financiera de la propuesta, con un impacto positivo en la sostenibilidad operativa del laboratorio. Este modelo no solo aborda las necesidades energéticas actuales, sino que también contribuye al desarrollo sostenible en el sector salud.

Problema de Investigación

El consumo energético en el laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora es considerablemente alto debido a la operación constante de equipos especializados que requieren de una energía fiable y continua para garantizar el cumplimiento de protocolos médicos rigurosos. En los últimos años, el aumento de los costos energéticos y la preocupación por el impacto ambiental generado por el uso de fuentes de energía tradicionales han impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles (Gielen et al., 2019). El uso intensivo de energía no renovable contribuye al calentamiento global y a la creciente escasez de recursos naturales (International Energy Agency, 2020), lo que afecta directamente a las

instituciones de salud, especialmente en laboratorios que dependen de una operación ininterrumpida.

En su mayoría, las infraestructuras del sector salud son instalaciones con consumo elevado, dado que la iluminación, climatización, los sistemas de seguridad, monitoreo, ascensores, labores de limpieza y esterilización y quirófanos funcionan 24 horas al día los 365 días al año dando la prestación de servicio (Distrito Energético, s.f.).

Los laboratorios clínicos enfrentan altos costos de operación debido a su dependencia de energía no renovable y a la ineficiencia en su gestión energética. Esto genera una presión financiera en las instituciones de salud, donde los gastos en electricidad pueden representar hasta el 10-15% de los costos operativos generales (Ma et al., 2017). Además, las fluctuaciones en los precios de la energía impactan la capacidad de planificación presupuestaria a largo plazo. Desde una perspectiva ambiental, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas por la electricidad de fuentes fósiles agravan la huella ambiental de los laboratorios (World Health Organization, 2018). La falta de integración de energías renovables en los sistemas energéticos de los laboratorios limita las oportunidades de reducción de costos y de emisiones.

El pronóstico, de no intervenir en esta problemática, es preocupante. Si los laboratorios clínicos continúan dependiendo de fuentes energéticas tradicionales, enfrentan un futuro de incremento en sus costos operativos y un impacto ambiental cada vez mayor, que podría derivar en mayores regulaciones gubernamentales y una pérdida de competitividad (Pérez y Martínez, 2021). En términos de sostenibilidad, la falta de acción podría generar un mayor desgaste de los recursos naturales y contribuir al cambio climático (IPCC, 2018).

Para reducir este impacto, cada vez más hospitales apuestan por la integración de energías renovables, como solar o eólica, generando electricidad de forma limpia, sostenible y económica. Estas energías pueden ser complementarias, incluso pueden sustituir a la red

eléctrica convencional, reduciendo la demanda y los costos energéticos (Red global de hospitales verdes y saludables, s.f.).

Se evidencia la oportunidad de plantear un modelo sostenible de gestión que permita a partes interesadas como gestores y profesionales. Dicho modelo debe estar enmarcado en políticas sanitarias sostenibles para garantizar iniciativas que reduzcan la huella de carbono en el sector salud.

Por lo tanto, la pregunta de investigación que guía este estudio es: *¿Cómo puede plantearse un modelo de gestión de proyectos para integrar energías renovables en un laboratorio clínico que optimice el uso de recursos?*

Objetivo general

Proponer un modelo de gestión de proyectos que permita la integración de energías renovables en el Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. de Mosquera con el fin de mejorar la eficiencia energética.

Objetivos específicos

- Analizar el estado actual del consumo energético del Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. a partir de las fichas técnicas de los equipos médicos para establecer los requerimientos mínimos energéticos.
- Evaluar las opciones de energías renovables viables para los equipos médicos del Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. a partir del consumo actual con el fin de plantear la tecnología y la propuesta energética que se adapte a las necesidades del servicio hospitalario.
- Elaborar un modelo para mejorar la eficiencia energética que considere los requerimientos mínimos para el funcionamiento de los equipos médicos del Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. con energías

renovables mediante el análisis técnico y económico.

Justificación

La energía está profundamente integrada en la vida cotidiana, a menudo sin que se realice una reflexión crítica sobre el estado de las reservas y el impacto ambiental asociado a su consumo. Este uso intensivo es responsable de la emisión de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero, lo que contribuye al cambio climático. Por ello, surge la necesidad imperante de que se reconsideren los tipos de energía que se emplean y de desarrollar planes de eficiencia energética que prioricen el uso de recursos renovables (Hernández Palma, 2023).

La calidad de vida está intrínsecamente ligada a la salud del medio ambiente; ambos aspectos son interdependientes. Así, las acciones que emprendan personas, industrias y gobiernos hacia la transición a energías renovables no solo incrementan el suministro energético, sino que también fomentan un desarrollo sostenible con beneficios económicos, sociales y ambientales.

En este contexto, el modelo propuesto se convierte en una guía clave para sensibilizar y capacitar a los actores del sector salud sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles asegurando un futuro más saludable para todos (Medellin, 2023).

La implementación de un modelo de gestión de energías renovables en el laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera es una solución oportuna frente al aumento constante de los costos energéticos y la necesidad urgente de reducir la huella de carbono.

Colombia enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad que requieren acciones concretas e innovadoras para asegurar un futuro sostenible para las próximas generaciones. Al proponer este modelo, se busca optimizar los recursos disponibles y

alinearse con las políticas ambientales vigentes en el país (H. Hernández, 2022).

Finalmente, esta propuesta tiene conceptos relacionados con el consumo excesivo de recursos. Aunque la implementación inicial pueda requerir una inversión considerable, un uso más eficiente puede traducirse en ahorros significativos a largo plazo, contribuyendo a un entorno más saludable tanto para trabajadores como para pacientes (Federacion Europea de Quimica Clinica y Medicina de Laboratorio, 2022).

Marco Teórico

El avance tecnológico ha sido fundamental para el desarrollo económico, pero ha generado un impacto negativo en los recursos renovables. A pesar de esto, las iniciativas de los países más contaminantes han sido lentas. En 1972, la ONU realizó la Conferencia sobre el Medio Humano en Estocolmo, que expuso los efectos negativos de la actividad humana en el ambiente y propuso principios éticos y recomendaciones para proteger los recursos (Naciones Unidas, 1972).

En 1992, la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro identificó un empeoramiento del problema ambiental y se introdujo el concepto de desarrollo sostenible definido en el Reporte Brundtland en 1987, estableciendo políticas claras para todos los sectores. Desde entonces, se han realizado varias cumbres importantes para revisar los avances, como la Cumbre del Milenio en 2000 y la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible en 2015 (Naciones Unidas, 2015).

En Colombia, el Ministerio de Minas y Energía, junto con otros organismos, ha implementado políticas ambientales y normativas, como la Ley 697 de 2001, que promueve el uso eficiente y racional de la energía (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Estado del arte

Dentro del marco investigativo, autores como Luciano Brandao de Souza & Michael Pidd en su estudio Implementación de Lean Healthcare en Hospitales se destaca cómo la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos pueden mejorar la eficiencia y reducir costos. La investigación muestra que aplicar principios Lean en la gestión de recursos puede facilitar la integración de energías renovables al reducir la demanda energética y mejorar la sostenibilidad (de Souza & Pidd, 2011).

Así mismo, Barbara Starfield en su artículo *Modelo de Atención Primaria y Sostenibilidad* explora la importancia de la atención centrada en el paciente dentro del modelo de atención primaria. Aborda cómo una gestión eficiente de los recursos, incluyendo el uso de energías renovables, puede contribuir a un sistema de salud más sostenible y accesible, mejorando la calidad del servicio y la satisfacción del paciente (Starfield, 2011).

De igual forma, el Project Management Institute (PMI) en su informe anual *Gestión de Proyectos en el Sector Salud* proporciona un análisis del estado de la gestión de proyectos en diversos sectores, incluido el de la salud. Destaca la creciente importancia de la gestión de proyectos para implementar innovaciones tecnológicas y sostenibles, como las energías renovables, subrayando la necesidad de marcos de gestión adaptados a las especificidades del sector (Project Management Institute (PMI), 2017).

Por otra parte, Henry Chesbrough en su trabajo *Innovación Abierta en el Sector Salud - "Open Innovation: Where We've Been and Where We're Going."* analiza cómo la innovación abierta se ha utilizado en el sector salud para fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas. La colaboración entre diferentes actores permite la integración de energías renovables en hospitales y laboratorios, promoviendo un enfoque más sostenible y eficiente en la gestión de recursos (Chesbrough, 2010).

Además, John Øvretveit en su libro *Total Quality Management in Health Care* aborda la aplicación de la gestión de calidad total en el sector salud, enfatizando la mejora continua y la

participación de todos los empleados. La investigación sugiere que integrar energías renovables puede alinearse con los objetivos de calidad y sostenibilidad, mejorando la eficiencia operativa en laboratorios clínicos (Øvretveit, 2000).

También, Juan de la Torre & Andrés Cortés en su estudio *Sistemas de Gestión Ambiental en Salud* investiga la implementación de sistemas de gestión ambiental en hospitales, examinando cómo estas prácticas pueden reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad. Se destaca que la integración de energías renovables en instalaciones de salud es un componente clave para lograr estos objetivos (de la Torre & Cortés, 2016).

Entre tanto, la Organización Mundial de la Salud en su informe de *Proyectos de energías renovables en salud pública* analiza cómo las energías renovables pueden ser integradas en el sector salud para mejorar la infraestructura y los servicios. Proyectos exitosos en diversas regiones muestran que la implementación de tecnologías renovables no solo reduce costos operativos, sino que también mejora la resiliencia de los sistemas de salud (World Health Organization (WHO), 2015).

De igual manera, Terence Ahern & Brian Leavy en su artículo *Impacto de la Gestión de Proyectos en la Sostenibilidad* investigan cómo la gestión de proyectos puede influir en la sostenibilidad en el sector salud. Se argumenta que un enfoque sistemático en la gestión de proyectos permite la integración de soluciones sostenibles, como las energías renovables, facilitando la adaptación a las necesidades cambiantes del sector (Ahern & Leavy, 2017).

Por su parte, Sergio Martín & Geraldine Coria en su artículo *Importancia de la eficiencia energética en el aprovechamiento de energía eléctrica generada con una instalación solar fotovoltaica en un hospital* demuestran que El 85% de la matriz energética de Argentina proviene de combustibles fósiles, que son recursos finitos y causan efectos negativos en el ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero. Por ello, es necesario reducir su uso mediante energías renovables y el consumo eficiente de energía. En particular, los hospitales,

como el Pabellón de Alta Complejidad del HIGA San Martín de La Plata, requieren un análisis de medidas de eficiencia energética y generación eléctrica mediante energía solar fotovoltaica. Para esto, es clave un diagnóstico energético de sus equipos e instalaciones, con el fin de estimar el ahorro energético posible (Martin & Coria, 2023).

En esta línea, Manuel Michael Beraún Espíritu en su artículo *La eficiencia energética en tiempos de pandemia basado en el consumo energético en hospitales del Perú* analiza la eficiencia energética en hospitales de Perú durante la pandemia y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 7, que promueve energía asequible y no contaminante. La alta demanda de energía en el sector eléctrico exige reducir el consumo mediante tecnologías eficientes. Durante la pandemia, el uso de ventiladores mecánicos ha aumentado, incrementando el consumo energético. La eficiencia energética es clave para garantizar una atención médica de calidad. A futuro, se espera un mejor enfoque en el sector salud, con mayor impulso a la eficiencia energética, contribuyendo a la sostenibilidad (Beraún, 2021).

A la vez, Bonilla Flores, Carlos Mauricio; Mendoza Delgado, Ulises Edgardo y Parada Díaz, María Celia en su *Estudio de factibilidad del uso de energías renovables en la unidad de quemados del hospital nacional de niños Benjamín Bloom* describen un proyecto de factibilidad para utilizar energías renovables en una unidad del Hospital de Niños Benjamín Bloom, en El Salvador. La investigación aborda el estudio de energías renovables, enfocándose en tecnologías como los paneles solares y los calentadores de agua, analizando las normativas y regulaciones para su implementación. Se realiza un diagnóstico energético detallado, seleccionando las mejores opciones tecnológicas basadas en datos de proveedores. Se proponen las tecnologías, equipos y accesorios necesarios, acompañados de un análisis financiero que incluye costos, generación de energía y tiempos de recuperación y finalmente, se ofrecen los planos de instalación de los equipos. (Bonilla, Mendoza, & Parada, 2015).

Seguidamente, Juan Antonio Urieta Lozano en su proyecto *Eficiencia energética en un hospital y ahorro con energías renovables* realiza una instalación de placas solares en un hospital y conseguir un ahorro energético y económico. Tras realizar diversos estudios sobre la normativa vigente respecto a instalaciones de autoconsumo e investigar sobre que componentes serían los óptimos para la instalación, se llega a la conclusión de que esta inversión supondría un gran beneficio para el edificio. Los estudios económicos arrojan datos muy positivos (Urieta, 2023).

Mientras tanto, David Martínez-Sierra, Martha García-Samper, Hugo Hernández-Palma y Willian Niebles-Nuñez en su artículo *Gestión Energética en el Sector Salud en Colombia: Un Caso de Desarrollo Limpio y Sostenible* analizan la gestión energética en las instituciones de salud en Colombia desde una perspectiva de desarrollo limpio y sostenible. Utiliza un enfoque cualitativo basado en la revisión de literatura científica de los últimos 8 años para explorar avances a nivel global y su posible aplicación en Colombia. Los resultados muestran un respaldo institucional para la gestión energética y varias alternativas de intervención según los servicios prestados. Se concluye que el mayor consumo energético proviene de la climatización e iluminación, y que las estrategias para reducir costos incluyen la optimización de contratos de suministro y mejoras en las instalaciones hospitalarias (Martínez-Sierra, García-Samper, Hernández-Palma, & Niebles-Nuñez, 2019).

Ahora bien, Emilia Urteneche, Santiago Tomás Fondoso-Ossola, Irene Martini, Dante Andrés Barbero y Carlos Alberto Discoli en su *Metodología para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud* proponen que Los establecimientos de salud con alto consumo energético presentan un gran potencial para aplicar medidas de eficiencia energética. Se propone una metodología que identifica y cuantifica el consumo de energía, evalúa la construcción de los edificios y analiza las variables de diseño que impactan en el ahorro energético y la habitabilidad, tanto globalmente como por

áreas específicas. Esta herramienta sugiere mejoras basadas en el reciclado de la envolvente edilicia usando técnicas de “diseño pasivo”. La metodología se aplicó a un caso en La Plata, Argentina, y permite comparar escenarios entre establecimientos similares o replicarla en otras regiones siguiendo las pautas bioclimáticas de la Norma IRAM 11603 (Urteneche, Fondoso, Martini, Barbero, & Discoli, 2022).

Finalmente, Héctor Marcelo Guerrero López en su proyecto *Estudio para la determinación Indicadores de Eficiencia Energética del Sector Residencial del Distrito Metropolitano de Quito “D.M.Q”* aborda la creciente demanda de energía en Quito, particularmente en el sector residencial, que consume gran parte de la energía de la ciudad. Se propone la creación de un método de seguimiento del consumo energético en el Distrito Metropolitano de Quito, usando indicadores de eficiencia energética. Estos indicadores facilitarían el seguimiento de la evolución de la demanda residencial y permitirán implementar acciones para optimizar el uso de la energía. El proyecto busca establecer una metodología que defina estos indicadores, compararlos con otras ciudades de la región y proponer una guía energética con medidas de control específicas (Guerrero, 2015).

Modelos existentes de eficiencia energética en el sector salud:

1. Modelo de Energía Sostenible en Salud

Este modelo se centra en la implementación de soluciones energéticas sostenibles en instalaciones de salud. Incluye el uso de energías renovables como solar, eólica y biomasa para reducir la dependencia de combustibles fósiles. La sostenibilidad energética no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también reduce costos a largo plazo y minimiza el impacto ambiental (World Health Organization (WHO), 2015).

2. Teoría de Sistemas Complejos

La teoría de sistemas complejos se aplica para entender la interconexión entre diferentes elementos en el sector salud, incluyendo la infraestructura energética. Esta teoría ayuda a

visualizar cómo la implementación de energías renovables puede afectar diversas áreas, como la atención al paciente, la gestión de recursos y la sostenibilidad operativa, permitiendo un enfoque holístico en la gestión de proyectos (Meadows, 2008).

3. Marco de Gestión de Proyectos de Energía Renovable

Este marco se adapta de las mejores prácticas de gestión de proyectos y se enfoca en la planificación, ejecución y evaluación de proyectos de energías renovables en el sector salud. Incluye etapas específicas para la identificación de oportunidades, la evaluación de viabilidad técnica y económica, y la integración de tecnologías renovables en el diseño de instalaciones de salud (Project Management Institute (PMI), 2017).

4. Modelo de Sostenibilidad en la Atención Médica

Este modelo propone un enfoque de atención médica que integra prácticas sostenibles, incluyendo la utilización de energías renovables. Se centra en la creación de entornos saludables y sostenibles que mejoran la calidad de vida de pacientes y personal, minimizando el impacto ambiental. La implementación de energías renovables se considera una estrategia clave para alcanzar estos objetivos (Walshe & Stephen M. , 2004).

5. Teoría del Ciclo de Vida - Life cycle assessment (LCA)

La teoría del ciclo de vida evalúa el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materiales hasta la eliminación. En el sector salud, aplicar LCA a la infraestructura energética permite identificar cómo las energías renovables pueden reducir las emisiones de carbono y promover una gestión ambiental más efectiva en laboratorios clínicos (International Organization for Standardization, 2006).

6. Modelo de Innovación en Salud

Este modelo se centra en la adopción de nuevas tecnologías y prácticas innovadoras en el sector salud. La integración de energías renovables se considera una forma de innovación que no solo mejora la eficiencia energética, sino que también proporciona beneficios económicos y

ambientales. Este enfoque fomenta la colaboración entre diferentes actores del sector para implementar soluciones energéticas sostenibles (Chesbrough, Open Innovation: Where We've Been and Where We're Going, 2010).

7. Modelo de Desarrollo Sostenible de la Salud

Este modelo propone un enfoque integral para el desarrollo sostenible en el sector salud, incluyendo la implementación de energías renovables. Se enfoca en equilibrar las necesidades de atención médica con la sostenibilidad ambiental, destacando la importancia de reducir la huella de carbono de las instalaciones de salud mediante la adopción de fuentes de energía renovables (Kickbusch, 2012).

8. Estrategia Global para la Salud y el Cambio Climático de la OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha desarrollado estrategias que abordan el impacto del cambio climático en la salud. Estas estrategias promueven el uso de energías renovables y prácticas sostenibles en el sector salud como medidas para mitigar el cambio climático y mejorar la resiliencia de los sistemas de salud. La integración de energías renovables se destaca como esencial para crear entornos saludables (World Health Organization (WHO), 2008).

Marco institucional

El Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera es una entidad de 1 nivel para la atención de complejidad, prestando servicios de salud a la población de Mosquera y aledaña al municipio. Este hospital fue creado mediante el Acuerdo Municipal 021 del 4 de diciembre de 2003. Sin embargo, es un hospital nuevo en la región, debido a que en los últimos años y con el gobierno pasado tuvo una remodelación en la cual se reconstruyó nuevamente el hospital. La misión del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera es prestar servicios de salud bajo un modelo de atención integral: con calidad, humanización, seguridad y un talento humano referente, comprometidos con la satisfacción de las necesidades en salud de los pacientes y la

comunidad de la región Sabana Centro Occidente (Hospital María Auxiliadora ESE de Mosquera, s.f.).

De acuerdo con su visión en el 2024, será reconocido en la región Sabana Centro Occidente por ser referente en la implementación del modelo de atención integral en salud; aplicando estándares superiores de calidad; satisfaciendo las necesidades y expectativas de las partes interesadas; impulsando el desarrollo de las competencias de los colaboradores siendo socialmente responsables y auto sostenibles financieramente (Hospital María Auxiliadora ESE de Mosquera, s.f.).

Como parte de sus objetivos estratégicos se puede destacar la mejora la accesibilidad y calidad de los servicios de salud, optimizando la infraestructura, los equipos médicos y los procesos de atención para responder a las necesidades de la población de manera eficiente.

Otros de sus objetivos estratégicos garantizan la sostenibilidad financiera de la institución, aseguran el uso eficiente de los recursos financieros y mejoran la gestión económica para mantener la viabilidad de los servicios ofrecidos y por último, impulsan la innovación tecnológica (Hospital María Auxiliadora ESE de Mosquera, s.f.).

El Hospital María Auxiliadora E.S.E. ofrece una amplia gama de servicios de salud, que incluyen atención primaria en salud, urgencias 24 horas, medicina general y especializada, imagenología, hospitalización, programas de promoción y prevención y, servicios de laboratorio clínico (Hospital María Auxiliadora ESE de Mosquera, s.f.).

El Hospital María Auxiliadora E.S.E. está comprometido con el desarrollo sostenible, implementando políticas que favorecen el uso responsable de los recursos naturales, la gestión eficiente de los residuos hospitalarios y la disminución del impacto ambiental. Además, promueve el uso de energías renovables y busca la sensibilización de la comunidad frente a temas ambientales y de salud pública (Hospital María Auxiliadora ESE de Mosquera, s.f.).

Para esta investigación, el servicio a mejorar es el laboratorio clínico. Este está diseñado para brindar soporte diagnóstico a los pacientes mediante la realización de pruebas de análisis clínicos que contribuyen a la detección, prevención y seguimiento de diversas condiciones de salud. El laboratorio clínico del hospital ofrece una amplia gama de pruebas, que incluyen hematología, bioquímica clínica, inmunología, microbiología, parasitología y uroanálisis. El laboratorio clínico del hospital cuenta con equipos modernos y tecnología avanzada para la realización de análisis clínicos de manera rápida y precisa. Esto garantiza que los resultados sean confiables y estén disponibles en un tiempo oportuno, lo que es esencial para la toma de decisiones clínicas (Hospital María Auxiliadora ESE de Mosquera, s.f.).

Metodología

La investigación se enfocará desde una perspectiva cuantitativa, dado que se recopilarán y analizarán las especificaciones técnicas de la base tecnológica médica instalada particularmente el consumo energético, para evaluar el impacto y la viabilidad de la integración de energías renovables en el laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera. Se medirá el consumo energético actual, con el fin de establecer una relación entre la implementación del modelo propuesto y las proyecciones futuras.

Este estudio tendrá un alcance exploratorio que busca identificar la relación entre la implementación de energías renovables y el rendimiento energético de los equipos médicos del laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera, demostrando cómo la adopción de un modelo enfocado en energías renovables puede influir en aspectos como el consumo energético, los costos operativos, el impacto ambiental y la prestación de servicio a pacientes. El análisis se centrará en las operaciones del laboratorio clínico y sus equipos biomédicos, sin abarcar otros departamentos del hospital. Solo se evaluarán las energías renovables viables para este entorno, como la energía solar o eólica.

Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación será cuantitativo no experimental y exploratorio, que estima el consumo energético de los equipos médicos del laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E mediante la propuesta de un modelo de gestión que busca integrar energías renovables.

Etapas del Diseño:

- **Fase de diagnóstico:** determinación del estado actual de consumo energético en el laboratorio clínico, enfocado en los equipos biomédicos.

A partir de la revisión de las fichas técnicas y los manuales de servicio de la base tecnológica médica instalada actualmente, se realizó el ponderado del consumo energético de los equipos biomédicos a través de la recolección de datos, como: equipo biomédico, cantidad, consumo (W), horas de uso diario, consumo diario (Wh), consumo mensual (kWh), ponderación (%), y así se determinaron los requerimientos energéticos mínimos para el funcionamiento de estos.

Una vez recolectada la información, se analiza el consumo energético de cada equipo con énfasis en los equipos que generan mayor demanda energética.

- **Fase de análisis técnico:** evaluación de las opciones de energías renovables viables para el laboratorio clínico, basadas en el consumo energético actual.

Después de revisar los resultados de la ponderación del consumo de energía, se deben considerar algunos factores antes de recomendar una tecnología de energía renovable para reemplazar el consumo de energía convencional en el laboratorio clínico en mención. Estos aspectos garantizan que la solución energética sea viable, eficiente y adecuada para las necesidades del laboratorio:

- Consumo pico frente al consumo promedio: se requiere identificar si el consumo es uniforme a lo largo del día o si existen picos de uso, esto determinó qué tecnología renovable puede satisfacer mejor la demanda. Si se registran picos durante el día, la

energía solar podría suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de los equipos biomédicos; si por el contrario, el consumo pico es durante la noche, la energía eólica puede ser más útil.

Dentro de las opciones de energías renovables viables para el laboratorio clínico en mención, una opción es la energía Solar Fotovoltaica (PV) con almacenamiento de energía (baterías): dado que el laboratorio está ubicado en una región con buen acceso a la radiación solar durante todo el año. Adicional, importante contar con baterías de almacenamiento para cubrir el consumo nocturno o en periodos sin viento ni sol, garantizando la prestación del servicio durante las 24 horas del día.

- Potencia total requerida para el funcionamiento de los equipos biomédicos del laboratorio: con base a la ponderación, se conocería el consumo diario y mensual total, determinando así la capacidad que deben tener los sistemas de energía renovable, el clima local y el espacio disponible.
- **Fase de propuesta del modelo:** propuesta de un modelo para mejorar la eficiencia energética que considere los requerimientos mínimos para el funcionamiento de los equipos médicos del Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. con energías renovables mediante el análisis técnico, económico, ambiental y social.

Basado en las metodologías del Project Management Institute (PMI), el modelo a proponer que integrará las fases de planificación y diseño del sistema de energías renovables así:

1. Fase de Planificación y Análisis

1.1 Análisis de Requisitos Energéticos

- Realizar una revisión detallada de las fichas técnicas de los equipos biomédicos para determinar el consumo energético del laboratorio clínico (consumo en kWh).

- Identificar los equipos críticos que deben mantenerse en operación continua (durante fallas de red).

1.2 Estudio de Factibilidad Técnica

- Evaluar la disponibilidad de radiación solar en la ubicación (Mosquera).
- Realizar la ponderación del consumo energético de la base tecnológica médica instalada.
- Evaluar la infraestructura eléctrica del laboratorio y verificar la compatibilidad con el sistema fotovoltaico y las baterías.

1.3 Viabilidad Económica

- Calcular el costo estimado de la instalación, incluidas celdas fotovoltaicas, baterías, inversores, cableado y mano de obra.
- Estimar el presupuesto del proyecto.

1.4 Gestión de riesgos:

- Identificar los riesgos técnicos, financieros y operativos del sistema de energías renovables.
- Mitigar los riesgos identificados previamente.

2. Fase de Diseño del Sistema

2.1 Selección de Tecnología

- Selección de los paneles solares más adecuados en términos de eficiencia, tamaño y costo.
- Selección del sistema de baterías con capacidad de almacenamiento suficiente para cubrir el consumo nocturno y períodos sin irradiación solar.
- Definición de inversores y controladores para gestionar la carga y descarga de baterías.

2.2 Diseño Eléctrico

- Esbozar el diseño del sistema eléctrico: conexión de paneles solares, baterías, inversores y la integración con la red eléctrica del hospital.
- Incluir un esquema de respaldo donde las baterías aseguren el suministro eléctrico continuo a los equipos más críticos del laboratorio.

RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Selección de instrumentos para recolección de información

1. Fase de diagnostico:

Instrumentos:

Para el desarrollo de la investigación los datos fueron recolectados mediante:

- Revisión documental de inventario de tecnología médica instalada en el Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera.
- Revisión documental de fichas técnicas y manuales de servicio de los equipos biomédicos cuya fuente de energía es eléctrica instalados en el laboratorio del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera.
- Entrevista con el departamento de biomédica del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera: se estableció una comunicación con ingeniero biomédico, quien validó la necesidad de la propuesta y facilitó el acceso a la información de la tecnología biomédica instalada en la institución.

Materiales:

Equipos de cómputo: fueron empleados para la creación de la propuesta investigativa y el análisis de la información. El diseño de la propuesta y el análisis de los resultados fueron realizados en el software Excel del paquete de Microsoft Office 365 y, la página web TuTiempo.net para estimar la radiación solar promedio en el área geográfica de estudio.

Información relacionada con los equipos médicos del Hospital María Auxiliadora E.S.E:

- Inventario: fue proporcionado por el departamento de ingeniería biomédica del hospital mencionado, este archivo contiene la información segmentada en servicios habilitados y menciona datos como id, institución, equipo, marca, modelo, serie, placa y ubicación.
- Fichas técnicas de equipos biomédicos seleccionados: documentos revisados con el departamento de ingeniería biomédica del hospital con el que se trabajó. En este documento se encuentran características técnicas de los equipos como especificaciones de voltaje y frecuencia de funcionamiento
- Manuales de servicio de equipos biomédicos seleccionados: documentos revisados con el departamento de ingeniería biomédica del hospital con el que se trabajó. En estos manuales contienen información relacionada con pruebas de seguridad eléctrica y especificaciones técnicas de consumo energético de los equipos biomédicos.

Recolección de datos:

Mediante una revisión documental e institucional, se recopilaron los datos de la base tecnológica médica instalada del laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera. Para ello, se utilizaron documentos técnicos como el inventario el cual menciona el ID institucional, nombre del equipo, marca, modelo y ubicación, también se revisaron las fichas técnicas y los manuales de servicio que mencionan datos como tipo de fuente de energía utilizada y consumo energético, entre otros.

Cada equipo biomédico de laboratorio tiene un consumo energético específico, que varía según su tipo y función. Algunos de estos equipos, como los microscopios, centrífugas, analizadores de química o incubadoras de cultivo, requieren diferentes configuraciones de voltaje y frecuencia, lo que influye directamente en la cantidad de energía que consumen.

Este proceso es esencial para comprender el impacto energético de los dispositivos utilizados y para diseñar un modelo de gestión de proyectos eficiente que permita la integración de energías renovables en el sistema energético del hospital.

Para la selección de equipos, se realizó la revisión documental que permitió identificar todos los equipos biomédicos que operan dentro del laboratorio clínico del hospital y que contribuyen al consumo energético. Estos equipos incluyen dispositivos de diagnóstico y análisis como microscopios, centrifugas, incubadoras de cultivo, analizadores de química, entre otros. Fue fundamental contar con documentos actualizados de los equipos biomédicos en uso, los cuales fueron base para la recopilación de los datos y diseño del modelo propuesto.

1. Recolección de datos a partir de la documentación técnica e institucional

Una vez identificados los equipos biomédicos, la fuente principal de información fue el inventario, las fichas técnicas y los manuales de servicio de cada dispositivo. Estos documentos proporcionan datos detallados sobre las características de cada equipo como:

- Marca y modelo del equipo.
- Tipo de energía utilizada: información sobre el voltaje y la frecuencia requeridos por el equipo, lo que es clave para comprender cómo se alimenta.
- Consumo energético de cada equipo, generalmente expresado en vatios (W) o amperios (A).
- Ubicación del equipo dentro del laboratorio; para determinar en qué áreas se concentran los mayores consumos

2. Consolidación de información

Con los datos obtenidos de la documentación técnica e institucional, se consolidó la información en una base de datos organizada, que permitió identificar los datos y variables necesarios para el diseño del modelo propuesto.

Así mismo, los datos consolidados se analizaron matemáticamente y determinaron el consumo energético de la base tecnológica instalada en el laboratorio en mención identificando los equipos biomédicos con mayor consumo energético.

Técnicas de análisis de datos

Con base en lo expuesto anteriormente, se desarrollaron actividades de recolección y procesamiento de la información

Mediante el inventario general del Hospital María Auxiliadora E.S.E se identificó la base tecnológica médica instalada en laboratorio clínico y para efectos investigativos se seleccionaron aquellos equipos biomédicos que requieren una fuente energética para su funcionamiento, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Inventario de equipos biomédicos del laboratorio clínico

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	PLACA	UBICACIÓN	FUENTE ENERGÉTICA
MICROSCOPIO	OLYMPUS	CX22LED	3K87354	1865	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
CONTADOR DE CELULAS	KRAMER	IMP001	990	2334	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	100-1000µL	11032610	1558	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	20µL	5105827	NT	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	5-50µL	8029591	1939	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	0.5-10µL	KF573479	2355	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	100-1000µL	KD557400	2359	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
AGITADOR DE MAZZINI	BOECO	OS-20	010108-1406-0110	2327	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	100µL	10132243	1559	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
PIPETA	BOECO	5-50µL	JL535695	2357	AREA DE PROCESAMIENTO	NO ELÉCTRICA
CONTADOR DE CELULAS	KRAMER	IMP001	856	1894	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
MICROSCOPIO	LABOMED	LX400	140866398	36628	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
CENTRIFUGA	ALOMEDIC	420225	4080065	957	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
INCUBADORA DE CULTIVO	MEMMERT	IPP 400	R410.0409	2449	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
MICROSCOPIO	LABOMED	LX400	140866396	2343	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
MICROCENTRIFUGA	MICRO-DYNAMIC	MCH-20	NT	1117	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
AGITADOR DE MAZZINI	LAB.ROTATOR	DSR 2100V	NT	490	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
INCUBADORA DE CULTIVO	MEMMERT	NT	NT	491	LAVADO DE MATERIAL	ELÉCTRICA
CENTRIFUGA	CLAY ADAMS	DYNAC III	5110012	1940	LAVADO DE MATERIAL	ELÉCTRICA
BAÑO SEROLOGICO	MEMMERT	NT	NT	1044	LAVADO DE MATERIAL	ELÉCTRICA
MICROCENTRIFUGA	CLAY ADAMS	2002	A530016	2342	LAVADO DE MATERIAL	ELÉCTRICA
TERMOMETRO	THERMOMETER	N/D	N/D	N/D	LABORATORIO	NO ELÉCTRICA

TERMOMETRO	THERMOMETER	N/D	N/D	N/D	LABORATORIO	NO ELÉCTRICA
AGITADOR VÓRTEX	BOECO	V1 PLUS	010203-1407-2028	2328	LABORATORIO	NO ELÉCTRICA
TERMO HIGRÓMETRO ANÁLOGO	ALLA FRANCE	ANALOGO	N/A	NT	LABORATORIO	NO ELÉCTRICA
EQUIPO DE GASES ARTERIALES	ALERE	EPOC	14244521401851	2433	LABORATORIO	NO ELÉCTRICA
CENTRIFUGA	CLAY ADAMS	DINAC III	A523012	2038	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
PIPETA AUTAMÁTICAS 0,5-10 uL	BOECO	9610010	KF573455	37088	MICROBIOLOGIA	NO ELÉCTRICA
PIPETA AUTOMÁTICAS 5-50 ML	BOECO	9610050	JL535522	37082	MICROBIOLOGIA	NO ELÉCTRICA
PIPETA AUTOMÁTICAS 100-1000 ML	BOECO	9610100	KD557362	N/A	MICROBIOLOGIA	NO ELÉCTRICA
ANALIZADOR DE ORINA	ROCHE	COBAS U 411	12515	COMODATO	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
ANALIZADOR DE HEMATOLOGIA	ROCHE	XN-L 550	15363	COMODATO	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
ANALIZADOR DE QUIMICA	ROCHE	COBAS C311	17J6-18	COMODATO	MICROBIOLOGIA	ELÉCTRICA
EQUIPO DE INMUNOLOGIA	BIOMERIEUX	MINIVIDAS	IVD5204476	COMODATO	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA
EQUIPO DE COAGULACION	SIEMENS	BFTII ANALYZER	D2207527	COMODATO	AREA DE PROCESAMIENTO	ELÉCTRICA

Fuente: autor

Luego de seleccionar los equipos biomédicos cuya fuente es eléctrica, se revisaron las fichas técnicas y los manuales de servicio con el fin identificar especificaciones de voltaje y el consumo energético, así mismo en una entrevista con el ingeniero biomédico a cargo del hospital se definió que el tiempo estimado del funcionamiento de los equipos seleccionados es de 18 horas al día, ver tabla 2.

Tabla 2. Selección de equipos biomédicos con fuente eléctrica

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	PLACA	UBICACIÓN	Recurso Energía	Consumo de Energía (W/h)
MICROSCOPIO	OLYMPUS	CX22LED	3K87354	1865	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 100-120v 50Hz 0.25A	18,5
CONTADOR DE CELULAS	KRAMER	IMP001	990	2334	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 110-240V, 50/60 Hz	15
AGITADOR DE MAZZINI	BOECO	OS-20	010108-1406-0110	2327	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 220V, 50Hz	60
CONTADOR DE CELULAS	KRAMER	IMP001	856	1894	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 110-240V, 50/60 Hz	15
MICROSCOPIO	LABOMED	LX400	140866398	36628	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 100-240V, 50/60 Hz	30
CENTRIFUGA	CLAY ADAMS	DINAC III	A523012	2038	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 110-240V, 50/60 Hz	80
ANALIZADOR DE ORINA	ROCHE	COBAS U 411	12515	COMODATO	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 100-240V, 50/60 Hz	150
EQUIPO DE INMUNOLOGIA	BIOMERIEUX	MINIVIDAS	IVD5204476	COMODATO	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 220-240V, 50 Hz	300
EQUIPO DE COAGULACION	SIEMENS	BFTII ANALYZER	D2207527	COMODATO	AREA DE PROCESAMIENTO	AC 220V, 50/60 Hz	400
AGITADOR VÓRTEX	BOECO	V1 PLUS	010203-1407-2028	2328	LABORATORIO	AC 220V, 50 Hz	30
EQUIPO DE GASES ARTERIALES	ALERE	EPOC	14244521401851	2433	LABORATORIO	AC 110-240V, 50/60 Hz	50
INCUBADORA DE CULTIVO	MEMMERT	NT	NT	491	LAVADO DE MATERIAL	AC 230V, 50/60 Hz	200

CENTRIFUGA	CLAY ADAMS	DYNAC III	5110012	1940	LAVADO DE MATERIAL	AC 110-240V, 50/60 Hz	300
BAÑO SEROLOGICO	MEMMERT	NT	NT	1044	LAVADO DE MATERIAL	AC 230V, 50/60 Hz	1000
MICROCENTRIFUGA	CLAY ADAMS	2002	A530016	2342	LAVADO DE MATERIAL	AC 110-240V, 50/60 Hz	100
CENTRIFUGA	ALOMEDIC	420225	4080065	957	MICROBIOLOGIA	AC 220V, 50/60 Hz	400
INCUBADORA DE CULTIVO	MEMMERT	IPP 400	R410.0409	2449	MICROBIOLOGIA	AC 230V, 50/60 Hz	1600
MICROSCOPIO	LABOMED	LX400	140866396	2343	MICROBIOLOGIA	AC 100-240V, 50/60 Hz	30
MICROCENTRIFUGA	MICRO-DYNAMIC	MCH-20	NT	1117	MICROBIOLOGIA	AC 110-240V, 50/60 Hz	120
AGITADOR DE MAZZINI	LAB.ROTATOR	DSR 2100V	NT	490	MICROBIOLOGIA	AC 220V, 50Hz	60
ANALIZADOR DE HEMATOLOGIA	ROCHE	XN-L 550	15363	COMODATO	MICROBIOLOGIA	AC 220V, 50/60 Hz	400
ANALIZADOR DE QUIMICA	ROCHE	COBAS C311	17J6-18	COMODATO	MICROBIOLOGIA	AC 220-240V, 50/60 Hz	800

Fuente: autor.

Para determinar la tecnología de energías renovables a implementar, se requiere hallar el consumo energético total de los equipos seleccionados, para ello se transforma el valor en vatios (W) de las especificaciones técnicas en kilovatios (kW/h) través de la ecuación 4, ver tabla 3.

Ecuación 1. Consumo energético

$$\text{Consumo energetico (kW/h)} = \frac{\text{Consumo energetico (W/h)}}{1000}$$

Tabla 3. Consumo energético de los equipos biomédicos en kW

EQUIPO	MARCA	MODELO	UBICACIÓN	Consumo de Energía (W/h)	Consumo Energía (Kw/h)
MICROSCOPIO	OLYMPUS	CX22LED	AREA DE PROCESAMIENTO	18,5	0,0185
CONTADOR DE CELULAS	KRAMER	IMP001	AREA DE PROCESAMIENTO	15	0,015
AGITADOR DE MAZZINI	BOECO	OS-20	AREA DE PROCESAMIENTO	60	0,06
CONTADOR DE CELULAS	KRAMER	IMP001	AREA DE PROCESAMIENTO	15	0,015
MICROSCOPIO	LABOMED	LX400	AREA DE PROCESAMIENTO	30	0,03
CENTRIFUGA	CLAY ADAMS	DINAC III	AREA DE PROCESAMIENTO	80	0,08
ANALIZADOR DE ORINA	ROCHE	COBAS U 411	AREA DE PROCESAMIENTO	150	0,15
EQUIPO DE INMUNOLOGIA	BIOMERIEUX	MINIVIDAS	AREA DE PROCESAMIENTO	300	0,3
EQUIPO DE COAGULACION	SIEMENS	BFTII ANALYZER	AREA DE PROCESAMIENTO	400	0,4
AGITADOR VÓRTEX	BOECO	V1 PLUS	LABORATORIO	30	0,03
EQUIPO DE GASES ARTERIALES	ALERE	EPOC	LABORATORIO	50	0,05
INCUBADORA DE CULTIVO	MEMMERT	NT	LAVADO DE MATERIAL	200	0,2
CENTRIFUGA	CLAY ADAMS	DYNAC III	LAVADO DE MATERIAL	300	0,3
BAÑO SEROLOGICO	MEMMERT	NT	LAVADO DE MATERIAL	1000	1
MICROCENTRIFUGA	CLAY ADAMS	2002	LAVADO DE MATERIAL	100	0,1
CENTRIFUGA	ALOMEDIC	420225	MICROBIOLOGIA	400	0,4
INCUBADORA DE CULTIVO	MEMMERT	IPP 400	MICROBIOLOGIA	1600	1,6
MICROSCOPIO	LABOMED	LX400	MICROBIOLOGIA	30	0,03
MICROCENTRIFUGA	MICRO-DYNAMIC	MCH-20	MICROBIOLOGIA	120	0,12
AGITADOR DE MAZZINI	LAB.ROTATOR	DSR 2100V	MICROBIOLOGIA	60	0,06
ANALIZADOR DE HEMATOLOGIA	ROCHE	XN-L 550	MICROBIOLOGIA	400	0,4
ANALIZADOR DE QUIMICA	ROCHE	COBAS C311	MICROBIOLOGIA	800	0,8
			Total	6158,5	6,16

Fuente: autor.

Una vez obtenido el valor del consumo energético en kilovatios (kW/h) de cada equipo biomédico, se realiza la sumatoria de total para determinar el consumo energético promedio total de la tecnología médica en estudio, obteniendo un valor de 6.16 kilovatios (kW/h).

2Fase de análisis técnico: Diseño

Para obtener posteriormente el diseño del modelo energético viable para el laboratorio en mención, se realizaron los siguientes cálculos:

2.1. Cálculo del consumo diario total:

El consumo diario total se calcula a través de la ecuación 5.

Ecuación 2. Consumo diario total

Consumo diario total = consumo total de equipos biomédicos x horas de funcionamiento

$$\text{Consumo diario} = 6.16 \text{ kW} \times 18 \text{ horas}$$

$$\text{Consumo diario} = 110.88 \text{ kW/h}$$

2.2. Estimación de la Radiación Solar Promedio (kWh/m²/día):

Para estimar la radiación solar promedio, se consultó la fuente TuTiempo.net dado que la página web del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia) que proporciona información precisa sobre radiación solar en diferentes regiones del país, actualmente tiene este módulo fuera de servicio.

A través de la consulta, la radiación solar promedio en Mosquera - Cundinamarca, varía entre **4.5 kWh/m²/día y 5.5 kWh/m²/día**, dependiendo de las condiciones meteorológicas y la época del año. Para cálculos de estimación de la radiación solar promedio, se definió **5 kWh/m²/día**.

2.3. Cálculo de la Potencia Necesaria de los Paneles Solares:

Se requiere calcular la potencia necesaria de los paneles solares través de la ecuación 6.

Ecuación 3. Potencia Necesaria de los Paneles Solares

$$\text{Potencia necesaria} = \frac{\text{Consumo diario en kW/h}}{\text{Horas de sol diarias}} \times \frac{1}{\text{Eficiencia del sistema}}$$

$$\text{Potencia necesaria} = \frac{110.88 \text{ kW/h}}{5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}} \times \frac{1}{0.8}$$

$$\text{Potencia necesaria} = 27.72 \text{ kW}$$

La potencia necesaria de los paneles solares es de 27.72 kW para garantizar un consumo de 110.88 kWh en el laboratorio clínico en mención.

2.4. Número de Paneles Solares:

Para esta solución, se propuso un panel de capacidad media alta con potencia de 400 W (0.4 kW), por lo tanto, al aplicar la ecuación 7:

Ecuación 4. Número de paneles

$$\text{Número de Paneles} = \frac{\text{Potencia total necesaria}}{\text{Potencia de cada panel}}$$

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{27.72}{0.4kW/\text{panel}} = 69.3$$

$$\text{Numero de Paneles} = 69.3 \approx 70$$

Dado el resultado anterior, se requieren 70 paneles solares, cuya potencia es de 400 vatios (W).

2.5. Determinación la Capacidad Total de Almacenamiento (en kWh):

Pese a que la cantidad de paneles solares cubre la demanda de uso energético utilizado, se requiere garantizar el funcionamiento de los equipos biomédicos mediante la implementación de baterías de almacenamiento de la energía que supla los tiempos que no se cuente con la radiación solar necesaria y las 18 horas de trabajo del laboratorio clínico.

Dichas baterías deben almacenar suficiente energía para satisfacer el consumo diario e incluir un margen de seguridad del 20% para imprevistos, para ello se aplica la ecuación 8:

Ecuación 5. Capacidad total necesaria.

$$\text{Capacidad total necesaria} = \text{Consumo diario} \left(\frac{kW}{h} \right) \times (1 + \text{Margen de seguridad})$$

$$\text{Capacidad total necesaria} = 110.88 \text{ kW/h} \times 1.2 = 133.06 \text{ kW/h}$$

Se requieren 133.06 kW/h de capacidad de almacenamiento.

2.6. Número de baterías:

En esta solución, se propuso el uso de baterías de 10 kWh por unidad, como las Tesla Powerwall o similares de orden comercial, que sea de fácil adquisición y mantenimiento.

Para definir el número de baterías, se aplica la ecuación 9:

Ecuación 6. Número de baterías.

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{Capacidad total necesaria}}{\text{Capacidad por batería}}$$

$$\text{Número de baterías} = \frac{133.06 \text{ kW/h}}{10 \text{ kWh/batería}} = 11.83$$

$$\text{Número de baterías} = 13.30$$

Dado el resultado anterior, se requieren 14 baterías de 10 kWh cada una, incluyendo un inversor híbrido y controlador, que gestione tanto la energía solar como el almacenamiento.

2.7. Dimensionamiento del espacio requerido para la instalación:

Así mismo, es necesario determinar el espacio requerido para la instalación del sistema de energía renovable, para esto se determinará el área para los paneles solares según la ecuación 10 y para las baterías de almacenamiento según la ecuación 11.

2.7.1. Espacio requerido para paneles solares

- Dimensiones estándar de un panel solar de 400 W: aproximadamente 2 m² (1m x 2m).
- Total de paneles: 70 unidades.

Ecuación 7. Espacio requerido para paneles

$$\text{Espacio requerido para el panel} = \text{Cantidad de paneles} \times \text{dimensión del panel}$$

$$\text{Espacio requerido para el panel} = 70 \times 2\text{m}^2$$

$$\text{Espacio requerido para el panel} = 140\text{m}^2$$

- 2.7.2. Factor adicional para separación y orientación óptima: se recomienda agregar un 30% más de espacio de acuerdo con la ecuación 11.

Ecuación 8. Factor adicional.

$$\text{Factor adicional} = \text{espacio requerido} \times \text{margen de seguridad}$$

$$\text{Espacio requerido para el panel} = 140\text{m}^2 \times 1.3$$

$$\text{Espacio requerido para el panel} = 182\text{m}^2$$

- 2.7.3. Espacio requerido para las baterías de almacenamiento:

- Dimensiones promedio de una batería de 10 kWh: 1.2 m x 0.6 m = 0.72 m².
- Total de baterías: 14 unidades.

Ecuación 9. Espacio requerido para baterías

Espacio requerido para la batería = Cantidad de paneles x dimensión del panel

$$\text{Espacio requerido para la batería} = 14 \times 0.72\text{m}^2$$

$$\text{Espacio requerido para la batería} = 10.08\text{m}^2$$

- 2.7.4. Área adicional para maniobra y ventilación: se recomienda agregar un 50% más de espacio de acuerdo con la ecuación 13.

Ecuación 10. Área adicional para maniobra y ventilación.

Área de adicional maniobra y ventilación = espacio requerido la batería x margen de seguridad

$$\text{Área de adicional maniobra y ventilación} = 10.08\text{m}^2 \times 1.5$$

$$\text{Área de adicional maniobra y ventilación} = 15.12\text{m}^2$$

- 2.7.5. Total de espacio requerido: para calcular el espacio total requerido para la instalación se realiza la sumatoria entre el área requerida para paneles y el área requerida para las baterías de almacenamiento, tal como lo indica la ecuación 14.

Ecuación 11. Total de espacio requerido.

Total de espacio requerido = espacio paneles + espacio baterías

$$\text{Total de espacio requerido} = 182\text{m}^2 + 15.12\text{m}^2$$

$$\text{Total de espacio requerido} = 197.12\text{m}^2$$

3. Fase de propuesta de modelo:

Dado los resultados anteriores, se propone el siguiente modelo:

3.1. Objetivo general:

Elaborar un modelo para mejorar la eficiencia energética que considere los requerimientos mínimos para el funcionamiento de los equipos médicos del Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. con energías renovables mediante el análisis técnico, económico, ambiental y social.

3.1.1. Objetivos específicos:

- Evaluar los requerimientos energéticos mínimos para garantizar el funcionamiento continuo y seguro de los equipos médicos que requieran energía eléctrica del laboratorio clínico.
- Determinar los costos asociados con la implementación de energías renovables y estimar el retorno de la inversión (ROI).
- Identificar los beneficios sociales, como la mejora en la calidad del servicio del laboratorio y la sensibilización del personal respecto a la sostenibilidad.

3.1.2. Alcance:

La propuesta abarca los equipos biomédicos instalados en el laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. que requieran energía eléctrica para su funcionamiento.

3.2. Roles y responsabilidades:

Gerente del Proyecto:

- Supervisar todas las actividades del proyecto.
- Garantizar el cumplimiento de los objetivos en tiempo, costo y alcance.
- Evaluar la viabilidad económica.
- Preparar el presupuesto y proyecciones financieras.

Ingeniero en Energías Renovables:

- Realizar el análisis técnico.
- Diseñar la propuesta del sistema renovable.

Ingeniero Ambiental:

- Realizar el análisis de impacto ambiental.
- Proponer medidas de mitigación y compensación.

Ingeniero biomédico:

- Identificar los requerimientos energéticos específicos de los equipos.
- Coordinar pruebas con los nuevos sistemas.

Personal Administrativo:

- Apoyar en permisos, documentación y coordinación logística.

3.3. Recursos:

Humanos:

- Equipo multidisciplinario (roles descritos anteriormente).

Materiales:

- Equipos para medición energética.
- Fuentes renovables propuestas (paneles solares, banco de baterías).
- Software para simulaciones técnicas y financieras.
- Elementos requeridos para la adecuación de infraestructura.

Financieros:

- Presupuesto inicial estimado para estudios técnicos y adquisición de sistemas.

Tecnológicos:

- Herramientas de monitoreo de consumo energético.
- Infraestructura de datos para análisis y control del sistema.

Logísticos:

- Transporte para equipos y materiales.
- Espacios
-
-
-
- para instalación y pruebas piloto.

3.4. Programación y costos asociados

Tabla 4. Programación estimada

Actividad	Duración	Mes ejecutado	Costo Estimado (COP)
1 Fase de planificación	4 semanas	1	\$ 21.600.000,00
1.1 Análisis de requisitos energéticos	1 semana	1	\$ 4.800.000,00
1.2 Estudio de factibilidad técnica	1 semana	1	\$ 6.000.000,00
1.3 Evaluación económica y presupuestaria	1 semana	1	\$ 4.800.000,00
1.4 Revisión de normativas y permisos	1 semana	1	\$ 6.000.000,00
2 Fase de diseño del sistema	6 semanas	2 - 3	\$ 31.200.000,00
2.1 Selección de tecnología (paneles y baterías)	1 semana	2	\$ 4.800.000,00
2.2 Diseño eléctrico del sistema	1 semana	2	\$ 4.800.000,00
2.3 Estudio de impacto ambiental	2 semanas	2	\$ 12.000.000,00
2.4 Aprobación del diseño	2 semanas	3	\$ 9.600.000,00
3 Fase de adquisición	4 semanas	3 - 4	\$ 41.475.000,00
3.1 Compra de paneles solares	1 semana	3	\$ 20.000.000,00
3.2 Compra de baterías de respaldo	1 semana	3	\$ 15.000.000,00
3.3 Adquisición de inversores y controladores	1 semana	4	\$ 4.500.000,00
3.4 Transporte y logística de equipos	1 semana	4	\$ 1.975.000,00
4 Fase de instalación	8 semanas	4 - 6	\$ 19.200.000,00
4.1 Instalación de paneles fotovoltaicos	2 semanas	4	\$ 4.800.000,00
4.2 Instalación de baterías de respaldo	2 semanas	5	\$ 4.800.000,00
4.3 Integración eléctrica del sistema	2 semanas	5	\$ 4.800.000,00
4.4 Pruebas iniciales	2 semanas	6	\$ 4.800.000,00
5 Fase de operación y monitoreo	3 semanas	6 - 7	\$ 10.400.000,00
5.1 Capacitación del personal	1 semana	6	\$ 800.000,00
5.2 Instalación de sistema de monitoreo	1 semana	6	\$ 4.800.000,00
5.3 Implementación del plan de mantenimiento	1 semana	7	\$ 4.800.000,00
6 Fase de evaluación y cierre	2 semanas	7	\$ 9.600.000,00
6.1 Evaluación del desempeño del sistema	1 semana	7	\$ 4.800.000,00
6.2 Elaboración del informe final	1 semana	7	\$ 4.800.000,00
Imprevistos (10%)			\$ 13.347.500,00
Total	7 meses	7 meses	\$ 146.822.500,00

Fuente: autor

3.5. Riesgos

3.5.1. Identificación de riesgos

Técnicos:

- Falta de compatibilidad entre los sistemas renovables y los equipos médicos.
- Fallas en el diseño o instalación.

Económicos:

- Incremento en los costos proyectados.
- Financiamiento insuficiente.

Ambientales:

- Condiciones climáticas desfavorables que afecten la eficiencia del sistema.

Sociales:

- Resistencia al cambio por parte del personal del laboratorio.
- Falta de capacitación adecuada.

Legales:

- Retrasos en la obtención de permisos.
- Incumplimiento de normativas.

3.5.2. Valoración del riesgo (probabilidad – impacto)

Tabla 5. Valoración del riesgo (probabilidad – impacto)

No	Riesgo	Probabilidad de riesgo	Impacto del riesgo	Riesgo calificación
1	Falta de compatibilidad entre los sistemas renovables y los equipos médicos.	5	5	25
2	Fallas en el diseño o instalación.	2	5	10
3	Incremento en los costos proyectados.	5	4	20
4	Financiamiento insuficiente.	4	4	16
5	Condiciones climáticas desfavorables que afecten la eficiencia del sistema.	5	2	10

6	Resistencia al cambio por parte del personal del laboratorio.	1	1	1
7	Falta de capacitación adecuada.	3	1	3
8	Retrasos en la obtención de permisos.	5	2	10
9	Incumplimiento de normativas.	2	2	4

Fuente: autor

3.5.3. Contingencia al riesgo:

Tabla 6. Contingencia al riesgo

No	Riesgo	Respuesta	Plan	Responsable
1	Falta de compatibilidad entre los sistemas renovables y los equipos médicos.	Mitigar	Realizar pruebas piloto con equipos médicos críticos. Contratar expertos técnicos en equipos médicos y sistemas renovables. Incluir requerimientos técnicos detallados en la fase de diseño.	Ingeniero en energías renovables / Ingeniero biomédico
2	Fallas en el diseño o instalación.	Mitigar	Implementar revisiones técnicas exhaustivas antes de la instalación. Contratar instaladores certificados con experiencia comprobada. Incluir cláusulas de garantía y mantenimiento en los contratos con proveedores.	Ingeniero en energías renovables
3	Incremento en los costos proyectados.	Mitigar	Establecer un fondo de contingencia del 10% del presupuesto total. Reevaluar y priorizar actividades de menor impacto en caso de ajustes presupuestarios. Revisar constantemente los costos durante las reuniones de seguimiento	Gerente
4	Financiamiento insuficiente.	Evitar	Preparar una propuesta sólida para captar patrocinadores o socios estratégicos. Implementar estrategias de ahorro desde las fases iniciales del proyecto.	Gerente
5	Condiciones climáticas desfavorables que afecten la eficiencia del sistema.	Mitigar	Evaluar el potencial solar y/o eólico en distintas temporadas antes de la instalación. Considerar sistemas híbridos (renovables y red eléctrica convencional). Incluir baterías de respaldo con autonomía suficiente.	Ingeniero ambiental
6	Resistencia al cambio por parte del personal del laboratorio.	Mitigar	Organizar talleres de sensibilización sobre los beneficios del proyecto. Identificar a un líder interno para apoyar la transición.	Gerente
7	Falta de capacitación adecuada.	Mitigar	Incluir capacitación técnica específica en el plan del proyecto. Preparar manuales y guías de uso y mantenimiento del sistema. Asegurar sesiones prácticas con los proveedores. Iniciar la gestión de permisos desde la fase de planificación.	Gerente
8	Retrasos en la obtención de permisos.	Evitar	Identificar todos los requisitos legales con antelación. Asignar un responsable exclusivamente para la gestión documental.	Personal administrativo
9	Incumplimiento de normativas.	Evitar	Contratar un consultor especializado en normativas energéticas y biomédicas. Realizar auditorías legales periódicas. Garantizar que el diseño cumpla con estándares internacionales.	Personal administrativo

Fuente: autor

3.7. Seguimiento

3.7.1. Fases de Monitoreo:

- Semanal: revisión de avances en cada actividad.
- Mensual: reporte acumulado de avances, costos y riesgos.

3.7.2. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs):

3.7.2.1. Porcentaje de cumplimiento del presupuesto

Descripción: este indicador mide qué tan alineado está el presupuesto ejecutado con el presupuesto planeado en un proyecto o proceso.

Ecuación 12. Porcentaje de cumplimiento del presupuesto

$$\text{Porcentaje de cumplimiento del presupuesto: } \frac{\text{Presupuesto ejecutado}}{\text{Presupuesto planeado}} \times 100$$

Objetivo: el objetivo de este indicador es evaluar la eficiencia en la gestión de los recursos financieros, asegurando que los gastos se mantengan dentro de los límites establecidos en la etapa de planeación.

Interpretación: igual al 100% indica que el presupuesto ejecutado coincide exactamente con el planeado, lo que indica una excelente planificación y control financiero.

3.7.2.2. Porcentaje de cumplimiento de actividades

Descripción: este indicador mide el grado de cumplimiento de las actividades programadas en un proyecto, proceso o plan de trabajo.

Ecuación 13. Porcentaje de cumplimiento de actividades

$$\text{Porcentaje de cumplimiento de actividades: } \frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades planeadas}} \times 100$$

Objetivo: el objetivo de este indicador es monitorear el grado de avance del proyecto o proceso en comparación con lo planificado, identificando posibles retrasos, desviaciones o eficiencias en la ejecución.

Interpretación: mayor al 100% indica que se completaron más actividades de las inicialmente planeadas. Esto podría deberse a la inclusión de actividades adicionales no contempladas o a una mejora en la productividad.

3.7.2.3. Porcentaje de cumplimiento en tiempos establecidos en el cronograma

Descripción: el porcentaje de cumplimiento de tiempo establecido mide la eficiencia del cumplimiento de las actividades del proyecto en relación con el tiempo planificado.

Ecuación 14. Porcentaje de cumplimiento en tiempos establecidos en el cronograma

$$\text{Porcentaje de cumplimiento de tiempo establecidos: } \frac{\text{Semanas ejecutadas}}{\text{Semanas planeadas}} \times 100$$

Objetivo: el objetivo de este indicador es evaluar si el proyecto se está desarrollando según el cronograma previsto, ayudando a detectar cualquier desviación del plan de tiempos.

Interpretación: menos del 100% indica que el proyecto está retrasado, ya que las semanas ejecutadas son menores que las planeadas.

3.7.3. Herramientas:

- Software de gestión de proyectos como MS Project o Trello
- Informes técnicos y reuniones de seguimiento.

3.8. Comunicación

Reuniones:

- Inicial: presentación del proyecto y objetivos.
- Intermedias: informes de avance técnico y financiero.
- Final: entrega del proyecto.

Reportes:

- Semanal: resumen de actividades y hallazgos.
- Mensual: informe técnico-económico consolidado.

- Final: documento que incluye análisis técnico, económico, ambiental y social.

Canales de comunicación:

- Correo electrónico y reuniones virtuales vía meet.

3.9. Cierre

1. Entrega de resultados:

- Presentación del modelo final de eficiencia energética.
- Manuales técnicos y de mantenimiento de los paneles solares y las baterías de almacenamiento

2. Lecciones Aprendidas:

- Documentación de experiencias, desafíos y soluciones.
- Retroalimentación de los interesados.

3. Sostenibilidad del Proyecto:

- Plan de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Recomendaciones para la ampliación futura del sistema.

Análisis y discusión de los resultados

El análisis de los resultados de la investigación puede dividirse en tres aspectos principales:

1. Selección y clasificación de equipos:

- Se identificaron y documentaron los equipos biomédicos cuya fuente de energía es eléctrica a partir del inventario del hospital.
- Se consolidaron las especificaciones técnicas relevantes de cada equipo, incluyendo el voltaje, frecuencia, y consumo energético.
- Se generó una base de datos organizada que permitió identificar los equipos con mayor consumo energético, clave para el diseño del modelo de gestión.

Resultados destacados:

- Los equipos biomédicos seleccionados consumen diferentes cantidades de energía según su función y ubicación en el laboratorio.
- Entre los equipos con mayor consumo energético destacan el baño serológico (1000 W), la incubadora de cultivo (200 W) y el equipo de coagulación (400 W).

2. Procesamiento y análisis de datos:

- Los datos fueron procesados matemáticamente para estimar el consumo energético diario considerando un tiempo promedio de funcionamiento de 18 horas al día.
- Se identificaron patrones de uso según las características técnicas de los equipos y las áreas donde están instalados.

Resultados destacados:

- Los equipos en el área de procesamiento presentan un consumo moderado comparado con otros en microbiología o lavado de material, donde se concentran equipos de mayor demanda energética.
- La recopilación de manuales de servicio permitió detallar la eficiencia energética de los dispositivos, lo que facilita la integración de fuentes renovables.

3. Uso de herramientas tecnológicas y software:

- Se emplearon herramientas como Microsoft Excel para estructurar y analizar los datos.
- Además, se consultó información geográfica de radiación solar para el diseño del modelo energético.

Resultados destacados:

- El análisis integró tanto variables técnicas como ambientales, lo que amplía las posibilidades para la implementación de energías renovables en el sistema energético del hospital.

Así mismo, el análisis de los resultados de la propuesta puede dividirse en cuatro aspectos principales:

1. Viabilidad técnica: el análisis técnico y el diseño del sistema se centran en la selección de tecnologías adecuadas, como paneles solares y baterías de respaldo. La implementación de estas tecnologías dependerá de un análisis previo exhaustivo, que incluye la evaluación de compatibilidad con los equipos biomédicos del laboratorio. La fase de pruebas piloto es esencial para validar la viabilidad del sistema propuesto.
2. Evaluación económica: el modelo considera una evaluación detallada de los costos asociados con la implementación de energías renovables, incluyendo la adquisición de equipos, instalación, y capacitación del personal. Se estima que la inversión inicial ascenderá a aproximadamente \$146.8 millones de COP, con un retorno de inversión (ROI) que depende del ahorro energético y la reducción de costos operativos a largo plazo.

Discusión

Uno de los puntos fuertes de la metodología aplicada es la exhaustividad de la revisión documental, ya que se incluyó tanto información institucional como técnica proporcionada por el departamento de ingeniería biomédica. Este enfoque permitió obtener una visión clara sobre los equipos utilizados en el laboratorio clínico del hospital, identificando aquellos que requieren energía eléctrica para su funcionamiento y el consumo específico de cada uno. Este tipo de recolección de datos es indispensable para la construcción de un modelo de eficiencia energética, ya que permite conocer el uso real de energía en función de los equipos y su ubicación dentro del hospital.

El cálculo del consumo diario de 110.88 kWh es una base sólida para dimensionar tanto el sistema fotovoltaico como las baterías de almacenamiento. El valor de radiación solar promedio de 5 kWh/m²/día se define a partir de la información disponible en fuentes locales, a

pesar de la falta temporal de acceso a datos oficiales del IDEAM. Este valor es razonable, aunque puede presentar algunas variaciones a lo largo del año, lo que sugiere que sería prudente considerar una opción de almacenamiento más robusta para garantizar el suministro en épocas de baja radiación.

Potencia necesaria de los paneles solares:

El cálculo de la potencia necesaria de 27.72 kW para el sistema fotovoltaico refleja un enfoque adecuado, tomando en cuenta la eficiencia del sistema de paneles solares (80%). Este valor proporciona un buen punto de partida para determinar la cantidad de paneles requeridos. Se opta por paneles solares de 400 W, lo cual es una opción común y eficiente en sistemas residenciales y comerciales. Sin embargo, sería útil considerar factores adicionales como la orientación y la inclinación de los paneles, que pueden afectar la eficiencia real del sistema.

Almacenamiento energético:

La capacidad de almacenamiento de 133.06 kWh, tomando en cuenta un margen de seguridad del 20%, es crucial para asegurar que el laboratorio funcione de manera continua durante 18 horas, incluso en días nublados o con baja radiación solar. El uso de baterías de 10 kWh, como las Tesla Powerwall, es adecuado, pero es importante revisar la durabilidad y el ciclo de vida de las baterías, ya que esto impactará los costos operativos a largo plazo. Además, la implementación de un inversor híbrido y controlador de carga es esencial para gestionar tanto la energía solar como la almacenada de manera eficiente.

Dimensionamiento del espacio:

La estimación del espacio necesario para la instalación del sistema es crítica, especialmente en entornos donde el espacio es limitado. El cálculo de 182 m² para los paneles solares y 15.12 m² para las baterías muestra una planificación detallada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la disposición de los paneles debe optimizar la captación de energía, lo que implica considerar factores como la inclinación y la sombra. Además, la necesidad de

espacio adicional para maniobra y ventilación, especialmente para las baterías, resalta la importancia de garantizar la accesibilidad y el mantenimiento adecuado del sistema.

En conclusión, el análisis de resultados y la discusión demuestran que la metodología aplicada es robusta y eficaz para los objetivos planteados. La integración de energías renovables en el laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E no solo es factible, sino que representa un paso importante hacia una gestión hospitalaria más sostenible y eficiente.

Conclusiones

En esta investigación se propuso la integración de energías renovables en el laboratorio clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E de Mosquera con el objetivo de mejorar la eficiencia energética, que se podría identificar de mediano a largo plazo a través de la implementación de un sistema fotovoltaico y una mejora en la gestión energética.

La propuesta de un modelo de gestión de proyectos enfocado en la integración de estas energías permite un enfoque integral que considera no solo los aspectos técnicos, sino también los económicos, lo que demuestra la viabilidad de este tipo de soluciones en entornos hospitalarios.

Los resultados del análisis técnico sugieren que la transición a energías renovables es viable tanto en términos de compatibilidad con los equipos biomédicos como en su capacidad para cubrir las necesidades energéticas del laboratorio.

En conclusión, la integración de energías renovables en el Laboratorio Clínico del Hospital María Auxiliadora E.S.E. no solo es una medida viable y necesaria para reducir costos y emisiones, sino que también representa una acción estratégica hacia la sostenibilidad operativa del hospital, mejorando su competitividad y contribuyendo a la protección del medio ambiente.

Lista de referencias

- Ahern, T., & Leavy, B. (2017). Project Management and Sustainability.
- Beraún, M. (2021). La eficiencia energética en tiempos de pandemia basado en el consumo energético en hospitales del Perú.
- Bonilla, C., Mendoza, U., & Parada, M. (2015). Estudio de factibilidad del uso de energías renovables en la unidad de quemados del hospital nacional de niños Benjamín Bloom.
- Cerdeiro, C. G. (2021). Análisis de la importancia de la eficiencia energética en los hospitales. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/22083>
- Chesbrough, H. (2010). Open Innovation: Where We've Been and Where We're Going. Research-Technology Management, 20-27.
- Chesbrough, H. (2012). Open Innovation: Where We've Been and Where We're Going. Research Technology Management, 20-27.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (2022). Políticas de atracción de inversiones para el financiamiento de la energía limpia en América Latina. Santiago de Chile.
- Congreso de la Republica. (2021). Ley 2099 De 2021 POR MEDIO DE LA CUAL SE DICTAN DISPOSICIONES PARA LA TRANSICION ENERGETICA, LA DINAMIZACION DEL MERCADO ENERGETICO, LA REACTIVACION ECONOMICA DEL PAIS Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES. Candelaria (Valle del Cauca).
- de la Torre, J., & Cortés, A. (2016). Environmental management in public hospitals.

- de Souza, L., & Pidd, M. (2011). Exploring the barriers to lean health care implementation. *Public Money & Management*, 59-66.
- Distritos Técnicos. (n.d.). Climatización y eficiencia energética en el sector salud.
- EFLM. (2022). Guía EFLM: Laboratorios clínicos verdes y sostenibles (ed. 2022).
- European federation of clinical chemistry and laboratory medicine. (2023). Guía EFLM laboratorios clínicos verdes y sostenibles. Obtenido de <https://greenlabs.eflm.eu/documents/EFLM-GREEN-LAB-BOOKLET-ESP.pdf>
- García, M., & Cumbal, F. (2019). Modelo de Gestión Hospitalario. *Revista Ciencia Sociales*.
- Gómez, L., Morales, R., & Peña, M. (2019). Energy Efficiency in Clinical Laboratories: A Critical Analysis. *International Journal of Clinical Management*, 25(1), 45-60.
- Guerrero, H. (2015). Estudio para la determinación Indicadores de Eficiencia Energética del Sector Residencial del Distrito Metropolitano de Quito.
- Hernández Palma, H., Novoa, D. J., & Mendoza Cásseres, D. (2023). Energías renovables y medidas de eficiencia energética aplicables a las instituciones prestadoras de salud en Colombia. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(41), 123–131.
- Hernández, H., Cásseres, D., & Durán, J. (2022). Energy projects in healthcare: An opportunity for continuous improvement. *Ing*, 27(3), e18547.
- Hugo Hernández, D. N. (2023). ENERGÍA RENOVABLES Y MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICABLES A LAS INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SALUD EN COLOMBIA. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 123–131.
- IHA, A. I. (8 de Febrero de 2023). Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/colombia-como-uno-de->

los-índices-latinoamericanos-en-energía-hidroeléctrica-le- apuesta-a-la-aplicación-de-un-estándar-mundial-de-sostenibilidad-con- el-apoyo-de-la-coop

- IPCC. (2018). Special Report on Global Warming of 1.5°C. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2019). Calentamiento global de 1,5 °C: Resumen para responsables de políticas.
- International Organization for Standardization. (2006). Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
- Jabalera, M., Pons, M., Gomez, E., & del Castillo, M. (2019). Hacia la excelencia en gestión hospitalaria. Un modelo de gestión estratégica. *Journal of Healthcare Quality Research*, 148-153.
- Kickbusch, I. &. (2012). Governance for Health in the 21st Century. WHO Regional Office for Europe.
- Lozano, M. (2020). Sustainability in Healthcare: The Role of Energy Management. *Sustainability Review*, 15(4), 330-344.
- Martínez-Sierra, D., García-Samper, M., Hernández-Palma, H., & Niebles-Nuñez, W. (2019). Gestión energética en el sector salud en Colombia: Un caso de desarrollo limpio y sostenible. *Información tecnológica*, 30(5), 47-56.
- Mescua, L., Ampuero, E., & Delgado, J. (2020). Modelo de Gestión “Business Process Management” para mejorar los Resultados del Centro de Salud de Morales - San Martín, 2020. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Funcionamiento del sector. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/funcionamiento-del-sector/>

- Monsalve, Z., & Perez, L. (2020). Propuesta de diseño de un laboratorio de energías alternativas. Universidad Antonio Nariño. Obtenido de <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/ec976c1c-2272-4277-9d73-73906e2e5323/content>
- Naciones Unidas. (16 de Junio de 1972). Conferencias: medio ambiente y desarrollo sostenible. Obtenido de Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano: <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>
- Naciones Unidas. (27 de Septiembre de 2015). Conferencias medio ambiente y desarrollo sostenible. Obtenido de Cumbre de las Naciones Unidas sobre el desarrollo sostenible: <https://www.un.org/es/conferences/environment/newyork2015>
- Open Innovation: Where We've Been and Where We're Going. (s.f.).
- Ortiz, M. M. (2022). Propuesta de modelo de gestión de infraestructura hospitalaria mediante facility management para Colombia.
- Øvretveit, J. (2000). Total quality management in European healthcare. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 74-80.
- Peral, S. B. (2021). Propuesta técnico-económica para modelo de gestión energética independiente de un hospital.
- Pérez, A., & Martínez, C. (2021). Economic Impact of Renewable Energy Adoption in Clinical Settings. *Energy Policy Journal*, 34(2), 100-110.
- Project Management Institute (PMI). (2017). *Pulse of the Profession*. Washington, D.C.: Project Management Institute (PMI).
- Red de Hospitales Verdes y Saludables. (n.d.). Energía.
- Redacción National Geographic. (2022). La energía solar y su potencial para ayudar a reducir el calentamiento global.

- Robles, C. Rodríguez, O. (2018). Revista espacios. Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia.
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p10.pdf>
- Ruiz, D., & García, S. (2022). Project Management in Healthcare: Renewable Energy Solutions. Project Management Review, 8(2), 180-194.
- Secretaría de Medio Ambiente. (2023). Energías renovables: Qué son, tipos y su importancia en la conservación del planeta. Alcaldía de Medellín.
- Smith, J. (2020). Renewable Energy and Healthcare Systems: Challenges and Opportunities. Journal of Sustainable Energy, 12(3), 215-228.
- Starfield, B. (2011). Is Patient-Centered Care the Same As Person-Focused Care? The Permanente Journal, 63–69.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Bogotá.
- Urieta, J. (2023). Eficiencia energética en un hospital y ahorro con energías renovables.
- Urteneche, E., Fondoso, S., Martini, I., Barbero, D., & Discoli, C. (2022). Metodología para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud. Revista de la