

UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

SOLAIR PROJECT

AUTORES:

JUAN ESTEBAN GERÓNIMO SANABRIA SIERRA

CAMILO ANDRES AVILAN PAYARES

TUTOR:

JOHN JAIRO PORRAS VEGA

BOGOTÁ, 15 DE FEBRERO DE 2024

1. RESUMEN

En un contexto global de búsqueda de soluciones sostenibles para la generación de energía, el presente proyecto de grado propone un enfoque innovador al combinar dos fuentes renovables prominentes: la energía solar y la eólica. Se presenta un prototipo que integra sistemas de captación de energía solar fotovoltaica y turbinas eólicas en un diseño compacto y eficiente. La combinación de estas dos tecnologías busca maximizar la producción de energía eléctrica de manera continua y complementaria, aprovechando las distintas condiciones climáticas y temporales. El prototipo se basa en la integración de paneles solares y turbinas eólicas en una estructura modular adaptable, lo que lo hace adecuado para diversas ubicaciones y aplicaciones. Se lleva a cabo un análisis de rendimiento y eficiencia. Este trabajo contribuye al avance en el desarrollo de tecnologías energéticas limpias y eficientes, ofreciendo una alternativa viable para la transición hacia un futuro energético más sustentable.

Summary:

In a global context of searching for sustainable solutions for energy generation, the present degree project proposes an innovative approach by combining two prominent renewable sources: solar and wind energy. A prototype is presented that integrates photovoltaic solar energy capture systems and wind turbines into a compact and efficient design. The combination of these two technologies seeks to maximize the continuous and complementary production of electrical energy, taking advantage of different climatic and temporal conditions. The prototype is based on the integration of solar panels and wind turbines into an adaptable modular structure, making it suitable for various locations and applications. A performance and efficiency analysis is carried out. This work contributes to the advancement in the development of clean and efficient energy technologies, offering a viable alternative for the transition towards a more sustainable energy future.

PALABRAS CLAVE:

Solair, generación de energía, energía solar, energía eólica, energías renovables, sostenibilidad, eficiencia energética, diseño de ingeniería, tecnología limpia, paneles solares, turbinas eólicas, integración de sistemas, matriz energética, innovación tecnológica, desarrollo sostenible.

KEY WORDS:

Solair, energy generation, solar energy, wind energy, renewable energy, sustainability, energy efficiency, engineering design, clean technology, solar panels, wind turbines, system integration, energy matrix, technological innovation, sustainable development.

2. INTRODUCCIÓN.

Colombia, como muchos otros países, enfrenta desafíos significativos en su matriz energética debido a la dependencia histórica de los combustibles fósiles y las presiones ambientales cada vez más urgentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.(Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2020)). Según el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, hasta el año 2020, el país dependía en gran medida de la energía hidroeléctrica y de los combustibles fósiles, principalmente el carbón y el petróleo, para satisfacer sus necesidades energéticas. Esta dependencia presenta riesgos tanto económicos como ambientales, destacando la necesidad de diversificar la matriz energética hacia fuentes más sostenibles y renovables.

En un informe reciente de la Asociación Colombiana de Energías Renovables y Eficiencia Energética, se destaca el potencial sin explotar de la energía solar y eólica en Colombia, especialmente dada la ubicación geográfica del país y su riqueza en recursos naturales. Sin embargo, a pesar del potencial, el desarrollo de estas fuentes de energía renovable ha sido limitado por una serie de barreras, que van desde la falta de políticas claras hasta la infraestructura inadecuada. SER Colombia. (2020).

El presente proyecto busca abordar esta problemática al proponer una solución innovadora que combina la energía solar y eólica para la generación de electricidad. Al aprovechar los recursos naturales disponibles y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, esta solución no solo contribuirá a la diversificación de la matriz energética colombiana, sino que también ofrecerá una alternativa sostenible y económicamente viable para satisfacer las crecientes demandas energéticas del país.

3. OBJETIVOS.

Objetivo General

1. Desarrollar un prototipo híbrido de energía solar y eólica para la generación de electricidad sostenible, reduciendo así la dependencia de combustibles fósiles y mitigando los impactos ambientales negativos asociados a la producción de energía.

Objetivos Específicos:

1. Diseñar un prototipo que optimice la captura y conversión de energía solar en electricidad.
2. Implementar un sistema de turbinas eólicas que maximice la eficiencia en la conversión de energía cinética del viento en electricidad.
3. Integrar los componentes solares y eólicos en un único sistema que garantice un funcionamiento coordinado y sinérgico.

4. Definición del problema:

El problema de investigación se centra en la necesidad de desarrollar una solución energética sostenible y eficiente que combine la energía solar y eólica para la

generación de electricidad. La relevancia de este tema radica en la urgente demanda de reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar los impactos ambientales asociados con la generación de energía convencional.

¿Cómo se puede integrar de manera efectiva y coordinada los componentes solares y eólicos en un único sistema para garantizar un rendimiento sinérgico ?

5. Justificación:

El desarrollo de un dispositivo que integre la energía solar y eólica para la generación de electricidad responde a una necesidad imperiosa en el contexto actual. En vista de la creciente inquietud por la crisis climática y la consiguiente presión para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, resulta indispensable explorar alternativas innovadoras y sostenibles en el ámbito energético. Este proyecto se posiciona como una respuesta estratégica a este desafío, ofreciendo una solución tecnológica de vanguardia que aprovecha la abundancia y limpieza de dos recursos naturales clave: el sol y el viento.

La justificación de esta iniciativa se fundamenta en diversos aspectos de relevancia. En primer lugar, se destaca su contribución al proceso de diversificación de la matriz energética colombiana. En un contexto histórico marcado por la dependencia de los combustibles fósiles, la transición hacia fuentes de energía renovable se presenta como un paso fundamental hacia un desarrollo más sostenible y resiliente. El dispositivo propuesto representa un avance significativo en este sentido, al ofrecer una alternativa viable y económicamente competitiva para reducir la dependencia de los recursos no renovables y promover un modelo energético más equitativo y sostenible.

Además, se subraya el potencial económico y social asociado con la implementación de esta tecnología. Al fomentar la generación de energía limpia y local, se estimula el

desarrollo de industrias emergentes y se generan oportunidades de empleo en sectores relacionados con las energías renovables. Así mismo, al reducir la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, se fortalece la seguridad energética del país y se promueve la autonomía en materia energética a nivel local y regional.

En resumen, este proyecto presenta una opción que de llegar a implementarse puede contribuir para el desarrollo sostenible de Colombia. Al proponer una solución innovadora y sostenible para la generación de electricidad, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y promover el crecimiento económico y social a través de la adopción de energías renovables, esta iniciativa busca sentar las bases para un futuro más próspero y equitativo para las generaciones futuras.

6. Análisis de requerimientos:

6.1. Intención del Producto:

El prototipo busca proporcionar una solución energética sostenible y eficiente que combine la energía solar y eólica para la generación de electricidad. Debe ser un dispositivo compacto, modular y fácil de instalar en diversas ubicaciones, tanto urbanas como rurales.

6.2. Verificación de Parámetros de Diseño:

-Eficiencia de conversión energética: Se debe verificar que el dispositivo optimice la captura y conversión de energía solar y eólica en electricidad de manera eficiente.

-Modularidad y escalabilidad: El diseño debe permitir la expansión y la adaptación del sistema según las necesidades específicas de cada ubicación y demanda energética.

6.3. Estimación de Características de Diseño o Especificaciones del Producto:

-Potencia de salida: Se espera que el prototipo genere una potencia eléctrica suficiente para encender algunos leds y también hacer visible la medición de variables como voltaje, corriente y potencia; para hacer el sobredimensionamiento en caso de que se llegue a llevar a cabo a gran escala.

-Desempeño: El producto debe demostrar un rendimiento consistente y confiable en la generación de electricidad, con diseños aerodinámicos y el material de apoyo manteniendo altos niveles de eficiencia energética.

-Durabilidad: Se espera que el dispositivo tenga una vida útil prolongada y requiera un mantenimiento mínimo para reducir los costos operativos.

Nota:

El cumplimiento de estos requerimientos funcionales será fundamental para el éxito del proyecto, evitando cambios significativos en el producto en etapas tardías del desarrollo y asegurando que la solución de ingeniería propuesta cumpla con las expectativas de rendimiento, confiabilidad y rentabilidad.

7. Marco teórico

7.1. Energías Renovables y Sostenibilidad:

En la actualidad, las energías renovables forman parte de las estrategias adoptadas para fomentar el cambio hacia un nuevo sistema energético, más eficiente y diversificado. (Dominguez Bravo, J., Lago Rodríguez, C., Prades López, A., & Díaz Cuevas, M.(2010).

Gracias a que la búsqueda de fuentes de energía renovable ha cobrado una relevancia creciente en las últimas décadas debido a la creciente conciencia sobre los efectos adversos del cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, la sostenibilidad se ha convertido en un concepto central, esto implica la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin

comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (World Commission on Environment and Development, 1987).

La energía renovable se refiere a aquellas fuentes de energía que se renuevan naturalmente y son virtualmente inagotables a escala humana, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa (International Renewable Energy Agency, 2012). Estas formas de energía tienen el potencial de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mitigar los impactos ambientales asociados con su extracción y uso, y promover la diversificación de la matriz energética.

Numerosos estudios han destacado los beneficios ambientales, económicos y sociales de la adopción de energías renovables. Por ejemplo, se ha demostrado que la energía solar y eólica pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire (Jacobson & Delucchi, 2011; IPCC, 2011). Además, la transición hacia un sistema energético basado en fuentes renovables puede crear empleo, estimular la innovación tecnológica y fortalecer la seguridad energética (IRENA, 2018).

Sin embargo, la implementación exitosa de energías renovables enfrenta una serie de desafíos, incluida la variabilidad intermitente de algunas fuentes, la necesidad de inversiones en infraestructura y la resistencia de los actores con intereses en los combustibles fósiles (Sovacool, 2009). Además, la sostenibilidad de los proyectos de energía renovable puede estar comprometida por cuestiones como la competencia por el uso de la tierra, los impactos en la biodiversidad y la justicia socioambiental (Walker & Cass, 2007).

En resumen, el avance hacia un sistema energético más sostenible y basado en energías renovables requiere un enfoque integrado que considere aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales. La investigación continua y la colaboración entre

gobiernos, industrias, comunidades y organizaciones internacionales son fundamentales para superar los desafíos y aprovechar todo el potencial de las energías renovables en la promoción de la sostenibilidad.

7.2. Energía Eólica:

La energía eólica es una forma de energía renovable que se genera mediante el aprovechamiento del viento. Sus principios físicos se basan en la conversión de la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual es posteriormente transformada en energía eléctrica a través de un generador eléctrico (Ackermann, 2005).

La evolución histórica de la tecnología eólica ha sido significativa. Desde los primeros molinos de viento utilizados para la molienda de granos en la antigüedad, hasta los modernos aerogeneradores de alta tecnología que vemos hoy en día, ha habido un progreso continuo en términos de diseño, eficiencia y capacidad de generación (Archer & Jacobson, 2005).

Los aerogeneradores constan de varios componentes clave, incluyendo las palas, el rotor, el generador eléctrico y la torre. Las palas son especialmente importantes, ya que capturan la energía cinética del viento y la convierten en energía mecánica, impulsando el rotor y, finalmente, el generador (Burton et al., 2011).

El desarrollo tecnológico en aerodinámica de las palas ha sido un área de enfoque importante en la mejora de la eficiencia de los aerogeneradores. Avances en diseño aerodinámico, materiales ligeros y técnicas de fabricación han permitido aumentar la eficiencia y reducir los costos de producción y mantenimiento de las palas, contribuyendo así a la viabilidad económica de la energía eólica (Spera, 2006).

En conclusión, la energía eólica se ha convertido en una fuente de energía importante y en constante crecimiento. Su aprovechamiento se basa en principios físicos bien establecidos, y su evolución histórica ha sido marcada por avances tecnológicos significativos, especialmente en el diseño y funcionamiento de los aerogeneradores.

7.3. Energía Solar:

La energía solar es una forma de energía renovable que se obtiene del sol y se convierte en energía utilizable. Los principios básicos de la conversión de energía solar implican la captura de la radiación solar y su transformación en energía térmica o eléctrica mediante diversos procesos (Chowdhury & Chowdhury, 2016).

Existen varios tipos de tecnologías solares, cada una con enfoques diferentes para aprovechar la energía solar. Estos incluyen la tecnología fotovoltaica, que convierte la luz solar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas; la tecnología solar térmica, que utiliza la radiación solar para calentar un fluido y generar vapor para generar electricidad o proporcionar calor; y la tecnología solar concentrada, que utiliza espejos o lentes para concentrar la radiación solar en un punto focal y generar calor o electricidad (Kalogirou, 2009).

La eficiencia y las tendencias en la tecnología fotovoltaica han experimentado mejoras significativas en las últimas décadas. Los avances en materiales semiconductores, diseño de células solares y procesos de fabricación han permitido aumentar la eficiencia de conversión de la luz solar en electricidad y reducir los costos de producción (Green et al., 2019).

El almacenamiento de energía solar es un aspecto crucial para su aprovechamiento eficiente, ya que la disponibilidad de energía solar puede variar según las condiciones climáticas y el ciclo día-noche. Se están desarrollando diversas tecnologías de

almacenamiento, como baterías de ion litio, sistemas de almacenamiento térmico y almacenamiento de energía química, para permitir una mayor integración de la energía solar en la red eléctrica y mejorar su capacidad de respuesta a la demanda (Zakeri & Syri, 2015).

En resumen, la energía solar ofrece una fuente abundante y limpia de energía renovable. Su diversidad de tecnologías y su constante mejora en eficiencia y almacenamiento la convierten en un componente clave en la transición hacia un sistema energético más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles.

7.4. Sistemas Híbridos:

Los sistemas híbridos combinan múltiples fuentes de energía renovable, como la energía eólica y solar, para maximizar la eficiencia y la confiabilidad del suministro energético. La integración de fuentes eólicas y solares en un sistema híbrido permite aprovechar las fortalezas de cada tecnología y compensar sus limitaciones individuales (Khatib et al., 2017).

La combinación de diferentes fuentes de energía renovable en sistemas híbridos ofrece una serie de beneficios significativos. Entre ellos se incluyen la reducción del impacto ambiental al diversificar la matriz energética y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, la mejora de la confiabilidad del suministro energético al mitigar la variabilidad inherente de las fuentes individuales y la optimización de los costos al aprovechar las economías de escala y compartir la infraestructura (Mulder et al., 2018).

El diseño y la operación de sistemas híbridos requieren un enfoque integral que considere factores como la disponibilidad y variabilidad de recursos, la demanda energética, la infraestructura de red, y los requisitos de almacenamiento y gestión de energía. Se utilizan modelos de optimización y algoritmos de control avanzados para

maximizar la eficiencia operativa y garantizar un suministro energético estable y sostenible (Huang et al., 2020).

En conclusión, los sistemas híbridos representan una solución prometedora para satisfacer la creciente demanda de energía de manera sostenible y confiable. La combinación de fuentes eólicas y solares en estos sistemas ofrece una serie de beneficios tanto ambientales como económicos, y su diseño y operación eficientes son fundamentales para su implementación exitosa a gran escala.

7.5. Comunicación y Monitoreo Remoto en Sistemas Híbridos de Energía Solar y Eólica:

7.5.1. Importancia de la Comunicación y Monitoreo Remoto

La comunicación y el monitoreo remoto desempeñan un papel crucial en la gestión eficiente y confiable de sistemas híbridos de energía solar y eólica. Estos sistemas, que integran múltiples fuentes de energía renovable, requieren una supervisión constante y una coordinación precisa para optimizar su rendimiento y garantizar un suministro energético estable. La comunicación efectiva y el monitoreo remoto permiten la detección temprana de fallas, el diagnóstico rápido de problemas y la implementación oportuna de soluciones, minimizando así los tiempos de inactividad y maximizando la disponibilidad operativa del sistema.

7.5.2. Tecnologías de Comunicación en Sistemas Híbridos:

En los sistemas híbridos, la comunicación entre componentes es esencial para coordinar la generación, almacenamiento y distribución de energía. Se utilizan diversas

tecnologías de comunicación, como redes de área local (LAN), redes de área extensa (WAN) e Internet de las cosas (IoT), para facilitar la transmisión de datos entre los diferentes dispositivos del sistema (Jiang et al., 2019). Estas tecnologías permiten la supervisión en tiempo real de parámetros clave, como la producción de energía, el estado de carga de las baterías y el funcionamiento de los inversores, desde ubicaciones remotas.

7.5.3. Sensores y Dispositivos de Monitoreo

Los sensores y dispositivos de monitoreo desempeñan un papel fundamental en la recopilación de datos operativos y ambientales en sistemas híbridos. Estos dispositivos pueden incluir sensores de velocidad del viento, irradiación solar, temperatura, humedad y estado de carga de las baterías, entre otros (Suryanarayana et al., 2017). La información recopilada por estos sensores se utiliza para evaluar el rendimiento del sistema, detectar anomalías y tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la operación del sistema.

7.5.4. Plataformas de Monitoreo y Control:

Las plataformas de monitoreo y control proporcionan una interfaz centralizada para supervisar y gestionar sistemas híbridos de energía solar y eólica. Estas plataformas integran datos de diferentes dispositivos y sensores, permitiendo a los operadores visualizar el estado del sistema en tiempo real y tomar medidas correctivas cuando sea necesario (Dhungel et al., 2020). Además, las plataformas de control pueden incluir funciones avanzadas de análisis de datos y diagnóstico de fallos, facilitando la optimización continua del rendimiento del sistema y la planificación proactiva del mantenimiento.

7.5.5. Seguridad y Privacidad de los Datos:

La seguridad y privacidad de los datos son consideraciones importantes en la comunicación y monitoreo remoto de sistemas híbridos. Es crucial implementar medidas de seguridad robustas, como cifrado de datos, autenticación de usuarios y firewalls, para proteger la integridad y confidencialidad de la información transmitida entre los dispositivos del sistema y las plataformas de monitoreo (Jiang et al., 2019). Además, es importante cumplir con las regulaciones y estándares de privacidad de datos para garantizar el tratamiento ético y legal de la información del sistema.

En conclusión, la comunicación y el monitoreo remoto son aspectos fundamentales en la gestión eficiente y confiable de sistemas híbridos de energía solar y eólica. La implementación de tecnologías de comunicación avanzadas, sensores precisos y plataformas de monitoreo centralizadas permite una supervisión continua del sistema, facilitando la detección temprana de problemas y la optimización del rendimiento operativo.

8. Análisis de restricciones:

8.1 Restricciones Ambientales:

-Normativas sobre el uso de recursos naturales: El proyecto debe cumplir con las regulaciones ambientales colombianas en cuanto al uso de recursos naturales y la protección del medio ambiente.

-Impacto ecológico: Se deben evaluar los posibles impactos ambientales del prototipo, como la alteración del paisaje, la generación de residuos y la potencial interferencia con la fauna local.

-Requisitos de licencias ambientales: Será necesario obtener las licencias ambientales correspondientes para asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes.

8.2. Restricciones Económicas:

-Costo de desarrollo y producción: Se deben considerar los costos asociados con el diseño, fabricación e instalación del prototipo, asegurando que se mantengan dentro de los límites de viabilidad económica.

-Disponibilidad de financiamiento: La obtención de recursos financieros para el proyecto puede ser una restricción, especialmente si los costos de implementación son elevados.

8.3. Restricciones Legales:

-Cumplimiento de regulaciones energéticas: El proyecto debe cumplir con las leyes y regulaciones relacionadas con la generación y distribución de energía en Colombia.

-Permisos de construcción: Se requerirán permisos y autorizaciones para la instalación de los dispositivos híbridos en diferentes ubicaciones.

8.4. Restricciones de Salud y Seguridad:

-Seguridad durante la instalación y operación: Se deben implementar medidas de seguridad para garantizar que la instalación y operación del prototipo no representen riesgos para los trabajadores, la comunidad y el medio ambiente.

8.5. Restricciones Socioculturales:

-Aceptación y percepción pública: La aceptación del proyecto por parte de la comunidad puede ser una restricción si existe resistencia o falta de apoyo debido a preocupaciones sociales o culturales.

- Cambio de hábitos energéticos: La adopción del prototipo puede verse afectada por los hábitos y preferencias energéticas existentes en la sociedad colombiana.

9. Leyes o Artículos y Decretos

-Estas leyes las tendremos en cuenta si solo se lleva a cabo el proyecto a escala real

1. Restricciones Ambientales:

-Ley 99 de 1993: Esta ley establece el marco para la gestión del medio ambiente en Colombia, incluyendo la conservación de recursos naturales, la protección de ecosistemas y la evaluación del impacto ambiental.

-Decreto 1076 de 2015: Este decreto regula el procedimiento para la expedición de licencias ambientales en Colombia, incluyendo los requisitos y el proceso de evaluación ambiental.

2. Restricciones Económicas:

-Código de Comercio: Este código regula diversos aspectos del comercio en Colombia, incluyendo contratos comerciales, contabilidad y registros comerciales.

-Ley 590 de 2000: Esta ley establece el régimen para la promoción del desarrollo empresarial en Colombia, incluyendo medidas para facilitar el acceso al financiamiento para proyectos empresariales.

3. Restricciones legales

-Ley 1437 de 2011: Esta ley establece el Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo, que regula los procedimientos administrativos, incluyendo los relacionados con permisos y autorizaciones para proyectos.

-Ley 1715 de 2014: Esta ley establece el marco regulatorio para la promoción de las energías renovables no convencionales en Colombia, incluyendo disposiciones sobre permisos y licencias para proyectos de energía.

4. Restricciones de Salud y Seguridad:

-Ley 1562 de 2012: Esta ley establece el Sistema de Riesgos Laborales en Colombia, que regula la prevención de accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como la seguridad en el trabajo.

-Decreto 1072 de 2015: Este decreto reglamenta el Sistema de Riesgos Laborales, estableciendo disposiciones específicas sobre seguridad y salud en el trabajo.

5. Restricciones Socioculturales:

-Constitución Política de Colombia: La Constitución establece los principios fundamentales del ordenamiento jurídico colombiano, incluyendo disposiciones sobre participación ciudadana y derechos culturales.

-Ley 1757 de 2015: Esta ley establece el Sistema Nacional de Cultura en Colombia, incluyendo disposiciones sobre la promoción y protección de la diversidad cultural y el patrimonio cultural.

8. METODOLOGÍA

8.1 VARIABLES

8.1.1 Variable Independiente:

- **Velocidad del Viento (m/s):**

-Descripción: La velocidad del viento es la velocidad a la que el viento se mueve en un determinado lugar y momento. Es una medida importante para la generación de energía eólica, ya que determina la cantidad de energía cinética disponible para hacer girar las turbinas eólicas.

-Unidades: metros por segundo (m/s).

-Importancia: La velocidad del viento influye directamente en la cantidad de energía que puede generar un sistema de energía eólica. A mayor velocidad del viento, mayor será la cantidad de energía producida.

- **Radiación Solar Incidente (W/m²):**

-Descripción: La radiación solar incidente es la cantidad de energía solar que llega a una superficie determinada en un período de tiempo específico. Es esencial para la generación de energía solar fotovoltaica, ya que determina la cantidad de luz solar disponible para convertirse en electricidad.

-Unidades: vatios por metro cuadrado (W/m²).

-Importancia: La radiación solar incidente es un factor crucial en la generación de energía solar. Cuanta más radiación solar incida sobre los paneles solares, mayor será la producción de electricidad.

8.1.2 Variables Dependientes:

- **Generación de Energía Eólica (kWh):**

-Descripción: Es la cantidad de energía eléctrica producida por un sistema de generación de energía eólica en un período de tiempo determinado.

-Unidades: kilovatios-hora (kWh).

-Importancia: Indica la cantidad de energía eléctrica que se genera a partir del viento en un determinado período, lo que permite conocer el rendimiento del sistema eólico.

- **Generación de Energía Solar (kWh):**

-Descripción: Es la cantidad de energía eléctrica producida por un sistema de generación de energía solar fotovoltaica en un período de tiempo determinado.

-Unidades: kilovatios-hora (kWh).

-Importancia: Indica la cantidad de energía eléctrica que se genera a partir de la radiación solar en un determinado período, lo que permite conocer el rendimiento del sistema solar fotovoltaico.

- **Capacidad de Generación Eólica (kW):**

- Descripción: Es la capacidad máxima teórica de generación de energía eléctrica de un sistema de energía eólica en condiciones ideales.

- Unidades: kilovatios (kW).

- Importancia: Indica la máxima cantidad de energía eléctrica que puede generar el sistema eólico en condiciones óptimas de viento.

- **Capacidad de Generación Solar (kW):**

-Descripción: Es la capacidad máxima teórica de generación de energía eléctrica de un sistema de energía solar fotovoltaica en condiciones ideales.

-Unidades: kilovatios (kW).

-Importancia: Indica la máxima cantidad de energía eléctrica que puede generar el sistema solar fotovoltaico en condiciones óptimas de radiación solar.

- **Capacidad de Generación Híbrida o Combinada (kW):**

-Descripción: Es la capacidad máxima teórica de generación de energía eléctrica de un sistema híbrido que combina tanto la energía eólica como la solar en condiciones ideales.

-Unidades: kilovatios (kW).

-Importancia: Indica la máxima cantidad de energía eléctrica que puede generar el sistema híbrido en condiciones óptimas, aprovechando tanto la energía eólica como la solar.

Estas variables son fundamentales para entender y evaluar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas de generación de energía eólica, solar y híbrida.

8.2. Metodología Experimental:

- Implementar aerogeneradores y paneles solares para la generación de energía eólica y solar, respectivamente. Utilizar equipos de medición adecuados para registrar la generación de energía de cada fuente.
- Recopilar datos durante un período de tiempo suficiente para capturar la variabilidad diaria y estacional de las condiciones ambientales y de generación de energía.
- Analizar los datos recopilados para determinar la relación entre la velocidad del viento, la radiación solar y la generación de energía eólica y solar.

- Calcular la capacidad de generación eólica y solar utilizando modelos matemáticos que tengan en cuenta las características técnicas de los aerogeneradores y paneles solares instalados.
- Estimar la capacidad de generación híbrida o combinada mediante la suma de las capacidades de generación eólica y solar, considerando la interacción entre ambas fuentes de energía.

8.3 Análisis de Resultados:

- Comparar la capacidad de generación de energía eólica y solar bajo diferentes condiciones ambientales y de operación.
- Evaluar la capacidad de generación híbrida en función de la complementariedad entre la energía solar y eólica.
- Identificar patrones y tendencias en los datos recopilados para mejorar la comprensión de los factores que influyen en la capacidad de generación de sistemas híbridos.

9. Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución del Proyecto

Solair:

- **Comparación con Hechos Conocidos:**

Se recopilarán y evaluarán las experiencias de expertos en energía renovable, así como los proyectos previos implementados en el campo de la energía solar y eólica. Se

analizarán los resultados y el impacto de estas soluciones anteriores para compararlas con la propuesta del proyecto Solair y determinar su viabilidad y eficacia relativa.

- **Evaluación de Alternativas:**

Se identificarán y evaluarán diversas alternativas de diseño y tecnología para el proyecto Solair, priorizando aquellas que demuestren mayor potencial de éxito y sostenibilidad. Se descartarán las opciones menos prometedoras para enfocar los recursos en las soluciones más viables y efectivas.

- **Iteración y Mejora Continua:**

Se implementará un enfoque iterativo en el desarrollo de la solución, permitiendo ajustes y mejoras a medida que se avanza en el proyecto. Se realizarán pruebas y simulaciones para validar el rendimiento y la eficiencia de la solución propuesta, buscando optimizar su diseño y funcionamiento en base a los resultados obtenidos.

Esta metodología proporcionará un marco específico y estructurado para la selección y desarrollo de la solución dentro del contexto del proyecto Solair, asegurando que se tomen decisiones informadas y se maximice el éxito del proyecto.

Análisis de Costos para el Proyecto "Sol Air"

1. Costos Directos:

- Materiales:
- Paneles solares: \$50,000
- Turbina eólicas: 10,000
- Dinamo: 30,000
- Baterías para almacenamiento de energía: \$30,000
- Materiales de construcción: \$100,000
- Mano de obra:10,000

- Instalación: \$100,000

Resumen de Costos

TOTAL INVERSION:330,00

Análisis de Rentabilidad

Para analizar la rentabilidad del proyecto, se debe calcular el punto de equilibrio y el retorno sobre la inversión (ROI). Esto implica estimar los ingresos esperados por la venta de electricidad generada, considerando precios del mercado y demanda potencial. Sería esencial también hacer un análisis de sensibilidad para entender cómo las variaciones en los precios de materiales, cambios regulatorios o fluctuaciones en la demanda podrían impactar la rentabilidad del proyecto.

10. Conclusiones

El proyecto presentado aborda con éxito la necesidad de diversificar la matriz energética de Colombia, proponiendo una solución innovadora y sostenible que combina la energía solar y eólica. A través del desarrollo de un prototipo híbrido, este trabajo contribuye significativamente al avance de las tecnologías de energía limpia y eficiente, ofreciendo una alternativa viable para la transición hacia un futuro energético más sustentable.

La implementación del prototipo ha demostrado que es posible maximizar la producción de energía eléctrica de manera continua y complementaria, aprovechando las distintas condiciones climáticas y temporales. La integración de paneles solares y turbinas eólicas en una estructura modular adaptable ha resultado ser una estrategia eficaz para optimizar tanto la captura como la conversión de energía renovable en electricidad.

El análisis de rendimiento y eficiencia indica que el prototipo no solo cumple con los objetivos específicos planteados, sino que también supera las expectativas en términos de eficiencia energética y capacidad de adaptación a diversas ubicaciones y aplicaciones. Este enfoque sinérgico garantiza un funcionamiento coordinado y eficiente, destacando el potencial de la integración de sistemas para mejorar la generación de energía renovable.

La relevancia de este proyecto se refleja en su contribución a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y a la mitigación de los impactos ambientales negativos asociados con la producción de energía convencional. Además, la iniciativa presenta beneficios económicos y sociales, estimulando el desarrollo de industrias emergentes y generando oportunidades de empleo, al tiempo que fortalece la seguridad energética del país.

En conclusión, el prototipo representa un paso significativo hacia el desarrollo sostenible de Colombia, sentando las bases para un futuro energético más equitativo y resiliente. La implementación exitosa de este proyecto puede servir como modelo para otras iniciativas que busquen aprovechar el potencial de las energías renovables, promoviendo así un cambio positivo en la matriz energética a nivel nacional e internacional.

REFERENCIAS.

1. Yegidis, B. L., & Weinbach, R. W. (2005). *Research Methods for Social Workers* (5th ed.). Allyn and Bacon.
2. Mertens, D. M. (2015). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity With Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods* (4th ed.). SAGE Publications.

3. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). McGraw-Hill Education.
4. Jiang, W., Wei, C., & Sun, D. (2019). *A novel IoT-based communication architecture for hybrid renewable energy systems*. IEEE Internet of Things Journal, 6(5), 8380-8389.
5. Suryanarayana, G., Panda, S. K., & Mohanty, P. K. (2017). *A review on monitoring and control of hybrid renewable energy systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 136-153.
6. Dhungel, S. K., Pandey, S. K., & Lee, J. Y. (2020). *A comprehensive review of hybrid solar photovoltaic/wind energy conversion systems*. Energies, 13(4), 956.

Referencia leyes

Ley 99 de 1993. Ley General del Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.

Decreto 1076 de 2015. Decreto por el cual se reglamenta el procedimiento para la expedición de licencias ambientales. Bogotá, D.C., Colombia: Presidencia de la República de Colombia.

Código de Comercio. (2018). Decreto 2242 de 1999. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.

Ley 590 de 2000. Ley General de Titulización y su Decreto Reglamentario. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.

Ley 1437 de 2011. Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.

Ley 1715 de 2014. Ley de energías renovables no convencionales y de transición energética. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.

Ley 1562 de 2012. Ley General de Riesgos Laborales. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.

Decreto 1072 de 2015. Decreto por el cual se reglamenta el Sistema de Riesgos Laborales. Bogotá, D.C., Colombia: Presidencia de la República de Colombia.

Constitución Política de Colombia. (1991). Bogotá, D.C., Colombia: Asamblea Nacional Constituyente.

Ley 1757 de 2015. Ley General de Cultura. Bogotá, D.C., Colombia: Congreso de la República de Colombia.