

**ÁRBOL DE VIENTO BIOMIMÉTICO EAN: DISEÑO DE UN SISTEMA EÓLICO
PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA**

Elaborado por:

JUAN DIEGO BELLO ORTEGON

MARÍA ALEJANDRA GONZÁLEZ GACHARNÁ

Docente:

LUISA FERNANDA CARVAJAL DIAZ

UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

BOGOTÁ D.C.

AGOSTO 25 DE 2024

Contenido

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	8
PROBLEMÁTICA.....	9
ANTECEDENTES.....	10
MARCO TEÓRICO.....	11
Energía eólica.....	11
Biomimética aplicada a la ingeniería.....	11
Árbol de viento biomimético.....	12
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES.....	13
Ambientales.....	13
Políticas.....	13
Económicos.....	13
Sociales.....	14
Técnicos.....	14
Legales.....	14
DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
Enfoque, Alcance y Diseño de la Investigación.....	15
Tipo de Investigación.....	15
Recolección de Datos.....	15
Variables.....	16
Población y Muestra.....	16

RESULTADOS PARCIALES	17
Proveedor de insumos para las hojas	17
Selección de turbinas eólicas	17
Ficha técnica de la turbina.....	18
Plano de medidas de la hoja	19
Curva de potencia requerida.....	20
Ensamblaje final del árbol.....	20
Ubicación del árbol	21
Diseño final del árbol	21
ANÁLISIS DE COSTOS	23
CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	25

RESUMEN

El proyecto del árbol biomimético eólico permite combinar tecnologías inspiradas en la naturaleza con un enfoque académico, que pertenece a la Universidad EAN y favorece su diversificación mediante una herramienta innovadora adaptada a las necesidades energéticas de la comunidad universitaria, promoviendo la enseñanza de conceptos sobre energía renovable, sostenibilidad y cambio climático. Este diseño, que se basa en la biomimética como una rama investigativa de la ciencia, puede copiar la estructura de los árboles para el aprovechamiento de corrientes de viento, proporcionando una representación visual y funcional del proceso de generación eólica.

La instalación de un árbol biomimético eólico en entornos educativos permite a los integrantes de la academia el interactuar con fuentes de energía limpia, entendiendo la función e importancia de las tecnologías renovables en su entorno. Además, el proyecto busca crear conciencia sobre la preocupación por cuidar el medio ambiente y la necesidad que esto conlleva, incitando a las futuras generaciones a reflexionar críticamente sobre estos temas de vital acción.

ABSTRACT

The biomimetic wind tree project allows us to combine nature-inspired technology with an innovative educational approach, that belongs to the University EAN and is willing to diversify through an innovative tool that is adapted to the university community, promoting the teaching of concepts about renewable energy, sustainability and climate change. This design, which is based on biomimicry as an investigative branch of science, can copy the structure of trees to approach currents of wind, providing a visual and functional representation of the wind generation process.

The installation of a biomimetic wind tree in educational environments allows members of the academy to interact with clean energy sources, understanding the function and importance of renewable technologies in their environment. In addition, the project seeks to raise awareness about the concern for caring for the environment and the need that this entails, inciting future generations to critically reflect on these vital issues.

INTRODUCCIÓN

Buscando soluciones sostenibles a los desafíos energéticos y ambientales que crecen día a día, este proyecto insiste en dos esferas de acción necesarias: el enfoque en la educación y la innovación tecnológica que satisfarán las necesidades energéticas de la universidad EAN. Además, el proceso de transformación para promover un entorno limpio y respetuoso del modelo de energía no solo es sobre el desarrollo de tecnologías renovables, sino también sobre la comprensión para las futuras generaciones para saber y aplicar los principios de sostenibilidad. En la búsqueda de soluciones energéticas basadas en una combinación de la educación de la población y la innovación tecnológica sostenible, se puede lograr una nueva industria energética eficaz que garantice seguridad y soberanía en la época actual.

El constante aumento en la demanda de energía, frente a los efectos climáticos, ha evidenciado la necesidad de abrir caminos a alternativas que integran ambos lados, y pueden aplicarse tanto al ámbito educativo como a la vida diaria. En ese sentido, este proyecto se centra en el desarrollo de propuesta, y posteriormente, el análisis de viabilidad del árbol de viento biomimético, un sistema novedoso no solo en términos de aprovechamiento del viento como recurso energético a partir de fuentes eólicas, sino también en la posibilidad de ser utilizada como herramienta pedagógica para una mejor transmisión de conceptos clave vinculados con la sostenibilidad, energías limpias, y tecnologías verdes.

Actualmente, es de vital importancia que se conozcan conceptos de energía, transición energética, economía circular y demás desafíos energéticos. Esto es determinante para la toma de decisiones futuras, y se manifiesta la necesidad de la comunidad en general en tener una interacción directa con las soluciones tecnológicas que se están desarrollando e implementando. Con este proyecto, la biomimética, definida como la ciencia que estudia e imita los modelos y los sistemas de la naturaleza para resolver problemas humanos, se aborda desde una necesidad real que requiere de profundización en su investigación.

Por ejemplo, los árboles a lo largo del tiempo desarrollaron modelos eficientes y cambiantes que les permitan aprovechar al máximo para su nutrición y bienestar; es decir, para maximizar la captación de recursos vitales para ellos, como la luz solar, el agua y el mismo viento. Al estudiar y replicar estos principios naturales en un sistema eólico que es construido para utilizar en entornos urbanos y educativos se persigue el objetivo de no solo hacer el

conocimiento de las energías libres accesible, sino también de promover el interés por la ciencia y tecnología, a la vez que fomentar la sustentabilidad y conciencia ambiental.

En conclusión, el diseño de este árbol de viento biomimético es mucho más que una herramienta de generación de energía; en cambio, se considera que es una alternativa para el aprendizaje práctico e interactivo, cuya estructura es diferente e innovadora. Por lo tanto, su presencia en la universidad y visualmente llamativa entre la comunidad ayudaría a mejorar la formación institucional y de esta forma capta la atención de esta.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar un árbol de viento biomimético eólico adaptado a las necesidades energéticas de la universidad Ean que exponga conceptos de energía y sostenibilidad en entornos educativos.

Objetivos Específicos

- Proponer el ensamblaje de un sistema eólico biomimético en forma de árbol que funcione como una herramienta de generación de energía renovable no convencional.
- Evaluar el uso del árbol biomimético en diversos entornos educativos para determinar su efectividad como herramienta pedagógica en la enseñanza de conceptos relacionados con la energía renovable y la sostenibilidad.
- Demostrar cómo el árbol biomimético contribuye con la generación de energía eólica permitiendo aportes directos mediante estrategias de mitigación de cambio climático en la academia.

JUSTIFICACIÓN

El proyecto que se presenta surge desde la necesidad de implementar sistemas de generación de energía renovable no convencional que permitan realizar un aporte a la institución en proyectos que contribuyan con la mitigación del deterioro ambiental y cambio climático. Por esto mismo, la propuesta presentada aporta significativamente con los principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental promovidos por la institución; es decir, que un sistema eólico de este tipo notifica el abastecimiento de energía limpia y renovable y refuerza su imagen como líder en responsabilidad e innovación.

Desde el punto de vista pedagógico, el árbol de viento biomimético es una oportunidad para enseñar a los estudiantes los conceptos clave sobre energías renovables. El aspecto más beneficioso de este modelo es su tangibilidad y disponibilidad, lo que hace que los mismos estudiantes logren mantener el aprendizaje práctico en un nivel necesario para comprender mejor la cuestión de la ingeniería y la tecnología ambiental. De acuerdo con Barth, Godemann, Rieckmann y Stoltenberg (2007), “la educación para el desarrollo sostenible requiere una combinación de enfoques teóricos y vivos para posibilitar acciones clave entre los estudiantes”, y el estudio actual permite a la comunidad asimilar el aprendizaje innovador del diseño biomimético, mientras desarrolla la creatividad y la capacidad de pensar.

Por otro lado, adicional a los beneficios pedagógicos e investigativos, el árbol de viento biomimético proveería ventajas energéticas para la universidad EAN. Dado que puede producir energía renovable, el árbol puede suministrar las necesidades energéticas a bajo consumo, por ejemplo, iluminación de zonas específicas, puntos para conectar dispositivos electrónicos como celulares, computadores portátiles y sensores de ambiente en la universidad.

En última instancia, esto proporciona a la academia un objeto de investigación a través del cual pueden estudiar y mejorar las tecnologías de energía eólica. Por lo tanto, árbol de viento biomimético se convierte en un proyecto de estudio diverso que puede aportar en respuesta a los avances tecnológicos y científicos en el área investigativa.

PROBLEMÁTICA

El proyecto busca el desarrollo de soluciones prácticas e integradoras que permitan a los estudiantes interactuar de manera directa con la energía renovable seleccionada, es decir, la eólica, al alcance de su mano y a menor escala. Si bien esta última ha alcanzado mayor relevancia en el ámbito educativo a nivel de enseñanza superior, aún son pocas las universidades e instituciones educativas que disponen de estos recursos para conectar conocimiento teórico con una actividad viva, interesante.

Por otro lado, de acuerdo con Lozano en 2010, “la integración de la sostenibilidad en la educación superior siempre activa no debe limitarse a contenidos teóricos; asimismo, la disponibilidad y accesibilidad de las oportunidades prácticas y su motivación para los estudiantes deben ser fundamentales”. Al mismo tiempo, es crucial reducir de inmediato el uso de fuentes de energía agotable. Aunque no hay escasez de ejemplos y pruebas de campos de sistemas eólicos tradicionales implementados de manera extensa, su uso en educación superior se realiza en una escala más baja debido al amplio alcance, el costo y el tamaño de su complejidad.

En este contexto, un árbol de viento biomimético permite brindar una solución innovadora de generación de energía y a la vez ofrece un modelo accesible y comprensible para el aprendizaje en materia sobre sostenibilidad y energías renovables. Su adaptabilidad a las necesidades de la comunidad universitaria en una escala baja genera un recurso energético dirigido a suplir demandas de consumo menores que también fomentan el conocimiento de su uso y la importancia de este.

ANTECEDENTES

La biomimética es una disciplina que busca inspirarse en la naturaleza para resolver problemas humanos, y ha impulsado el desarrollo de innovaciones tecnológicas en diversas áreas. En el campo de las energías renovables, este enfoque ha permitido crear una estructura que imita la eficiencia y funcionalidad de los sistemas naturales, lo que facilita el aprovechamiento de los recursos energéticos.

El viento es una fuente de energía renovable no convencional en Colombia. Aunque los sistemas comunes de generación eólica como las turbinas clásicas son efectivas en zonas con alta velocidad de viento, en áreas donde este recurso es más limitado es necesario explorar alternativas creativas cuyo diseño se integre de manera armónica en diferentes entornos. En este sentido, el concepto del árbol biomimético eólico surge como una solución inspirada en las estructuras naturales de los árboles, que han sido modeladas para aprovechar la fuerza del viento de manera eficiente.

El árbol biomimético eólico, además de su función tecnológica, tiene un gran potencial pedagógico. Su diseño permite combinar el conocimiento científico y tecnológico con un enfoque didáctico que facilita la comprensión de conceptos complejos como la energía renovable y sostenibilidad. Al imitar las características estructurales de los árboles, se puede fomentar el aprendizaje sobre la naturaleza con los diseños innovadores que ofrece el término de biomimética, despertando el interés de estudiantes y de la sociedad hacia la incursión en temas de obtención de energía eólica y fuentes no tradicionales.

Con todo lo anterior, se puede decir que este proyecto responde a la necesidad de educación y aporte a estrategias de mitigación de cambio climático sobre los diversos proyectos donde se pueda involucrar la generación de energía eólica y cómo el conocimiento de este contribuye a las nuevas generaciones, ofreciendo diversas iniciativas que fomentan un aprendizaje eficaz y crítico.

MARCO TEÓRICO

Energía eólica

Una de las formas más antiguas de energía renovable y uno de los suministros más populares de “nueva” energía “verde” es la energía eólica. La fuente de energía se basa en cambiar la energía del viento en energía mecánica o eléctrica y se consigue a través de aerogeneradores. La energía eólica ha probado ser una fuente eficiente y sostenible que genera electricidad para reducir nuestra dependencia en los combustibles fósiles y combatir el cambio climático. Con el tiempo, estas turbinas de viento a gran escala se han vuelto cada vez más innovadoras y se han extendido por todo el mundo, en lugares con mucha variedad de vientos. Sin embargo, los lugares con vientos moderados a bajos y preocupaciones de apariencia y medioambiente vistosas han forzado la búsqueda de innovaciones alternas, como las turbinas de energía eólica más pequeñas y sistemas usando diseños biomiméticos.

En los entornos urbanos y rurales, donde el viento es más apacible y el espacio es limitado, es necesario encontrar soluciones energéticas que cumplan con las condiciones locales. Por ejemplo, el Árbol de Viento inspiró sistemas biomiméticos a ser diseñados para aprovechar el viento desde cualquier dirección, aumentando así la generación de energía en condiciones de viento moderadas o bajas. Además, estos sistemas también buscan camuflarse con el paisaje para reducir su visibilidad. Así, la biomimética ofrece la oportunidad para el desarrollo de sistemas eólicos más eficientes y respetuosos con el entorno, promoviendo un estilo de vida sostenible a través de soluciones innovadoras y ecológicas.

Biomimética aplicada a la ingeniería

La biomimética es un campo fascinante que busca inspiración en la naturaleza para encontrar soluciones a los problemas que enfrentamos. El aprendizaje de cómo los ecosistemas han evolucionado sobre millones de años para explotar los recursos disponibles, como el viento y el sol, nos enseña mucho. Los árboles, por ejemplo, brindan un ejemplo perfecto de cómo las estructuras pueden aprovechar el viento para generar energía eficiente. En el campo de la ingeniería, ese enfoque ha llevado a innovaciones tecnológicas que imitan las formas y funciones de vida, lo que nos permite plantear soluciones más eficientes y sostenibles. Por ejemplo, se ha diseñado una turbina eólica inspirada en las alas de las aves,

que imita la forma y el movimiento de las plumas, que son aerodinámicamente perfectas, lo que maximiza la energía en diferentes condiciones de viento.

En la ingeniería, este enfoque ha inspirado innovaciones tecnológicas que imitan las formas y funciones de los organismos vivos para lograr soluciones más eficientes y sostenibles. La biomimética se ha utilizado en el diseño de turbinas eólicas inspiradas en las alas de las aves, donde la aerodinámica se mejora mediante la curvatura y el movimiento natural de las plumas, optimizando así la generación de energía en diversas condiciones de viento (Liu et al., 2022). Del mismo modo, la estructura de los árboles, que resisten y aprovechan la fuerza del viento, ha inspirado el desarrollo del árbol de viento biomimético.

Árbol de viento biomimético

El árbol de viento biomimético es un sistema diseñado para capturar la energía del viento mediante pequeños módulos distribuidos en una estructura que imita la forma de un árbol. “Cada "hoja" funciona como una mini turbina, capturando la energía eólica desde múltiples direcciones, lo que maximiza la eficiencia del sistema en condiciones de viento bajo o moderado” (Bertoluzzo et al., 2022). Este diseño modular permite que la estructura sea adaptable a diferentes entornos, como parques, zonas urbanas, o incluso áreas rurales.

Más allá de la capacidad para crear energía, este árbol biomimético es un recurso valioso con fines educativos. Dado su diseño accesible y pragmático, el artefacto funciona como una representación simplista de cómo operan la energía eólica y la biomimética. Este recurso resulta muy beneficioso para enseñar sobre sostenibilidad energética, energías renovables e ingeniería en general. Dentro de un contexto escolar, instalar este árbol permite a los estudiantes observar de cerca cómo la energía eólica se captura y convierte en electricidad. Consecuentemente, se comporta como un recurso imprescindible para la enseñanza.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Ambientales

- Ensamblaje: El árbol biomimético debe integrarse de manera armoniosa a la fachada de la universidad. El árbol eólico debe percibirse favorablemente en ámbitos ambientales y visual.

Políticas

- Apoyo gubernamental: En Bogotá, los proyectos de pequeña escala podrían no alinearse directamente con las prioridades nacionales. Sin embargo, el proyecto puede beneficiarse del enfoque del gobierno en materia de transición energética y energía renovable no convencional, promoviendo un beneficio académico e innovador en el país.
- Cambios en las políticas públicas: En Bogotá, las administraciones locales cambian cada cuatro años, lo que puede generar incertidumbre en el apoyo a iniciativas sostenibles.

Económicos

- Financiación universitaria: La financiación del proyecto por parte de la Universidad EAN es una ventaja; sin embargo, puede ser perjudicial depender completamente de la institución si es necesario incurrir en algún gasto previo no contemplado en los costos de inversión.
- Costos de instalación y mantenimiento: Los costos del proyecto pueden ser altos. Además, el montaje del sistema podría requerir recursos adicionales en el futuro, lo que incrementaría los costos operativos a largo plazo para la Universidad.
- Impacto económico a largo plazo: El retorno de la inversión no será inmediato. Aunque contribuye a la educación y la concientización ambiental, es necesario demostrar el valor educativo y de sensibilización para justificar futuras inversiones.

Sociales

- Impacto en la comunidad: Al estar situado en una ciudad densa como Bogotá, el proyecto debe asegurarse de que su instalación no perjudique la estética del campus o de los espacios públicos donde se ubique. Además, debe ser percibido como un aporte educativo y no solo como una intervención tecnológica, y debe estar en un lugar seguro y vigilado las 24 horas.

Técnicos

- Condiciones del viento en Bogotá: Bogotá tiene vientos medios a bajos, lo que puede limitar la capacidad del árbol biomimético para generar una gran cantidad de energía. El proyecto debe garantizar su funcionalidad, incluso si la producción de energía no es alta.
- Durabilidad: El árbol biomimético puede presentar desafíos técnicos en cuanto a su tiempo de vida útil. Es necesario supervisar periódicamente y asegurar la durabilidad del sistema teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Bogotá.
- Tecnología avanzada: El proyecto utiliza principios biomiméticos, es decir que posee una tecnología poco convencional. Sin embargo, es requerida para el correcto funcionamiento del árbol.

Legales

- Normativas de construcción en Bogotá: La instalación del árbol biomimético debe cumplir con las regulaciones de construcción y seguridad de la ciudad establecidas por la Secretaría Distrital de Planeación. Esto incluye el cumplimiento de normas de diseño estructural, permisos para edificaciones públicas y restricciones sobre el uso del espacio público.
- Regulación energética: Aunque el proyecto no tiene como objetivo generar energía a gran escala, se debe considerar la normativa relacionada con la generación de energía renovable, como la Ley 1715 de 2014, que enfatiza en promover las F.N.C.E (fuentes no convencionales de energía) para la reducción de combustibles fósiles en el país.

DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque, Alcance y Diseño de la Investigación

La investigación adoptará un enfoque cuantitativo, utilizando datos numéricos previamente recolectados sobre las velocidades del viento en la Universidad EAN previamente recolectados en bases de datos de la NASA y e software Homer Pro. El diseño será no experimental, ya que no se manipularán variables directamente, por el contrario, se analizarán los datos existentes para evaluar la viabilidad de implementar un prototipo del árbol de viento biomimético en el campus universitario

Tipo de Investigación

Cuantitativa: Esta investigación se orientará hacia la obtención de datos precisos sobre la factibilidad de implementar el árbol de viento biomimético en la Universidad EAN, con base en las condiciones de viento actuales y documentadas en el campus. Se buscará cuantificar aspectos específicos, tales como:

- La cantidad estimada de energía que podría generarse con las velocidades del viento registradas en la universidad.
- La evaluación teórica de la eficiencia del diseño biomimético en comparación con otras posibles alternativas.
- La inversión total de la instalación del árbol, basada en análisis de costos iniciales y posteriores.

Recolección de Datos

La información será recopilada a partir de las bases de datos existentes de la universidad sobre las velocidades y patrones del viento en el lugar de aplicación del árbol. Además, se complementará con la revisión de literatura científica sobre proyectos similares de tecnología biomimética y sistemas eólicos en entornos educativos. Esto incluirá:

- Datos climáticos y de viento recolectados por la universidad
- Estudios y artículos académicos que evalúen la implementación de sistemas biomiméticos en contextos urbanos y educativos.

- Informes técnicos y académicos que detallen la eficiencia de tecnologías eólicas pequeñas y su impacto en el aprendizaje de estudiantes.

Variables

En esta investigación teórica se han identificado las siguientes variables clave:

Variable Independiente:

- Datos de velocidad del viento en el campus de la Universidad EAN.

Variables Dependientes:

- Energía potencial generada: Estimación teórica en kWh de la energía que podría generar el árbol en las condiciones actuales del campus.
- Viabilidad del diseño: Evaluación del potencial de implementación del árbol en función de las condiciones de viento y del recurso eólico.
- Impacto educativo: Propuesta teórica del uso del árbol como herramienta pedagógica en la enseñanza de energías renovables.

Variables de Control:

- Condiciones climáticas: Datos históricos sobre velocidad y dirección del viento en el campus de la universidad.
- Diseño propuesto del árbol: Se utilizarán especificaciones técnicas de sistemas biomiméticos similares para estimar el rendimiento.
- Recursos disponibles: Evaluación del presupuesto y apoyo institucional para la implementación del proyecto en el futuro.

Población y Muestra

- Población: Se refiere a los datos históricos de velocidad del viento registrados en el campus de la Universidad EAN, los cuales representan el entorno específico donde se prevé la implementación del árbol de viento biomimético.
- Muestra: La muestra estará compuesta por los registros de velocidad del viento en un periodo de 3 años, para asegurar la representatividad y confiabilidad de los datos utilizados en la evaluación teórica del proyecto.

RESULTADOS PARCIALES

Proveedor de insumos para las hojas

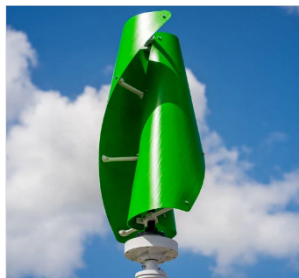
Para el montaje final del árbol, es necesaria la adquisición de ciertos elementos que permitan el adecuado desarrollo del prototipo. Por esto, se contactó a la empresa R&X energy. La compañía, fundada en Nantong Jiangsu, China, se encarga de diseñar y comercializar insumos para proyectos solares, eólicos y accesorios tecnológicos para su funcionamiento.



Tomada de: <https://www.rx-greenergy.com/about-us>

Selección de turbinas eólicas

Se consultó directamente con la empresa sobre las turbinas que mejor encajarían en el proyecto, y se decidió que idealmente se utilizarían 20 de estas y que simularían la biomímesis de las hojas de un árbol cuya generación por turbina sería de 400w



Tipo espiral de la turbina de viento vertical 400w

Lugar de origen: Jiangsu, China
Nombre de la marca: R&X
Número de modelo: RX-SV1-400
Vatio nominal: 400 W

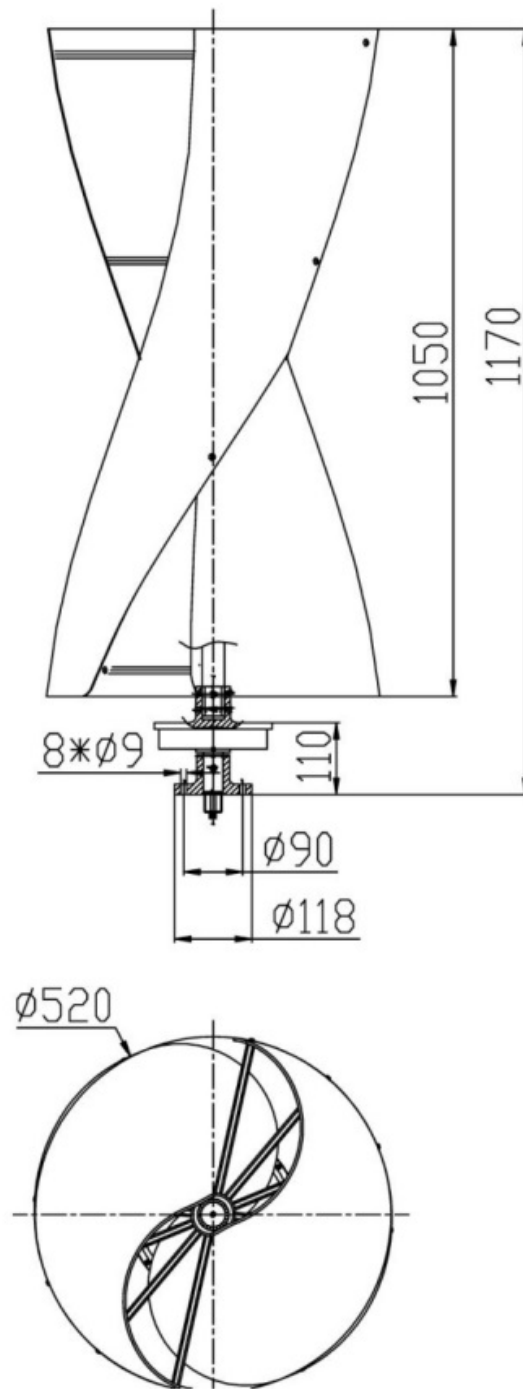
Tomada de: <https://www.rx-greenergy.com/wind-turbine/vertical-wind-turbine/400w-vertical-wind-turbine-spiral-type.html>

Ficha técnica de la turbina

Modelo	RX-400X
Velocidad del viento iniciada (m / s)	1.3 m/s
Velocidad del viento de corte (m / s)	2.5 m/s
Velocidad del viento nominal (m / s)	11 m/s
Voltaje nominal (CA)	12/24V
Potencia nominal (W)	400W
Potencia máxima (W)	450W
Diámetro del rotor de las cuchillas (m)	0.52m
Peso de montaje del producto	& lt; 23 kg
Altura de las cuchillas (m)	1.05m
Velocidad segura del viento (m / s)	≤40m/s
Cantidad de cuchillas	2
Material de la hoja	vidrio/basalto
Generador	Motor de suspensión de imán permanente trifásico
Sistema de control	Electroimán
Altura de montaje (m)	7~12m (9m)
Grado de protección del generador	IP54
Temperatura ambiente de trabajo	-25~+45°C

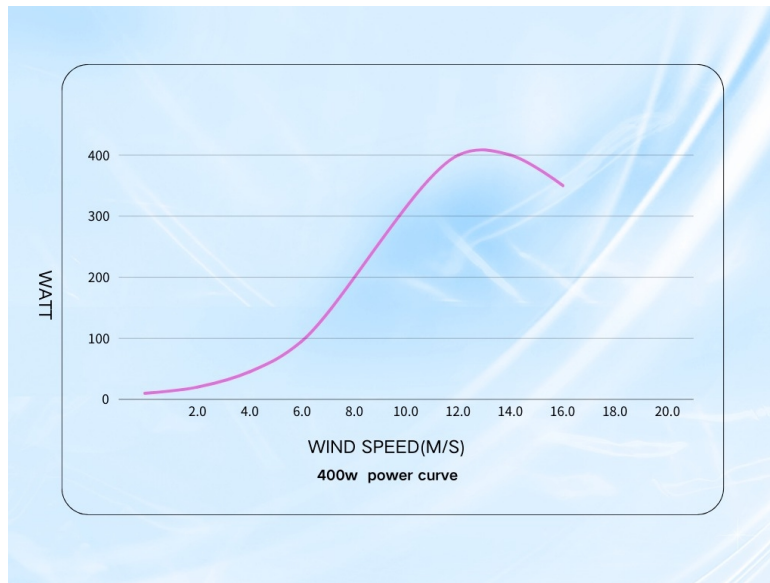
Tomada de: <https://www.rx-greenergy.com/wind-turbine/vertical-wind-turbine/400w-vertical-wind-turbine-spiral-type.html>

Plano de medidas de la hoja



Las medidas están en metros. Este plano fue construido a petición de los interesados por parte de la compañía.

Curva de potencia requerida

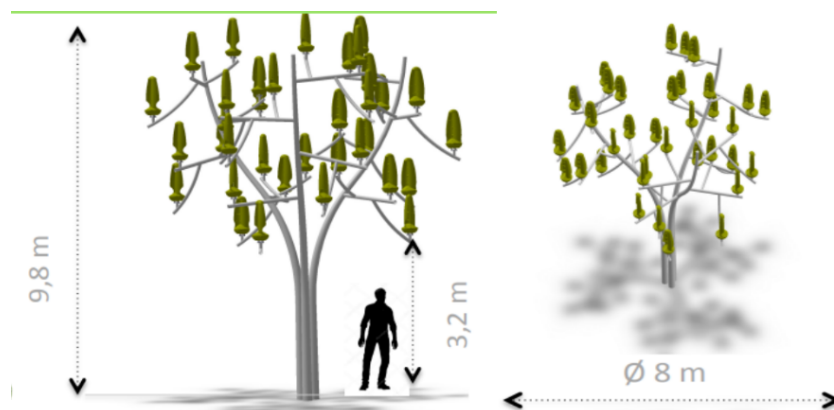


Imágen realizada por la compañía a petición de los interesados

En esta imagen se puede apreciar que la potencia máxima es alcanzada a una velocidad de viento de 13 m/s aproximadamente y la turbina comienza a generar muy bajas cantidades de energía desde los 2 m/s.

Ensamblaje final del árbol

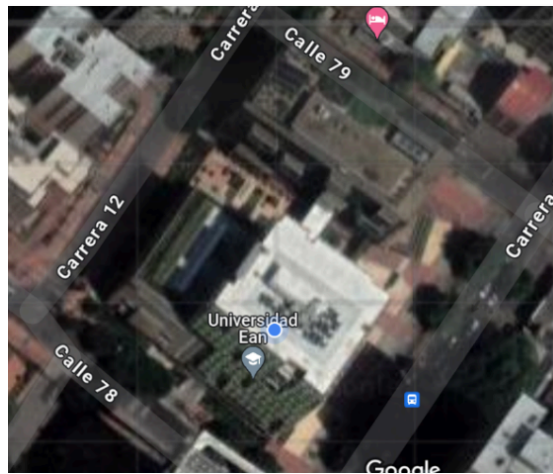
En este orden de ideas, el árbol se vería de la siguiente manera:



Tomada de: <https://www.newworldwind.com/>

Ubicación del árbol

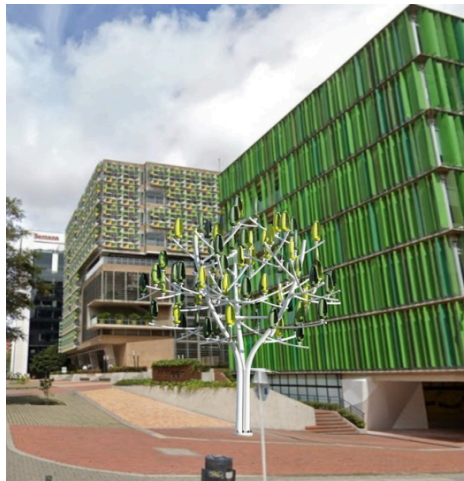
Se ha propuesto que el árbol quede posicionado en el exterior de la universidad, en la esquina derecha que da hacia la Cra 11 y la Calle 80.



Tomada de: <https://maps.app.goo.gl/U4hBHZFRZbZTF5z78>

Diseño final del árbol

Finalmente, el árbol se vería de la siguiente manera:



Diseño de autoría propia

Para el cumplimiento de objetivos previamente planteados, se puede decir que para el caso del general se le da cumplimiento ya que en efecto se realizó el diseño del árbol de viento biomimético eólico que puede cubrir necesidades energéticas pequeñas que haya presentes en la Universidad EAN y permite que en entornos educativos se instruya acerca de energía y sostenibilidad ambiental en asignaturas como eficiencia energética, energías renovables, modelos energéticos y procesos de transformación energética.

El primer objetivo específico se cumple ya que se ha hecho el correcto diseño y adecuación del árbol biomimético eólico que permite suplir pequeñas demandas de energía que tenga la universidad mientras genera energía renovable no convencional, en este caso eólica para solventar pequeños consumos requeridos.

En cuanto al segundo objetivo específico, se ha logrado establecer el árbol de viento como una herramienta que logra exponer conceptos en entornos educativos y en diferentes asignaturas del área de ingeniería como una herramienta didáctica, visual y palpable para su aprendizaje de forma didáctica y original.

Para el tercer objetivo específico, se logra su cumplimiento debido a que el árbol tiene la capacidad de generar energía eólica a pequeña escala y esto permite que la universidad le dé un valor agregado a su enfoque de sostenibilidad dentro de la academia y en entornos de investigación y desarrollo. A su vez, durante sesiones de clase, la implementación de este proyecto puede ser utilizada para aportar significativamente a las estrategias en acción del cambio climático que tiene la universidad dentro de su plan de mitigación del deterioro ambiental.

ANÁLISIS DE COSTOS

Es de vital importancia que el proyecto cuente con un análisis adecuado de costos para la universidad, y es por esto por lo que a continuación se presenta la siguiente tabla de contenido de valores específicos que el proyecto considera para su realización, teniendo en cuenta que la empresa elegida para la adquisición de insumos del árbol es vietnamita, y su nombre es R&X Energy:

Categoría	Descripción	Cantidad	Costo (USD)
1. Costos para la Creación del Proyecto			
Costos Directos	Mano de obra para ensamblaje e instalación	1	20
	Transporte y logística desde China	1	320
	Publicidad y comunicación	1	20
2. Costos de Inversión			
Costos Directos de Fabricación	Estructura del árbol biomimético importada	(20*330)	6600
Costos Indirectos	Imprevistos	1	1200
3. Total del Proyecto			8160

CONCLUSIONES

Con todo lo anterior, se puede concluir que el diseño y ensamblaje del proyecto del árbol biomimético eólico, que se propone como una solución diversa en diferentes ámbitos académicos, de investigación en materia de ingeniería e inclusión de la comunidad estudiantil previamente planteado en la zona urbana exterior de la universidad EAN, se posiciona como pionero en relacionar y exponer conceptos de energía y sostenibilidad mientras presenta una propuesta innovadora que se adapta a las necesidades energéticas de la universidad.

A su vez, el árbol se presenta como una herramienta de generación de energía renovable no convencional para suplir demandas energéticas en baja escala y se destaca por su diseño que combina la biomímesis con las necesidades que tiene hoy en día la sociedad en materia de diversificar su matriz energética y la búsqueda hacia un entorno sostenible.

Posterior a ello, el proyecto se alinea totalmente con la visión de la universidad en materia de educación, que puede ser de carácter investigativo o puede ser expuesto en entornos específicamente académicos de asignaturas relacionadas con la facultad de ingeniería para que se instruya acerca de energía renovable y sostenibilidad.

En última instancia, el árbol biomimético hace un aporte significativo a la universidad EAN ya que su filosofía en ámbitos de sostenibilidad y contribución con la mitigación del deterioro ambiental permite añadir otra estrategia más en su lucha contra el cambio climático desde la academia tanto para estudiantes, como para aquellos involucrados en toda la comunidad y se interesen por el camino de la universidad en beneficio del ambiente.

REFERENCIAS

- Barth, M., Godemann, J., Rieckmann, M., & Stoltenberg, U. (2007). Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. Tomado de: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14676370710823582/full/html>
- Bertoluzzo, M., Lazzaretto, A., & Zaninelli, D. (2022). *Bio-inspired wind turbine design: A review of recent advancements*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111783. Tomado de: https://www.researchgate.net/publication/343650780_Review_of_Recent_Advances_of_Wind_Energy
- Chen, Z. (2023). Challenges and perspectives of wind energy technology. Tomado de: <https://www.mdpi.com/2674-032X/1/1/6>
- Chu, H. et al. (2023). Biomimetic wind turbine blade inspired by *Dryobalanops aromatica* seed. Tomado de: https://www.researchgate.net/publication/320381928_A_Biomimetic_Wind_Turbine_Inspired_by_Dryobalanops_Aromatica_Seed_Numerical_Prediction_of_Rigid_Rotor_Blade_Performance_with_OpenFOAM_R
- Favre, E (2016). *Biomimética, tecnología inspirada en la naturaleza*. Universidad Nacional de la Plata. Tomado de: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/56778>
- Gestor Normativo. (s. f.). Ley 1715 de 2014. Función Pública. Tomado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
<https://idus.us.es/handle/11441/21732>
- J Moranguez (2003) *Energía Eólica*. Tomado de: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46992822/Energia_eolica-libre.pdf?1467615136=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DENERGIA_EOLICA.pdf&Expires=1731794474&Signature=gVXrfI4e31a-nYxwVMerV~0rDwtzYD00Md3IxBMWZGHndVZwz~rBi6VIP5k84LKBc0iaPebDEf1K6f2x7ZMZzIKXK-3ABZN9zwO8i8Id8Iv3QcQLAJGJkOj2gZN9Uj7NI1Ec3nQ56ohlXcwz6R94oA7eeyZJ7CELzEroI1Ehz8B0hDhRA8BsVgk4S5XE21NJ8TaNADePgmE9UCG082z5Akr

- Riechmann, J. (2000). Un mundo vulnerable: naturaleza y artificio en la era de la crisis ecológica global. Tomado de: <https://tratarde.org/wp-content/uploads/2019/04/Jorge-Riechmann-NATURALEZA-Y-ARTIFICIO-cap.-4-UN-MUNDO-VULNERABLE.pdf>
- Sarhadi, A. (2024). Nature-inspired designs in wind energy. Tomado de: <https://www.mdpi.com/2313-7673/9/2/90>
- Tummala, A., Velamati, R. K., Sinha, D. K., Indraj, V., & Krishna, V. H. (2016). A review on small scale wind turbines. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, 1351-1371. Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115014100?via%3Dihub>
- Vientos del futuro (Copyright 2022). El rol transformador de la educación ambiental en la promoción de eólica como fuente renovable. Tomado de: <https://vientosdefuturo.org/el-rol-transformador-de-la-educacion-ambiental-en-la-promocion-de-la-eolica-como-fuente-renovable/>

