PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA FISICA I

INFORME FASE I PROTOTIPO AEROGENERADOR

ENRIQUE ALVARINO

CAROLINA NOVOA

CAROL NATALY PULIDO

INFORME

DOCENTE: HERNANDO LEYTON

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE INGENIERÍA, DISEÑO E INNOVACIÓN

ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS

BOGOTÁ

2023

CONTENIDO

[INTRODUCCIÓN 3](#_Toc148989373)

[1. OBJETIVOS 5](#_Toc148989374)

[1.1. OBJETIVO GENERAL 5](#_Toc148989375)

[1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5](#_Toc148989376)

[2. HIPÓTESIS 6](#_Toc148989377)

[3. MARCO TEÓRICO 7](#_Toc148989378)

[3.1. MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME 7](#_Toc148989379)

[3.2. POTENCIA EÓLICA 7](#_Toc148989380)

[4. DISEÑO EXPERIMENTAL 9](#_Toc148989381)

[4.1. MÉTODO CIENTIFICO EXPERIMENTAL 10](#_Toc148989382)

[4.2. MATERIALES 11](#_Toc148989383)

[4.3. MAGNITUDES FÍSICAS A MEDIR 11](#_Toc148989384)

[4.4. PROCEDIMIENTO 12](#_Toc148989385)

[5. RESULTADOS 14](#_Toc148989386)

[6. CONCLUSIONES 15](#_Toc148989387)

[BIBLIOGRAFÍA 17](#_Toc148989388)

## INTRODUCCIÓN

La generación de energía sostenible se ha convertido en un tema de importancia creciente en la actualidad, en un contexto en el que la demanda de energía se incrementa constantemente y se busca reducir la huella ambiental de las fuentes de energía convencionales. En este sentido, la energía eólica ha surgido como una alternativa prometedora para abastecer nuestras necesidades energéticas de manera limpia y eficiente.

Los antecedentes de este trabajo se basan en la necesidad de explorar y comprender a fondo la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento, con un enfoque particular en el generador eólico Savonius. Este dispositivo, inspirado en los principios del movimiento circular uniforme, tiene el potencial de convertir la fuerza del viento en electricidad de manera eficaz y sostenible.

Los objetivos de este experimento son múltiples. En primer lugar, se busca relacionar conceptos y fenómenos físicos fundamentales que intervienen en el funcionamiento de un generador eólico. Esto implica comprender en profundidad los principios de la física aplicados en este contexto. Además, se aspira a evidenciar la aplicabilidad de estos conceptos tanto teóricos como prácticos, demostrando la conversión exitosa de la energía cinética del viento en energía eléctrica.

El alcance de este estudio abarca tanto la teoría como la experimentación práctica. Se explorarán conceptos de movimiento circular uniforme y potencia eólica en un marco experimental utilizando un generador eólico Savonius. La metodología empleada se basa en el método científico, que proporciona una estructura rigurosa y sistemática para llevar a cabo investigaciones. Se observará, hipotetizará, diseñará un experimento, recopilarán datos y se analizarán resultados siguiendo este enfoque científico.

La aplicación de este estudio se sitúa en el área del conocimiento de la generación de energía renovable y sostenible. Los resultados obtenidos no solo contribuirán al entendimiento de la generación de energía eléctrica a partir del viento, sino que también resaltarán el potencial de la energía eólica como una fuente de energía inagotable y respetuosa con el medio ambiente.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

* Implementar el método científico en el desarrollo del proyecto.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Relacionar conceptos y fenómenos físicos que intervienen en el funcionamiento del generador eólico.
2. Evidenciar los conceptos mecánicos y principios físicos que posibilitan comprender el funcionamiento de un generador eólico.
3. Presentar un generador eólico funcionando utilizando conceptos de física mecánica.

## HIPÓTESIS

Si se ajusta la curvatura de las aspas de los aerogeneradores, modificando el diámetro de los tubos utilizados para construir las aspas, entonces se hipotetiza que se mejorará significativamente la captura del viento y, en consecuencia, se incrementará la eficiencia en la generación de electricidad. Se prevé que, a mayor curvatura de las aspas, se capture una mayor cantidad de viento durante la rotación del aerogenerador, lo que resultará en una mejora sustancial de la eficiencia en la conversión de la energía eólica en electricidad.

## MARCO TEÓRICO

### 3.1. MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

El movimiento circular uniforme es un tipo de movimiento periódico en el cual una partícula se mueve en una trayectoria circular con una rapidez constante. En este tipo de movimiento, la partícula describe una circunferencia de radio R y su velocidad tangencial es constante en magnitud y dirección. La velocidad tangencial es la velocidad con la que la partícula se mueve a lo largo de la circunferencia.

Además, como menciona Méndez Mendinueta en el movimiento circular uniforme, la partícula completa una vuelta completa alrededor de la circunferencia en un tiempo constante llamado período (T). El período es el tiempo que tarda la partícula en dar una vuelta completa alrededor de la circunferencia. La frecuencia (f) del movimiento circular uniforme es el número de vueltas que la partícula completa en un segundo y se calcula como la inversa del período (f = 1/T).

Las ecuaciones que describen el movimiento circular uniforme son:

- Velocidad lineal o tangencial (v) = 2πR/T

- Aceleración centrípeta (a) = v^2/R = 4π^2R/T^2

- Longitud de arco (S) = Rθ, donde θ es el ángulo que la partícula ha recorrido alrededor de la circunferencia.

### 3.2. POTENCIA EÓLICA

La potencia eólica es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la energía cinética del viento. Esta energía se convierte en energía mecánica mediante el uso de un aerogenerador, que es una máquina que transforma la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación. Ibargüengoytia-González, Reyes-Ballesteros, Borunda-Pacheco y García-López mencionan que la energía mecánica se utiliza para hacer girar un generador eléctrico, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

La cantidad de energía eléctrica que se puede generar a partir de la energía eólica depende de la velocidad del viento y de la eficiencia del aerogenerador. La densidad del aire también es un factor importante, ya que la potencia disponible en el viento a una velocidad y que pasa a través de un área perpendicular está dada por la fórmula P = 1/2 \* ρ \* A \* V^3, donde ρ es la densidad del aire y V es la velocidad del viento.

La energía eólica es una forma de energía limpia y renovable que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes atmosféricos. Además, la energía eólica es una fuente de energía inagotable, ya que el viento siempre estará presente en la atmósfera. Por estas razones, la energía eólica es una alternativa atractiva a los combustibles fósiles y es una parte importante de la transición hacia un sistema energético más sostenible.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente experimento se basa en un enfoque metodológico sólido y riguroso que combina el método científico experimental, técnicas de medición empíricas y cálculos teóricos de física. Este enfoque se utiliza para investigar la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento, un campo de estudio fundamental en la búsqueda de fuentes de energía renovable y sostenible.

El método científico es una estructura ampliamente aceptada que guía la investigación científica de manera sistemática. En este contexto, se emplea para observar, hipotetizar, diseñar un experimento, recopilar datos y analizar resultados de manera objetiva. Las técnicas de medición empíricas, por su parte, permiten cuantificar observaciones tangibles, como la velocidad del viento y la iluminación del bombillo LED, proporcionando datos concretos que respaldan el análisis. Además, se aplican cálculos teóricos de física para comprender los principios fundamentales que rigen la generación de energía en este contexto. Asimismo, se menciona que, en la zona central de Bogotá, la velocidad promedio del viento es de 1,7 m/s, lo que es un dato relevante para la interpretación de los resultados, sin embargo para poner a prueba el funcionamiento del aerogenerador de savonious se requiere utilizar un instrumento que genere viento de mayor potencia como por ejemplo una sopladora que puede emitir viento con velocidades constantes de 8 m/s.

Por lo tanto, este enfoque metodológico se erige como una herramienta valiosa para explorar la aplicabilidad de la energía eólica y contribuir al avance del conocimiento en el campo de las fuentes de energía renovable. Los resultados obtenidos no solo se basan en evidencia sólida, sino que también tienen implicaciones importantes en la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles en la actualidad.

### 4.1. MÉTODO CIENTIFICO EXPERIMENTAL

El enfoque metodológico utilizado en este experimento se basa en el método científico, que proporciona una estructura rigurosa y sistemática para llevar a cabo investigaciones. Durante el proceso experimental, se emplearon técnicas de medición empíricas para cuantificar observaciones concretas, como la velocidad del viento generada por una secadora de pelo y la iluminación de un bombillo LED. Estas mediciones proporcionaron datos concretos y observables que sirvieron como base para el análisis.

Además, se aplicaron cálculos teóricos basados en principios de la física, especialmente relacionados con la energía cinética y la potencia, lo que permitió una comprensión más profunda de los conceptos subyacentes y proporcionó un marco teórico para interpretar los resultados experimentales. En conjunto, este enfoque integral, que combina métodos científicos, mediciones empíricas y cálculos teóricos, contribuyó al avance del conocimiento en el campo de la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento y aportó al entendimiento de la física aplicada en este contexto.

### 4.2. MATERIALES

* Ventilador para computador
* Diodo emisor de luz LED
* Cables para circuito rojo y negro
* Secador de pelo

### 4.3. MAGNITUDES FÍSICAS A MEDIR

* Velocidad del viento
* Tiempo de activación luz
* Longitud Radio del ventilador
* Corriente LED 2V
* Potencia viento

### 4.4. PROCEDIMIENTO PROTOTIPO FASE FINAL

Paso 1: Preparación y recolección de materiales:

* Se adquirió tubos de PVC de diferentes diámetros en buen estado, tornillos, un motor pequeño y bombillos LED.

Paso 2: Corte y preparación tubos y accesorios

* Se cortaron los tubos de PVC por la mitad para obtener las aspas
* Se realizaron agujeros en los extremos del eje para colocar las aspas

Paso 3: Ensamblaje de los tubos

* Se empalmaron los diferentes tubos para dar forma al prototipo de aerogenerador

SAVONIOUS

* Se aseguraron las aspas con tornillos al eje

Paso 4: Preparación cables de conexión

* Se utilizaron cables de conexión con conectores de cocodrilo.
* Se conectó el cable positivo (+) del ventilador al cable positivo (+) del bombillo LED.
* Se conectó el cable negativo (-) del ventilador al cable negativo (-) del bombillo LED.

Paso 5: Conexión del Bombillo LED

* Se verificó que el bombillo LED estuviera funcionando correctamente.
* Se conectó el bombillo LED al conjunto de cables preparado en el Paso 2.

Paso 6: Aplicación del Viento

* Se utilizó una secadora de pelo u otro dispositivo que generara flujo de aire.
* Se dirigió el flujo de aire hacia las aspas de la turbina. La velocidad de la secadora de pelo se ajustó según fuera necesario.

Paso 7: Verificación de Generación de Energía

* Se observó el bombillo LED para comprobar si se iluminaba.
* La iluminación del bombillo LED indicó que la turbina estaba generando electricidad a partir de la energía cinética del viento.

## RESULTADOS

**Cálculos de Aerogenerador Savonius prototipo final**

* Imagen que contiene Gráfico

  Descripción generada automáticamente***Mediciones estructurales del rotor***

|  |  |
| --- | --- |
| **Partes del rotor** | **Medidas** |
| Diámetro (D) | 20 cm |
| Separación central entre palas (e) | 2 cm |
| Altura (h) | 20 cm |
| Radio (r) | 10 cm |
| Motor Dinamo | 12 V |
| Motor Dinamo | 2000 rpm |

* ***Medidas meteorológicas de la ciudad de Bogotá D.C.***

|  |  |
| --- | --- |
| **Medidas meteorológicas** | **Medida** |
| Altura sobre el nivel del mar | 2749 m.s.n.m. |
| Temperatura promedio del Laboratorio de física | ≈ 25.2 °C |
| Velocidad del soplador de hojas | ≈19,7222 𝑚/𝑠 |

Fuente: (Burgos, Aldana, & Rodríguez, 2015)

**Potencia y energía cinética del viento, Ley de Betz**

Según las leyes de la mecánica de fluidos, el viento es un medio portador de energía cinética y sometido a una presión variable. Los gradientes en el campo de la presión atmosférica, es decir, las diferencias de presión generan flujos de masas de aire. Estos flujos de viento contienen energía cinética que puede ser absorbida por los aerogeneradores para generar electricidad.

La energía cinética de cualquier masa, siendo ésta sólida, líquida o gaseosa, es:

Donde, es la masa y es la velocidad de dicha masa en movimiento. En este caso, la masa es un fluido, concretamente, aire, con lo que el flujo de dicha masa con se puede expresar con la siguiente fórmula:

En esta ecuación, es la densidad del fluido, es el área a través del cual fluye la masa y es su velocidad.

Dado que la derivada temporal de la energía (o del trabajo) es la potencia, tomando una velocidad del viento constante, la potencia que podría entregar el viento es:

Para determinar la densidad del aire pueden utilizarse métodos directos o indirectos. Para la obtención indirecta de la densidad, se miden la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. Adicionalmente, puede determinarse de forma indirecta conociendo los parámetros como temperatura, altura sobre el nivel del mar:

En donde **𝜌** es la densidad del aire, **h** la altura en m.s.n.m. y **T** la temperatura promedio del lugar, en centígrados.

**Relación de superposición – Overlap (OL)**

Imagen que contiene Diagrama

Descripción generada automáticamente

Donde, es la separación central entre palas y es el diámetro del rotor

**Relación de aspecto del rotor (RAR)**

Imagen que contiene Rectángulo

Descripción generada automáticamente

Donde, es la altura de las palas y es el diámetro del rotor

**Área frontal**

**Potencia**

Estos cálculos se realizaron para la construcción del prototipo final, usando la velocidad del viento con instrumento tipo sopladora de hojas que incrementa la velocidad del viento promedio de la zona para poder obtener valores mayores en la potencia resultante.

## CONCLUSIONES

El cumplimiento del objetivo general de implementar el método científico en el desarrollo del proyecto se logró de manera exitosa. El enfoque sistemático y riguroso proporcionado por el método científico permitió realizar un experimento coherente y confiable.

Se cumplió el primer objetivo específico al relacionar conceptos y fenómenos físicos que intervienen en el funcionamiento del generador eólico Savonius. Durante el experimento, se evidenció la influencia del movimiento circular uniforme en la rotación de las aspas del generador, lo que resaltó la importancia de entender los principios físicos subyacentes. El segundo objetivo específico se abordó al evidenciar tanto los conceptos teóricos como la aplicación práctica de principios físicos. La teoría del movimiento circular uniforme se manifestó en la rotación constante de las aspas, mientras que la teoría de la potencia eólica se confirmó al observar cómo la energía cinética del viento se convertía en energía eléctrica.

El tercer objetivo específico se logró al presentar un generador eólico funcionando. La experimentación demostró que el prototipo construido con el ventilador de computador podía transformar la energía del viento en energía eléctrica de manera efectiva, lo que destaca su potencial como fuente de energía renovable. La teoría de la potencia eólica se validó en la práctica al observar que la velocidad del viento era un factor crítico en la eficiencia del generador como lo resalta San Roman. En la zona central de Bogotá, con una velocidad promedio del viento de 19.7 metros por segundo, se confirmó la viabilidad de la generación de energía eólica.

Finalmente, este experimento cumple con los objetivos planteados y relaciona de manera efectiva los conceptos de movimiento circular uniforme y potencia eólica con el funcionamiento del generador eólico Savonius. El método científico proporciona un enfoque sólido y riguroso para explorar la viabilidad de la energía eólica como fuente de energía renovable y sostenible. Los resultados destacan la importancia de comprender los fundamentos físicos y la velocidad del viento en la generación de electricidad a partir de la energía cinética del viento, respaldando así el potencial de esta tecnología en la transición hacia un sistema energético más sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

IBARGÜENGOYTIA-GÓNZALEZ, Pablo Héctor, REYES-BALLESTEROS, Alberto, BORUNDA-PACHECO, Mónica y GARCÍA-LÓPEZ Uriel Alejandro. Predicción de potencia eólica utilizando técnicas modernas de Inteligencia Artificial. Universidad Nacional Autónoma de México: Ingeniería Investigación y Tecnología, 2018. 11 p. https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v19n4/1405-7743-iit-19-04-e033.pdf

MATLAB. Energía producida por un aerogenerador. 2016. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/datos/viento/energia.html>

MÉNDEZ MENDINUETA, Justo Alberto. Diseño de una estrategia didáctica para la comprensión del movimiento circular uniforme y sus características. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2016. 89 p. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57710/justoalbertomendezmendinueva.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SAN ROMAN, Álvaro Lucas y PÉREZ DÍAZ, José Luís. Diseño de un aerogenerador para uso particular. Universidad Carlos III de Madrid. 2013. <https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/20245/TFG_Alvaro_Lucas_San_Roman.pdf>