

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**  
**FORMATO PROPUESTA TIPO 3**



**PROPUESTA DE OPCIÓN DE GRADO (mencione si es trabajo de grado o desarrollo tecnológico): Trabajo de grado**

No	Código	Nombre
1	7003748	Andres Felipe Bernal Urrea
2	7003932	Andres Camilo Bernal Ospina
3		

## **1. TÍTULO**

Aerogenerador de eje vertical (VAWT) tipo Savonius de geometría variable

## **2. ANTECEDENTES**

- "Vertical axis wind turbine" = 2378 resultados
- "Savonius rotor" = 550 resultados
- "Variable geometry wind turbine" = 155 resultados
- ("Vertical axis wind turbine" OR "Savonius") AND ("adjustable blades" OR "variable geometry") = 7 resultados
- ("Vertical axis wind turbine" OR "Savonius") AND ("adjustable blades" OR "variable geometry") AND ("performance" OR "power coefficient") = 4 resultados

[1] Se presenta un estudio experimental sobre el desempeño de una turbina eólica de eje vertical con geometría de palas variable, del diseño desarrollado por **Austin Farrah**. Este se compara experimentalmente con el desempeño de una turbina Savonius tipo Bach de tamaño equivalente, utilizando el mismo generador eléctrico e instrumentación de medición en un túnel de viento.

[2] Este trabajo presenta los resultados del desarrollo de una turbina eólica de eje vertical compuesta por palas planas de geometría variable, aplicada en operaciones

con bajas velocidades de viento. El nuevo concepto de turbina eólica de eje vertical con palas de apertura variable se presenta como un prototipo innovador, en el cual los detalles mecánicos resultan fundamentales para el control natural de la apertura de las palas.

[3] En este contexto, el presente artículo propone una **turbina eólica Savonius de eje vertical ajustable (SVAWT, por sus siglas en inglés)**. Esta se compone de tres módulos: un **módulo de absorción de energía**, un **módulo de recuperación de energía** y un **módulo de conversión de energía**.

- El **módulo de absorción de energía** está conformado por cuatro palas distribuidas en dos capas de manera escalonada. La relación de solapamiento entre las palas puede ajustarse en función de la velocidad del viento, lo cual garantiza que la SVAWT alcance una mayor eficiencia en la transferencia de energía.
- El **módulo de recuperación de energía** ajusta dicha relación de solapamiento de manera continua, aprovechando tanto la autorrotación como la revolución orbital de los engranajes.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN

En el análisis preliminar del sistema propuesto se han identificado una serie de síntomas que permiten evidenciar la presencia de una situación problemática en torno a la generación de energía eólica mediante un aerogenerador de eje vertical con palas ajustables. Para dar soporte objetivo al diagnóstico, cada síntoma se asocia con un indicador cuantificable y su respectiva unidad de medida, lo cual permitirá realizar un seguimiento riguroso durante la fase de implementación y evaluación del proyecto:

1. Síntoma: Bajo nivel de generación de energía en comparación con lo esperado.
  - Indicador: Promedio mensual de energía eléctrica generada frente al valor proyectado.
  - Unidad de medida: kilovatios-hora por mes (kWh/mes).
2. Síntoma: Inestabilidad en la velocidad de rotación del eje.
  - Indicador: Variación de la velocidad angular del rotor respecto a su valor nominal.
  - Unidad de medida: revoluciones por minuto (rpm).
3. Síntoma: Bajo aprovechamiento de la energía cinética del viento.
  - Indicador: Coeficiente de potencia obtenido respecto a la potencia eólica disponible en el área barrida.
  - Unidad de medida: porcentaje (%).

### 3.2 DESCRIPCIÓN

En la situación ideal, el aerogenerador de eje vertical con palas ajustables debería generar una cantidad de energía eléctrica acorde con los valores proyectados en función de la velocidad del viento disponible, mantener una velocidad de rotación estable del eje y aprovechar de manera eficiente la energía cinética del flujo de aire incidente. Sin embargo, la situación actual muestra una brecha respecto a esos parámetros: la producción energética medida es inferior al promedio esperado en kWh/mes, la velocidad angular del rotor presenta variaciones significativas frente a su valor nominal y el coeficiente de potencia se encuentra por debajo de los niveles de referencia establecidos para este tipo de sistemas. Estas evidencias permiten definir el problema como la diferencia existente entre el desempeño esperado y el realmente alcanzado en términos de generación, estabilidad operativa y eficiencia aerodinámica.

### 3.3 PLANTEAMIENTO

¿Qué ajustes en el diseño y el control de un aerogenerador de eje vertical con palas ajustables permiten incrementar la generación eléctrica, estabilizar la velocidad de rotación y elevar el coeficiente de potencia respecto a su estado actual?

## 4. JUSTIFICACIÓN

- **Perspectiva científica y académica:** el estudio contribuye con información experimental y analítica sobre la relación entre geometría variable, velocidad de rotación y coeficiente de potencia en aerogeneradores de eje vertical. Estos resultados pueden servir como referencia para investigaciones posteriores y fortalecer la formación en energías renovables y dinámica de fluidos aplicada.
- **Perspectiva técnica:** la implementación de un aerogenerador de eje vertical con palas ajustables permite explorar configuraciones que mejoran la estabilidad del sistema y la relación entre la energía captada y la energía disponible. Este enfoque abre la posibilidad de contar con un sistema más adaptable a diferentes condiciones de viento en comparación con diseños fijos.
- **Perspectiva ambiental:** al proponer una alternativa de generación distribuida basada en energía eólica, el proyecto fomenta el uso de fuentes limpias y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, con impacto positivo en la disminución de emisiones contaminantes.
- **Perspectiva económica:** al mejorar el desempeño de un sistema de bajo costo de instalación y mantenimiento, se abre la posibilidad de contar con soluciones energéticas viables para pequeñas comunidades, empresas o

instituciones, reduciendo gastos de electricidad y diversificando la matriz energética.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y evaluar un aerogenerador de eje vertical con palas ajustables que permita incrementar la generación eléctrica, lograr una mayor estabilidad en la velocidad de rotación y elevar el coeficiente de potencia, con el fin de establecer una alternativa viable de aprovechamiento de la energía eólica en contextos de generación distribuida y sostenible.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el comportamiento actual de la generación eléctrica, la estabilidad en la velocidad de rotación y el coeficiente de potencia del aerogenerador de eje vertical con palas ajustables.
- Diseñar las modificaciones necesarias en la geometría y el mecanismo de ajuste de palas para mejorar el aprovechamiento de la energía cinética del viento.
- Implementar un sistema de control que permita regular la apertura de las palas y mantener condiciones de operación estables en diferentes regímenes de viento.
- Validar experimentalmente el desempeño del prototipo construido mediante la medición de energía generada, velocidad de rotación y coeficiente de potencia.

## **6. ALCANCE O DELIMITACIÓN DE LA PROPUESTA**

## **7. MARCO REFERENCIAL**

Establece el marco de trabajo de todo el proyecto.

### **4.1 MARCO TEÓRICO**

Descripción de las teorías usadas para dar solución a la situación problemática.

Es importante citar adecuadamente los autores y fuentes de información.

#### 4.2 MARCO CONCEPTUAL\*

Se usa cuando se requiere aclarar conceptos con connotación distinta a la usualmente reconocida. No es un glosario.

#### 4.3 MARCO INSTITUCIONAL\*

Describe la organización.

#### 4.4 MARCO LEGAL\*

Relación de la normatividad asociada con la situación problemática objeto de investigación.

### 8. METODOLOGÍA

Describe de manera concreta el cómo se va a desarrollar el trabajo para lograr cumplir cada uno de los objetivos.

### 9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

### 10. RESULTADOS ESPERADOS

Relaciona los productos o resultados que se espera entregar una vez finalizado el trabajo.

### 11. BIBLIOGRAFÍA

[1] Prince, S. A., Badalamenti, C., & Georgiev, D. (2021). Experimental investigation of a variable geometry vertical axis wind turbine. *Wind Engineering*, 45(4), 904–920. <https://doi.org/10.1177/0309524X20935134>

[2] Ramirez Camacho, R. G., Suárez, W. D., Tiago Filho, G. L., Netto, D. C., Miranda, L. F., & Vasconcelos, G. (2022). Study of the Behavior of a Vertical Axis Eolic Turbine with Articulated Blades. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 15(2), 603–615. <https://doi.org/10.47176/jafm.15.02.32959>

[3] Zhao, Z., Li, Y., Zhang, B., Wang, C., Yan, Z., & Wang, Q. (2022). Design and Analysis of a Novel Adjustable SVAWT for Wind Energy Harvesting in New Energy Vehicle. *World Electric Vehicle Journal*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/wevj13120242>

<b>12. FIRMA EVALUADOR PROPUESTA (CONCEPTO)</b>
ACEPTADA ( )    NO ACEPTADA ( )    ACEPTADA CON AJUSTES( )
COMENTARIOS:

**Notas aclaratorias:**

1. El asterisco (\*) en los títulos o subtítulos denota que el elemento es “opcional”, esto quiere decir que si el título o subtítulo aplica debe incluirse, en caso contrario se omite.
2. Para la elaboración de la propuesta de la opción de grado se toma como guía este documento. Su contenido debe coordinarse con el director/tutor, de acuerdo a los aspectos y actividades específicas que se van a desarrollar en la opción y debe traer su visto bueno.
3. El estudiante debe adjuntar los documentos anexos que demuestren el cumplimiento de los requisitos para cada opción de grado. Consulte la Matriz de requisitos documentales por Opción de grado.