

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis del efecto Venturi en el diseño de
aletas mediante un aerogenerador tipo
Savonius**

Luis Alvaro Azorza Huaman
Arianne Palomino Camac
Jesus Aaron Victorio Lopez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jose Vladimir Cornejo Tueros
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 20 de Febrero de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Análisis del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius

Autores:

1. Luis Alvaro Azorza Huaman – EAP. Ingeniería Ambiental
2. Arianne Palomino Camac – EAP. Ingeniería Ambiental
3. Jesus Aaron Victorio Lopez – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía SI NO

Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): - SI NO

Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)**

ASESOR

PhD: Jose Vladimir Cornejo Tueros

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la fuerza, la sabiduría y la perseverancia necesaria para completar este proyecto.

A la Universidad Continental; a la Facultad de ingeniería, y al laboratorio ISEMINCON (Instituto de Servicios Mineros y de Construcción). A nuestro asesor, PhD José Vladimir Cornejo Tueros, por su inquebrantable apoyo, paciencia y valiosa orientación a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y conocimiento han sido fundamentales para llevar este proyecto a buen puerto. Finalmente, a todas aquellas personas que han logrado contribuir al desarrollo de esta investigación.

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo conjunto, y estamos profundamente agradecidos por haber compartido esta experiencia. Nos sentimos honrados de haber trabajado juntos y orgullosos de lo que hemos logrado.

DEDICATORIA

Para nuestros padres, por su amor incondicional y apoyo infinito. Para nuestros hermanos, por su aliento y compañía en los momentos difíciles. Para nuestros mentores, por guiarnos en este viaje académico. Y para nosotros mismos, por la perseverancia y el compromiso en alcanzar este logro. Esta tesis es un testimonio de gratitud hacia quienes han sido nuestra inspiración y nuestra fortaleza en este largo camino hacia el éxito profesional.

ÍNDICE

ASESOR	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Planteamiento de problema	16
1.1.2. Formulación del problema	17
1.2. Objetivos	17
1.3. Justificación	18
1.3.1. Justificación Ambiental	18
1.3.2. Justificación Teórica.....	18
1.3.3. Justificación Social.....	18
1.3.4. Justificación Económica.....	18
1.4. Hipótesis y variables	18
1.4.1. Hipótesis.....	19
1.4.2. Descripción de variables	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Internacionales	21
2.1.2. Nacionales	22
2.1.3. Locales	23
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Situación meteorológica del Perú.....	24
2.2.2. Energías renovables.....	28
2.2.3. Aerogeneradores	29
2.2.4. Mecánica de fluidos	33
2.2.5. Principio Bernoulli	34
2.2.6. Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).....	36
2.2.7. SolidWorks.....	37

2.2.8.	Formulación aplicada.....	37
2.3.	Definición de términos básicos.....	38
2.3.1.	Aleta.....	38
2.3.2.	Simulador de viento.....	38
2.3.3.	Dinamo.....	38
2.3.4.	Anemómetro de alabes.....	39
2.3.5.	Poleas.....	39
2.3.6.	Rodamiento.....	39
2.3.7.	Conducto de aire.....	39
2.3.8.	Varilla.....	39
2.3.9.	Melamina.....	39
2.3.10.	Multímetro.....	40
2.3.11.	Cable cocodrilo.....	40
2.4.	Simbología de ecuaciones.....	40
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....		42
3.1.	Método y alcances de la investigación.....	42
3.1.1.	Método de la investigación.....	42
3.1.2.	Alcances de la investigación.....	42
3.1.3.	Diseño de la investigación.....	42
3.1.4.	Técnicas e instrumentos de recolección.....	45
3.1.5.	Metodología de experimentación.....	46
3.1.6.	Diseño y análisis de aleta.....	47
3.1.7.	Construcción de prototipo.....	52
3.1.8.	Recolección de datos.....	55
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		57
4.1.	Resultados y análisis.....	57
4.1.1.	Generación de voltaje.....	57
4.1.2.	Velocidad del viento.....	60
4.1.3.	Prueba de hipótesis.....	67
4.1.4.	Discusión de resultados.....	74
CAPÍTULO V CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....		77
5.1.	Conclusión.....	77
5.2.	Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		79
ANEXOS.....		85
Anexo 01. Matriz de consistencia.....		85
Anexo 02. Validez de ficha de observación (1).....		87

Anexo 03. Validez de ficha de observación (2).....	88
Anexo 04. Validez de ficha de observación (3).....	89
Anexo 05. Certificado de calibración de Pinza Amperimétrica.....	90
Anexo 06. Certificado de calibración de Pinza Amperimétrica.....	92
Anexo 07. Plano de diseño de aleta	94
Anexo 05. Plano de diseño de turbina.....	94
Anexo 06. Plano de ensamblado de prototipo.....	95
Anexo 07. Ficha de recolección de datos de voltaje	95
Anexo 08. Ficha de recolección de datos de viento	96
Anexo 09. Cable dúplex calibre 18.....	96
Anexo 10. Dinamo de 24v.	96
Anexo 11. Corte de melamina para soporte de prototipo.....	97
Anexo 12. Corte de melamina para soporte de aletas	97
Anexo 13. Armado de los cortes de melamina para soporte de aletas.	97
Anexo 14. Ajuste de la base de madera al soporte de melamina.	98
Anexo 15. Implementación de varilla de acero al aerogenerador y soporte de melamina.....	99
Anexo 16. Instalación de sistema de poleas y dínamo de 24v.	99
Anexo 17. Instalación de sistema de poles	100
Anexo 18. Ajuste del soporte de melamina a la base.....	100
Anexo 19. Reforzando base del prototipo.....	101
Anexo 20. Ensamblado e instalación de aletas a la base de melamina.	101
Anexo 21. Ajuste de soporte de aleta a la base de melamina.....	102
Anexo 22. Ajuste de la segunda base superior al prototipo de la turbina.	102
Anexo 23. Medición de 0.5 metros	102
Anexo 24. Medición de 1 metro	103
Anexo 25. Medición de 1.5 metros.....	104
Anexo 26. Medición del voltaje en 0.5 metros sin aletas SVo0.5	104
Anexo 27. Medición del voltaje en 1.0 metros sin aletas SVo1.0.....	105
Anexo 28. Medición del voltaje en 1.5 metros sin aletas SVo1.5	105
Anexo 29. Medición del voltaje en 0.5 metros con aletas CVo0.5	106
Anexo 30. Medición del voltaje en 1 metro con aletas CVo1.0.....	106
Anexo 31. Medición del voltaje en 1.5 metro con aletas CVo1.5	107
Anexo 32. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros sin aletas SS1Ve0.5.....	107
Anexo 33. Medición de velocidad de aire en 1 metro sin aletas SS1Ve1.0	108
Anexo 34. Medición de velocidad de aire en 1.5 metro sin aletas SS1Ve1.5	108
Anexo 35. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros sin aletas SS2Ve0.5.....	109
Anexo 36. Medición de velocidad de aire en 1 metro sin aletas SS2Ve1.0	109

Anexo 37. Medición de velocidad de aire en 1.5 metros sin aletas SS2Ve1.5.....	110
Anexo 38. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros con aletas SS1Ve0.5.....	110
Anexo 39. Medición de velocidad de aire en 1 metro con aletas SS1Ve1.0	111
Anexo 40. Medición de velocidad de aire en 1.5 metros con aletas SS1Ve1.5.....	111
Anexo 41. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros con aletas SS2Ve0.5.....	112
Anexo 42. Medición de velocidad de aire en 1 metro con aletas SS2Ve1.0	112
Anexo 43. Medición de velocidad de aire en 1.5 metros con aletas SS3Ve1.5.....	113
Anexo 44. Tabla de resultados de recolección de datos	113
Anexo 45. Tabla de resultados de recolección de datos	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Savonius rotor «Diseño de un aerogenerador Savonius para uso doméstico», por Carlos Diago Vidal. 2019, p.13. (22).....	30
Figura 2 Aerogenerador Darrius «Instalación de dos aerogeneradores de baja potencia en la universidad politécnica de Sinaloa», por Irving morales 2015, p.13 (23).	31
Figura 3 Aerogenerador Giromil «Instalación de dos aerogeneradores de baja potencia en la universidad politécnica de Sinaloa», por Irving morales 2015, p.22 (23).	32
Figura 4 Turbinas eólicas de eje vertical «Instalación de dos aerogeneradores de baja potencia en la universidad politécnica de Sinaloa», por Irving morales 2015, p.20 (23).....	33
Figura 5 Derivación de la ecuación de Bernoulli. Tomado de «Principio de la ecuación de Bernoulli y sus aplicaciones», por Kumari y Kumar. 2022, p. 5078-5084. (24)	34
Figura 6 Boceto a mano alzada Prototipo	47
Figura 7 Diseño de aletas en SolidWorks	48
Figura 8 Simulación del diseño de aletas en SolidWorks	51
Figura 9 Aletas impresas en 3D	52
Figura 10 Turbina tipo Savonius.....	53
Figura 11 Aerogenerador impreso en 3D.....	53
Figura 12 Medición de voltaje de 0.5m	57
Figura 13. Generación de voltaje con y sin aletas a 1.0 m.....	59
Figura 14 Velocidad del viento con y sin aletas a 0.5 m con Simulador 1.....	61
Figura 15 Velocidad del viento con y sin aletas a 0.5 m con Simulador 2.....	61
Figura 16 Velocidad del viento con y sin aletas a 1.0 m con Simulador 1.....	63
Figura 17 Velocidad del viento con y sin aletas a 1.0 m con Simulador 2.....	64
Figura 18 Velocidad del viento con y sin aletas a 1.5 m con Simulador 1.....	65
Figura 19 Velocidad del viento con y sin aletas a 1.5 m con Simulador 2.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	20
Tabla 2 Promedio de la velocidad del viento en el Perú	25
Tabla 3 Velocidad máxima del viento en el Perú	26
Tabla 4 Promedio de la velocidad del viento en Junín.....	27
Tabla 5. Simbología de ecuaciones	40
Tabla 6 Medición de voltaje.....	43
Tabla 7 Medición de velocidad de aire	43
Tabla 8 Materiales.....	46
Tabla 9 Equipos.....	46
Tabla 10 Descriptores numéricos de las pruebas para la generación del efecto Venturi.....	58
Tabla 11 Descriptores numéricos de las pruebas para la generación del efecto Venturi.....	59
Tabla 12 Descriptores numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi.....	62
Tabla 13 Descriptores numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi	64
Tabla 14 Descriptores numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi	66
Tabla 15 Resultado de voltios a 0.5m	68
Tabla 16 Resultados de voltios en 1m.....	69
Tabla 17 Resultado de viento Simulador 1 a 0.5m.....	70
Tabla 18 Resultado de velocidad de viento con Simulador 2 a 0.5m.....	70
Tabla 19 Resultado de viento Simulador 1 a 1m.....	71
Tabla 20: Resultado de viento Simulador 2 a 1m	72
Tabla 21 Resultado de viento Simulador 1 a 1.5m.....	73
Tabla 22 Resultado de viento Simulador 2 a 1.5m.....	74

RESUMEN

Esta investigación, fue realizada con el objetivo principal de determinar el comportamiento del efecto Venturi en un aerogenerador tipo Savonius mediante el diseño de aletas. El primer desafío fue crear un diseño en el cual ocurriera el efecto Venturi, al cual llamamos aletas. El diseño de la aleta fue creada a mano alzada, a la par se aplicó la fórmula matemática del Principio Bernoulli considerando las medidas del diseño de la aleta, posteriormente fue digitalizada en el software SolidWorks y se aplicó Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para observar el comportamiento del aire y del efecto Venturi, debido a que los datos matemáticos y simulados fueron favorables se optó por la construcción y experimentación del diseño de aletas que se implementó a un aerogenerador tipo Savonius.

Se realizó un experimento con dos condiciones experimentales, la primera condición se desarrolló sin la influencia de las aletas, donde se ejecutaron 9 pruebas con distintos simuladores de viento, el primer simulador de viento cuenta con una potencia de 650w (simulador 1), mientras que el segundo simulador de viento cuenta con una potencia de 400w (simulador 2), cada una de estas pruebas se efectuaron a distancias de 0.5, 1 y 1.5 metros. Asimismo, con la otra condición experimental se realizó sin la influencia de las aletas donde se realizaron 9 pruebas con distintos simuladores de viento, (simulador 1 y simulador 2), cada una de estas pruebas se efectuaron a distancias de 0.5, 1 y 1.5 metros. Con la finalidad de comprar la influencia de las aletas en la generación de voltaje, la velocidad de viento y el comportamiento en distintas distancias.

Se concluyó que las aletas favorecen la generación de energía en el aerogenerador al potenciar el efecto Venturi. Sin embargo, su comportamiento varía con respecto a las distancias mas no se ve influenciado potencialmente por los simuladores, de esta manera se identificó que la distancia de 1 metro es la óptima para generar este efecto, logrando una mayor eficiencia en la conversión de energía y obteniendo altas velocidades de aire. Sin embargo, las distancias de 0.5 y 1.5 metros resultaron menos favorables; a 0.5 metros, el flujo de aire simulado no se aprovecha completamente, lo que dificulta la creación del efecto Venturi, a 1.5 metros, la velocidad del viento disminuye y el flujo se vuelve menos estable, lo que también reduce la eficiencia en la generación de energía.

Palabras clave: Efecto Venturi, aerogenerador, aleta, Principio Bernoulli, CFD.

ABSTRACT

The present study was carried out with the main objective of bringing off the generation of the Venturi effect in a Savonius wind turbine by means of using the design of fins, where the first challenge was to create a duct in which the Venturi effect would occur, the ones(ducts) we call fins. The design of the fin was created first, as a free hand sketch, simultaneously, a mathematical formula: Bernoulli equation, considering the measurements of the fin design, afterwards these were digitalized in the software “SolidWorks” and the Computational Fluid Dynamic (CFD) was applied in order to observe the performance of the air and the Venturi effect, due to mathematical and simulated data were auspicious, the next step was the construction and experimentation of the fin design, that was included to a Savonius wind turbine.

An experiment was carried out with two experimental conditions, the first condition was developed without the influence of the fins, where 9 tests were executed with different wind simulators, the first wind simulator has a power of 650w (simulator 1), whereas the second wind simulator has a power of 400w (simulator 2), each of these tests were carried out at distances of 0.5, 1 and 1.5 meters. In addition, the other experimental condition was carried out without the influence of the fins, where 9 tests were carried out with different wind simulators, (simulator 1 and simulator 2), each of these tests were performed at distances of 0.5, 1 and 1.5 meters. In order to test the influence of fins on voltage generation, wind velocity and capabilities at various distances.

Ultimately, it is concluded that the fins generate positively the Venturi effect and as a consequence the energy generation increases. In addition, it is demonstrated that the distances experience a positive influence when this is 1 meter away, since the Venturi effect is generated most favorable. On the other hand, the distances: 0.5 and 1.5 meters’ experience a negative influence. The first one because not all of the simulated air was used, thus the Venturi effect is not generated. The second one because the wind velocity is dispelled and as a result there is an unstable flow.

Key words: Venturi effect, wind turbine, fin, Bernoulli equation, Computational Fluid Dynamic (CFD)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las energías renovables vienen destacando como fuentes de energías limpias, competitivas e inagotables, las cuales derivan de recursos naturales que logran regenerarse más rápido de lo que se consumen. Estas fuentes están presentes en diversos entornos. Cabe destacar que, en el año 2018, el consumo de energía global, logro aumentar un 2.9%, dentro de este contexto, la Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA, por sus siglas en inglés), nos menciona que, en los últimos años, las energías renovables vienen ocupando el cuarto lugar como fuente de consumo de energía primaria (1).

En Perú, las energías renovables han logrado un crecimiento notable en la última década, principalmente en la generación de electricidad. Los proyectos de energía renovable como la solar, eólica, geotérmica, y biomasa van aumentando en número y capacidad, debido a la gran variedad de recursos naturales que posee nuestro país. Estas fuentes contribuyen a reducir la dependencia de combustibles fósiles, diversificar la matriz energética y apoyar la sostenibilidad ambiental, en especial en áreas rurales donde el acceso a la energía es limitado (2).

Es importante tener en cuenta que, en el Perú, muchas comunidades rurales vienen enfrentando dificultades para acceder a la electricidad o dependen de fuentes de energía que son costosas como ineficientes. Según un informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en 2022, el 50.5% de la población nacional carecía de un suministro adecuado de electricidad a través de la red pública. Esta situación es especialmente grave en las áreas rurales, donde el 69.9% de los habitantes enfrenta limitaciones energéticas, en contraste con el 45.7% en zonas urbanas (INEI, 2023). Frente a este desafío, las energías renovables como los paneles solares y las turbinas eólicas surgen como soluciones sostenibles y accesibles. A diferencia de la red eléctrica convencional, estas tecnologías permitirán instalar sistemas de energía localizados que aprovechen recursos naturales como el sol y el viento, los cuales serán ideales para áreas de difícil acceso. Además, al no depender de costosas expansiones de infraestructura, estos sistemas reducen los costos de instalación y mantenimiento, funcionando de forma autónoma y disminuyendo los gastos de operación y transporte (3).

La energía eólica, en particular, es una de las más prometedoras en Perú, con un potencial técnico estimado de 20,000 MW. Sin embargo, actualmente se utiliza solo el 2% de ese potencial, a través de parques eólicos ubicados en regiones con fuertes vientos como Ica, Piura, y Cajamarca. Entre las centrales eólicas en operación, destacan los parques de Punta Lomitas y Wayra I, ambos en Ica, que son de los más grandes y eficientes del país. Estos proyectos generan electricidad sin emisiones contaminantes y crean empleos locales, fortaleciendo la economía de las comunidades cercanas (4).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento de problema

El aumento de consumo de energía eléctrica ha provocado un incremento en la quema de combustible fósiles de un 40 % en la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera, convirtiéndose en uno de los principales contribuyentes al cambio climático y al calentamiento global. Estos fenómenos representan una preocupación inminente, ya que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Por ello, es necesario dar prioridad a la elaboración de proyectos de energías renovables y sostenibilidad ambiental (5).

El Perú de igual manera no es ajeno a esta problemática, pese a que poseemos un amplio potencial para la utilización de energías renovables, estas solo logran tener una participación del 5% en la estructura energética. Sin embargo, se busca incrementar la flexibilidad en los procesos de adquisición para suministros eléctricos (6).

En 2014, se publicó el objetivo de incrementar la producción de las energías renovables, donde el Perú se comprometió en brindar su apoyo en la Evaluación del Estado de preparación de las energías renovables (por sus siglas en inglés RRA) en Latinoamérica. El RRA menciona como conclusión que nuestro país avanza con pasos agigantados en el desarrollo de las licitaciones de energías renovables y posee un potencial de energía hidroeléctrica, por las numerosas fuentes de energía que posee (7). Cabe mencionar que una de las tecnologías más viables es el aprovechamiento de la energía eólica mediante aerogeneradores, por lo que también se debe considerar que existe una falta de seguridad técnica en la existencia de viento, ya que no puede utilizarse como única fuente de energía eléctrica, debido a que hasta el momento, no se han desarrollado sistemas de almacenamiento de energía eléctrica que sean lo suficientemente amplios y eficientes. (8).

Así mismo, el costo de la unidad de energía producida en instalaciones eólicas se deduce de un cálculo bastante complejo, ya que se deben tener en cuenta diversos factores, entre ellos, el costo de un aerogenerador, cuyo promedio en una central eólica en la actualidad es de unos 1 200 dólares por kW de potencia instalada, y variable según la tecnología y la marca que se vaya a instalar, donde también se van a considerar los costos de operación y mantenimiento (8).

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serían los parámetros del diseño de aletas para generar el efecto Venturi de manera óptima?
- ¿Cuál es la diferencia de voltaje y flujo de aire que genera el aerogenerador tipo Savonius con y sin la influencia del efecto Venturi?
- ¿Cómo influye el flujo de aire a diferentes distancias de un aerogenerador tipo Savonius para producir el efecto Venturi en las aletas?

1.2. Objetivos

1.2.1.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius.

1.2.1.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros del diseño de aletas para generar el efecto Venturi de manera óptima
- Comparar el voltaje que genera el aerogenerador tipo Savonius con y sin la influencia del efecto Venturi.
- Evaluar la influencia del flujo de aire a diferentes distancias de un aerogenerador tipo Savonius para producir el efecto Venturi en las aletas.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Ambiental

El crecimiento de la economía del país generó un incremento de las emisiones de Dióxido de carbono (CO₂) por ejemplo, en transporte un 19.3%, eléctrica y calefacción un 11.6%, industrias manufactureras un 8.4%, otras industrias un 4.9%, y otros sectores generan un 4.7% (8). En el Perú para la obtención de energía los aerogeneradores eólicos se usan poco a comparación de otras fuentes de energía, esta nos proporciona electricidad sin la necesidad de un proceso de combustión, evitando así la generación de contaminantes y siendo amigable con el ambiente, además de utilizar una fuente interminable para su funcionamiento (9).

1.3.2. Justificación Teórica

La presente investigación se desarrolla con el fin de mejorar el rendimiento de un aerogenerador eólico tipo Savonius con la influencia del efecto Venturi, a través de unas aletas, debido a que las velocidades de viento en la zona sierra son bajos y variados, es por ello, que con el fin de aprovechar el efecto Venturi se diseñó unas aletas para el incremento de velocidades, optimizando el funcionamiento del aerogenerador eólico, además de dar soporte a nuevas investigaciones (10).

1.3.3. Justificación Social

La información generada se dará a conocer a la población, para que esta sea implementada en lugares recónditos, donde la energía sea escasa, además de explicar el rol importante de las aletas en el aerogenerador eólico tipo Savonius, para que este tenga un uso y cuidado adecuado, incentivando así el uso de la energía eólica en diferentes lugares, comprometiéndonos de esta manera con la ODS 7 (energía asequible y no contaminante) garantizando una energía limpia y de acceso universal para los diferentes sectores (11).

1.3.4. Justificación Económica

Se estima que el Perú tiene un potencial eólico de 77 000 MW, de los cuales se podrían explotar más del 22 000 MW a través de múltiples formas, esta puede ser implementadas en casas o incluso en empresas de una manera casera, es por ello por lo que las aletas y el aerogenerador pueden construirse con materiales PET, ya que son fuentes baratas para la implementación, y una vez implementada permitirá ahorrar electricidad, generando un gran beneficio económico (8).

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis

1.4.1.1. Hipótesis General

El efecto Venturi se comporta de manera positiva en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius.

1.4.1.2. Hipótesis Específica

- El diseño de aletas mediante el efecto Venturi incrementan la generación de energía de manera óptima en el aerogenerador tipo Savonius
- Existe diferencia de voltaje que genera el aerogenerador tipo Savonius con y sin la influencia del efecto Venturi
- El flujo de aire a diferentes distancias influye positivamente en un aerogenerador tipo Savonius mediante el efecto Venturi.

1.4.2. Descripción de variables

1.4.2.1. Variable independiente

Diseño de aleta.

1.4.2.2. Variable dependiente

- Aerogenerador
- Efecto Venturi

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Diseño de aleta	Es un conducto de aire, denominado “aleta” por su forma, con el fin de generar el efecto Venturi.	Parámetros de diseño	Geometría de aletas. Área del conducto de entrada y salida.	SolidWorks
Aerogenerador	Es la obtención de energía eléctrica que produce un rotor con ayuda de agentes externos.	Voltaje a diferentes distancias.	Voltaje (v) Velocidad del viento (m/s) Distancia	Multímetro. Anemómetro. Flexómetro
Efecto Venturi	El Efecto Venturi es descrito como un fenómeno en fluidos, debido a que describe el cambio de velocidad de un fluido, es decir al pasar el fluido por una sección de tubería de menor diámetro la velocidad aumenta y cuando pasa por una sección de mayor diámetro la velocidad disminuye, siendo inversa para la presión (11).	Diferencia de velocidades	de Diferencia de velocidades	Anemómetro.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

La tesis titulada “Construcción de un prototipo para mejorar la eficiencia energética” de la Universidad Múnich de Dios tuvo como objetivo diseñar un dispositivo eólico donde se aprovechó el efecto Venturi, para mejorar la eficiencia en la captación de energía eólica, especialmente en zonas urbanas donde el flujo de viento es limitado. Este proyecto buscó reducir la dependencia de fuentes convencionales de energía y disminuir el impacto ambiental asociado. La metodología incluyó varias etapas de diseño y pruebas experimentales en laboratorio, donde se analizaron las condiciones controladas del flujo de viento para evaluar la eficiencia del prototipo. Los resultados mostraron un aumento considerable en la captación de energía, lo cual destacaron su potencial para su implementación en entornos urbanos. Este avance no solo optimizó la generación de energía en áreas con vientos limitados, sino que también contribuye a la sostenibilidad energética y a la mitigación del cambio climático (12). Esta investigación nos permitió dar un mayor alcance de la aplicación y captación del efecto Venturi en nuestra investigación.

En la tesis de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), titulada "Diseño de un aerogenerador de eje vertical de uso pedagógico y simulación haciendo uso de SolidWorks", tuvo como objetivo principal crear un prototipo de aerogenerador de eje vertical orientado a la educación, que permita a los estudiantes comprender el funcionamiento de la energía eólica de manera accesible y económica. Este diseño fue concebido para operar a bajas velocidades de viento, haciéndolo adecuado para entornos urbanos y de bajo recurso. En la metodología, el equipo utilizó el software SolidWorks para el diseño y simulación detallada de los componentes del aerogenerador, evaluando la dinámica del flujo de aire y la eficiencia energética de un modelo Savonius con álabes y sistema de bobinado, elementos esenciales para su funcionamiento en sistemas de eje vertical. Los resultados del prototipo mostraron que cumple su función pedagógica al facilitar la visualización de principios básicos de aerodinámica y generación de electricidad en turbinas pequeñas, constituyéndose como una herramienta educativa útil en programas de ingeniería (13). La investigación nos ayudó a formular mejor la simulación en SolidWorks para que no tengamos errores que puedan afectar la ejecución.

El artículo titulado "Túnel de viento para ensayos de aerogeneradores de baja potencia", tuvo como objetivo diseñar y construir un túnel de viento dedicado a la prueba de aerogeneradores

de pequeña escala para aplicaciones experimentales y académicas, donde a su vez se buscó establecer una instalación de pruebas que permita evaluar el rendimiento de aerogeneradores de baja potencia bajo diversas condiciones de viento, facilitando así su optimización y adaptación a los recursos eólicos locales. La metodología empleada incluye la construcción de un túnel con materiales como polímeros y metales para asegurar baja rugosidad y estabilidad aerodinámica, además de integrar secciones de control de velocidad y presión a través de toberas y difusores. Los resultados del estudio mostraron que el túnel de viento fue efectivo en mantener un flujo de aire estable, ya que las variaciones de velocidad y presión se mantuvieron en niveles mínimos, lo que permitió obtener datos precisos sobre la eficiencia de distintos aerogeneradores de baja potencia (14). Este artículo nos permitió corroborar de manera práctica los resultados de nuestra investigación, donde nos ayudó a delimitar los parámetros requeridos para poder evaluar la influencia del efecto Venturi en un prototipo experimental.

2.1.2. Nacionales

La tesis titulada “Construcción de prototipo de aerogenerador Savonius a nivel de banco para optimizar captación de energía eólica” realizada en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión tuvo como objetivo mejorar la captación de energía eólica mediante un prototipo de aerogenerador tipo Savonius, evaluando su capacidad de potencia (C_p), eficiencia y el potencial de ahorro de CO_2 al escalar el diseño. La metodología incluyó el diseño en gabinete y pruebas de dos turbinas: una clásica de dos etapas (0.2 metros de diámetro y 0.15 metros de altura) y otra modificada de una etapa, con cuatro álabes (0.24 metros de diámetro y 0.18 metros de altura). Las pruebas en laboratorio se realizaron con vientos constantes de 2.9, 3.9 y 4.8 m/s. Los resultados indicaron que el prototipo modificado alcanzó una capacidad de potencia de 0.43 y una eficiencia un 159% superior respecto al modelo clásico, proyectando una generación anual de 91.84 MWh y un ahorro de 254,689 toneladas métricas de CO_2 al implementarse en un parque eólico con 10 unidades (15). Esta investigación nos brindó un alcance de mejora para realizar el diseño de las aletas, ya que usó un túnel para redireccionar el viento hacia el prototipo, de esta manera obtener mejores resultados en el funcionamiento del prototipo.

La tesis titulada “Diseño y simulación de un banco de pruebas para evaluar el rendimiento de turbinas eólicas de eje horizontal de hasta una potencia de 600W” realizada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de diseño de un banco de pruebas para evaluar el rendimiento de turbinas eólicas de eje horizontal de baja potencia hasta los 600W, para que sirva como herramienta de laboratorio en estudios relacionados a las energías renovables. La metodología incluyó principalmente el diseño de la

estructura y geometría del túnel de viento, mediante simulaciones computacionales como son la simulación numérica del fluido dentro del túnel de viento, simulación de tensiones en la estructura y una simulación del controlador para los dos tipos de operación a través de los softwares PLC SIM y LabVIEW. Los resultados de la simulación del túnel de viento a una distancia de 4.5 m donde colocaron distintas velocidades, entre ellas la velocidad de entrada de 6 m/s obtuvo una velocidad de salida de 8.39 m/s siendo un 39.83% de incremento en la velocidad. En conclusión, se dio de manera correcta el diseño del túnel de viento y su estructura, además de que las simulaciones computacionales dieron resultados positivos, demostrando el buen aporte del túnel de viento al aerogenerador (16). Esta investigación ayudó a encaminar de mejor manera el desarrollo del diseño.

2.1.3. Locales

En la tesis de investigación “Diseño de un VAWT Savonius para recolectar energía eólica de vehículos que se desplazan por la vía del sector Quebrada Honda – Huancayo, tuvieron como objetivo el diseño de un aerogenerador de eje vertical (VAWT) Savonius para recolectar energía eólica de los vehículos que transitan por dicho sector, la metodología tomada por esta investigación consiste en realizar un estudio de valor de tres diseños iniciales, donde luego deben de seleccionar a través de un análisis el diseño óptimo. Donde obtuvieron como resultado, que el diseño aprovecha las estelas de viento para generar energía eólica debido a la forma helicoidal que tiene, además determinaron que la velocidad promedio mínimo y máximo fueron 5,15 m/s y 6,9 m/s respectivamente, siendo los adecuados para el buen funcionamiento (17). Esta investigación nos dio una noción de que datos debemos de utilizar para nuestra investigación y tomar en cuenta el diseño del aerogenerador.

En la tesis titulada “Captación de aire mediante toberas que genere la mayor cantidad de energía eólica Huancayo - Perú”, tuvieron como objetivo determinar las condiciones atmosféricas y en base a ello poder diseñar 8 prototipos en el SolidWorks y realizar simulaciones para saber cuál de ellos tiene una mayor eficiencia, la metodología utilizada por esta investigación consiste en recolectar el conocimiento teórico en base al tema para luego transformarlo en producto, es decir realizar un proceso de enlace entre la teoría y el producto. Donde obtuvieron como resultado que el convertidor eólico con captación de aire mediante toberas resulta ser más conveniente que un convertidor eólico convencional tipo HAWT, ya que produce 6 veces más energía (18). Esta investigación nos ayudó a implementar el programa de SolidWorks para poder realizar el diseño y simulación de las aletas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Situación meteorológica del Perú

El Perú es un país excepcionalmente diverso en términos climáticos, gracias a dos influencias principales: la imponente Cordillera de los Andes y las corrientes marinas del Humboldt y del Niño. Estos factores transforman su clima en una amalgama de variedades subtropicales y tropicales, a pesar de su ubicación geográfica que sugiere un clima cálido y lluvioso típico de los países tropicales (19).

La presencia de la Cordillera de los Andes modifica significativamente el clima, generando una gran diversidad de microclimas a diferentes altitudes. Mientras que las corrientes marítimas del Humboldt y del Niño influyen en las temperaturas y en los patrones de lluvia a lo largo de la costa, creando condiciones climáticas únicas en cada región del país. De esta manera, el Perú exhibe prácticamente todas las variantes climáticas que se encuentran en el mundo, desde desiertos áridos hasta selvas tropicales húmedas, pasando por regiones de montaña con climas fríos y templados. Esta extraordinaria diversidad climática es una de las características más destacadas del país, contribuyendo a su rica biodiversidad y ofreciendo una amplia gama de paisajes y ecosistemas para explorar (19).

En la región costera del Perú, se pueden distinguir dos tipos principales de clima. Entre Lambayeque y Tacna, predomina un clima subtropical, caracterizado por temperaturas medias que oscilan entre 18°C y 21°C. Además, la humedad atmosférica en esta zona puede llegar a niveles muy altos, entre el 90% y el 98%. Por otro lado, entre Tumbes y Piura, el clima es semitropical, con temperaturas más elevadas con una media anual de alrededor de 24°C. Aquí, las lluvias son más periódicas durante el verano, y la humedad también es considerable, contribuyendo a un ambiente más cálido y húmedo en esta parte de la costa peruana (19).

En la sierra peruana, el clima es muy diverso. Las temperaturas medias varían ampliamente desde los 6°C hasta los 16°C. En las cumbres nevadas por encima de los 4500 metros sobre el nivel del mar, el clima es glacial, mientras que en el altiplano se experimenta un clima frío. En las zonas más bajas de las vertientes, el clima es más moderado, y en los valles profundos, el clima tiende a ser más cálido. Las precipitaciones en forma de nieve y granizo ocurren por encima de los 3800 metros sobre el nivel del mar, mientras que por debajo de esta altitud y hasta los 2500 metros, las lluvias son abundantes, especialmente durante el verano, que va de diciembre hasta abril (19).

En la Amazonía peruana, el clima es cálido y húmedo durante todo el año. Las lluvias son abundantes, especialmente en los primeros cuatro meses del año, lo que contribuye a la crecida de los ríos. La zona más lluviosa es conocida como Selva Baja. Las temperaturas anuales varían

entre los 16°C y los 35°C, siendo más bajas en la Selva Alta y más altas en el Llano Amazónico (19).

2.2.1.1. Obtención de datos meteorológicos

Los datos fueron recopilados del Anuario de Estadísticas Ambientales de Perú, proporciona una visión integral de los datos ambientales recopilados en el país. Uno de los aspectos cruciales es la medición de la velocidad del viento en diferentes regiones. A continuación, presentamos los resultados de la velocidad promedio (ver tabla 2) y velocidad máxima del viento en Perú desde el año 2000 (ver tabla 3) hasta el año 2022 (20).

Tabla 2
Promedio de la velocidad del viento en el Perú

	AÑOS (m/s)				
	2000 - 2004	2005 - 2009	2010 - 2014	2015 - 2019	2020 - 2022
Costa	2.64	1.98	2.25	2.25	2.61
Sierra	1.84	1.68	1.25	1.18	1.37
Selva	2.31	2.58	1.94	1.97	1.97

Nota: elaboración propia.

Tabla 3
Velocidad máxima del viento en el Perú

ZONA	DEPARTAMENTO	AÑO	VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)
COSTA	ICA	2011	6.00
SIERRA	HUANCAVELICA	2008 - 2009	7.00
SELVA	AMAZONAS	2004	5.00
	SAN MARTIN	2004	5.00

Nota: elaboración propia.

2.2.1.2. Descripción meteorológica de Junín

A. Descripción geográfica de Junín

La región Junín, está en los andes peruanos centrales, cubre 44,197 km², lo que representa el 3.4% del territorio del país. Limita al este con Cusco y Ucayali, al norte con Pasco y Ucayali, al oeste con Lima y al sur con Ayacucho y Huancavelica. Se divide en dos zonas naturales: la sierra, que abarca 20,821 km² e incluye la meseta del Bombón, el Valle del Mantaro y el lago Junín; y selva y la ceja de selva, con 23,376 km², donde se encuentran los valles de Tambo , Ene, Perené y Chanchamayo. La altitud varía desde los 5,730 msnm en la cordillera Pariaqaqa hasta los 220 msnm en la unión de los ríos Tambo y Urubamba, que forman el Río Ucayali. Además, la región cuenta con cuatro cuencas hidrográficas importantes: los ríos Mantaro, Ene, Perené y Tambo (21).

La región de Junín tiene un relieve montañoso debido a las cordilleras Occidental y Central, lo que da lugar a importantes redes hidrográficas como los ríos Mantaro, Perené, Tambo y Ene. El Valle del Mantaro, formado por el río del mismo nombre, es una zona clave donde se concentra gran parte de la población y varias provincias. Cerca de la cordillera occidental, la zona de Yauli destaca por su riqueza mineral. En las áreas de transición hacia la selva, el terreno se vuelve más suave, lo que favorece la agricultura y la explotación forestal, gracias a su suelo fértil y clima favorable (21).

2.2.1.3. Descripción clima e hidrografía de Junín:

En los valles interandinos de provincias como Huancayo, Yauli, Chupaca, Junín, Jauja, Tarma y Concepción, su clima es principalmente frío y templado, con baja humedad. En contraste, las provincias de selva y ceja de selva, como Satipo y Chanchamayo, tienen un clima húmedo y cálido, con precipitaciones intensas entre noviembre y mayo (21).

A. Obtención de datos meteorológicos

Para la obtención de datos meteorológicos se utilizaron los datos anuales de estadísticas ambientales del Perú del año 2023 ver tabla 4 (20),

Tabla 4
Promedio de la velocidad del viento en Junín

Año	Velocidad De Viento (m/s)	Año	Velocidad De Viento (m/s)
2001	2,00	2012	2,00
2002	2,00	2013	1,90
2003	2,00	2014	2,00
2004	3,00	2015	1,90
2005	3,00	2016	1,90
2006	2,00	2017	2,60
2007	2,00	2018	2,20
2008	2,00	2019	2,30

2009	2,00	2020	2,20
2010	2,00	2021	2,00
2011	2,00	2022	1,90
Promedio	2,00		2.13

Nota: elaboración propia.

2.2.2. Energías renovables

Las energías renovables (RES) son aquellas que se originan a partir de recursos naturales capaces de regenerarse a una velocidad superior a su consumo. Estas fuentes energéticas son abundantes y están presentes en diversos entornos (8).

La generación de energías limpias genera menos contaminación que el uso de combustibles fósiles. Transicionar de los combustibles fósiles a las fuentes renovables es crucial para combatir la emergencia climática.

Actualmente, las fuentes de energía sostenible son más económicas en la mayoría de las naciones y crean tres veces más empleos que los combustibles tradicionales.

En el Perú, las energías renovables se logran realizar a través de subastas, lo cual son administradas por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). Este mecanismo posee un conjunto de reglas para poder asignar recursos y a su vez darle un precio donde se basen en las ofertas de cada participante.

En el ámbito global, este uso de subastas se considera un mecanismo competitivo para promover el uso de las energías renovables. La facilidad de las subastas de RES ha permitido obtener buenos resultados en el abaratamiento de los costos de las tecnologías de RER (8).

2.2.2.1. Tipos de energías renovables

A. Energía eólica

Aprovecha la energía cinética del viento en movimiento. Su principal uso para combatir el cambio climático radica en la generación de electricidad mediante la instalación de grandes aerogeneradores, tanto en tierra como en el mar (7).

B. Energía solar

Aprovecha la energía emitida por el sol para generar electricidad a través de procesos fotovoltaicos o mediante tecnología de concentración solar, que permite la producción de energía térmica (7).

C. Energía hidráulica

Se genera a partir del uso de la energía cinética y potencial del flujo de ríos, cascadas o mares. Puede aplicarse a gran o pequeña escala, especialmente cuando se aprovecha la fuerza del agua sin necesidad de embalsarla (7).

D. Energía Geotérmica

Aprovecha el calor interno disponible en el subsuelo terrestre. La energía térmica se obtiene de yacimientos geotérmicos a través de perforaciones. En la superficie, los fluidos a diferentes temperaturas se emplean para producir energía eléctrica (7).

E. Bioenergía

Se deriva de varias fuentes de biomasa, restos forestales y otros materiales orgánicos. Sirve para generar energía eléctrica o fabricar combustibles en estado gaseoso, líquido o sólido (7).

2.2.3. Aerogeneradores

Los aerogeneradores son dispositivos utilizados para convertir la energía del viento en electricidad. Se pueden clasificar según la disposición de sus palas en aerogeneradores de eje horizontal y de eje vertical (22).

2.2.3.1. Clasificación de aerogeneradores según el eje del rotor

A. Rotor de eje vertical

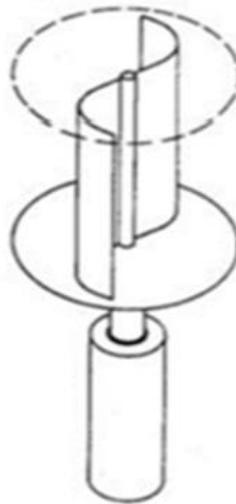
Este rotor mantiene una dirección omnidireccional, así mismo son instaladas a ras del suelo lo que facilita su mantenimiento y los costos son bajos, por otro lado, mantienen una eficiencia menor a comparación de otros tipos de aerogeneradores (22). Los tipos de aerogeneradores que mantienen el rotor de eje vertical son los siguientes:

B. Aerogenerador Savonius

Es uno de los modelos de rotor más simples que hay, este consta de cilindros huecos que se desplazan alrededor del eje, ofreciendo la parte cóncava al sotavento y la parte convexa a barlovento, asimismo se suele mejorar sus diseños para evitar una sobre presión en el interior de la parte cóncava, por lo general no suele ser utilizados para la producción de electricidad debido que tienen una elevada resistencia al aire, pero el bajo costo y rápida construcción hacen que sean útiles para demostrar diferentes aplicaciones (22).

Figura 1

Savonius rotor «Diseño de un aerogenerador Savonius para uso doméstico», por Carlos Diago Vidal. 2019, p.13. (22).

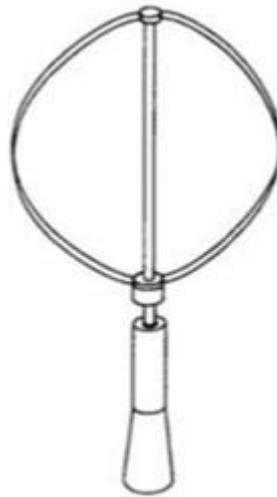


C. Aerogenerador Darrieus

Son uno de los aerogeneradores más comercializados que hay, este consta de un eje vertical que va encima del rotor, que va con dos o más finas palas curvas unidas a los extremos, estas palas deben de tener una misma simetría, este modelo evita diseños complejos a comparación de los aerogeneradores de eje horizontal, así mismo esta permite obtener mayores velocidades a comparación del aerogenerador tipo Savonius, pero no logran alcanzar a los modelos de eje horizontal (22).

Figura 2

Aerogenerador Darrius «Instalación de dos aerogeneradores de baja potencia en la universidad politécnica de Sinaloa», por Irving morales 2015, p.13 (23).

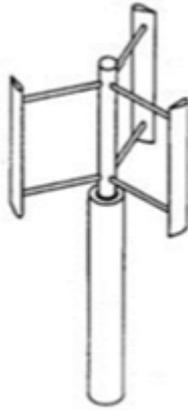


D. Aerogenerador Giromill

Es un aerogenerador que consta de unas palas verticales que van unidas por unos brazos horizontales hacia el eje, estas palas suelen cambiar su orientación a medida que se dé el giro en el rotor con la finalidad de obtener un mayor aprovechamiento del viento (22).

Figura 3

Aerogenerador Giromil «Instalación de dos aerogeneradores de baja potencia en la universidad politécnica de Sinaloa», por Irving morales 2015, p.22 (23).



E. b. Rotor de eje horizontal

Son los rotores más construidos actualmente, ya que generan mayor energía y realizan mayores velocidades de rotación, utilizando cajas de engranaje con menor velocidad de giro, porque se construyen en torres elevadas que provocan que se aproveche la velocidad del viento por la altura. Estas suelen construirse en función a la dirección del viento para un mayor aprovechamiento, además suelen diferenciarse por la cantidad de palas (22).

F. Tripala

Son los más empleados en la actualidad, estas tienen tres palas cada una colocadas en el eje formando un ángulo de 120° entre sí, son aerogeneradores de gran tamaño por lo que no consideran optar por agregar más palas debido a que esto conllevaría a que se aumente el costo y peso, los de tres palas por lo general son utilizados para generar energía, mientras que otros diseños de más palas son usados para fines mecánicos como bombeo de agua entre otros (22).

G. Bipala

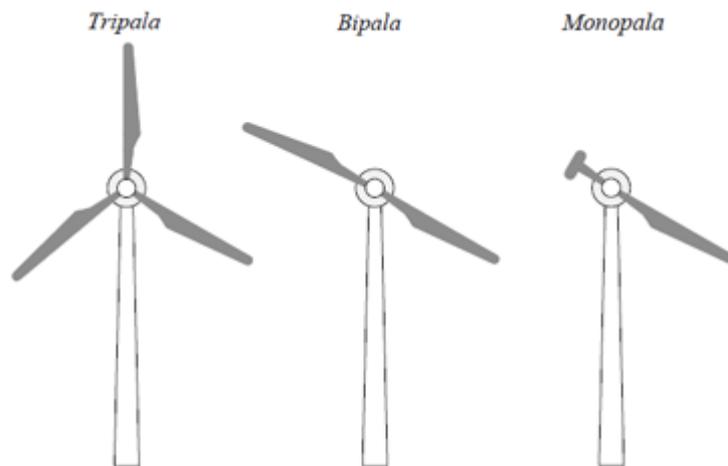
Son aerogeneradores que ahorran en peso y costo respecto a los aerogeneradores tripala, pero con la desventaja de que necesitan una mayor cantidad de velocidad de viento para obtener la misma eficiencia que los aerogeneradores de tres palas, otra deficiencia que poseen es la desestabilización, por ello se necesita un diseño más complejo para evitar futuros inconvenientes (22).

H. Monopala

Son aerogeneradores con los mismos inconvenientes que los bipala, estos por lo general necesitan un contrapeso del lado opuesto para su funcionamiento, por lo que el ahorro de peso no llega a ser tal significativo (22).

Figura 4

Turbinas eólicas de eje vertical «Instalación de dos aerogeneradores de baja potencia en la universidad politécnica de Sinaloa», por Irving morales 2015, p.20 (23).



2.2.4. Mecánica de fluidos

La mecánica de fluidos estudia los fluidos que están en movimiento o reposo, donde para ello se tienen que utilizar magnitudes tensoriales, escalares y vectoriales, es decir, no se mueven ni cambian en campos, según el tiempo y la posición. Posee una aplicación amplia, pero su estudio busca enfocar la creación de un compromiso entre lo teórico y lo experimental, dando así un conjunto de principios de conservación que busca que el planteamiento sea más riguroso para cualquier problema real (23).

2.2.4.1. Principios integrales de conservación

A. Conservación de la masa

Es un principio el cual hace referencia a que la masa del volumen de un fluido no cambia conforme pasa el tiempo (23).

B. Conservación de la cantidad de movimiento

Este principio expresa que la variación de la cantidad de movimiento que está directamente relacionada con un volumen fluido es igual a la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre el (23).

C. Conservación de la energía

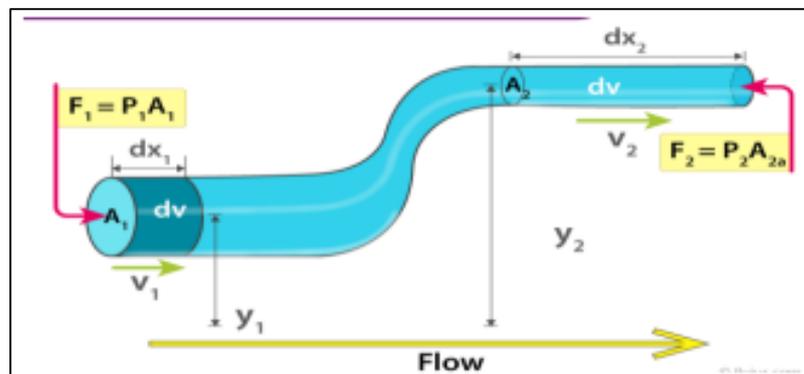
El principio de conservación de la energía establece que el cambio en la energía total (interna y cinética) de un volumen de fluido es equivalente al trabajo realizado por unidad de tiempo por las fuerzas externas (de masa y superficie) que actúan sobre él, sumado al calor transferido desde el exterior por unidad de tiempo (23).

2.2.5. Principio Bernoulli

El principio de Bernoulli establece que el poder total de un fluido, que comprende su energía potencial debido a la altura, su energía de presión y su energía cinética, permanece constante. Esto se puede utilizar para comprender el trabajo realizado por volúmenes equivalentes de fluido en secciones de tubería más anchas y estrechas, expresado como el producto de la presión y el volumen del fluido. En resumen, el principio de Bernoulli implica el mantenimiento del poder en un fluido y puede aplicarse para extraer conclusiones sobre su comportamiento en diferentes condiciones. Según el principio de Daniel Bernoulli, el aumento de la velocidad de un líquido en movimiento resulta en una disminución de la presión dentro del mismo (24).

Figura 5

Derivación de la ecuación de Bernoulli. Tomado de «Principio de la ecuación de Bernoulli y sus aplicaciones», por Kumari y Kumar. 2022, p. 5078-5084. (24)



2.2.5.1. Efecto Venturi

El físico italiano Giovanni Venturi, fue aquel que demostró el efecto Venturi en el año 1797, donde se apoyó del ya conocido principio de Bernoulli y de la teoría de continuidad de las masas.

El efecto Venturi se da cuando un fluido ingresa por una sección convergente, a medida que avanza, este empieza a aumentar la velocidad, por la disminución del diámetro de la sección por donde pasa, es decir que la presión comienza a disminuir (10).

2.2.5.2. Funcionamiento del efecto Venturi

El funcionamiento del efecto Venturi, parte del principio de la continuidad de masas, ya que este disminuye en la sección del conducto que lo contiene, lo que la velocidad aumentará de manera forzosa.

Por ello se puede concluir que, si la energía cinética del fluido aumenta, la energía potencial relacionada con la presión disminuirá, lo que ayudará a deducir que se toman conceptos básicos de física, termodinámica y fenómenos de transporte (10).

2.2.5.3. Aplicaciones del efecto Venturi

A. Aplicación hidráulica

En este caso, el efecto Venturi funcionará en la depresión de la fabricación de las máquinas para la conducción hidráulica para lograr la obtención de ciertos aditivos (10).

B. Aplicación aeronáutica

Esta servirá para la obtención de la succión en los instrumentos que trabajan con vacío, como son las aeronaves, dando fundamentos de sustentar el funcionamiento de las alas en los aviones cuando se encuentran en el aire (10).

C. Aplicación doméstica

Este efecto se apreciará en los instrumentos de potabilización de agua donde se usa el ozono, siendo succionado del contenedor y mezclado con el agua que pasa por este equipo, finalmente siendo suministrado a las tuberías domésticas (10).

D. Aplicación automotriz:

Aquí se emplea en la mezcla de carburador con el carburante, logrando aspirarlo y mezclarlo con el aire, asimismo es utilizado para lograr el mejoramiento de la velocidad de los autos, ya que este aprovecha las cargas aerodinámicas (10).

E. Aplicación petrolera

Se emplea en la extracción de fluidos en los pozos, donde inicialmente se inyecta aire a altas presiones a través de tuberías de diámetro reducido, ocasionando una transformación de energía potencial en energía cinética, lo que permite la expulsión del petróleo (10).

F. Aplicación neumática

En este caso el efecto Venturi se utiliza para la creación de la aplicación de las ventosas y los inyectores (10).

G. Aplicación acuariofilia

El efecto Venturi es utilizado en las tomas de bomba y filtros de agua, ya que este adiciona aire y CO₂ (10).

2.2.6. Dinámica de Fluidos Computacional (CFD)

La dinámica de fluidos computacionales (Computational Fluid Dynamics CFD) nace de los principios de conservación fundamentales de la mecánica de fluidos (masa, energía y momento), que con los años se desarrolla en más áreas de investigación, antes solo en aeronáutica y astronáutica, pero ahora tiene aplicaciones más domésticas como la ingeniería civil, químicas y ambiental (25).

En el entorno de energías renovables la CFD son utilizados para analizar y optimizar principalmente el funcionamiento de parques eólicos, emisiones de contaminantes a las atmósferas y la transferencia de calor de los paneles solares, favoreciendo en el retorno de la inversión, siendo una tecnología confiable para modelar con precisión la distribución del recurso en el parque eólico y optimizando el aérea compleja utilizada para que no sea contraproducente en el recojo de viento y minimizando la interrupción entre alabes, de la misma manera diversas industrias están relacionadas con la quema de carbón y de esta manera emiten distintos contaminantes en la atmósfera (CO, NO_x, SO_x, etc.), con la finalidad de cumplir los estándares de calidad y las rigurosas regulaciones internacionales, estatales y locales, las

simulaciones por CFD son un gran aliado para identificar y corregir las deficiencias de los diseños dentro de las industrias (26).

Por otro lado, la intermitencia y la inestabilidad de la energía solar es un problema para la transferencia de calor, debido a esto la combinación de paneles con materiales de cambio de fase (phase change materials PCM) y conductos de aire es una buena forma para incrementar la transferencia de calor, ya que con la simulación CFD se pueden proporcionar información sobre las distintas áreas de transferencias de calor, el paquete de tubos y los diámetros de los canales de aire (26).

Si bien la CFD cuenta con una alta fiabilidad, no llega a reemplazar a procesos experimentales y se considera un uso complementario al experimental más que nada en los túneles de viento donde a pequeña escala una pieza puede proporcionar datos significativos en el funcionamiento del sólido en conjunto, por otro lado, los cálculos matemáticos serán diferentes con los evaluados en la realidad existiendo una variante de resultados esperados (26).

2.2.7. SolidWorks

Es un software CAD que te permite crear y diseñar modelos sólidos en 3D, además de validar y comunicar el modelamiento del producto creado (27). En el ámbito del diseño de sólidos existen diferentes softwares que se encargan de brindarnos herramientas fáciles para poder hacer realidad cualquier tipo de sólido, siendo SolidWorks uno de los más usados en el ámbito de la ingeniería, esto debido a que se pueden realizar los diseños y simulaciones que te permiten "analizar la estática lineal y no lineal, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de fatiga, de recipiente a presión, dinámicos lineales y no lineales, y de optimización" (28). Siendo parte importante uno de sus productos la dinámica de fluidos computacionales (CFD) "proporcionando herramientas para predecir fácilmente un flujo de estado estable y transitorio de larga duración, y el comportamiento térmico de los productos." (29)

2.2.8. Formulación aplicada

2.2.8.1. Efecto Venturi

El Efecto Venturi es descrito como un fenómeno en fluidos, debido a que describe el cambio de velocidad de un fluido, es decir al pasar el fluido por una sección de tubería de menor diámetro la velocidad aumenta y cuando pasa por una sección de mayor diámetro la velocidad disminuye, siendo inversa para la presión (10). La fórmula es la siguiente:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

2.2.8.2. Presión atmosférica

La presión atmosférica se describe como la fuerza ejercida por el peso del aire sobre las diferentes superficies de la atmósfera, generada por la gravedad que atrae moléculas al centro de la Tierra, además, la presión atmosférica varía con la altitud, explicando que a mayor altitud disminuye y que a nivel del mar es mayor (30). Dándonos así la siguiente fórmula:

$$P(h) = P_o * e^{-\alpha.h}$$

2.2.8.3. Densidad de aire

La densidad de aire se refiere a la masa del aire por unidad de volumen, muy importante para las siguientes disciplinas como la meteorología, aeronáutica y otras que estudian el movimiento y fluido del aire, puede variar dependiendo de diferentes factores como la temperatura, presión y altitud, que determinan su fórmula. Una manera simple de entender es que, si uno está a mayor altitud, llega a disminuir la presión de la densidad del aire debido a una baja presión atmosférica (31). La fórmula es la siguiente:

$$\alpha = \frac{\rho_{aire} * g}{P_o}$$

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Aleta

Se denomina aleta al diseño de un conducto de aire externo donde se genera el efecto Venturi, llamado de esta manera por su geometría cónica.

2.3.2. Simulador de viento

Se denomina al soplador de viento.

2.3.3. Dinamo

Un generador de corriente directa, conocido también como dínamo, es una máquina que puede operar tanto como motor como generador. Esto es posible gracias al uso de escobillas para producir electricidad (32).

2.3.4. Anemómetro de alabes

Un anemómetro es un dispositivo utilizado para calcular la velocidad o rapidez de los gases, ya sea en un flujo limitado, como el aire dentro de un conducto, o en flujos abiertos, como el viento en la atmósfera (33).

2.3.5. Poleas

Elementos que se utilizan para transmitir el movimiento de rotación, o circular continuo, de un órgano a otro que se encuentren a cierta distancia. Con el uso de dos poleas se crea un sistema de transmisión de fuerzas y movimiento, donde se usa una polea de menor diámetro y otra de mayor diámetro, obteniendo un incremento de revoluciones por minuto considerable en la polea de menor diámetro (34).

2.3.6. Rodamiento

Es una clase de cojinete donde la carga se transmite a través de elementos rodantes. La principal ventaja de este tipo de cojinetes es la notable disminución de la fricción, ya que no se produce contacto deslizante (35).

2.3.7. Conducto de aire

Un soplador de aire es considerado aquella maquina con capacidad de impulsar grandes cantidades de aire de manera permanente con una velocidad más rápida que los ventiladores.(36).

2.3.8. Varilla

Las varillas son aquellas barras de corrosión de acero, y dan resistencia a la tracción brindando resistencia y durabilidad. (37).

2.3.9. Melamina

Es un tipo de aglomerado recubierto con una lámina decorativa impregnada con resina de melamina (38).

2.3.10. Multímetro

Es un instrumento portátil que por lo general son utilizados para realizar pruebas, este te permite medir dos o más medidas, las principales son la corriente (amperios), tensión (voltios) y resistencia (ohmios) (39).

2.3.11. Cable cocodrilo

Instrumento que suele usarse con el multímetro, y que puede adaptarse a otros dispositivos de manera temporal para medir energía (40).

2.4. Simbología de ecuaciones

Tabla 5. Simbología de ecuaciones

Nomenclatura	Símbolo	Unidades
Área	A	m ²
Densidad	ρ	Kg/m ²
Densidad Especifica	ρ_e	
Densidad específica del aire	ρ_a	
Gravedad	g	m/s ²
Altura a nivel del mar	H	msnm
Voltios	V	V
Velocidad	v	m/s

P0	Presión a nivel del mar	Pascal (Pa)
-----------	-------------------------	-------------

Nota: elaboración propia.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

3.1.1.1. Método general

El método general de esta investigación es el método científico, debido a la comprobación de las hipótesis, utilizando un conjunto de técnicas, principios y tecnologías para buscar nuevas soluciones a problemas (41).

3.1.2. Alcances de la investigación

3.1.2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo tecnológico, debido al nuevo diseño de implementación de unas aletas aerodinámicas que funcionan junto a un aerogenerador tipo Savonius ya estudiado, empleando una propuesta de mejora en el funcionamiento y eficiencia de lo investigado (42).

3.1.2.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es explicativo, pues especificaremos el comportamiento del efecto Venturi en el diseño de aletas respecto a los vientos generados (42).

3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño será experimental - cuantitativo, ya que se analizó el comportamiento del efecto Venturi en el diseño de las aletas en un aerogenerador tipo Savonius (42),

Previo a la experimentación se determinó el diseño de las aletas a mano alzada y posteriormente en un software de diseño y simulación (SolidWorks). A la par se determinó matemáticamente si el diseño de aletas respetaba el principio Bernoulli, específicamente el efecto Venturi, Además, se procediendo con una simulación de fluidos en el software (SolidWorks), posterior a eso se procedió con la experimentación.

Se realizó el mismo experimento estableciendo tres condiciones experimentales: el tiempo fue de 60 segundos, una sin la influencia de las aletas y otra con la influencia de las aletas, con la finalidad de comparar la generación de voltaje, la velocidad de viento y la influencia de las distancias.

Con cada una de las condiciones experimentales (sin aletas y con aletas) se realizaron 18 pruebas, cada prueba de 60 segundos, en las pruebas para hallar el voltaje se usaron los simuladores de viento en simultaneo, mientras que para hallar la velocidad de viento se usaron los simuladores de viento de manera sucesiva. El primer simulador de viento cuenta con una potencia de 650w (simulador 1), mientras que el segundo simulador de viento cuenta con una potencia de 400w (simulador 2), así mismo se colocaron a distintas distancias (0.5, 1.0, 1.5 metros). A continuación, se explica detalladamente que condiciones tuvo cada una de las pruebas. Ver tabla 6 y 7.

Tabla 6
Medición de voltaje

	Sin Aletas			Con Aletas		
Distancia	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
Ambos simuladores	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03	Prueba 04	Prueba 05	Prueba 06

Tabla 7
Medición de velocidad de aire

	Sin aletas			Con aletas		
Distancias	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
Simulador 1	Prueba 07	Prueba 08	Prueba 09	Prueba 13	Prueba 14	Prueba 15
Simulador 2	Prueba 10	Prueba 11	Prueba 12	Prueba 16	Prueba 17	Prueba 18

Prueba 01: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **0.5** metros.

Prueba 02: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.0** metros.

Prueba 03: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.5** metros.

Prueba 04: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **0.5** metros.

Prueba 05: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.0** metros.

Prueba 06: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.5** metros.

Prueba 07: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros.

Prueba 08: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro.

Prueba 09: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros.

Prueba 10: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros.

Prueba 11: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro.

Prueba 12: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros.

Prueba 13: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros.

Prueba 14: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro.

Prueba 15: Se experimento Con la influencia de las aletas con el **Simulador 1** (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros.

Prueba 16: Se experimento Con la influencia de las aletas con el **Simulador 2** (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros.

Prueba 17: Se experimento Con la influencia de las aletas con el **Simulador 2** (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro.

Prueba 18: Se experimento Con la influencia de las aletas con el **Simulador 2** (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros.

3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección

3.1.4.1. Técnicas de recolección.

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la Medición.

Esta técnica se ha empleado con la ayuda de fichas de recolección de datos, tanto del voltaje como de la velocidad del viento.

3.1.4.2. Instrumentos de recolección

Simulación en SolidWorks. Ver figura 8

Ficha de recolección de datos de voltaje. Ver anexo 7

Ficha de recolección de datos de velocidad. Ver anexo 8

3.1.5. Metodología de experimentación

3.1.5.1. Materiales y equipos utilizados

Tabla 8

Materiales

Nº	Descripción	Cantidad	Unidades
1	Aletas	2	-
2	Aerogenerador	1	-
3	Rodaje	2	-
4	Varilla de acero	50	cm
5	Dinamo	1	-
6	Cable eléctrico	1	m
7	Melamina	1	m ²
8	Polea	2	-
9	Banda elástica	1	-
10	Tornillo	16	-
11	Triplay de 2mm	1	m ²
12	Estaño	1	-
13	Barras de silicona	5	-

Nota: elaboración propia.

Tabla 9

Equipos

Nº	Descripción	Cantidad
1	Impresora 3D	1
2	Anemómetro de alabes	1
3	ro	1

4	Flexómetro	1
5	Cautín	1
6	Simulador de aire	2
7	Laptop	1
8	Pistola de silicona	1

Nota: elaboración propia.

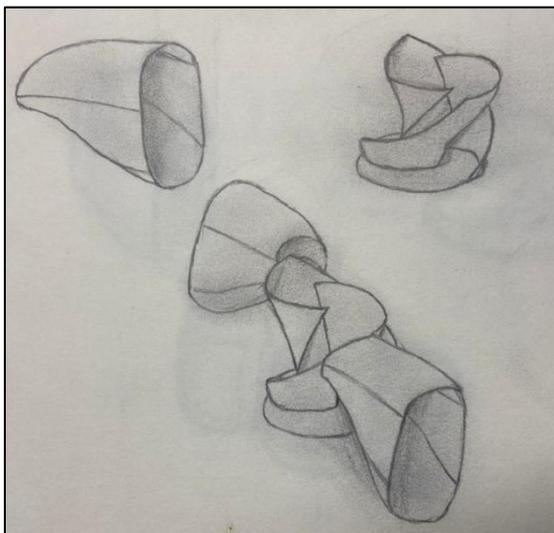
3.1.6. Diseño y análisis de aleta

3.1.6.1. Diseño de la aleta

Se realizó un primer diseño a mano alzada como boceto para la conformación de este en el software SolidWorks.

Figura 6

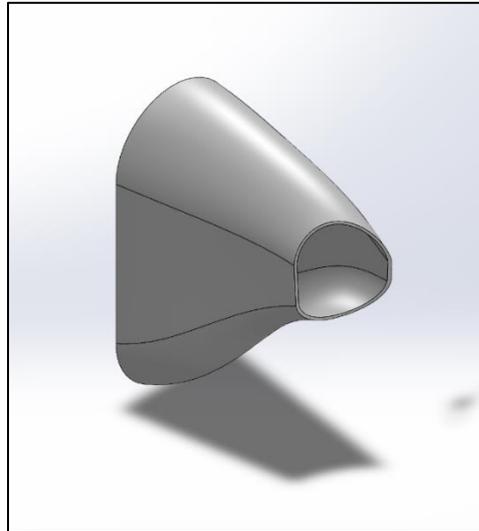
Boceto a mano alzada Prototipo



El diseño del boceto se desarrolló en el software SolidWorks.

Figura 7

Diseño de aletas en SolidWorks



3.1.6.2. Análisis matemático del efecto Venturi en el diseño de aletas

Siendo el efecto Venturi una ecuación matemática se vio por conveniente antes de iniciar más procedimientos la comprobación de los resultados matemáticos, teniendo en consideración los antecedentes revisados.

El Efecto Venturi proviene de la ecuación de Bernoulli la cual se representa de la siguiente manera.

Principio de Bernoulli.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho g y_2$$

Debido a que en nuestro diseño la energía potencial es constante la ecuación se simplificaría a la siguiente ecuación

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \quad (1)$$

Donde:

P: Presión atmosférica

V: Velocidad del fluido

ρ : Densidad del fluido

g: Aceleración a consecuencia de la Gravedad

y: Altura del fluido a una referencia

Primero tenemos que despejar la ecuación (1), teniendo como objetivo de esta ecuación hallar la velocidad de salida de la aleta (V_2).

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho V_2^2 - \frac{1}{2}\rho V_1^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2}(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho} = V_2^2 - V_1^2$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}} \quad (2)$$

A continuación, se determinó la presión atmosférica a distintas alturas con la siguiente ecuación.

$$P(h) = P_o * e^{-\alpha.h} \quad (3)$$

Donde:

P_o: Presión atmosférica a nivel del mar

α : Densidad específica

h: Altitud o menos a nivel del mar

Para poder hallar la presión atmosférica en la Universidad Continental que se encuentra 3308 m.s.n.m. necesitamos hallar la densidad específica que se calcula con la siguiente ecuación.

$$\alpha = \frac{\rho_{aire} * g}{P_o} \quad (4)$$

Donde:

$$\rho_{aire}: 1.204 \text{ kg/m}^3$$

$$P_o: 101325 \text{ Pa} = \text{kg/m.s}^2$$

$$g: 9.81 \text{ m/s}^2$$

Reemplazando en la ecuación (4)

$$\alpha = \frac{1.204 * 9.81}{101325}$$

$$\alpha = 1.17 * 10^{-4} m^{-1}$$

A continuación, se reemplaza en la ecuación 3 para hallar la presión atmosférica.

$$P(3308) = 101325 * e^{-1.17.3308}$$

$$P(3308) = 68904.85 Pa$$

Seguidamente se identificó la diferencia de altura entre el centro de la entrada y salida, en el cual la diferencia es de 34 cm, ver anexo (4) donde se encuentra el plano a escala de 1:10.

$$P(3308.34) = 101325 * e^{-1.17.3308.34}$$

$$P(3308.34) = 68902.12 Pa$$

Seguidamente requerimos de la densidad del fluido para poder hallar la velocidad de salida, debido a ello aplicamos la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{P}{R * T}$$

Donde:

P: Presión (Pa)

R: Constante de gases específicos (287 J/kg.K)

T: Temperatura (K)

Teniendo en cuenta que la temperatura promedio recolectada es de 18 °C en la ciudad de Huancayo se obtuvo los siguientes resultados.

$$\rho = \frac{68902.12}{287 * 291}$$

$$\rho = 0.825 kg/m^2$$

Finalmente reemplazamos cada uno de los datos en la ecuación 2, teniendo en cuenta como la velocidad de entrada (V_1) los datos promedios de viento en el departamento de Junín de 2.8 m/s.

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + \frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$$V_2 = \sqrt{2.8^2 + \frac{2(68904.85 - 68902.12)}{0.825}}$$

$$V_2 = 3.42 \text{ m/s}$$

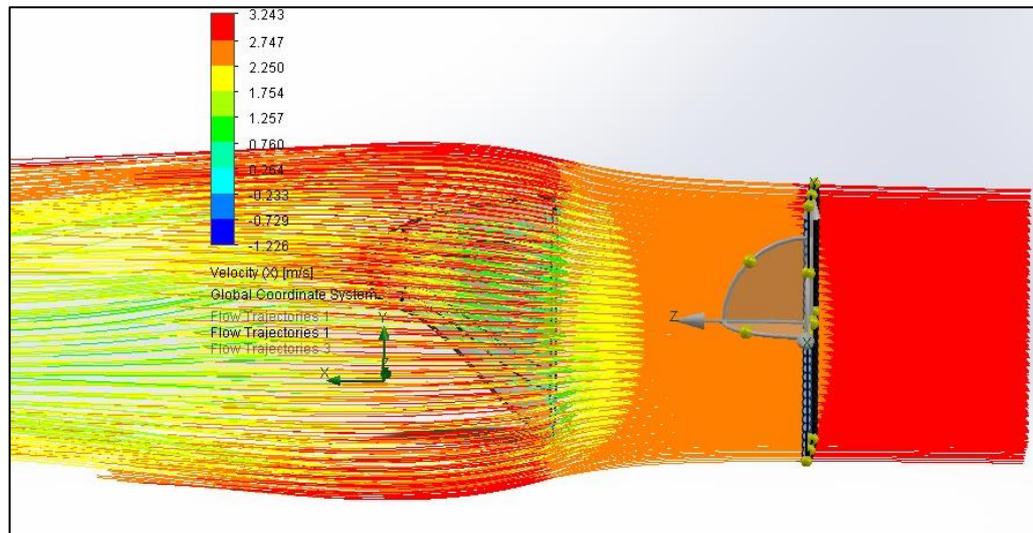
Con estos resultados se evidencia numéricamente que existe un incremento significativo de la velocidad de salida con respecto a la velocidad de entrada.

3.1.6.3. Simulación del efecto Venturi en el diseño de aletas

La simulación realizada en SolidWorks muestra un incremento de la velocidad de viento en la salida de la aleta, observando que en la entrada de la aleta la velocidad del viento se encuentra de 1.257 a 2.25 m/s, mientras que en la salida la aleta se encuentra de 2.25 a 3.243.

Figura 8

Simulación del diseño de aletas en SolidWorks



3.1.7. Construcción de prototipo

3.1.7.1. Construcción de la aleta

Para la construcción de la aleta, se procedió a realizar la impresión en 3D en laboratorio de Fab Lab de la Universidad Continental, ver figura (9).

Figura 9

Aletas impresas en 3D

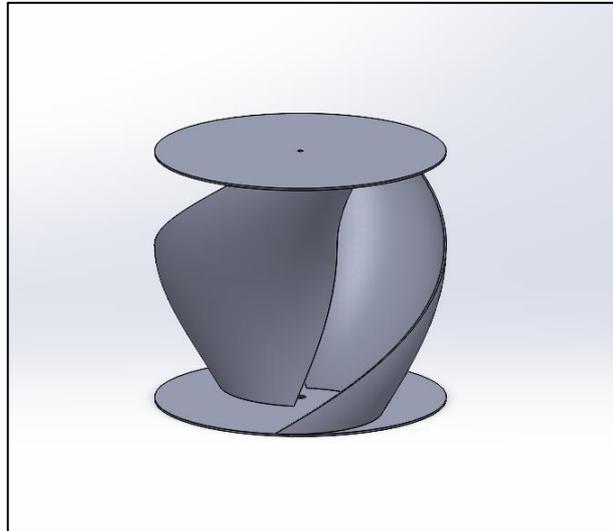


Nota: elaboración propia.

3.1.7.2. Construcción del aerogenerador

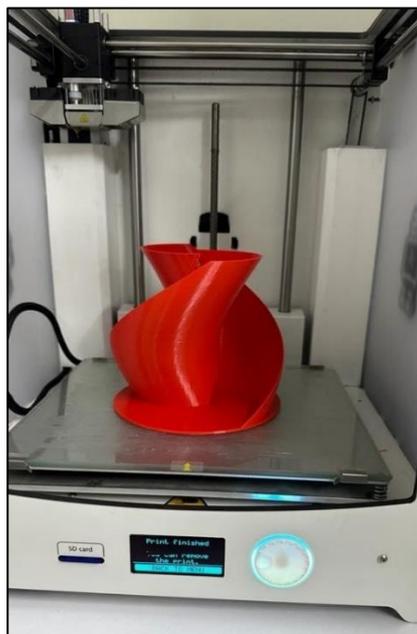
El aerogenerador fue construido en base a diseños ya presentados en diferentes tesis locales e internacionales, este fue plasmado en el programa SolidWorks, ver figura (10)

Figura 10
Turbina tipo Savonius



Una vez obtenido el diseño del aerogenerador, este fue impreso en 3D en el Laboratorio Fab Lab de la Universidad Continental, dicha impresión fue realizada con el material PLA, ver figura (11)

Figura 11
Aerogenerador impreso en 3D



Nota: elaboración propia.

3.1.7.3. Construcción del sistema eléctrico

El sistema eléctrico fue conectado con cables dúplex bicolor de calibre 18, ver anexo 09.

Para la generación de energía usamos un dinamo de 24v, ver anexo 10, El cual ayuda a transformar la energía mecánica en eléctrica.

3.1.7.4. Ensamblado

Una vez ya concluido con la impresión de las partes del prototipo, se procedió a realizar el ensamblado.

Primero se comenzó a cortar la melamina para que esta sea implementada de soporte del prototipo, este permitió que las demás partes del prototipo sean adheridas al soporte adecuadamente, ver anexo 11.

Adicional a ello, se realizaron dos orificios a dos pedazos de melamina para que sirva de soporte a las dos aletas impresas, anexo 12.

Una vez obtenidos estos cortes, se comenzó a realizar el ensamblado del soporte del prototipo, donde asimismo se añadió unos parantes de madera para reforzar este soporte, ver anexo 13

Se realizó la implementación de una varilla en medio del aerogenerador para que sea adherida al soporte, asimismo se le implementó dos rodajes en la parte superior e inferior que le permitan girar de manera óptima al aerogenerador, ver anexo 14.

Seguidamente se procedió a instalar las conexiones eléctricas, utilizando el dinamo de 24v y el cableado dúplex bicolor de calibre 18, asimismo se acondicionó un sistema de poleas para conectar el movimiento del aerogenerador y la generación de energía eléctrica a través del dínamo, ver anexos 15, 16, 17, 18.

Luego de ello se procedió a unir el aerogenerador con la base del prototipo y a reforzarlo para darle un mejor soporte, ver anexo 19

Una vez concluido ello, se procedió a colocar las aletas en los lados laterales del aerogenerador, ver anexos 20, 21.

Finalmente se procedió a colocar la base superior para lograr obtener más firmeza en la estructura y así mismo poder acondicionar los rodamientos con la varilla, ver anexo 22.

3.1.8. Recolección de datos

Se realizó el mismo experimento estableciendo dos condiciones experimentales: una sin la influencia de las aletas y otra con la influencia de las aletas, con la finalidad de comparar la generación de voltaje, la velocidad de viento y la influencia de las distancias.

Con cada una de las condiciones experimentales (sin aletas y con aletas) se realizaron 18 pruebas, en las pruebas se usaron uno o dos simuladores de viento: el primer simulador de viento cuenta con una potencia de 650w (simulador 1), mientras que el segundo simulador de viento cuenta con una potencia de 400w (simulador 2), así mismo se colocaron a distintas distancias (0.5, 1.0, 1.5 metros). A continuación, se explica detalladamente que condiciones tuvo cada una de las pruebas y su respectivo código para poder diferenciarlos.

3.1.8.1. Medición de distancias de 0.5, 1 y 1.5 metros

En este caso, se trazaron 3 mediciones a distancias de 0.5, 1 y 1.5 metros, los cuales ayudaron a delimitar la distancia de la toma de medición de la velocidad del viento y la medición del voltaje, ver anexos 23, 24, 25.

3.1.8.2. Pruebas de voltaje

Prueba 01: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **0.5** metros, ver anexo 26.

Prueba 02: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.0** metros, ver anexo 27.

Prueba 03: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.5** metros, ver anexo 28.

Prueba 04: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **0.5** metros, ver anexo 29.

Prueba 05: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.0** metros, ver anexo 30.

Prueba 06: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w), el Simulador 2 (450w) y se halló el Voltaje a una distancia de **1.5** metros, ver anexo 31.

3.1.8.3. Pruebas de velocidad de aire

Prueba 07: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros, ver anexo 32.

Prueba 08: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro, ver anexo 33.

Prueba 09: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros, ver anexo 34.

Prueba 10: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros, ver anexo 35.

Prueba 11: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro, ver anexo 36.

Prueba 12: Se experimento Sin la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros, ver anexo 37.

Prueba 13: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros, ver anexo 38.

Prueba 14: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro, ver anexo 39.

Prueba 15: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 1 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros, ver anexo 40.

Prueba 16: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **0.5** metros, ver anexo 41.

Prueba 16: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1** metro, ver anexo 42.

Prueba 17: Se experimento Con la influencia de las aletas con el Simulador 2 (650 w) se halló la Velocidad del viento a una distancia de **1.5** metros, ver anexo 43.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y análisis

Después de realizar la experimentación correspondiente, se registraron los siguientes resultados:

4.1.1. Generación de voltaje

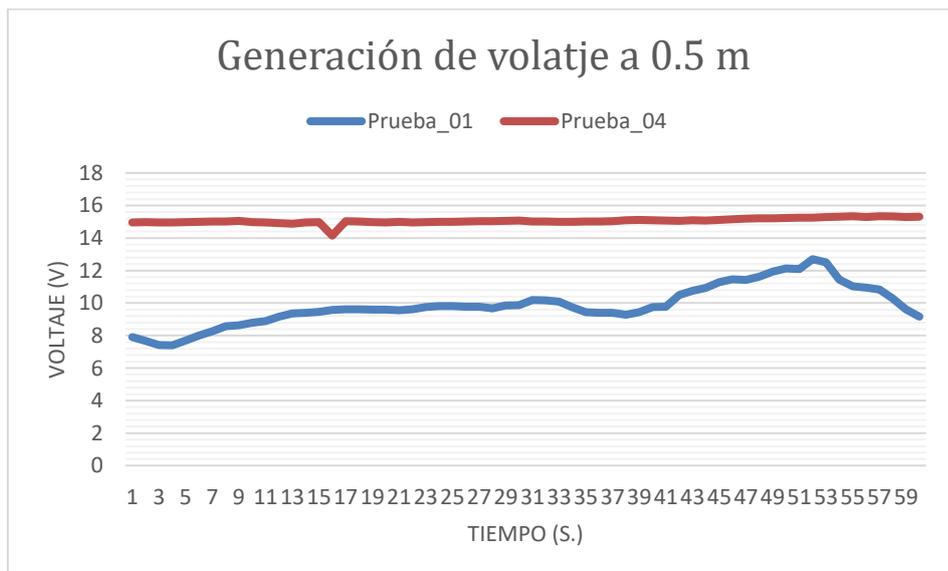
Para poder evaluar el impacto de las aletas en la generación de voltaje, se realizaron mediciones a tres distancias diferentes (0.5, 1 y 1.5 metros). Donde en cada distancia se midió a dos condiciones: con y sin aletas. Además de ello se utilizaron ambos simuladores para obtener una visión completa de los resultados.

4.1.1.1. Medición a 0.5 m

Para el análisis de la generación del efecto Venturi, se realizaron mediciones de voltaje en intervalos de un segundo durante un minuto, tomando estos datos a una distancia de 0.5 metros. Los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 44.

Figura 12

Medición de voltaje de 0.5m



En la figura 12, se muestra que a una distancia de 0.5 metros, el uso de aletas muestra una línea de tendencia con distribución normal en la generación del voltaje, mientras que, sin aletas, nos muestra un resultado con línea de tendencia con distribución más inestable.

Es importante considerar que, a esta distancia, la velocidad del viento es considerablemente alta, lo que permite que las aletas dirijan eficientemente el flujo de aire y mantengan un voltaje más estable. En este contexto, los resultados respaldan la idea de que las aletas son efectivas para estabilizar y optimizar la generación de voltaje, confirmando así su papel en la generación del efecto Venturi a esta distancia.

Tabla 10

Descriptorios numéricos de las pruebas para la generación del efecto Venturi

Descriptor	Prueba 04	Prueba 01
Media	15.06	9.857
Desviación estándar	0.174	1.224
Mínimo	14.15	7.4
Máximo	15.34	12.7

La Tabla 10, se muestra que la Prueba 04 tiene un promedio más alto con un valor de 15.06, mientras que la Prueba 01 dio un valor de 9.857, lo que sugiere un mejor desempeño y resultado en las condiciones evaluadas.

Asimismo, los datos de la Prueba 04 son mucho más consistentes, como lo refleja su baja desviación estándar de 0.174, mientras que la Prueba 01 presenta mayor variabilidad con un valor de 1.224.

Los valores mínimo y máximo también refuerzan esta diferencia: la Prueba 04 tiene un rango más estrecho (14.15 a 15.34) en comparación con la Prueba 01 (7.4 a 12.7).

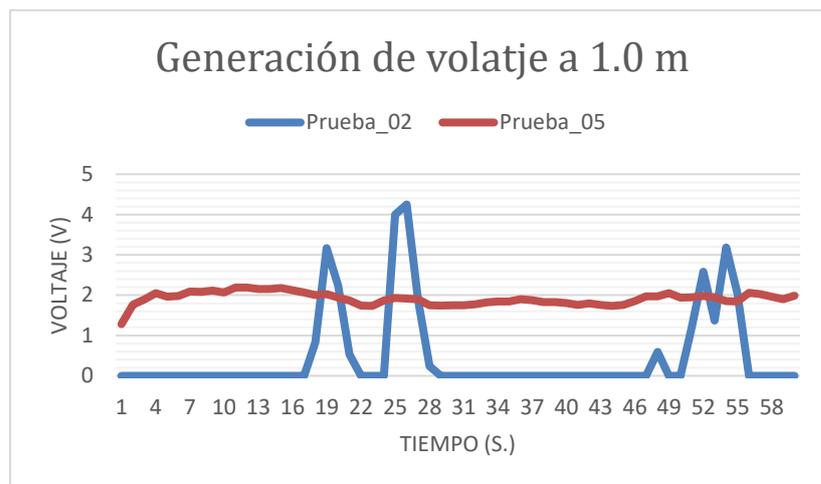
En resumen, podemos concluir que los resultados indican que la Prueba 04 es más estable y efectiva para generar el efecto Venturi, debido a que posee una tendencia general a tener valores más altos y menos dispersos en comparación con la Prueba 01, que muestra una mayor variabilidad y un rango más amplio en sus datos.

4.1.1.2. Medición a 1 m

Para el análisis de la generación del efecto Venturi, se realizaron mediciones de voltaje en intervalos de un segundo durante un minuto, tomando estos datos a una distancia de 1.0 metros. Los resultados obtenidos se detallan en el Anexo 44.

Figura 13.

Generación de voltaje con y sin aletas a 1.0 m



En la figura 13 se realizó una comparación del comportamiento del voltaje con la influencia de las aletas y sin la influencia. “Con aletas” se mantiene estable entre valores de 1.5 y 2.5 voltios a lo largo del tiempo, mientras que “Sin aletas” muestra picos muy pronunciados que llegan hasta 4.5 voltios a lo largo del tiempo, con caídas rápidas y momentos en que baja a cero. Esto sugiere que, "Con aletas", hay una mayor estabilidad, mientras que en "Sin aletas", los valores son mucho más variables y extremos. Las aletas generan un comportamiento más controlado y estable.

Tabla 11

Descriptorios numéricos de las pruebas para la generación del efecto Venturi

Descriptor	Prueba 05	Prueba 02
Media	1.915	0.469
Desviación estándar	0.1566	1.051
Mínimo	1.282	0
Máximo	2.19	4.25

La Tabla 11, se muestra que la Prueba 05 tiene un a media significativamente más alta, con un valor de 1.915, mientras que la Prueba 02 tiene un valor de 0.469, lo que indica que la Prueba 5 tiene un mejor desempeño o mayor eficacia bajo las condiciones evaluadas.

La Prueba 05 también destaca por su consistencia, con una desviación estándar baja de 0.1566, demostrando que son más homogéneos, mientras que la Prueba 02 muestra una notable dispersión en los datos, con una desviación estándar alta de 1.051.

En cuanto a los rangos, la Prueba 05 presenta valores mínimos y máximos más concentrados (1.282 a 2.19), en comparación con la mayor variabilidad observada en la Prueba 02 (0 a 4.25).

En resumen, estos resultados demuestran que la Prueba 05 no solo es más eficiente sino también más estable en la generación del efecto Venturi con ayuda de las aletas, ofreciendo una ventaja significativa.

4.1.1.3. Medición a 1.5 m

En el experimento a una distancia de 1.5 m, la velocidad de viento generada por los generadores de viento no fueron las óptimas para el movimiento del aerogenerador, por lo que no se llegaron a obtener resultados de voltios.

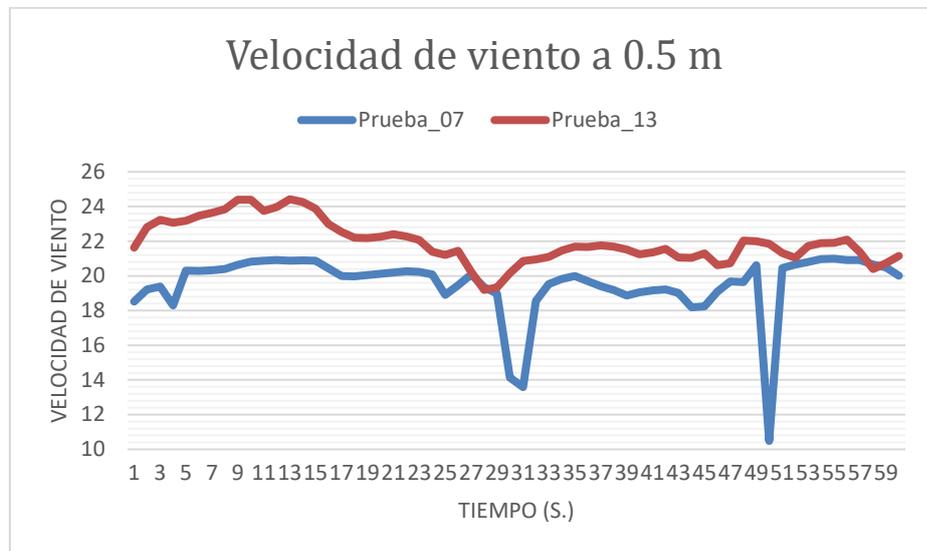
4.1.2. Velocidad del viento

4.1.2.1. Medición a 0.5 m

Para generar el efecto Venturi se tomaron las mediciones de la velocidad del viento por cada segundo durante un minuto a una distancia de 0.5 metros. En cada prueba se utilizaron 2 simuladores de viento, los resultados detalladamente se encuentran en el Anexo 45.

Figura 14

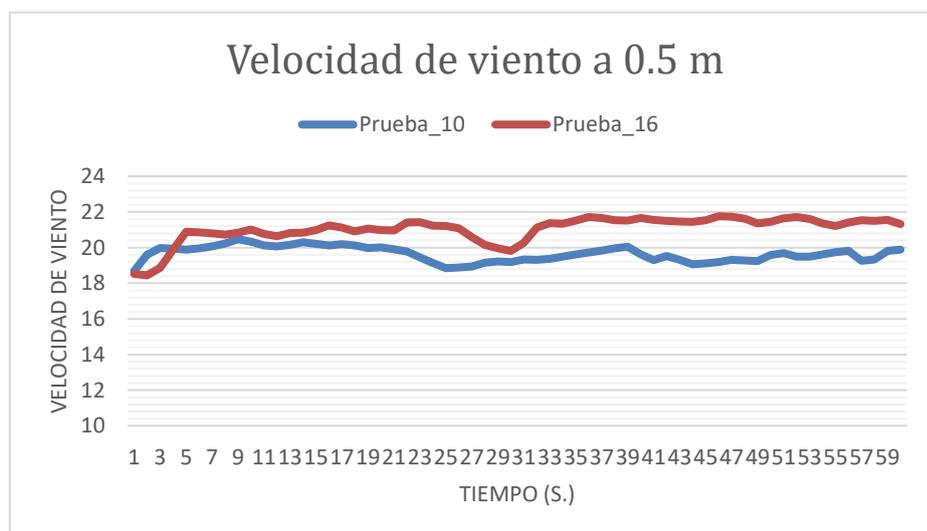
Velocidad del viento con y sin aletas a 0.5 m con Simulador 1



En la figura 14 podemos observar que presenta dos líneas de datos que comparan a la Prueba 07 y Prueba 13, siendo esta última influenciada por las aletas, se observó que presenta una mejora en la velocidad de viento en la Prueba 13 e incluso presenta menos fluctuaciones y es más estable.

Figura 15

Velocidad del viento con y sin aletas a 0.5 m con Simulador 2



En la figura 15 podemos observar que presenta dos líneas de datos que comparan a la prueba 10 y Prueba 16, siendo esta última influenciada por las aletas, se observó que presenta una mejora en la velocidad de viento en la Prueba 16 e incluso presenta menos fluctuaciones y es más estable.

Tabla 12**Descriptorios numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi.**

Descriptor	Sin Aletas		Con Aletas	
	Prueba 07	Prueba 10	Prueba 13	Prueba 16
Media	19.545	19.637	21.947	21.032
Desviación estándar	1.7950	0.4240	1.2218	0.7297
Mínimo	10.48	18.68	19.19	18.44
Máximo	20.99	20.47	24.42	21.76

En la Tabla 12, se observa la comparación de los resultados de la velocidad del viento en pruebas realizadas con y sin aletas para la generación del efecto Venturi. En este caso se muestra que las medias de las pruebas con aletas (Pruebas 13 y 16) muestran velocidades mayores (21.947 y 21.032) respectivamente, en comparación con las pruebas sin aletas (Pruebas 07 y 10) las cuales fueron 19.545 y 19.637. Esto nos demuestra que las aletas contribuyen al incremento de la velocidad del viento.

En cuanto a la desviación estándar, las pruebas sin aletas presentan en la Prueba 07 una mayor variabilidad con un valor de 1.7950, con respecto a la Prueba 10, con un valor de 0.4240, lo que refleja datos más estables en la Prueba 10.

Para las pruebas con aletas, las desviaciones estándar nos muestran valores intermedios (1.2218 en la Prueba 13 y 0.7297 en la Prueba 16), indicando buena estabilidad, pero con mayor dispersión que la Prueba 10.

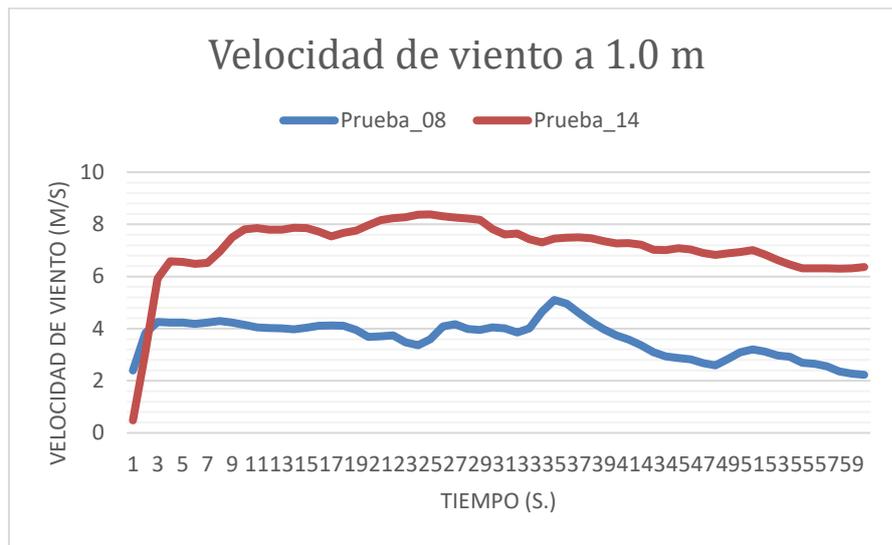
En el caso de los rangos, también evidencian esta diferencia: las velocidades mínimas y máximas de las pruebas con aletas son más altas en general, destacando valores entre 19.19 y 24.42 para la Prueba 13 y entre 18.44 y 21.76 para la Prueba 16, frente a los rangos de las pruebas sin aletas, especialmente el de la Prueba 07, que incluye un mínimo con un valor bajo como 10.48. En resumen, estos resultados nos demuestran que el uso de aletas no solo mejora la velocidad del viento, sino que también asegura que el flujo de aire se transporte con uniformidad.

4.1.2.2. Medición a 1 m

Para generar el efecto Venturi se tomaron las mediciones de la velocidad del viento por cada segundo durante un minuto a una distancia de 1 m. para la experiencia se utilizaron 2 simuladores de viento, los resultados en detalle se encuentran en el anexo 45.

Figura 16

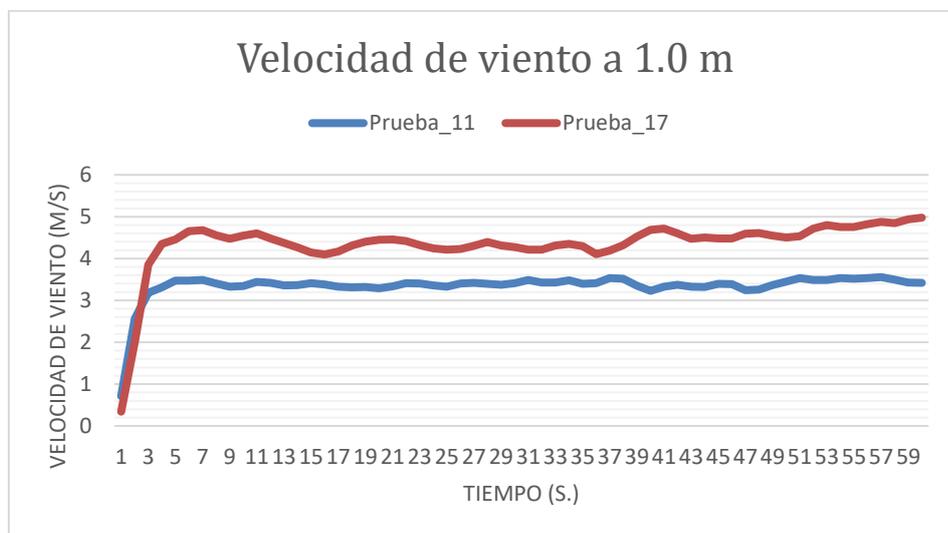
Velocidad del viento con y sin aletas a 1.0 m con Simulador 1



En la figura 16 se observa que la Prueba 14 (con aletas) asciende de manera rápida y se mantiene constante entre 6 a 9 m/s hasta el final del tiempo, mientras que la Prueba 08 (sin aletas) presenta un pico alto donde llega a los 5 m/s, posterior a eso llega a descender hasta los 2 m/s.

Figura 17

Velocidad del viento con y sin aletas a 1.0 m con Simulador 2



En la figura 17 se observa que la Prueba 17 (con aletas) asciende y se mantiene constante entre 4 a 5 m/s hasta el final del tiempo, mientras que la Prueba 11 (sin aletas) presenta una estabilidad entre los 3 a 4 m/s hasta el final del tiempo.

Asimismo, se observa una notable efectividad de las aletas en cuanto a la focalización del viento y el aumento de la velocidad, demostrando así la generación del efecto Venturi.

Tabla 13

Descriptores numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi

Segundos	Sin aletas		Con aletas	
	Prueba 08	Prueba 11	Prueba 14	Prueba 17
Media	3.636	3.342	7.127	4.352
Desviación estándar	0.6953	0.371	1.213	0.655
Mínimo	2.228	0.712	0.481	0.341
Máximo	5.099	3.556	8.381	4.977

La Tabla 13, presenta los descriptores numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi en pruebas realizadas con y sin aletas. En el caso de la media, las pruebas con aletas (Pruebas 14 y 17) destacan con valores superiores 7.127 y 4.352, respectivamente, en comparación con las pruebas sin aletas (Pruebas 08 y 11) con medias de 3.636 y 3.342. Por

ello, la media más alta se logra “Con aletas”, indicando un mejor rendimiento con respecto a “sin aletas.

En cuanto a la desviación estándar, las pruebas sin aletas muestran menor variabilidad, particularmente en la Prueba 11 (0.371), mientras que la Prueba 08 presenta una desviación ligeramente mayor (0.6953). Por otro lado, las pruebas con aletas evidencian mayor dispersión, especialmente la Prueba 14, con una desviación estándar de 1.213, lo que indica mayor variabilidad en los tiempos registrados. Los rangos de valores también respaldan estas observaciones: las pruebas con aletas tienen valores más extremos, alcanzando máximos como 8.381 en la Prueba 14, en comparación con los valores de las pruebas sin aletas, donde el máximo es de 5.099 en la Prueba 08.

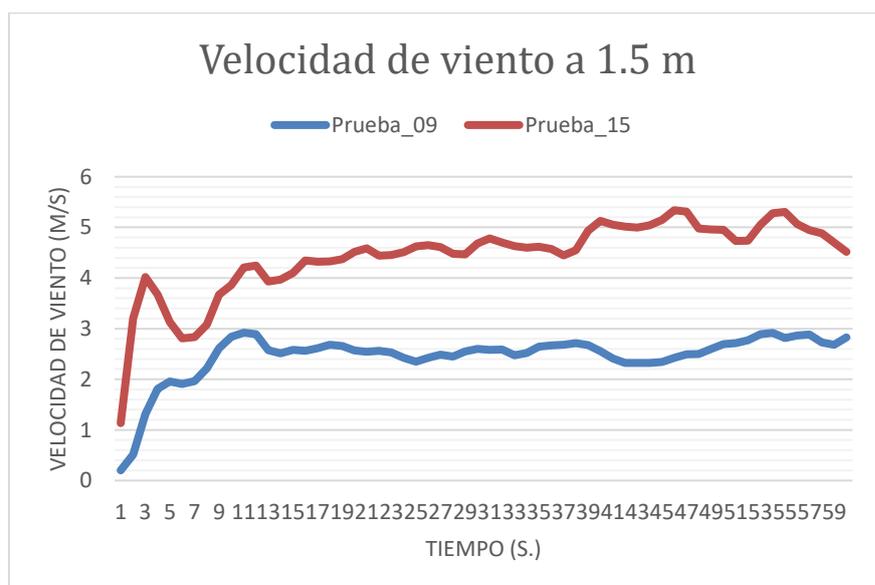
En resumen, los resultados determinan que el uso de aletas mejora el desempeño del sistema en términos de velocidad del viento.

4.1.2.3. Medición a 1.5 m

Para la generación del efecto Venturi se tomaron las mediciones de la velocidad del viento por cada segundo durante un minuto a una distancia de 1.5 m. para la experiencia se utilizaron 2 simuladores de viento, los resultados en detalle se encuentran en el anexo 45.

Figura 18

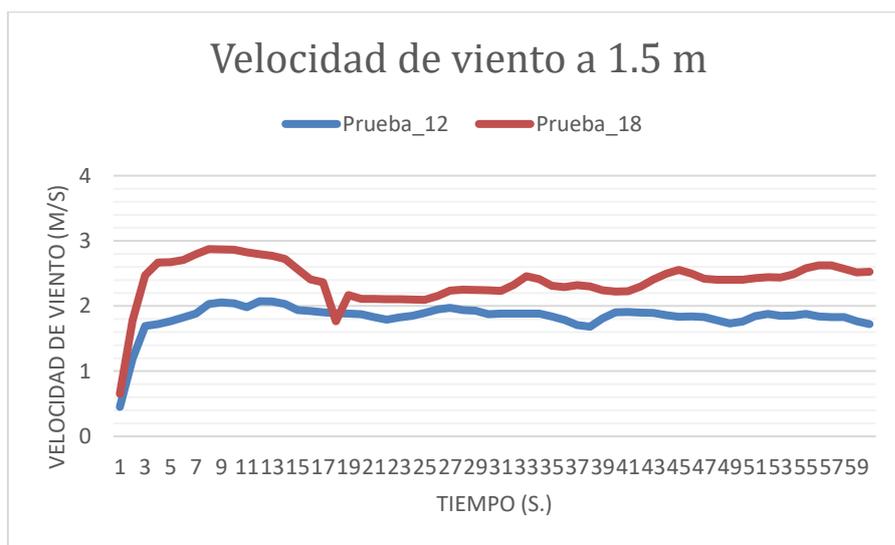
Velocidad del viento con y sin aletas a 1.5 m con Simulador 1



En la figura 18 se observa que la Prueba 15 (con aletas) asciende rápidamente y después de una oscilación se mantiene en ascenso llegando a más de 5 m/s hasta el final del tiempo, mientras que la Prueba 09 (sin aletas) presenta un ascenso más lento, pero con una estabilidad entre los 2 a 3 m/s hasta el final del tiempo.

Figura 19

Velocidad del viento con y sin aletas a 1.5 m con Simulador 2



En la figura 19 se observa que la Prueba 18 (con aletas) asciende rápidamente y después de una oscilación se mantiene en ascenso superando los 2 m/s hasta el final del tiempo, mientras que la Prueba 12 (sin aletas) presenta un ascenso más constante y manteniendo una estabilidad entre los 2 m/s hasta el final del tiempo.

Asimismo, se observa una notable efectividad de las aletas en cuanto a la focalización del viento y el aumento de la velocidad, demostrando así la generación del efecto Venturi.

Tabla 14

Descriptorios numéricos de la velocidad del viento para la generación del efecto Venturi

Segundos	Sin aletas		Con aletas	
	Prueba 09	Prueba 12	Prueba 15	Prueba 18
Media	2.458	1.833	4.437	2.383
Desviación estándar	0.487	0.220	0.737	0.335
Mínimo	0.202	0.452	1.134	0.653

Máximo	2.92	2.074	5.339	2.874
---------------	------	-------	-------	-------

La Tabla 14, presenta los descriptores numéricos de la velocidad del viento en pruebas realizadas con y sin aletas para la generación del efecto Venturi. En el caso de la media, las pruebas con aletas (Pruebas 15 y 18) registran valores superiores 4.437 y 2.383 respectivamente, en comparación con las pruebas sin aletas (Pruebas 09 y 12), con medias de 2.458 y 1.833. Esto refuerza la tendencia de que el uso de aletas incrementa el tiempo asociado al flujo del viento.

En cuanto a las desviaciones estándar, estas reflejan menor variabilidad en las pruebas sin aletas, especialmente en la Prueba 12 (0.220), mientras que la Prueba 09 muestra una ligera mayor dispersión (0.487). Por otro lado, las pruebas con aletas presentan mayor variabilidad, como se observa en la Prueba 15, que alcanza una desviación estándar de 0.737, frente a la Prueba 18 con 0.335. Los valores mínimos y máximos también reflejan esta diferencia: las pruebas con aletas abarcan rangos más amplios, como en la Prueba 15, que varía de 1.134 a 5.339, en contraste con la Prueba 12, cuyo rango es más estrecho, de 0.452 a 2.074.

Finalmente, una vez más, los resultados confirman que las aletas mejoran el desempeño del sistema en términos de velocidad del viento.

4.1.3. Prueba de hipótesis

A continuación, se realizó una prueba de significancia o prueba de hipótesis, para conocer si la generación de energía y la velocidad del aire son significativamente diferentes con el diseño de aletas.

Para ello se utilizó la prueba t_Student debido a que ambas muestras son independientes y la cantidad de datos son mayor a 30, se asume que los datos dentro de cada muestra siguen una distribución aproximadamente normal (42).

4.1.3.1. Hipótesis General

Hipótesis general: El efecto Venturi se comporta de manera positiva en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius.

Para la demostración de esta, se realizó comparaciones de la generación de energía (voltaje) y el incremento de velocidad del aire al salir de las aletas, las comparaciones se realizaron a diferentes distancias con y sin aletas.

A continuación, se iniciará con las comparaciones de la generación de voltaje, a 0.5 m y 1.0 m, para los cuales, expresamos:

Medición a 0.5m:

$$H_0: \mu_{C0.5} \leq \mu_{S0.5}$$

$$H_1: \mu_{C0.5} > \mu_{S0.5}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 15

Resultado de voltios a 0.5m

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	VoltiosCon05	15,0608	60	,17373	,02243
	VoltiosSin05	9,8573	60	1,2237	,15798

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0.000$$

De acuerdo con la prueba de t-Student se tuvo un valor p de 0,000 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que hay evidencia suficiente para demostrar que a una distancia de 0.5m con las aletas los voltios son mayores que sin las aletas.

Medición a 1m:

$$H_0: \mu_{C1.0} \leq \mu_{S1.0}$$

$$H_1: \mu_{C1.0} > \mu_{S1.0}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 16

Resultados de voltios en 1m

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	VoltiosCon1	1,9145	60	,15662	,02022
	VoltiosSin1	,4687	60	1,0509	,13567

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0,000$$

De acuerdo con la prueba de t-Student se tuvo un valor p de 0,000 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que hay evidencia suficiente para demostrar que a una distancia de 0.5m con las aletas los voltios son mayores que sin las aletas.

Conclusión: existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el diseño de aletas incrementa la generación de voltaje.

A continuación, realizaremos las comparaciones en referencia a la velocidad del viento, a 0.5 m, 1.0 m y 1.5 m con y sin aletas, expresando:

Simulador 1 a 0.5 m:

$$H_0: \mu_{C0.5} \leq \mu_{S0.5}$$

$$H_1: \mu_{C0.5} > \mu_{S0.5}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 17**Resultado de viento Simulador 1 a 0.5m**

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Prueba_13	21,9470	60	1,2218	,1577
	Prueba_07	19,5452	60	1,7950	,2317

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0.009$$

De acuerdo con la prueba de t-Student se tuvo un valor p de 0,009 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que a una distancia de 0.5m con las aletas (Prueba_13) las velocidades del viento son mayores que sin las aletas (Prueba_07).

Simulador 2 a 0.5 m:

$$H_0: \mu_{C0.5} \leq \mu_{S0.5}$$

$$H_1: \mu_{C0.5} > \mu_{S0.5}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 18**Resultado de velocidad de viento con Simulador 2 a 0.5m**

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Prueba_16	21,0322	60	,7297	,0942
	Prueba_10	19,6370	60	,4240	,0547

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0.000$$

De acuerdo con la prueba de t–Student se tuvo un valor p de 0,000 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que a una distancia de 0.5m con las aletas (Prueba_16) las velocidades del viento son mayores que sin las aletas (Prueba_10).

Conclusión: existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el diseño de aletas incrementa la velocidad del viento.

Simulador 1 a 1.0 m:

$$H_0: \mu_{c1.0} \leq \mu_{s1.0}$$

$$H_1: \mu_{c1.0} > \mu_{s1.0}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 19

Resultado de viento Simulador 1 a 1m

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Prueba_14	7,1266	60	1,2125	,1565
	Prueba_08	3,6360	60	,6953	,0897

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0.002$$

De acuerdo con la prueba de t–Student se tuvo un valor p de 0,002 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que a una distancia de 1.0m con las aletas (Prueba_14) las velocidades del viento son mayores que sin las aletas (Prueba_08).

Simulador 2 a 1.0 m:

$$H_0: \mu_{C1.0} \leq \mu_{S1.0}$$

$$H_1: \mu_{C1.0} > \mu_{S1.0}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 20: Resultado de viento Simulador 2 a 1m

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Prueba_17	4,3519	60	,6551	,0846
	Prueba_11	3,3415	60	,3708	,0479

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0.000$$

De acuerdo con la prueba de t-Student se tuvo un valor p de 0,000 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que a una distancia de 1.0m con las aletas (Prueba_14) las velocidades del viento son mayores que sin las aletas (Prueba_08).

En conclusión, existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el diseño de aletas incrementa la velocidad del viento.

Simulador 1 a 1.5m:

$$H_0: \mu_{C1.5} \leq \mu_{S1.5}$$

$$H_1: \mu_{C1.5} > \mu_{S1.5}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 21

Resultado de viento Simulador 1 a 1.5m

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Prueba_15	4,4368	60	,7372	,0959
	Prueba_09	2,4575	60	,4872	,0629

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0,000$$

De acuerdo con la prueba de t-Student se tuvo un valor p de 0,000 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que a una distancia de 1.0m con las aletas (Prueba_15) las velocidades del viento son mayores que sin las aletas (Prueba_09).

Simulador 2 a 1.5 m:

$$H_0: \mu_{C1.5} \leq \mu_{S1.5}$$

$$H_1: \mu_{C1.5} > \mu_{S1.5}$$

Por las características del experimento, realizamos la prueba t-Student para muestras emparejadas, para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, y con la aplicación de IBM SPSS, obtenemos como resultado:

Tabla 22**Resultado de viento Simulador 2 a 1.5m**

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Prueba_18	2,3825	60	,33539	,04330
	Prueba_12	1,8334	60	,22030	,02844

Además, la significancia de la diferencia de medias nos da como resultado:

$$\text{Valor-p} = 0,000$$

De acuerdo con la prueba de t–Student se tuvo un valor p de 0,000 (valor $p < 0,05$), de manera que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, nos indica que a una distancia de 1.0m con las aletas (Prueba_18) las velocidades del viento son mayores que sin las aletas (Prueba_12).

En conclusión, existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el diseño de aletas incrementa la velocidad del viento.

4.1.4. Discusión de resultados

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se observó que las aletas aumentaron el voltaje promedio, alcanzando 1.915 V a 1 m, en comparación con 0.469 V sin aletas, lo que implicó un aumento del 75.8% en la eficiencia. Estos resultados coinciden con lo indicado por Blanco (12) en su estudio titulado “Construcción de un prototipo para mejorar la eficiencia energética”, en el que destacó que el uso de toberas que generan el efecto Venturi permitió una aceleración del viento, incrementando el voltaje en un 52%. Asimismo, señaló que no todos los aerogeneradores funcionan eficazmente a bajas velocidades y sugirió la necesidad de mejorar los diseños de prototipos para optimizar la velocidad del viento en condiciones climáticas desfavorables para tecnologías convencionales.

Por otro lado, se obtuvo como resultado de la investigación que las aletas incrementaron las velocidades promedio del viento, alcanzando valores de 21.947 m/s y 21.032 m/s a 0.5 m en comparación con los 19.545 m/s y 19.637 m/s sin aletas. Estos resultados coinciden con estudios realizados por Burton, Sharpe, Jenkins y Bossanyi (43), titulado “Wind Energy

Handbook” quienes, en su investigación, destacaron que los dispositivos adicionales, como las aletas, pueden incrementar la velocidad efectiva del viento al focalizar el flujo. Este aumento también puede relacionarse con una mejor alineación del flujo respecto al sistema o diseño que se quiera mejorar.

En el proyecto “ Aerolastic stability and control of large winf turbines (STABCON)” realizado por la Comisión Europea (44), se demostró en la investigación del proyecto que la experimentación de aerodinámica reduce la inestabilidad del flujo y optimiza el diseño de turbinas eólicas, al igual que en los resultados de la presente investigación, el uso de aletas en los experimentos, demuestra que estos dispositivos pueden focalizar y dirigir mejor el viento, similar a los avances que en el proyecto STABCON, el cual logró con su análisis de la estabilidad aeroelástica. Ambos enfoques buscan mejorar la eficiencia de la captación de viento y minimizar la turbulencia para una mayor estabilidad en la generación de energía

Los resultados muestran que las aletas optimizaron la generación de voltaje y la estabilidad del flujo de aire, lo cual coincide con las conclusiones del proyecto de la Universidad Minuto de Dios (12), que destacó el uso del efecto Venturi para mejorar la captación de energía en zonas urbanas. En este caso, la experimentación a 0.5 m y 1 m confirmó un aumento en la estabilidad del voltaje cuando se utilizaron las aletas, validando el enfoque para poder redireccionar el viento y optimizar su aprovechamiento, similar al uso de túneles aerodinámicos en sus pruebas controladas.

En el artículo de | se diseñó y simuló un concentrador de flujo para aumentar la potencia eólica disponible. Ambos estudios comparten el objetivo de optimizar el flujo de viento, aunque emplean enfoques distintos. En el caso de la presente investigación, se mostró un incremento del 11.8% en la velocidad promedio del viento con el uso de aletas, superando las velocidades base obtenidas sin este diseño. Estos resultados son comparables con el aumento reportado en el artículo revisado, donde se mejoró hasta un 15% en la velocidad promedio, con respecto a la presentación de la desviación estándar en las pruebas con aletas fue 1.22 m/s, significativamente menor que la obtenida sin aletas 1.79 m/s. Este resultado resaltó la capacidad de las aletas para estabilizar el flujo de viento, mientras que, en el artículo revisado, los valores de desviación en regiones con tecnología optimizada estuvieron en rangos similares, mostrando una reducción en la variabilidad del flujo.

Por otro lado, el comportamiento del flujo de aire a la distancia de 1 metro presentó un mejor comportamiento que en otras distancias; ya que, a esa distancia se obtuvo una velocidad de entrada máxima de 5.099 m/s, mientras que en la salida es de 8.381 m/s, obteniendo un

porcentaje de 39.16 % de incremento en la velocidad a esa distancia, esto solamente con el uso de las aletas, mientras que, en el experimento de Nicolletti, (14). donde a una distancia de 1.2 metros colocaron un ventilador, con una potencia de salida entre 4.54 y 5.675 m/s, obteniendo en el centro del túnel la velocidad máxima de 7.106 m/s incrementando la velocidad entre 36.11 % a 20.14 %. Por otro lado, en la investigación de Matos G. Juan y Giraldo H. Enzo simularon un túnel de viento de una distancia de 4.5 m donde colocaron distintas velocidades entre ellas la velocidad de entrada de 6 m/s y obtuvieron una velocidad de salida de 8.39 m/s siendo un 28.48% de incremento en la velocidad (16).

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

El comportamiento del efecto Venturi fue óptimo debido al diseño de aletas el cual permitió mejorar significativamente la velocidad del flujo de aire y por consiguiente el aumento de la generación de energía, esto se pueden observar mediante los resultados obtenidos.

Los parámetros del diseño de aletas fueron modelados en el software SolidWork y luego simulados mediante la dinámica de fluidos computación (CFD) que ayudó a validar el comportamiento del diseño de las aletas, corroborando que el diseño de la aleta genera el efecto Venturi y por consiguiente ayuda al aumento de la generación de energía, donde se obtuvo un incremento en la velocidad de aproximadamente 1 m/s en la simulación de fluidos demostrando que el diseño de aleta SI genera el efecto Venturi.

Se comprobó que la implementación del efecto Venturi mediante las aletas incrementa la generación de voltaje del aerogenerador tipo Savonius en comparación con su operación sin las aletas. Esto evidencia que el diseño propuesto no solo genera el efecto Venturi, sino que también potencia la eficiencia energética del sistema.

La influencia del flujo de aire a una distancia menor o igual a 0.5 metros impiden un aprovechamiento completo del flujo de aire, mientras que a 1 metro se obtuvo una generación óptima del efecto Venturi, aumentando el rendimiento del aerogenerador, sin embargo, a 1.5 metros el flujo pierde estabilidad y velocidad, disminuyendo la eficiencia del sistema.

5.2. Recomendaciones

Continuar optimizando el diseño de las aletas, experimentando con diferentes geometrías y ángulos para maximizar el efecto Venturi en el aerogenerador tipo Savonius. También se sugiere evaluar materiales ligeros y resistentes que puedan mejorar el rendimiento y durabilidad del sistema.

Realizar pruebas adicionales en diferentes condiciones de viento y en ambientes exteriores para validar el rendimiento del aerogenerador bajo condiciones climáticas variadas. Esto permitiría establecer un rango más amplio de aplicabilidad del diseño de aletas.

Integrar el aerogenerador con sistemas de monitoreo y control para ajustar automáticamente el ángulo de las aletas según la velocidad y dirección del viento, optimizando la generación de energía en tiempo real.

Desarrollar y probar prototipos a diferentes escalas para investigar la viabilidad del diseño en aplicaciones más grandes o pequeñas. Esto podría extender el uso del diseño de aletas a proyectos de energía eólica a diferentes niveles, desde pequeñas instalaciones residenciales hasta parques eólicos industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **APPA RENOVABLES.** Renovables y medioambiente. [en línea]. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2024]. Disponible en: <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-y-medioambiente/?cn-reloaded=1>
2. **ANDRADE, F.** Transformando el futuro energético del Perú: el papel de las energías renovables. [en línea]. Clima de cambios PUCP., Lima, Perú, [en línea]. PERÚ, 21 de octubre 2024. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2024]. Disponible en: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/transformando-el-futuro-energetico-del-peru-el-papel-de-las-energias-renovables/>
3. **GLOBAL technologies & support(GT&S).** Energía Eólica en el Perú: Un viento de cambio. [en línea]. [Fecha de consulta: 26 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://gtsperu.com/energia-eolica-en-el-peru-un-viento-de-cambio/>
4. **ESPINOZA, L.** Energías renovables en Perú: tipos, características y situación actual. [en línea]. Conexión ESAN., Lima, Perú, [en línea]. PERÚ, 18 de diciembre del 2024. [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2024]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/energias-renovables-en-peru-tipos-caracteristicas-y-situacion-actual>
5. **ANTEAZARAN, M.** Preparación y caracterización de materiales catalíticos para una Celda de Combustible de Metanol Directo. Análisis del desempeño de un prototipo. Tesis (Doctor en Ingeniería). Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional, 2019 [en línea]. [Fecha de consulta: 6 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/82607>
6. **Osinermin impulsará las energías renovables.** [en línea]. Diario oficial del bicentenario El Peruano, Lima, Perú, [en línea]. PERÚ, 15 de febrero del 2022. [Fecha de consulta: 6 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.elperuano.pe/noticia/139385-osinermin-impulsara-las-energias-renovables>
7. **ORGANISMO Supervisor De La Inversión En Energía Y Minería (OSINERMING).** La Industria De La Electricidad En El Perú 25 Aportes Al Crecimiento Económico Del Perú. [en línea]. [Fecha de consulta: 26 de agosto del 2024]. Disponible en: https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinermin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf
8. **ORGANISMO Supervisor De La Inversión En Energía Y Minería (OSINERGMIN).** La Industria de la Energía Renovable en el Perú, 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. [en línea]. 2017. ISBN 9788578110796. Disponible en: https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinermin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf

9. **CESPEDES, R. y VÁSQUEZ, F.** “Diseño de un sistema de energía eólica para el suministro eléctrico de la localidad de Quinuabamba-Pomabamba-Ancash”. [en línea]. Trabajo de investigación (Bachiller en Ingeniería electromecánica). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2019. [Fecha de consulta: 2 de febrero del 2024]. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4857/R.Cespedes_F.Vasquez_Trabajo_de_Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y
10. **NOGUERA BULMARO.** El efecto Venturi: Importancia y aplicaciones. “IQR” Ingeniería Química. [en línea]. 11 de octubre del 2020. [Fecha de consulta 19 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/08/efecto-Venturi.html>
11. **NACIONES UNIDAS.** La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. 2015. [Fecha de consulta 20 de abril del 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
12. **BLANCO, T.** Construcción de un prototipo para mejorar la eficiencia energética. Tesis (Título de ingeniera industrial). Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2017. [Fecha de consulta: 2 de febrero del 2024]. Disponible en: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/5308/1/TIND_BlancoRochaTania_2017.pdf
13. **JIMÉNEZ, H.** Diseño de un aerogenerador de eje vertical de uso pedagógico y simulación haciendo uso de SolidWorks. Tesis (Título en). San Pedro Sula: Universidad Tecnológica Centroamericana, 2020. [Fecha de consulta: 11 de junio del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unitec.edu/xmlui/handle/123456789/9760>
14. **NICOLETTI, P.** Túnel de viento para ensayos de aerogeneradores de baja potencia nacionales. INNOVA UNTREF. Argentina: Revista Argentina De Ciencia Y Tecnología. [en línea]. Septiembre, 2020. [Fecha de consulta: 15 de julio del 2024]. Disponible en: <https://revistas.untref.edu.ar/index.php/innova/article/view/602>
15. **MASIAS, J.** Construcción de prototipo de aerogenerador Savonius a nivel de banco para optimizar captación de energía eólica. Tesis (Título de ingeniero ambiental). Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021. [en línea]. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5469/EDUARDO%20JOS%c3%89%20L%c3%93PEZ%20MASIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. **MATOS G. Juan M. y GIRALDO H. Enzo M. 2023.** *Diseño y simulación de un banco de pruebas para evaluar el rendimiento de turbinas eólicas de eje horizontal de hasta una*

- potencia de 600W*. [en línea]. Tesis de pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). [Consulta: 30 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10757/670528>.
17. **APARICIO, J., MEZA, N. y NÚÑEZ, P.** Diseño de un vawt Savonius para recolectar energía eólica de vehículos que se desplazan por la vía del sector de Quebrada Honda-Huancayo. Tesis (Título de ingeniero mecánico). Huancayo: Universidad Continental, 2022. [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11988>
 18. **RAMOS, F.** Captación de aire mediante toberas que genere la mayor cantidad de energía eólica Huancayo – Perú. Tesis (Título de ingeniero mecánico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3676/Ramos%20Sayas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 19. **MINISTERIO De Desarrollo Agrario Y Riego.** Clima de la sierra y Selva. [en línea]. Disponible en <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/53sector-agrario/el-clima>.
 20. **INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Perú:** Anuario de Estadísticas Ambientales 2023. [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de agosto del 2024]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5588186/4963255-peru-anuario-de-estadisticas-ambientales-2023%282%29.pdf?v=1706036917>
 21. **BANCO Central de Reserva del Perú (BCR).** Caracterización del departamento de Junín. [en línea]. [Fecha de consulta: 10 de julio del 2024]. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/junin-caracterizacion.pdf>
 22. **TORRES, U., FARFÁN, J. y SÁNCHEZ, C.** Construcción de un generador eólico [en línea]. Lima, 2014. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2024]. Disponible en: <https://www.uv.es/~navasqui/OtrosAerogeneradores/Pequegeneolicoperu.pdf>
 23. **DE LAS HERAS, S.** Mecánica de fluidos en ingeniería. [en línea]. . [Fecha de consulta: 10 de abril del 2024]. ISBN 978-84-7653-936-1. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/633033/CI170_Mec%20a1nica_De_Fluidos_201901.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 24. **KUMARI, B. y KUMAR, N.** Principle of Bernoulli's Equation and its Applications. [en línea]. 2022. Vol. 20, p. 5078–5084. DOI 10.14704/NQ.2022.20.10.NQ55485. Disponible en: www.neuroquantology.com
 25. **RODRÍGUEZ, J.** Análisis Y Diseño De Un Aerogenerador Mediante Simulación 3d De Dinámica Computacional De Fluidos. Tesis (Título de ingeniero mecánico). Madrid : Universidad Carlos III de Madrid, 2017. [en línea]. [Fecha de consulta: 14 de mayo

- del 2024]. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/25de2118-ae4f-485c-b544-dcb1423a7845/content>
26. **TU, J., YEOH, G. y LIU, C.** Computational fluid dynamics: A practical approach. [en línea]. 2023. [Fecha de consulta: 28 de julio del 2024]. Disponible en: https://books.google.es/books?id=_3OyEAAAQBAJ&dq=Computational+Fluid+Dynamics&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
 27. **ALICIA, M.** ¿Es SolidWorks el software de diseño ideal para fabricación aditiva? 3D natives. [Fecha de consulta 22 de junio del 2024]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/solidworks-software-de-diseno-fabricacion-aditiva-070520202/#:~:text=SOLIDWORKS%20tambi%C3%A9n%20se%20ha%20adoptado,un%20software%20de%20impresi%C3%B3n%203D.>
 28. **EMPRESA EDITORA MACRO EIRL. SIMULACIÓN CON SOLIDWORKS.** [en línea]. Primera Edición. Lima, 2014. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2024]. ISBN 978-612-304-214-1. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=J7kuDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=simulaci%C3%B3n+solidworks&ots=2jKPSz_zGy&sig=olikhc4eCBs4AVezFImDKOtzJjk#v=onepage&q=simulaci%C3%B3n%20en%20solidworks&f=false
 29. **SOLIDWORKS corporation. SOLIDWORKS Simulation.** 2024. [Fecha de consulta: 18 de julio del 2024]. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-simulation>
 30. **TODAMATERIA.** Propiedades intensivas y extensivas de la materia. [en línea]. 29 septiembre del 2021. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2024]. Disponible en: <https://www.todamateria.com/presion-atmosferica/>
 31. **ASOC. PASIÓN POR VOLAR.** La Densidad del Aire. [en línea]. 13 de enero del 2013. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2024]. Disponible en: <https://www.pasionporvolar.com/la-densidad-del-aire/>
 32. **MENDOZA, P.** Diseño De Generador Hidroeléctrico Portable Para Zonas Rurales. Tesis (Título de ingeniero mecatrónico). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2017 [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2024]. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9466/MENDOZA_PAUL_GENERADOR_HIDROEL%c3%89CTRICO_PORTABLE_RURALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 33. **OMEGA.** Introducción A Los Anemómetros. [en línea]. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2024]. Disponible en: <https://mx.omega.com/prodinfo/anemometros.html#:~:text=Un%20anem%C3%B3metro>

- %20es%20un%20instrumento,confinados%2C%20como%20un%20viento%20atmosf%C3%A9rico.
34. **BARA, A. Y BON, L.** Cursos De Aprendizaje Tercer Curso De Mecanismos Auxiliar Del Mecánico De Mantenimiento. Bogotá: SENA, 1963. [en línea]. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/4946>
 35. **AGUILAR, E.** Diseño, fabricación y análisis dinámico de un rotor rígido sobre cojinetes magnéticos radiales. [en línea]. Abril del 2020. [Fecha de consulta: 9 de abril del 2024]. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16667/AGUILAR_J_USCAMAITA_ENRIQUE_DISE%3%91O_FABRICACION_AN%3%81LISIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 36. **MR PERU.** ¿Qué es un soplador de aire? Cómo funciona, aplicaciones y tipos. [en línea]. 14 de septiembre del 2022. [Fecha de consulta: 9 de abril del 2024]. Disponible en: <https://www.mrperu.com.pe/blog/que-es-un-soplador-de-aire-como-funciona-aplicaciones-y-tipos/>
 37. **ASTO GARCIA, Oral.** Comportamiento estructural de losas macizas de concreto reforzadas con varillas de basalto. Tesis (Título de ingeniero civil). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2020. [Fecha de consulta: 30 de agosto 2024]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b5c5fe99-809e-4f59-b59f-76444f948bfc/content>
 38. **BARRANTES, J.** Propuesta de una línea de producción de muebles de melamina “ready to assemble” en la empresa Leoncito S.A. Comportamiento estructural de losas macizas de concreto reforzadas con varillas de basalto. Tesis (Título de ingeniero industrial y de sistemas). Piura: Universidad de Piura, 2021. [Fecha de consulta: 9 de abril del 2024]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/cc4f1f53-91d8-4b08-b70c-0439f5645a1d/content>
 39. **FLUKE.** ¿Qué es el multímetro digital? [en línea]. 2024. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2024]. Disponible en: [https://www.fluke.com/es-pe/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital#:~:text=Un%20mult%3%ADmetro%20digital%20\(DMM\)%20es,las%20industrias%20el%3%A9ctricas%20y%20electr%3%B3nicas.](https://www.fluke.com/es-pe/informacion/blog/electrica/que-es-un-multimetro-digital#:~:text=Un%20mult%3%ADmetro%20digital%20(DMM)%20es,las%20industrias%20el%3%A9ctricas%20y%20electr%3%B3nicas.)
 40. **INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.** Pinzas de cocodrilo. [en línea]. 8 octubre 2013. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2024] Disponible en: <https://instrumentosdelaboratorio.org/pinzas-de-cocodrilo>
 41. **ARIAS, F.** El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica. [en línea]. 6ta Edición. Caracas: EDITORIAL EPISTEME, C.A., 2012. [Fecha de consulta:

- 29 de febrero del 2024]. ISBN 980-07-8529-9. Disponible en: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
42. **TRIOLA, M.** Estadística [en línea]. 12va ed. Ciudad de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.[fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. ISBN-13: 978-607-32-4378-0. Disponible en: <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0038.pdf>
43. **BURTON, T., SHARPE, D., JENKINS, N., y BOSSANYI, E.** Wind Energy Handbook. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2011. [Fecha de consulta: 30 noviembre 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781119993834>
44. **EUROPEAN COMMISSION.** Tool for aeroelastic stability in wind turbines. [en línea] [Fecha de consulta: 30 noviembre 2024]. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/article/id/84344-tool-for-aeroelastic-stability-in-wind-turbines/es>
45. **ARCINIEGAS, E., FLOREZ, E, y SERANO, J.** Diseño y simulación de un concentrador de flujo para aumentar la potencia eólica disponible en un aerogenerador de baja potencia. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. [Fecha de consulta 22 de junio del 2024]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v9n2/0121-7488-cide-9-02-127.pdf>

ANEXOS Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el comportamiento del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el comportamiento del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El efecto Venturi se comporta de manera positiva en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Diseño de aleta</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Tecnológica</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Explicativo</p> <p>Diseño:</p> <p>Experimental - Cuantitativo</p>
<p>Problemas específicos</p>	<p>Objetivos específicos:</p>	<p>Hipótesis específicas:</p>	<p>Variable dependiente:</p>	
<p>¿Cuáles son los parámetros del diseño de aletas para generar el efecto Venturi de manera óptima?</p>	<p>Identificar los parámetros del diseño de aletas para generar el efecto Venturi de manera óptima</p>	<p>El diseño de aletas mediante el efecto Venturi incrementan la generación de energía de manera óptima en el aerogenerador tipo Savonius</p>	<p>Aerogenerador</p> <p>Efecto Venturi</p>	

<p>¿Cuál es la diferencia de voltaje que genera el aerogenerador tipo Savonius con y sin la influencia del efecto Venturi?</p>	<p>Comparar el voltaje que genera el aerogenerador tipo Savonius con y sin la influencia del efecto Venturi.</p>	<p>Existe diferencia de voltaje que genera el aerogenerador tipo Savonius con y sin la influencia del efecto Venturi</p>		
<p>¿Cómo influye el flujo de aire a diferentes distancias de un aerogenerador tipo Savonius para producir el efecto Venturi?</p>	<p>Evaluar la influencia del flujo de aire a diferentes distancias de un aerogenerador tipo Savonius para producir el efecto Venturi</p>	<p>El flujo de aire a diferentes distancias influye positivamente en un aerogenerador tipo Savonius mediante el efecto Venturi.</p>		

Anexo 02. Validez de ficha de observación (1)

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: JUICIO DE EXPERTOS

Título del proyecto	Análisis del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius
Autoría	Luis Álvaro Azorza Huamán, Arianne Palomino Camac, Jesús Aaron Victorio López
Denominación del instrumento	Fichas de recolección de datos de velocidad de viento y voltaje

Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia y de operacionalización, solicito que en base a su criterio y su experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

Nota: Para cada criterio considere la escala del 1 al 4 según considere, donde:

1: Completamente en desacuerdo	3: De acuerdo
2: En desacuerdo	4: Completamente de acuerdo

N°	INDICADOR	CRITERIO	1	2	3	4
01	Coherencia	¿Las características presentadas en el instrumento tiene relación con el título y con las variables de investigación?				X
02	Claridad	¿La redacción de las características y la instrucción del instrumento son adecuadas y se entendieron?				X
03	Suficiencia	¿La calidad y la cantidad de características son adecuadas para aplicar a la investigación?				X
04	Internacionalidad	¿Las características presentan intención de lograr identificar y describir las variables de la investigación?				X
05	Pertinencia	¿Considera usted que las características determinadas son útiles para la investigación?				X
06	Objetividad	¿Las características presentadas en el instrumento son observables?				X
07	Consistencia	¿Las características están basadas en aspectos teóricos científicos?				X
08	Actualidad	¿El instrumento es adecuado al avance de las ciencias?				X
09	Organización	¿Existe una secuencia lógica y ordenada en la presentación de las características?				X
10	Metodología	¿El instrumento elaborado responde al objetivo de la investigación?				X
	Total parcial					40
	TOTAL					40

Puntuación: De 10 a 17: No válida; Reformular De 18 a 25: No válida; Modificar De 26 a 33: Válida; Mejorar De 34 a 40: Válida; Aplicar

Observaciones: _____

Nombres y Apellidos del experto evaluador: César Quirope López
 Título profesional: Ing. Electricista Colegiatura: 1790568 Grado académico: Dr. en Ingeniería
 Lugar y fecha de la evaluación: _____
 DNI: 41662257 Celular: 964577007



[Handwritten signature]

Anexo 03. Validez de ficha de observación (2)

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: JUICIO DE EXPERTOS

Título del proyecto	Análisis del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius
Autoría	Luis Álvaro Azorza Huamán, Arienne Palomino Camac, Jesús Aaron Victorio López
Denominación del instrumento	Fichas de recolección de datos de velocidad de viento y voltaje

Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia y de operacionalización, solicito que en base a su criterio y su experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

Nota: Para cada criterio considere la escala del 1 al 4 según considere, donde:

1: Completamente en desacuerdo	3: De acuerdo
2: En desacuerdo	4: Completamente de acuerdo

N°	INDICADOR	CRITERIO	1	2	3	4
01	Coherencia	¿Las características presentadas en el instrumento tiene relación con el título y con las variables de investigación?				X
02	Claridad	¿La redacción de las características y la instrucción del instrumento son adecuadas y se entendieron?				X
03	Suficiencia	¿La calidad y la cantidad de características son adecuadas para aplicar a la investigación?				X
04	Internacionalidad	¿Las características presentan intención de lograr identificar y describir las variables de la investigación?				X
05	Pertinencia	¿Considera usted que las características determinadas son útiles para la investigación?				X
06	Objetividad	¿Las características presentadas en el instrumento son observables?				X
07	Consistencia	¿Las características están basadas en aspectos teóricos científicos?				X
08	Actualidad	¿El instrumento es adecuado al avance de las ciencias?				X
09	Organización	¿Existe una secuencia lógica y ordenada en la presentación de las características?				X
10	Metodología	¿El instrumento elaborado responde al objetivo de la investigación?				X
	Total parcial					40
	TOTAL					40

Puntuación: De 10 a 17: No válida; Reformular De 18 a 25: No válida; Modificar De 26 a 33: Válida; Mejorar De 34 a 40: Válida; Aplicar

Observaciones: _____

Nombres y Apellidos del experto evaluador: Rubisnal Félix Julián Daga
 Título profesional: Ingeniero Mecánico Colegiatura: 320251 Grado académico: Ingeniero
 Lugar y fecha de la evaluación: Huancayo 26/09/2024
 DNI: 70328349 Celular: 930664311

Firma: _____



Anexo 04. Validez de ficha de observación (3)

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN: JUICIO DE EXPERTOS

Título del proyecto	Análisis del efecto Venturi en el diseño de aletas mediante un aerogenerador tipo Savonius
Autoría	Luis Álvaro Azorza Huamán, Arienne Palomino Camac, Jesús Aaron Victorio López
Denominación del instrumento	Fichas de recolección de datos de velocidad de viento y voltaje

Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia y de operacionalización, solicito que en base a su criterio y su experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

Nota: Para cada criterio considere la escala del 1 al 4 según considere, donde:

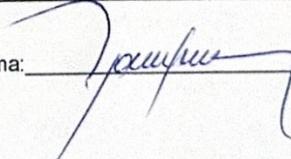
1: Completamente en desacuerdo	3: De acuerdo
2: En desacuerdo	4: Completamente de acuerdo

N°	INDICADOR	CRITERIO	1	2	3	4
01	Coherencia	¿Las características presentadas en el instrumento tiene relación con el título y con las variables de investigación?				X
02	Claridad	¿La redacción de las características y la instrucción del instrumento son adecuadas y se entendieron?				X
03	Suficiencia	¿La calidad y la cantidad de características son adecuadas para aplicar a la investigación?				X
04	Internacionalidad	¿Las características presentan intención de lograr identificar y describir las variables de la investigación?				X
05	Pertinencia	¿Considera usted que las características determinadas son útiles para la investigación?				X
06	Objetividad	¿Las características presentadas en el instrumento son observables?				X
07	Consistencia	¿Las características están basadas en aspectos teóricos científicos?				X
08	Actualidad	¿El instrumento es adecuado al avance de las ciencias?				X
09	Organización	¿Existe una secuencia lógica y ordenada en la presentación de las características?				X
10	Metodología	¿El instrumento elaborado responde al objetivo de la investigación?				X
	Total parcial					40
	TOTAL					

Puntuación: De 10 a 17: No válida; Reformular De 18 a 25: No válida; Modificar De 26 a 33: Válida; Mejorar De 34 a 40: Válida; Aplicar

Observaciones: _____

Nombres y Apellidos del experto evaluador: DANTE MANUEL GARCÍA JIMÉNEZ
 Título profesional: ING QUÍMICO Colegiatura: 85991 Grado académico: DOCTOR EN INGE. QUÍMICA
 Lugar y fecha de la evaluación: HUANCAYO 25 DE SETIEMBRE DE 2024
 DNI: 21299046 Celular: 964814393

Firma: 

7

Anexo 05. Certificado de calibración de Pinza Amperimétrica



METROLOGIA: IS-003

CERTIFICADO DE CALIBRACION: EE-0296 -2024

OT:00236 -2024

Fecha De Emisión :29 -05 – 2024

Expediente : E – 136

1.- DATOS DEL CLIENTE:

CLIENTE: ARIANNE PALOMINO CAMAC

DIRECCION: Jr. Libertad N° 1065



2.- INSTRUMENTO:

Equipo : Pinza Amperimétrica

Marca : PRASEK PREMIUM

Alcance:

Modelo: PR -202A

Tención: 0 V a 1000 V (DC): 0 V a 1000 V (AC)

Serie: H230005490

Corriente: 0 V a 1000 V (DC): 0 V a 1000 V (AC)

Identificación:

Resistencia: 0Ω a 60 KΩ

Procedencia: PERU

Tipo: Digital



3.- FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN:

Fecha de calibración: 29 – Mayo – 2024

Lugar de calibración: Laboratorio ISEMINCON S.R.L.

4.- METODO DE CALIBRACION:

La calibración se realizó con método de comparación directa según el PC – 025 "Procedimiento para la calibración de Pinza Amperimétrica"

5.- PATRON DE CALIBRACION:

Patron Utilizado	Certificado	Identificación
Multimetro Digital	LE - 040 -2024	L1 - 02
Analizador de Redes	LPE - 359 - 2024	ALM1 - 006
Calibrador Multifuncion	LE - 045 - 2024	L1 - 001

6.- CONDICIONES AMBIENTALES:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	24.2	24.06
Humedad Relativa (%HR)	51.00	50.6

PRINCIPAL : Mz. "F" Lote 1 Barrio Yanasyugo ,Distrito de Ataura, Sucursal: Jr. Las Violetas N° 304 Urb. La Estancia El Tambo Huancayo , Jr. ACOLLA N° 625 - Jauja - SUCURSAL MZ - "C" LT 6 SUB LOTE 21 ENACE - CARABAYLLO - LIMA - LIMA Celular : 926631354

ISEMINCON SRL, Certifica que este instrumento ha sido calibrado usando los equipos y patrones rastreables al SI a través del Centro Nacional de Metrología (CENAM) así como al instituto nacional de estadísticas y tecnología en cumplimiento a la norma 17025:2005.

Los resultados son validos al momento de la calibración, al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función de uso mantenimiento o reglamentaciones vigentes.

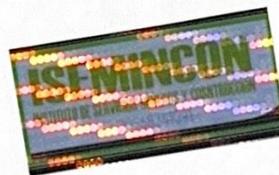
Este certificado solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, los extractos o modificaciones requieren las autorizaciones de ISEMINCON S.R.L.

El presente certificado carece de validez sin las firmas de ISEMINCON S.R.L.

Los resultados reportados en el presente CERTIFICADO DE CALIBRACION correspondiente únicamente al objeto calibrado, no pudiéndose extender a otro.

Los resultados reportados en el presente CERTIFICADO DE CALIBRACION no deben ser utilizados como una conformidad con norma o producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE ISEMINCON S.R.L.



PRINCIPAL : Mz. "F" Lote 1 Barrio Yanasyugo ,Distrito de Ataura, Sucursal: Jr. Las Violetas
N° 304 Urb. La Estancia El Tambo Huancayo ,
Jr. ACOLLA N° 625 - Jauja - SUCURSAL MZ - "C" LT 6 SUB LOTE 21 ENACE -
CARABAYLLO - LIMA - LIMA Celular : 926631354

Anexo 06. Certificado de calibración de Pinza Amperimétrica



ISEMINCON
INSTITUTO DE SERVICIOS MINEROS Y CONSTRUCCIÓN
RUC: 20568341091

METROLOGIA: IS-003

CERTIFICADO DE CALIBRACION: EE-0276 -2024

OT:00234 -2024 Fecha De Emisión :04 -06 – 2024

Expediente : E – 156

1.- DATOS DEL CLIENTE:
CLIENTE: ARIANNE PALOMINO CAMAC
DIRECCION: Jr. Libertad N° 1065

2.- CONDICION DEL EQUIPO:
Equipo: Anemómetro
Recibido : Dentro de la Tolerancia
Entregado : Dentro de la Tolerancia
Procedimiento: 315.4-53LI
Equipo certificado en : ISM X SITIO

ESPECIFICACIONES ASIGNADAS
FABRICANTE: X USUARIO: NORMA:
Marca : BENETECH
Modelo: GM8209
Serie: MG:2785253
Identificación:
Procedencia : CHINA Tipo: Digital

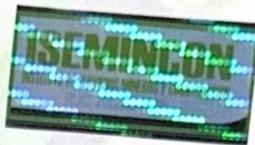
3.- FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN:
Fecha de calibración: 04 - Junio – 2024
Lugar de calibración: Laboratorio ISEMINCON S.R.L.

4.- METODO DE CALIBRACION:
La calibración se realizó con método de comparación directa según el PC – 025 “Procedimiento para la calibración de Anemometro”

Trazabilidad	Manufactureo	Modelo	Vencimiento
ISM - 033E	Pc sensor	TemperHum	Dic-24
ISM - 010E	Extech	407113	Jun-25

PRINCIPAL : Mz. “F” Lote 1 Barrio Yanasyugo ,Distrito de Ataura, Sucursal: Jr. Las Violetas N° 304 Urb. La Estancia El Tambo Huancayo ,
Jr. ACOLLA N° 625 - Jauja - SUCURSAL MZ - “C” LT 6 SUB LOTE 21 ENACE -
CARABAYLLO - LIMA - LIMA Celular : 926631354





Los resultados son validos al momento de la calibración, al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función de uso mantenimiento o reglamentaciones vigentes.

Este certificado solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, los extractos o modificaciones requieren las autorizaciones de ISEMINCON S.R.L.

El presente certificado carece de validez sin las firmas de ISEMINCON S.R.L.

Los resultados reportados en el presente CERTIFICADO DE CALIBRACION correspondiente únicamente al objeto calibrado, no pudiéndose extender a otro.

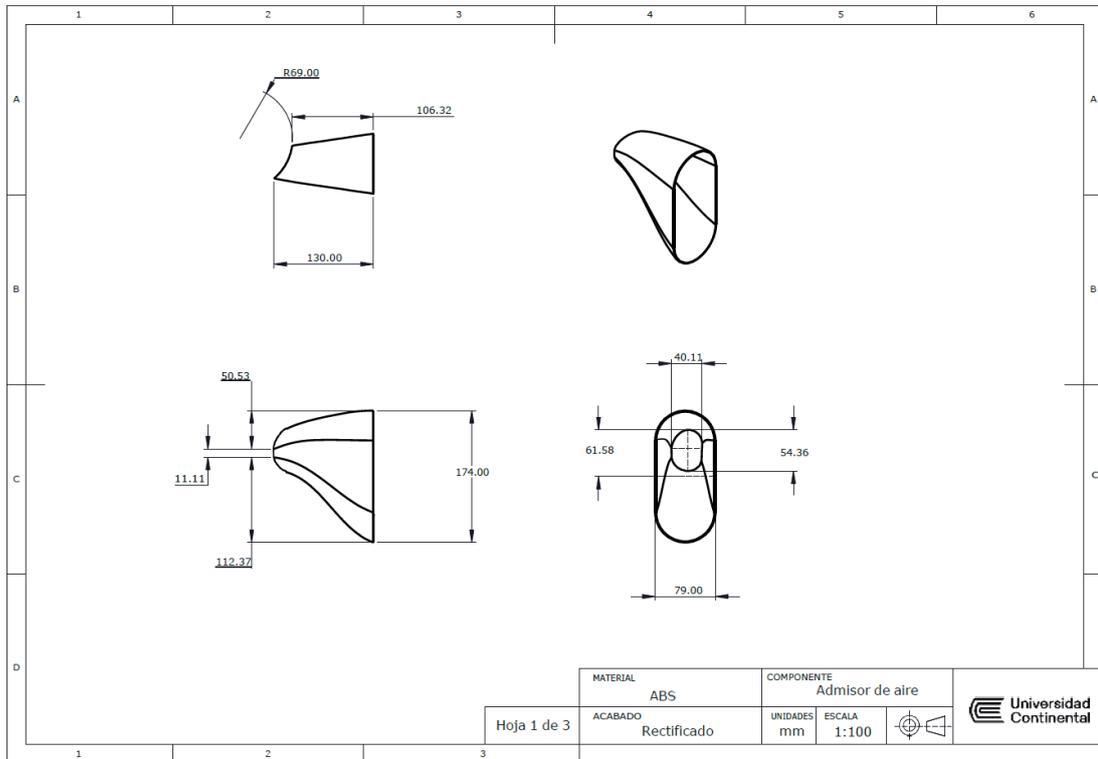
Los resultados reportados en el presente CERTIFICADO DE CALIBRACION no deben ser utilizados como una conformidad con norma o producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE ISEMINCON S.R.L.

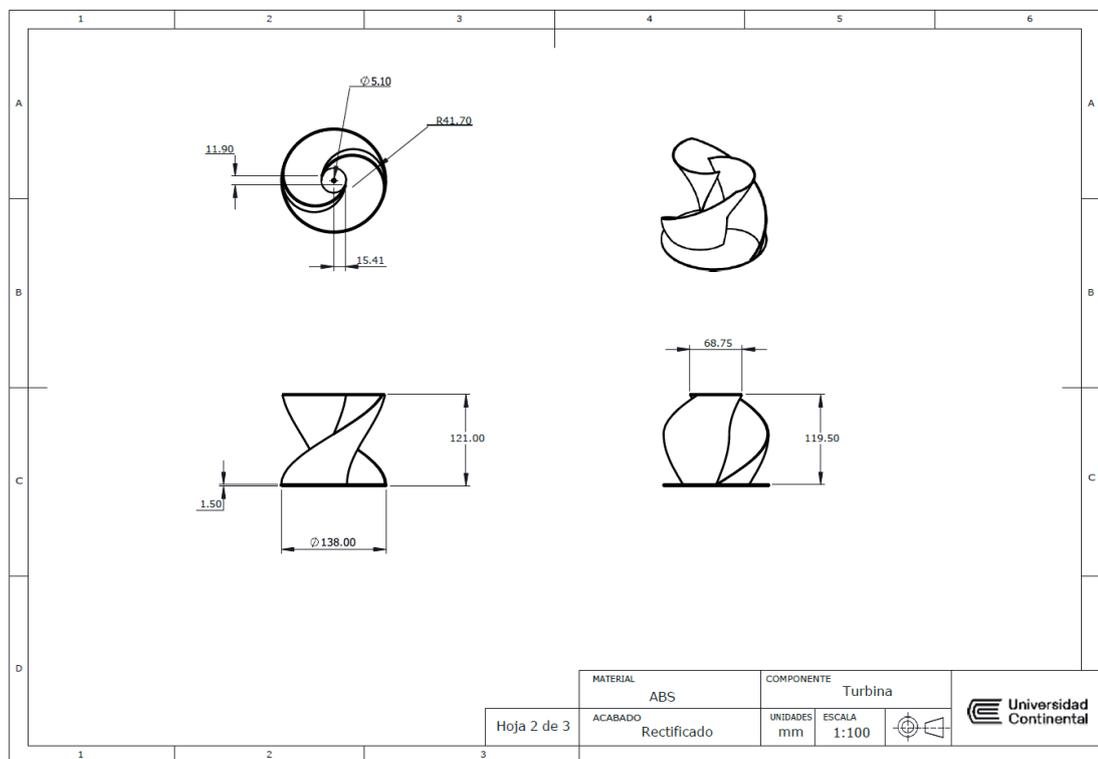


PRINCIPAL : Mz. "F" Lote 1 Barrio Yanasyugo ,Distrito de Ataura, Sucursal: Jr. Las Violetas
N° 304 Urb. La Estancia El Tambo Huancayo ,
Jr. ACOLLA N° 625 - Jauja - SUCURSAL MZ - "C" LT 6 SUB LOTE 21 ENACE -
CARABAYLLO - LIMA - LIMA Celular : 926631354

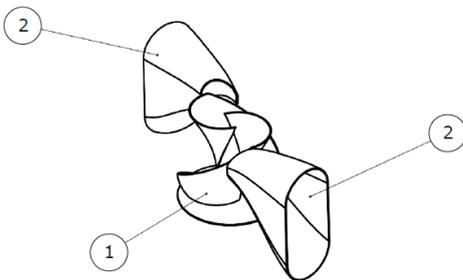
Anexo 07. Plano de diseño de aleta



Anexo 05. Plano de diseño de turbina



Anexo 06. Plano de ensamblado de prototipo



N.º DE ELEMENTO	PIEZA	DESCRIPCIÓN	Material	Peso	CANTIDAD
1	Turbina	Turbina	ABS	71.64	1
2	Aleta	Admisor de aire	ABS	56.64	2

Hoja 3 de 3	MATERIAL	ABS	COMPONENTE	Ensamblaje terminado	 Universidad Continental	
	ACABADO	Termino	UNIDADES	mm		ESCALA

Anexo 07. Ficha de recolección de datos de voltaje

	Con aletas		Sin aletas	
Distancias (m)	0.5	1	0.5	1
Ambos simuladores (Segundos)	1		2	

Nota: Elaboración propia

Anexo 08. Ficha de recolección de datos de viento

	Con aletas			Sin aletas		
Distancias (m)	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5
Simulador 1	1					
(segundos)	_____					
	2					
Simulador 2	1					
(segundos)	_____					
	2					

Nota: Elaboración propia

Anexo 09. Cable dúplex calibre 18



Anexo 10. Dinamo de 24v.



Anexo 11. Corte de melamina para soporte de prototipo.



Anexo 12. Corte de melamina para soporte de aletas



Anexo 13. Armado de los cortes de melamina para soporte de aletas.



Anexo 14. Ajuste de la base de madera al soporte de melamina.



Anexo 15. Implementación de varilla de acero al aerogenerador y soporte de melamina.



Anexo 16. Instalación de sistema de poleas y dínamo de 24v.



Anexo 17. Instalación de sistema de poles



Anexo 18. Ajuste del soporte de melamina a la base.



Anexo 19. Reforzando base del prototipo.



Anexo 20. Ensamblado e instalación de aletas a la base de melamina.



Anexo 21. Ajuste de soporte de aleta a la base de melamina.



Anexo 22. Ajuste de la segunda base superior al prototipo de la turbina.



Anexo 23. Medición de 0.5 metros



Anexo 24. Medición de 1 metro



Anexo 25. Medición de 1.5 metros



Anexo 26. Medición del voltaje en 0.5 metros sin aletas SVo0.5



Anexo 27. Medición del voltaje en 1.0 metros sin aletas SVo1.0



Anexo 28. Medición del voltaje en 1.5 metros sin aletas SVo1.5



Anexo 29. Medición del voltaje en 0.5 metros con aletas CVo0.5



Anexo 30. Medición del voltaje en 1 metro con aletas CVo1.0



Anexo 31. Medición del voltaje en 1.5 metro con aletas CVo1.5



Anexo 32. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros sin aletas SS1Ve0.5



Anexo 33. Medición de velocidad de aire en 1 metro sin aletas SS1Ve1.0



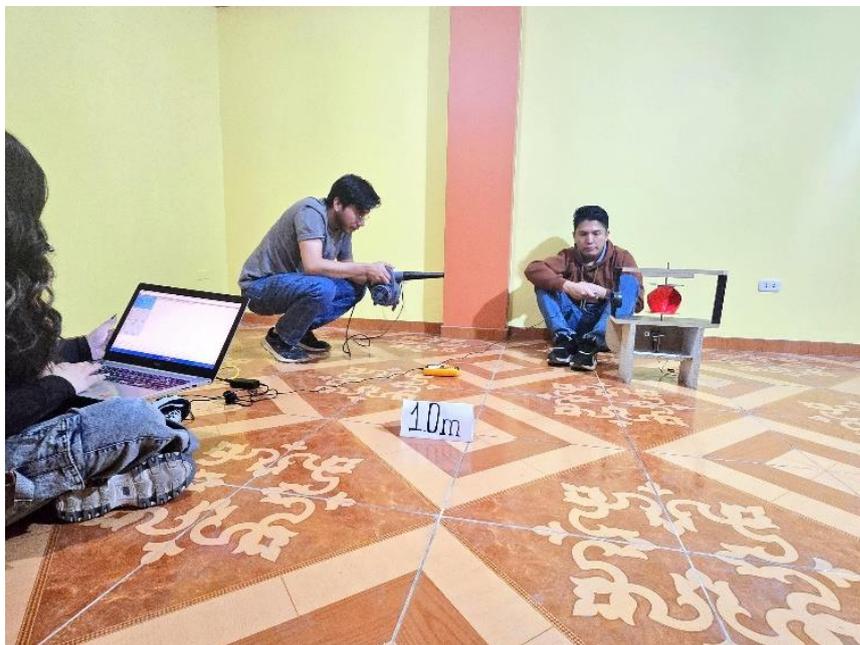
Anexo 34. Medición de velocidad de aire en 1.5 metro sin aletas SS1Ve1.5



Anexo 35. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros sin aletas SS2Ve0.5



Anexo 36. Medición de velocidad de aire en 1 metro sin aletas SS2Ve1.0



Anexo 37. Medición de velocidad de aire en 1.5 metros sin aletas SS2Ve1.5



Anexo 38. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros con aletas SS1Ve0.5



Anexo 39. Medición de velocidad de aire en 1 metro con aletas SS1Ve1.0



Anexo 40. Medición de velocidad de aire en 1.5 metros con aletas SS1Ve1.5



Anexo 41. Medición de velocidad de aire en 0.5 metros con aletas SS2Ve0.5



Anexo 42. Medición de velocidad de aire en 1 metro con aletas SS2Ve1.0



Anexo 43. Medición de velocidad de aire en 1.5 metros con aletas SS3Ve1.5



Anexo 44. Tabla de resultados de recolección de datos

	Con aletas		Sin aletas	
	0.5	1	0.5	1
Distancias (m)				
1	14.95	1.282	7.91	0
2	14.97	1.762	7.68	0
Ambos simuladores				
3	14.96	1.893	7.41	0
4	14.95	2.05	7.40	0
5	14.97	1.96	7.70	0

6	14.99	1.98	8.00	0
<hr/>				
7	15.01	2.09	8.27	0
<hr/>				
8	15.02	2.08	8.57	0
<hr/>				
9	15.05	2.11	8.63	0
<hr/>				
10	14.98	2.07	8.79	0
<hr/>				
11	14.95	2.19	8.88	0
<hr/>				
12	14.92	2.19	9.17	0
<hr/>				
13	14.87	2.15	9.37	0
<hr/>				
14	14.95	2.15	9.39	0
<hr/>				
15	14.98	2.18	9.46	0
<hr/>				
16	14.15	2.12	9.57	0
<hr/>				
17	15.03	2.07	9.62	0
<hr/>				
18	15.01	2	9.61	0.831
<hr/>				
19	14.97	2.03	9.59	3.17
<hr/>				
20	14.96	1.94	9.6	2.23

21	14.99	1.87	9.55	0.533
<hr/>				
22	14.95	1.742	9.61	0
<hr/>				
23	14.97	1.737	9.76	0
<hr/>				
24	14.99	1.866	9.81	0
<hr/>				
25	15.00	1.934	9.82	4
<hr/>				
26	15.01	1.913	9.78	4.25
<hr/>				
27	15.03	1.904	9.77	1.9
<hr/>				
28	15.04	1.753	9.68	0.239
<hr/>				
29	15.05	1.739	9.85	0
<hr/>				
30	15.07	1.747	9.88	0
<hr/>				
31	15.02	1.746	10.18	0
<hr/>				
32	15.01	1.772	10.16	0
<hr/>				
33	14.99	1.823	10.09	0
<hr/>				
34	15.00	1.845	9.73	0
<hr/>				
35	15.01	1.848	9.44	0

36	15.02	1.903	9.4	0
<hr/>				
37	15.04	1.876	9.39	0
<hr/>				
38	15.1	1.831	9.28	0
<hr/>				
39	15.12	1.832	9.44	0
<hr/>				
40	15.1	1.804	9.76	0
<hr/>				
41	15.08	1.76	9.77	0
<hr/>				
42	15.06	1.794	10.5	0
<hr/>				
43	15.1	1.754	10.76	0
<hr/>				
44	15.08	1.73	10.94	0
<hr/>				
45	15.12	1.755	11.28	0
<hr/>				
46	15.16	1.85	11.46	0
<hr/>				
47	15.19	1.974	11.43	0
<hr/>				
48	15.21	1.971	11.62	0.59
<hr/>				
49	15.22	2.05	11.94	0
<hr/>				
50	15.24	1.94	12.12	0

51	15.26	1.95	12.1	1.207
<hr/>				
52	15.25	1.98	12.7	2.58
<hr/>				
53	15.29	1.95	12.5	1.37
<hr/>				
54	15.31	1.85	11.45	3.18
<hr/>				
55	15.34	1.842	11.02	2.04
<hr/>				
56	15.30	2.06	10.95	0
<hr/>				
57	15.34	2.03	10.83	0
<hr/>				
58	15.33	1.96	10.29	0
<hr/>				
59	15.30	1.9	9.62	0
<hr/>				
60	15.32	1.99	9.16	0

Anexo 45. Tabla de resultados de recolección de datos

Distancias (m)	Con aletas			Sin aletas			
	0.5	1	1.5	0.5	1	1.5	
Simulador 1 (Segundos)	1	21.63	0.481	1.134	18.52	2.391	0.202
	2	22.81	3.104	3.207	19.21	3.826	0.511
	3	23.23	5.924	4.018	19.38	4.252	1.312
	4	23.06	6.582	3.671	18.29	4.227	1.814
	5	23.18	6.561	3.131	20.31	4.232	1.957
	6	23.48	6.487	2.807	20.29	4.182	1.908
	7	23.63	6.525	2.834	20.32	4.233	1.966
	8	23.84	6.945	3.08	20.4	4.294	2.213
	9	24.39	7.497	3.672	20.63	4.228	2.614
	10	24.39	7.813	3.859	20.82	4.144	2.841
	11	23.74	7.861	4.21	20.88	4.047	2.92
	12	23.96	7.8	4.248	20.91	4.024	2.891

13	24.42	7.796	3.93	20.88	4.012	2.577
<hr/>						
14	24.26	7.863	3.97	20.9	3.974	2.512
<hr/>						
15	23.87	7.856	4.101	20.88	4.03	2.579
<hr/>						
16	22.99	7.719	4.345	20.43	4.114	2.56
<hr/>						
17	22.54	7.539	4.322	19.99	4.116	2.615
<hr/>						
18	22.2	7.672	4.331	19.98	4.109	2.682
<hr/>						
19	22.18	7.762	4.37	20.05	3.949	2.658
<hr/>						
20	22.25	7.973	4.514	20.12	3.683	2.568
<hr/>						
21	22.41	8.169	4.587	20.2	3.706	2.543
<hr/>						
22	22.28	8.232	4.44	20.26	3.744	2.562
<hr/>						
23	22.07	8.27	4.453	20.24	3.478	2.53
<hr/>						
24	21.4	8.372	4.511	20.09	3.357	2.425
<hr/>						
25	21.2	8.381	4.622	18.9	3.592	2.347
<hr/>						
26	21.44	8.309	4.649	19.45	4.085	2.425
<hr/>						
27	20.24	8.266	4.614	20.09	4.166	2.488

28	19.19	8.229	4.481	19.35	3.992	2.449
29	19.33	8.176	4.467	18.98	3.949	2.549
30	20.16	7.826	4.681	14.13	4.047	2.598
31	20.85	7.609	4.78	13.58	4.014	2.579
32	20.94	7.652	4.701	18.55	3.852	2.589
33	21.09	7.431	4.63	19.53	4.008	2.477
34	21.47	7.307	4.6	19.82	4.653	2.518
35	21.68	7.454	4.615	19.99	5.099	2.647
36	21.67	7.494	4.571	19.69	4.954	2.672
37	21.76	7.497	4.447	19.41	4.594	2.683
38	21.69	7.469	4.546	19.19	4.254	2.715
39	21.52	7.36	4.934	18.86	3.969	2.676
40	21.25	7.274	5.131	19.06	3.745	2.555
41	21.36	7.286	5.051	19.16	3.586	2.413
42	21.55	7.215	5.013	19.22	3.367	2.325

43	21.06	7.028	4.994	19.01	3.096	2.322
44	21.05	7.009	5.038	18.18	2.934	2.321
45	21.3	7.091	5.145	18.25	2.873	2.343
46	20.61	7.036	5.339	19.09	2.821	2.426
47	20.72	6.898	5.312	19.68	2.676	2.495
48	22.03	6.826	4.979	19.64	2.59	2.5
49	21.99	6.888	4.956	20.61	2.837	2.599
50	21.85	6.933	4.955	10.48	3.096	2.696
51	21.31	7.008	4.734	20.45	3.206	2.715
52	21.05	6.843	4.739	20.65	3.117	2.77
53	21.72	6.634	5.051	20.81	2.968	2.89
54	21.88	6.458	5.277	20.96	2.916	2.916
55	21.9	6.316	5.304	20.99	2.694	2.813
56	22.09	6.315	5.063	20.91	2.651	2.864
57	21.37	6.309	4.943	20.91	2.552	2.884

	58	20.4	6.296	4.882	20.66	2.353	2.725
	59	20.73	6.311	4.703	20.48	2.275	2.682
	60	21.16	6.361	4.517	20.01	2.228	2.826
Simulador 2 (segundos)	1	18.53	0.341	0.653	18.68	0.712	0.452
	2	18.44	2.010	1.780	19.6	2.564	1.195
	3	18.86	3.854	2.470	19.98	3.179	1.692
	4	19.89	4.350	2.666	19.94	3.315	1.725
	5	20.89	4.460	2.671	19.88	3.472	1.768
	6	20.86	4.652	2.706	19.95	3.475	1.826
	7	20.8	4.677	2.796	20.07	3.490	1.885
	8	20.72	4.555	2.874	20.23	3.407	2.031
	9	20.84	4.473	2.871	20.47	3.331	2.057
	10	21.02	4.551	2.865	20.34	3.346	2.043
	11	20.77	4.601	2.823	20.11	3.444	1.984
	12	20.63	4.482	2.793	20.06	3.416	2.074

13	20.81	4.370	2.773	20.16	3.361	2.072
14	20.83	4.268	2.721	20.29	3.366	2.029
15	20.98	4.146	2.566	20.21	3.411	1.936
16	21.24	4.098	2.408	20.12	3.380	1.925
17	21.12	4.169	2.365	20.19	3.329	1.902
18	20.9	4.315	1.768	20.11	3.315	1.890
19	21.06	4.402	2.168	19.98	3.322	1.885
20	20.98	4.452	2.112	20.01	3.293	1.875
21	20.96	4.457	2.110	19.91	3.334	1.829
22	21.4	4.422	2.105	19.77	3.413	1.793
23	21.42	4.322	2.104	19.46	3.405	1.825
24	21.23	4.245	2.100	19.13	3.357	1.848
25	21.21	4.213	2.095	18.84	3.329	1.894
26	21.09	4.231	2.153	18.88	3.402	1.947
27	20.58	4.304	2.236	18.93	3.422	1.970

28	20.16	4.398	2.252	19.15	3.394	1.940
29	19.95	4.308	2.245	19.23	3.371	1.930
30	19.81	4.277	2.241	19.19	3.412	1.876
31	20.27	4.210	2.232	19.33	3.490	1.883
32	21.13	4.210	2.325	19.32	3.426	1.883
33	21.37	4.313	2.457	19.37	3.430	1.883
34	21.33	4.349	2.411	19.5	3.481	1.882
35	21.52	4.297	2.311	19.62	3.394	1.841
36	21.71	4.105	2.290	19.73	3.411	1.788
37	21.66	4.186	2.318	19.83	3.532	1.706
38	21.54	4.318	2.302	19.95	3.521	1.685
39	21.51	4.522	2.242	20.04	3.354	1.812
40	21.66	4.685	2.224	19.61	3.232	1.903
41	21.55	4.718	2.225	19.29	3.327	1.910
42	21.49	4.604	2.303	19.53	3.377	1.901

43	21.47	4.472	2.409	19.31	3.329	1.894
44	21.44	4.500	2.495	19.06	3.318	1.858
45	21.54	4.483	2.556	19.12	3.399	1.835
46	21.76	4.482	2.495	19.18	3.388	1.838
47	21.73	4.597	2.418	19.31	3.245	1.829
48	21.63	4.610	2.404	19.28	3.258	1.783
49	21.36	4.545	2.404	19.24	3.366	1.733
50	21.45	4.504	2.405	19.58	3.450	1.764
51	21.65	4.530	2.428	19.68	3.535	1.843
52	21.71	4.719	2.442	19.49	3.490	1.880
53	21.61	4.796	2.439	19.5	3.484	1.848
54	21.35	4.751	2.486	19.62	3.533	1.853
55	21.21	4.755	2.579	19.75	3.521	1.878
56	21.4	4.821	2.626	19.81	3.530	1.840
57	21.54	4.873	2.625	19.26	3.556	1.832

58	21.5	4.846	2.568	19.33	3.495	1.831
59	21.55	4.935	2.514	19.82	3.430	1.766
60	21.31	4.977	2.527	19.89	3.418	1.723
