



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA  
TURBINA EÓLICA DE EJE VERTICAL  
PARA ENERGIZAR EL ALUMBRADO  
PÚBLICO DE LA AUTOPISTA  
BÁRBULA-GUACARA MEDIANTE EL  
VIENTO PRODUCIDO POR LOS  
VEHÍCULOS AUTOMOTORES**

Autor:

Ismael Antonio Ayaro Gutiérrez

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EÓLICA DE EJE VERTICAL PARA  
ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BÁRBULA-  
GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHÍCULOS  
AUTOMOTORES**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de  
**INGENIERO MECÁNICO**

**Autor:**

Ismael Antonio Ayaro Gutiérrez  
C.I.:28.036.512

**Tutor:**

Ing. Fredy Barragán Suescún

San Diego, junio de 2023



**ACTA DE APROBACIÓN**

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de INGENIERÍA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EÓLICA DE EJE VERTICAL PARA ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BARBUBA - GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES.

Realizado por el (la) Br. ISMAEL ANTONIO AYARO GUTIERREZ

C.I. N° 28.036.512 cursante de la carrera de ING. MECÁNICA


hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

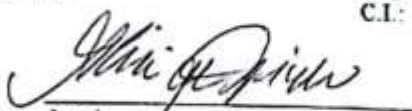
APROBADO

NO APROBADO

  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: FREDY BARRAGÁN  
C.I.: 11.151.678

El Jurado

  
Jurado  
Nombre: YNDIRA RODRÍGUEZ  
C.I.: 11.547.002

  
Jurado  
Nombre: ALICIA YAÑEZ  
C.I.: 4.598.880

Fecha 03/07/2023



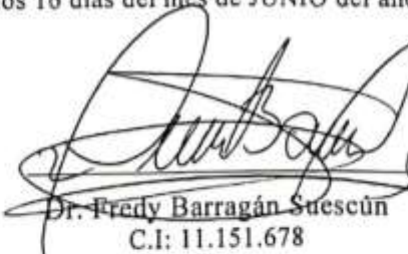


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN  
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Dr. Fredy Barragán Suescún, portador de la cédula de identidad N° 11.151.678, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Ismael Antonio Ayaro Gutiérrez, portador de la cédula de identidad N° 28.036.512, titulado **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL PARA ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BÁRBULA-GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 16 días del mes de JUNIO del año dos mil veintitrés.



Dr. Fredy Barragán Suescún  
C.I: 11.151.678



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI N 001 2022-3CR TG

Valencia, 14 de abril de 2023

Ciudadano:  
AYARO GUTIERREZ, ISMAEL ANTONIO  
28.036.512  
Presente -

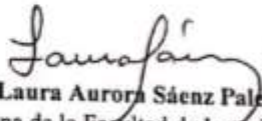
Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2023 de fecha 08/02/2023 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Propuesta de diseño de una turbina eólica de eje vertical para energizar el alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara mediante el viento producido por los vehículos automotores.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Dr. Fredy Barragán Suescún, titular de la cédula de identidad V-11.151.678

Atentamente

  
Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia  
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE GRAFICOS.....	xiii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance y Limitaciones.....	6
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Teoría central de la investigación.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1. Introducción a mecánica de los fluidos.....	9
2.2.2. Aerodinámica.....	10
2.2.3. Principio de conservación de la energía .....	10
2.2.4. La ley de Betz y la máxima eficiencia de conversión.....	11
2.2.5. Relación de velocidad periférica TSR.....	11
2.2.6. Ecuación de Bernoulli.....	13
2.2.7. Número de Reynolds.....	14

2.2.8. Flujo laminar.....	14
2.2.9. Flujo turbulento.....	14
2.2.10. Perfil alar.....	15
2.2.11. Energía eléctrica.....	16
2.2.12. Energía eólica.....	16
2.2.13. Generadores de eje vertical .....	16
2.2.14. Tipos de generadores eólicos de eje vertical .....	17
2.2.15. Tipos de máquinas eléctricas y generación de potencia eléctrica.....	21
2.2.16. Luminaria.....	25
2.2.17. Autopista.....	25
2.2.18. Partes de una autopista.....	26
2.2.19. Anemómetro.....	28
2.2.20. Baterías y Acumuladores.....	29
2.2.21. Reguladores de carga .....	30
2.2.22. Rectificadores .....	30
2.2.23. Inversores.....	30
2.2.24. Variadores de frecuencia.....	30
2.3 Bases Legales.....	31
2.3.1. ley de uso racional y eficiente de la energía.....	31
2.3.2. Norma Venezolana COVENIN 3290 Alumbrado. Diseño...	34
2.3.3 RESOLUCION 112.....	37
2.4 Definición de Términos.....	40

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Enfoque de la investigación.....	43
3.2 Tipo de Investigación.....	43
3.3 Diseño de la Investigación.....	44
3.4. Nivel de la Investigación.....	44
3.5. Población y Muestra.....	44
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	45

3.5.1. Observación directa.....	45
3.5.2. Entrevista estructurada.....	45
3.7. Técnicas de análisis de resultados.....	46
3.8. Validez de los instrumentos.....	47
3.9. Fases Metodológicas.....	47
3.10. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	48

#### **IV RESULTADOS**

4.1 Fase I Diagnóstico del estado actual en la que se encuentra el sistema de alumbrado de la autopista Bárbula-Guacara.....	49
4.1.1 Observación directa del alumbrado público en la totalidad del tramo.....	49
4.1.2 Recopilación de datos a través de entrevista semiestructuradas a expertos.....	50
4.1.3 Cálculo aproximado del consumo energético de la luminaria.....	56
4.2 Fase II. Análisis de las diferentes Fuente: de obtención de energía eléctrica a través del viento que existen la autopista Bárbula-Guacara.....	57
4.2.1 Estudio de los recursos eólicos producidos por los vehículos al desplazarse por la autopista Bárbula-Guacara .....	57
4.2.2 Comparación entre las ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de aerogeneradores de eje vertical tomando en cuenta las especificaciones técnicas que debe de cumplir .....	60
4.2.3 Evaluación de las particularidades que pueda presentar el terreno en relación a la explotación de recursos eólicos.....	63
4.3 Fase III. Diseño de una turbina eólica que suministre energía eléctrica al sistema de iluminación vial.....	65
4.3.1 Evaluación el tipo de rotor más eficiente y práctico para la investigación.....	65
4.3.2 Cálculo de las dimensiones de los rotores y selección de materiales usado para el diseño de la turbina .....	67

4.3.3 Ubicación correcta de la turbina, en función a la distancia de colocación del generador eólico en relación a la autopista.....	92
4.4 Fase IV. Evaluación del impacto social y ambiental que se genera con la implementación una luminaria alimentada con energía eólica producida por los vehículos automotores que transitan por la autopista Bárbula-Guacara...	94
4.4.1 Evaluar la viabilidad económica del dispositivo.....	94
4.4.2 Evaluar la viabilidad técnica del dispositivo.....	95
4.4.3 Evaluar la viabilidad operativa del dispositivo.....	95
4.4.4 Evaluar la viabilidad ambiental del dispositivo.....	96
<b>CONCLUSIONES</b> .....	98
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	99
<b>REFERENCIAS</b> .....	100
<b>ANEXOS</b> .....	102
<b>APENDICES</b> .....	118

## LISTA DE CUADROS

### DESCRIPCIÓN

CUADRO		pp.
1	Ccuadro de Operacionalización de Variables.....	48
2	Lista de cotejo.....	49
3	Expertos a entrevistar.....	50
4	Entrevista estructurada 1.....	51
5	Entrevista estructurada 2.....	52
6	Entrevista estructurada 3.....	53
7	Análisis FODA del rotor de sustentación y de arrastre.....	61
8	Matriz FODA de rotor de arrastre.....	62
9	Matriz FODA rotor de sustentación .....	62
10	Análisis de costos .....	94

## LISTA DE FIGURAS

### DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Mapa de estados que sufren más fallas eléctricas en Venezuela (enero-septiembre 2022).....	3
2	Principales emisores de gases de efecto invernadero, excluidas las emisiones por cambios en el uso de la tierra debido a la falta de datos confiables a nivel de país, sobre una base absoluta (izquierda) y per cápita (derecha).....	4
3	visualización de la ley de Betz.....	11
4	Curvas ( $\eta_{aerod} - TSR$ ).....	13
5	Esquema del principio de Bernoulli.....	13
6	esquema de flujo laminar.....	14
7	esquema de flujo turbulento.....	15
8	Fuerzas sobre un perfil alar.....	16
9	imagen Aerogenerador Darrieus.....	18
10	ilustración Darrieus tipo H o Giromill.....	19
11	ilustración de Aerogenerador Savonius.....	20
12	Prototipo Windside.....	21
13	Motor generador de corriente continua (dinamo).....	22
14	Generación de corriente continua con un generador de corriente alterna y rectificación.....	23
15	Motor generador de corriente alterna (alternador).....	23
16	Generación de corriente alterna, rectificación e inversión a 50Hz para la red eléctrica .....	24
17	Postes de Alumbrado Público.....	25
18	Partes de una autopista.....	26
19	Anemómetro de rotación.....	29

## CONTINUACIÓN LISTA DE FIGURAS

### DESCRIPCIÓN

<b>FIGURA</b>		<b>pp.</b>
20	Esquema de una batería.....	29
21	Esquema de Rectificador de corriente.....	30
22	Mapa del tramo de la autopista Bárbula-Guacara.....	57
23	Proceso de medición de la velocidad del viento producidos por le vehículos que transitan por la autopista Barbula-Guacara.....	59
24	Rotor de eje vertical .....	71
25	Curvas de rendimiento perfiles NACA, $Re=5000$ .....	75
26	Geometría NACA .....	76
27	Funcionamiento de un rotor tipo H.....	76
28	Esquema de fuerzas y velocidades actuando en rotor tipo H.....	77
29	Diagrama de fuerzas sobre el perfil aerodinámico .....	80
30	Estudio de deformación en el eje .....	87
31	Disco de soporte de la turbina savonius.....	88
32	Disco de soporte de la turbina de los brazos del alabe tipo H.....	88
33	Soporte metálico de la turbina hibrida.....	89
34	Estructura de la turbina hibrida de eje vertical.....	90
35	Mediana de un tramo de la autopista barbulla-Guacara.....	93
36	Separador de concreto tipo new jersey.....	93

## LISTA DE TABLAS

### DESCRIPCIÓN

<b>TABLA</b>		<b>pp.</b>
<b>1</b>	Importancia de iluminación según la velocidad del tráfico.....	35
<b>2</b>	Importancia de iluminación según el volumen del tráfico.....	35
<b>3</b>	Configuraciones típicas en sistemas de alumbrado público.....	39
<b>4</b>	Parámetros fotométricos de acuerdo a la norma CONVENIN 3290-97	39
<b>5</b>	Parámetros de referencia.....	40
<b>6</b>	Dimensiones y pesos.....	40
<b>7</b>	Medidas obtenidas de la velocidad del viento.....	60
<b>8</b>	Restricciones de los rotores.....	65
<b>9</b>	Orden de importancia de los criterios .....	66
<b>10</b>	Valoración de las propuestas .....	67
<b>11</b>	Valores típicos de $C_p$ para varios tipos de turbinas eólicas .....	68
<b>12</b>	Valores típicos para rendimientos .....	69
<b>12</b>	Densidad del aire a presión atmosférica estándar .....	70
<b>14</b>	Relaciones geométricas rotor savonius.....	82

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Velocidades promedio del viento por mes .....	63
2	Mediciones promedio de la temperatura viento por mes.....	64
3	Mediciones promedio de la dirección del viento por mes .....	64
4	Cp contra TSR para varios valores de solidez .....	72
5	Solidez del rotor como función de TSR .....	72
6	Cp contra TSR para varios valores de relación de aspecto de alabe (BAR) .....	73
7	Variación de la magnitud de velocidad local vs ángulo de rotación (Re 182000). .....	79
8	Variación del ángulo de ataque local vs ángulo de rotación (Re- 182000). .....	79
9	Variación de las cargas normal y tangencial vs ángulo de rotación (TSR=3, 315 rpm, v=10m/s). .....	81
10	Rendimiento del rotor Savonius .....	85
11	Coefficientes del rotor Savonius.....	85



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL PARA  
ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BÁRBULA-  
GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHICULOS  
AUTOMOTORES**

**Autor:** Ismael Ayaro

**Tutor:** Ing. Fredy Barragán Suescún

**Fecha:** junio 2023

**ABSTRACT**

The present work consists of the design of a vertical axis turbine that uses the air current produced by the vehicles when they circulate around it to energize the public lighting system. This initiative arises with the purpose of taking advantage of the movement of cars in an unusual way and that this is only one of the innumerable application possibilities that it may have. It also arises from the need to be able to supply electricity in a safe, constant and sustainable way to the street public lighting system; For this reason, the general objective of the project is to propose the design of a self-sufficient luminaire for the lighting system of the Bárbula-Guacara highway, having as a source of energy the wind displaced by motor vehicles, said project is of a feasible type because it elaborates a viable proposal and it is of field and documentary design, with a descriptive level, framed in the research line of environmental public management, habitation and housing. The results obtained was the generator of a vertical axis hybrid wind turbine that can offer a reliable source of clean energy, for its design comparisons between different types of existing vertical axis wind turbines were taken into account to determine the most appropriate for this project. which will have a positive social impact by promoting research in renewable energy technologies

**Descriptores:** energía eólica, alumbrado público, vehículos

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo especial de grado es un aporte académico para la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad José Antonio Páez, debido a que fomenta la investigación relacionada al aprovechamiento y uso de energías a partir de Fuente: renovables en Venezuela, también promueve alternativas para tratar de reducir la contaminación y el cambio climático proveniente de la producción de energía de Fuente: no renovables a nivel nacional y mundial

Cabe destacar que en los últimos años debido a la crisis climática que está cruzando el mundo muchos países están adoptando y gestionando el uso y producción de energías provenientes de Fuente: renovables esto a través de leyes y legislaciones que velen y fomenten el uso de estos tipos de energías en las empresas privadas y en el público en general

También es importante señalar que debido a la crisis política que ha afrontado Venezuela en los últimos años se ha visto como las industrias venezolanas encargadas de prestar servicios públicos a la ciudadanía a merced de su capacidad de respuesta a las diferentes necesidades que requieren , en especial a lo que respecta al servicio eléctrico nacional y por ende al servicio de iluminación vial de las autopistas del país , lo que es preocupante porque es de vital importancia la correcta iluminación vial debido a que con esto se pueden reducir los accidentes automovilísticos por ende en el siguiente trabajo se tiene como objetivo el diseño de una luminaria auto suficiente que funcione por medio de energía eólica producida por los vehículos que transitan por la autopista Bárbula-Guacara

El siguiente proyecto está constituido por cuatro capítulos donde en su capítulo I consta del problema, objetivos, justificación y alcance El capítulo II del marco teórico, antecedentes, bases teóricas y definición de términos, el capítulo III, marco metodológico, tipo, nivel, diseño y técnicas e instrumentos de recolección de datos y por último el capítulo IV con los resultados, las conclusiones y las recomendaciones

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

Desde hace miles de años nuestros antecesores prendían fuego a listones de madera que usaban como antorchas para lograr iluminar ambientes, posteriormente, se usaron lámparas que tenían una mecha, que se empapaba en aceite y ardía, irradiando iluminación al entorno, con el pasar de los años surgieron las velas de cera y éstas se utilizaron por primera vez para iluminar las casas en el siglo XIV.

Para el año de 1809, Humphry Davy coloca una fina tira de carbón entre los dos polos de una pila. Y ésta se consideraría el origen de la bombilla eléctrica. Treinta y un años más tarde, Warren de la Rue coloca un filamento de platino en el interior de un tubo de vacío, logrando aumentar la duración de la luz, pero sus costes eran excesivos. Posteriormente, Thomas Edison, compra la patente de Woodward y Evans, presentando una bombilla con un filamento de bambú carbonatado que llegaba a las 600 horas de duración, naciendo el primer modelo realmente comercial.

Se puede decir, que, en función a los avances de la tecnología, el alumbrado público en cualquier ciudad constituye un aspecto importante en la vida de sus ciudadanos, definiendo la calidad de vida de sus habitantes. Es así como, una gestión adecuada de alumbrado público brinda seguridad vial para operadores de vehículos automotores como para transeúntes.

El buen funcionamiento del alumbrado público ayuda a reducir accidentes de tráfico debido a que la causa de estos accidentes radica en que, mientras se conduce, la falta de iluminación limitará la posibilidad de que se identifiquen algunos baches u obstáculos que puedan estar limitando el adecuado flujo vehicular, por lo que el conductor tendrá que poner al límite sus reflejos y maniobrar para intentar librarse de posibles accidentes de tráfico, es por ello, que un buen funcionamiento del alumbrado público tiene que estar acompañado de un buen manejo, uso, transporte y gestión de la red eléctrica de un país, ya que estos dos componentes, tradicionalmente han estado ligados una de la otra lo que ha dado como resultado un sistema completamente funcional pero con ciertas desventajas., como lo es la centralización o dependencia del alumbrado público.

Lo anteriormente descrito, trae como consecuencia que cada vez que ocurra un corte de electricidad , el alumbrado público fallará o dejara de funcionar, de igual manera por la misma

forma en como se le suministra la electricidad a los postes de alumbrado hacen una pequeña falla en un punto de las líneas de transmisión de corriente y deje sin electricidad a una cantidad considerable de postes de alumbrado, adicionalmente, es importante mencionar el gran costo energético que produce mantener funcionando todas las noches los 365 días del año de manera ininterrumpida el alumbrado público. Adicionalmente, el servicio eléctrico nacional ha sufrido una serie de eventos en los últimos años y gracias a los resultados que constantemente difunde el Observatorio Venezolano de Servicios Públicos se puede conocer la magnitud de ellos

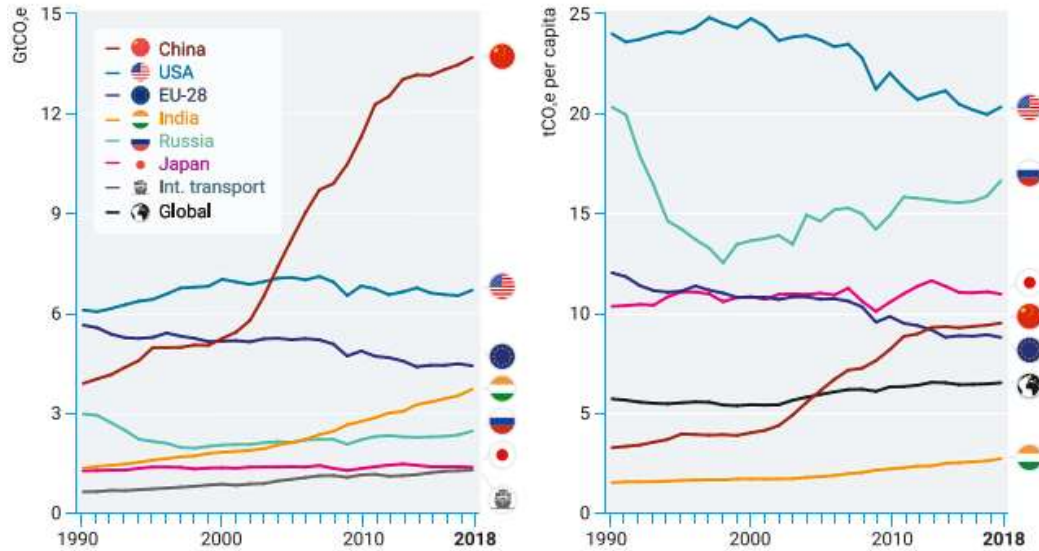
Si bien es cierto que, en el mes de marzo de 2019, se sufrió un gran apagón (monitor prodavinci, 2019) que, según el ministro de Comunicación e Información, Jorge Rodríguez, afectaba a todo el territorio. Este hecho se puede catalogar como los de mayor impacto y extensión en la historia contemporánea de Venezuela, de acuerdo al más reciente estudio del Observatorio Venezolano de Servicios Públicos realizado en 10 ciudades, donde el 42 % de sus habitantes estuvo al menos tres días continuos sin energía eléctrica. Adicionalmente, el deterioro de este servicio se ha venido evidenciando de manera progresiva, todo ello devenido por la dependencia cada vez mayor del Sistema Eléctrico Nacional a la Hidroeléctrica de Guri como fuente principal de generación de energía para suplir la demanda nacional. (Ver figura 1)



**Figura 1** Mapa de estados que sufren más fallas eléctricas en Venezuela (enero-septiembre 2022)

**Fuente:** comité de afectados por los apagones (2022)

Por otro lado, en el mismo 2019, y por tercer año consecutivo, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero volvieron a aumentar y se situaron en un máximo histórico, revela un nuevo informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (Ver figura 2)



**Figura 2** Principales emisores de gases de efecto invernadero, excluidas las emisiones por cambios en el uso de la tierra debido a la falta de datos confiables a nivel de país, sobre una base absoluta (izquierda) y per cápita (derecha)

**Fuente:** (ORDUZ, 2011)

La mayoría de esta emisión se debe a la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Según la agencia internacional de la energía en el 2014 Venezuela sufrió un caída considerable en la producción y consumo de energía eléctrica y todavía no ha alcanzado lo niveles previos a la caída, la tendencia y estimaciones indican que esta irán subiendo paulatinamente durante los próximos años y en un contexto en donde la gran mayoría de la energía a nivel mundial es generada por Fuente: emisoras de dióxido de carbono es importante buscar soluciones a nuestras necesidades energéticas aprovechando los recursos renovables que nos puede generar el entorno en donde se encuentra y optimizar los recursos de la forma ms eficiente posible.

## 1.2 Formulación del problema

¿Cómo se puede iluminar el sistema de alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara mitigando el impacto ambiental?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer el diseño de una turbina eólica de eje vertical que suministre electricidad al sistema de alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara, teniendo como fuente de energía el viento desplazado por vehículos automotores.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar el estado actual en la que se encuentra el sistema de alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara
- Analizar las diferentes Fuente: de obtención de energía eléctrica a través del viento, en función a la ubicación geográfica de la autopista Bárbula-Guacara.
- Diseñar un sistema capaz de suministrar la energía eléctrica para alimentar la luminaria pública de la autopista Bárbula-Guacara, teniendo como fuente de energía el viento desplazado por vehículos automotores.
- Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental del sistema de iluminación diseñado.

### **1.4 Justificación**

La implementación de este proyecto traerá beneficios desde lo social, urbanístico y ambiental, motivado a que se desarrollará un sistema de alumbrado capaz de ser auto suficiente para no depender de la red eléctrica nacional para en el caso de que esta red fallara estas luminarias puedan seguir funcionando de forma óptima consiguiendo así prestar el servicio de alumbrado vial y ayudar a salvaguardar las vidas de los automovilista y transeúntes que usan dicha vía cotidianamente , todo esto se logra gracias a que el generador eólico funcionará gracias al viento que es desplazado por los vehículos que transitan la autopista.

Desde el punto de vista tecnológico e investigativo, la implementación del proyecto permitirá el impulso y desarrollo de productos tecnológicos nacionales, que si bien este es solamente un prototipo puede dar pie a desarrollos posteriores hasta llevarlo a una etapa de comercialización para poder competir con países tecnológicamente más avanzados, debido a la falta de patentes nacionales se plantea contribuir a generar información tecnológica y de diseño en este proyecto.

## **1.5 Alcance y Limitaciones**

La presente investigación tiene la finalidad de proponer el diseño una turbina eólica que suministre de energía el sistema de iluminación vial en la autopista Bárbula-Guacara específicamente desde el distribuidor yagua hasta el distribuidor de la universidad de Carabobo. Dada la complejidad del proyecto sumado al tema económico la construcción de un prototipo estará limitado por cuestiones de equipos y de dinero, dando paso a recomendaciones y actividades a futuro o líneas de investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

El Marco teórico según Arias, (2012) cita que “es el producto de la revisión documental-bibliográfica y consiste en una recopilación de autores conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar, los cuales comprenden los antecedentes de investigación, bases teóricas y sistema de variables.”

A continuación, se presentan los antecedentes consultados que guardan estrecha relación con la presente investigación.

#### **2.1 Antecedentes**

Arias, F. (2012) afirma que “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”. (p. 108). Por ende, los trabajos de investigación que estudien las mismas variables o se hallan tenido objetivos parecidos, sirven de guía al investigador y le permiten hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad.

Para iniciar los antecedentes se tiene el trabajo realizado por Carrero (2021) en su trabajo **titulado “Diseño de un dispositivo mecánico que convierta la energía cinética en eléctrica para acumular voltaje y abastecer a un gimnasio. caso: gimnasio sabana de valle de la pascua. Estado Guárico”** para la obtención de título de ingeniero mecánico en la Universidad José Antonio Páez El trabajo tuvo como objetivo diseñar un mecanismo capaz de producir energía eléctrica por medio del movimiento de una persona, en bicicletas elípticas, en el gimnasio Sabana de Valle la Pascua, con el objetivo de que la energía cinética producida, se transforme en eléctrica para acumular voltaje y abastecer al gimnasio, y así abaratar los costos mensuales en gasto de electricidad, ya que a través de este mecanismo se pueden abastecer de dicha energía.

Los aspectos relacionados con el diseño del mecanismo diseñado para convertir energía cinética a eléctrica representan un excelente aporte para el desarrollo del presente proyecto de investigación

Así mismo Alfinger. (2021) en su investigación **titulada “evaluación de impacto ambiental de las energías renovables”**. Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez, dicho trabajo tuvo el objetivo fue evaluar el impacto ambiental de las energías renovables, basada en la Metodología RIAM el

consiste en llevar a cabo análisis cuantitativos que puedan expresarse en forma semi-cuantitativa y de esa manera crear un registro permanente y transparente de la valoración de los impactos.

Este proyecto contribuye a la investigación en el sentido de que le da un punto de comparación de las posibles consecuencias tanto positivas como negativas que trae el uso de generación energía proveniente de recursos renovables

De igual manera Chacón y González (2019) , realizaron una investigación para obtener el título de pre grado que **titulada: “propuesta de utilizar energía eólica para alumbrado público en postes ubicados en la autopista regional del centro, tramo peaje Guacara- túnel la Cabrera”** presentada en la Universidad José Antoni Páez para optar por el título de Ingeniero Mecánico , en cual se tenía como objetivo Aplicar la energía eólica en postes de alumbrado público en la ARC tramo peaje Guacara-túnel la Cabrera , Esta investigación consiste en proponer una medida alternativa de energía , como es la implementación de turbinas alimentadas a través de energía eólica adaptada a postes de alumbrado público para ser distribuido a lo largo de la Autopista Regional del Centro, Tramo Peaje de Guacara-Túnel la Cabrera, en el Estado Carabobo, dicho proyecto es de tipo factible debido que elabora una propuesta viable y es de diseño de campo y documental, con un nivel descriptivo

El aporte de esta investigación proviene de la similitud que comporte la problemática que se está estudiando en este proyecto, que es el mal funcionamiento de la red eléctrica que suministra a las luminarias viales y como se podría tener una alternativa de este a través del uso de los generadores eólicos como fuente de energía eléctrica renovable y en segundo lugar porque establece una metodología de cálculo acorde a seguir.

Por otra parte, Castillo, y Espinoza, (2018) , realizaron una investigación para obtener el título de pre grado que **titulada “propuesta para el aprovechamiento de la energía solar a través de paneles solares para el mejoramiento del servicio eléctrico en la escuela de ingeniería mecánica de la ujam”** Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez , dicho trabajo tuvo el objetivo de proponer el aprovechamiento de la energía solar a través de paneles solares para el mejoramiento del servicio eléctrico en la escuela de ingeniería mecánica de la Ujam, donde se explica el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, y su aprovechamiento en la conversión de energía solar a energía eléctrica. Se usó material de apoyo donde se identifica la problemática actual de Venezuela, en términos del servicio eléctrico, donde se evidencia la alta demanda de energía y la

baja capacidad instalada para su generación. En él se presentan los beneficios y las desventajas de este sistema, así como su mantenimiento para la conservación del mismo.

Este proyecto aporta a la investigación todo el proceso de acumulación y control de voltaje que conlleva un sistema de generación eléctrica variable en cual tiene altos y bajos de producción de corriente muy marcados

Y por último el aporte de Espinosa (2018) en su proyecto titulado “**diseño y construcción de un prototipo de luminaria alimentada por energía eólica – solar**” para optar por el Grado de Maestro en Diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) MEXICO, CIUDAD DE MEXICO esta investigación tiene el objetivo de Diseñar y construir una luminaria de 12 w que pueda funcionar durante 11 horas seguidas para exteriores que tenga como fuente de energía el viento y el sol

Esta investigación representa un excelente aporte para el desarrollo del presente proyecto de investigación y dicho antecedente se relaciona con este trabajo en primer lugar porque se trata del diseño de una luminaria para exteriores, y en segundo lugar porque funciona a partir de energía renovables

## **2.2 Teoría Central de la investigación**

La teoría cinética molecular de Euler, también conocida como teoría cinética de los gases, es una teoría que describe el comportamiento físico de los gases en términos de la energía y el movimiento de las moléculas que los componen. Esta teoría fue desarrollada por el matemático suizo Leonhard Euler en el siglo XVIII.

La teoría cinética molecular de Euler establece que los gases son sistemas compuestos por un gran número de moléculas que se mueven en todas las direcciones y a altas velocidades en un espacio determinado. Estas moléculas interactúan entre sí mediante colisiones elásticas, lo que significa que no hay pérdida de energía cinética en estas colisiones.

La teoría también establece que la energía cinética de las moléculas es proporcional a la temperatura del gas, y que la presión del gas es el resultado de las colisiones de las moléculas con las paredes del recipiente que lo contiene. Además, la teoría cinética molecular de Euler también establece que la velocidad promedio de las moléculas en un gas es proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura absoluta del gas.

En resumen, la teoría cinética molecular de Euler describe el comportamiento de los gases en términos de la energía y el movimiento de las moléculas que los componen, y ha sido

fundamental para entender y predecir el comportamiento de los gases en una variedad de situaciones.

### **2.3 Bases teóricas**

Según Arias, F. (2012). Las bases teóricas están formadas por: “un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado”. los concepto y teorías que serán presentadas a continuación tienen una gran importancia debido que le permitirán al investigador una mejor comprensión y solventar cualquier duda referente a los términos usados

#### **2.3.1 Introducción a mecánica de los fluidos**

La Mecánica de Fluidos estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos. La Mecánica de Fluidos como hoy la conocemos es una mezcla de teoría y experimento que proviene por un lado de los trabajos iniciales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y por el otro del trabajo de básicamente matemáticos, que abordaban el problema desde un enfoque analítico. Al integrar en una única disciplina las experiencias de ambos colectivos, se evita la falta de generalidad derivada de un enfoque estrictamente empírico, válido únicamente para cada caso concreto, y al mismo tiempo se permite que los desarrollos analíticos matemáticos aprovechen adecuadamente la información experimental y eviten basarse en simplificaciones artificiales alejadas de la realidad.

#### **2.3.2 Aerodinámica**

La aerodinámica es la rama de la mecánica de fluidos que estudia las acciones que aparecen sobre los cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre estos y el fluido que los baña, siendo este último un gas y no un líquido, caso este que se estudia en hidrodinámica.

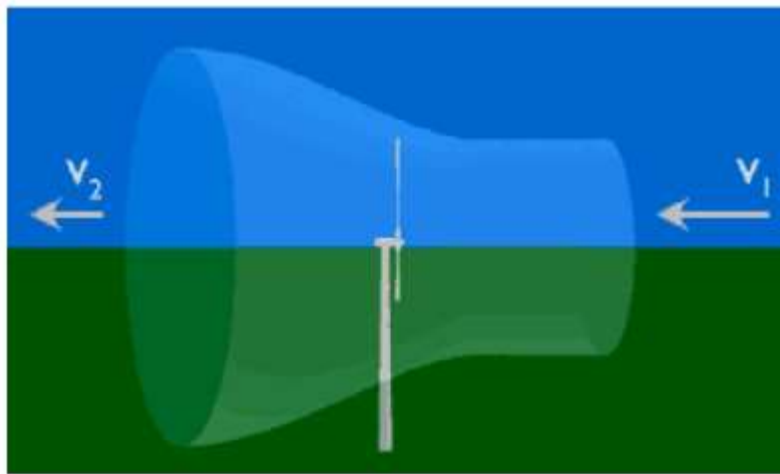
#### **2.3.3 Principio de conservación de la energía**

Este expresa que, durante una interacción, la energía puede cambiar de una forma a otra, pero su cantidad total permanece constante. Es decir, la energía no se crea ni se destruye. De acuerdo al Principio de Conservación de la Energía, al introducir en un sistema una cantidad de calor ( $Q$ ) determinada, ésta será siempre igual a la diferencia entre el aumento de la cantidad de energía interna ( $\Delta U$ ) más el trabajo ( $W$ ) efectuado por dicho sistema. De esa manera, tenemos la fórmula:  $Q = \Delta U + W$ , de donde se desprende que  $\Delta U = Q - W$ . En el caso de la energía mecánica se puede concluir que, en ausencia de rozamientos y sin intervención de ningún trabajo externo, la

suma de las energías cinética y potencial permanece constante. Este fenómeno se conoce con el nombre de Principio de conservación de la energía mecánica

### 2.3.4 La ley de Betz y la máxima eficiencia de conversión.

La ley de Betz, fue formulada por el físico alemán Albert Betz en 1919. Su libro "Wind-Energie", publicado en 1926, proporciona buena parte del conocimiento, que en ese momento se tenía sobre energía eólica y aerogeneradores. Betz, define la potencia captada por un obstáculo, que frena el libre movimiento del viento (ver figura3). Por clara conveniencia se va a considerar un aerogenerador como obstáculo.



**Figura 3** visualización de la ley de Betz  
Fuente: Tejero, J. (2011)

Como resumen de esto, se define la relación aproximada, con la ecuación que se muestra a continuación y se denomina, Ley de Betz y representa la máxima cantidad de energía del viento, que se puede transformar en energía mecánica rotacional

$$P_{captado} = 0,59 P_{viento}$$

Esta ecuación es un límite teórico ideal, ya que no considera los siguientes factores reales de operación:

- Resistencia aerodinámica de las hélices.
- La compresibilidad del fluido.
- La interferencia de las hélices.

### 2.3.5 Relación de velocidad periférica TSR

La relación de velocidad específica o periférica TSR (Tip-Speed-Ratio), es un término que sustituye al número de revoluciones por minuto  $n$  del rotor; sirve para comparar el funcionamiento de máquinas eólicas diferentes, por lo que también se le suele denominar velocidad específica.

El TSR indica que la periferia de la pala circula a una velocidad TSR veces mayor que la velocidad del viento  $v$  y es la relación entre la velocidad periférica  $u$  de la pala ( $Rw$ ) la del punto más exterior sobre la misma a partir del eje de rotación, y la velocidad  $v$  del viento, en la forma:

$$TSR = \frac{\text{Velocidad de la periferia de la pala}}{\text{velocidad del viento}} = \frac{Rw}{v} = \frac{\pi Rn}{30v}$$

Si se conoce la velocidad  $v$  del viento, el radio de la pala y el número  $n$  de rpm a las que funciona, se puede calcular el TSR a cualquier distancia  $r$  comprendida entre el eje de rotación del rotor y la periferia de la pala, relación entre velocidades que se conoce como  $\lambda$ , y es de la forma:

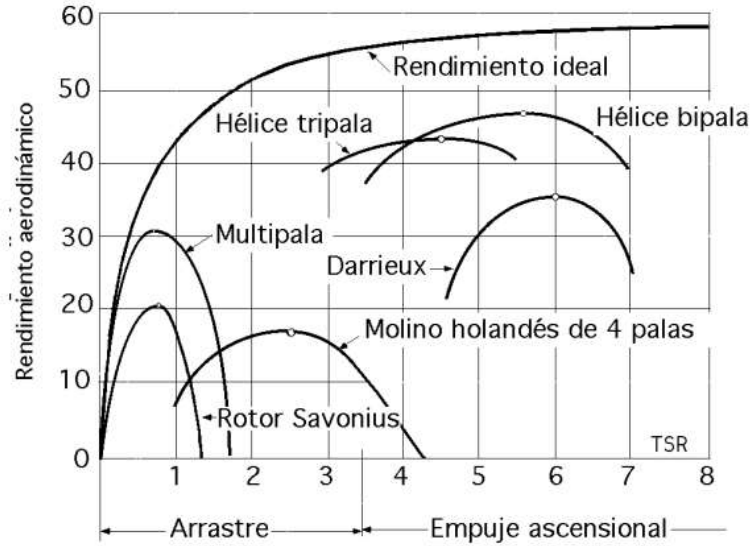
$$\lambda = \frac{2\pi Rn}{60v} = 0,105 \frac{Rn}{v}$$

Esta variable sirve para indicar la velocidad de rotación de las palas respecto a la velocidad del viento, dado que la velocidad angular del rotor no aporta la suficiente información por sí sola al no tener en cuenta la velocidad del viento que impulsa al rotor

Adicionalmente la potencia eólica se ve afectada con un número llamando “Coeficiente de Potencia” ( $C_p$ ). Para cada tipo de rotor existe un rango de  $C_p$ , este también se puede definir como la potencia obtenida sobre la potencia eólica disponible.

$$C_p = \frac{\text{potencia real obtenida}}{\text{potencia eolica teorica}}$$

En la siguiente ilustración (ver figura 4 ) se pueden ver los coeficientes de potencia de diferentes tipos de rotores dependiendo de la velocidad específica  $\lambda$  del viento



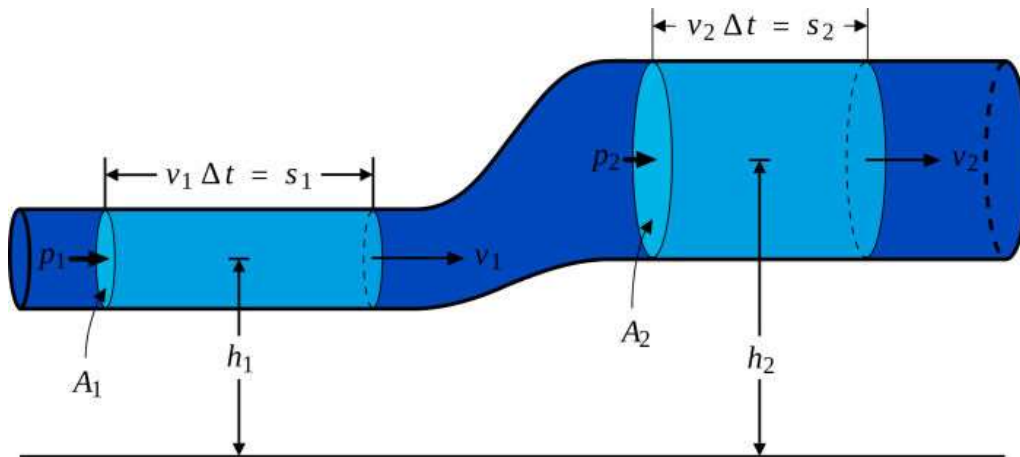
**Figura 4** Curvas ( $\eta_{aerod} - TSR$ )

Fuente: Hernández, S. (2012)

### 2.3.6 Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli fue expuesta en el año de 1738 en la obra hidrodinámica por Daniel Bernoulli (ver figura 4). Esta ecuación nos da a entender que un flujo ideal (sin viscosidad ni roce) relaciona la presión, la velocidad y la altura de dos puntos cualquiera de un fluido que se encuentra en régimen laminar con una densidad constante. La ecuación de Bernoulli suele escribirse de la siguiente manera

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$



**Figura 5** Esquema del principio de Bernoulli

Fuente: EcuRed (2019)

### 2.3.7 Número de Reynolds

A comienzos de la década de 1880, el ingeniero irlandés Osborne Reynolds experimentó con distintos fluidos en régimen laminar y turbulento, en busca de un criterio que sirviera para distinguirlos. Así encontró el parámetro que lleva su nombre

El número de Reynolds  $N_R$  relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicha cantidad sirve para identificar si un flujo es laminar o turbulento. Para un fluido de viscosidad  $\eta$  que circula por el interior de una tubería circular recta de diámetro  $D$ , el número de Reynolds  $N_R$  viene dado por:

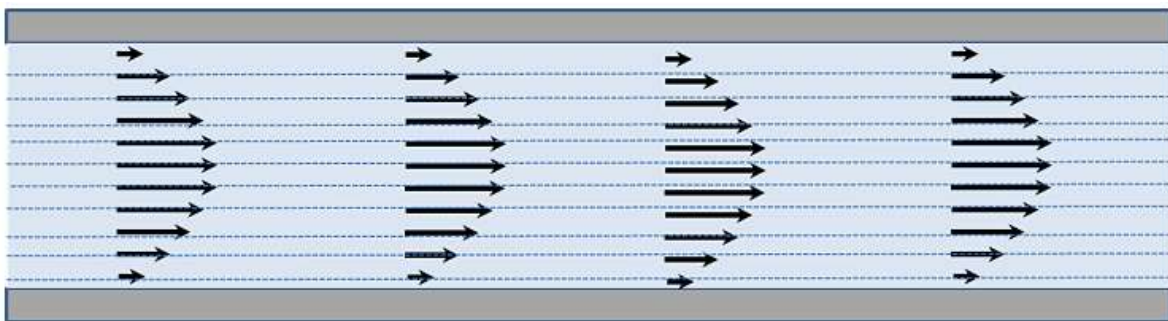
$$N_R = \frac{\rho v D}{\eta}$$

Diversos experimentos han demostrado que cuando el número de Reynolds es menor o igual a 2000, el régimen es laminar, mientras que por encima de 3000 el régimen es turbulento. En la zona de transición, entre 2000 y 3000 el régimen es inestable y puede pasar de un tipo a otro.

### 2.3.8 Flujo laminar

El flujo laminar es aquel donde el aire se desplaza en un mismo volumen y en una misma dirección a través de la sala blanca o de una zona de ambiente controlado en un flujo paralelo y de velocidad uniforme.

Es decir, cuando el flujo es lento, se obtiene un bajo número de Reynolds y se mantienen todas las partículas de aire en línea tal como se observa en la figura 6



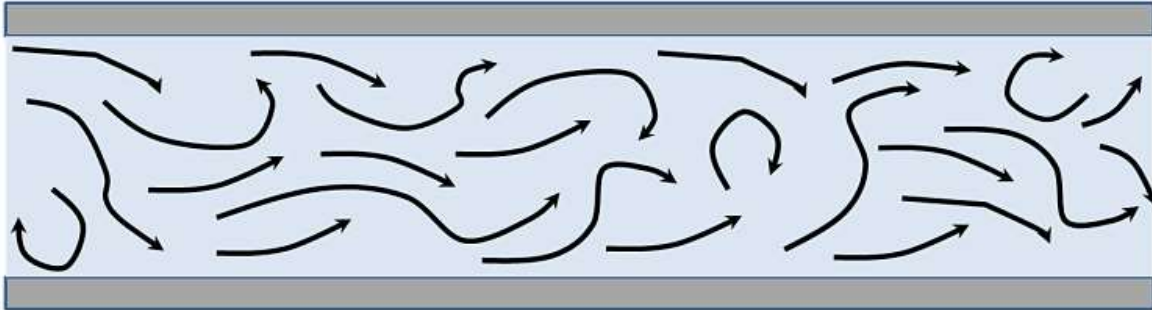
**Figura 6** esquema de flujo laminar

Fuente: WHITE F. (2004)

### 2.3.9 Flujo turbulento

Se conoce como flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, o sea aquel flujo el que las partículas del fluido se mueven desordenadamente y

las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, (ver figura 7) como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente caótica.



**Figura 7** esquema de flujo turbulento

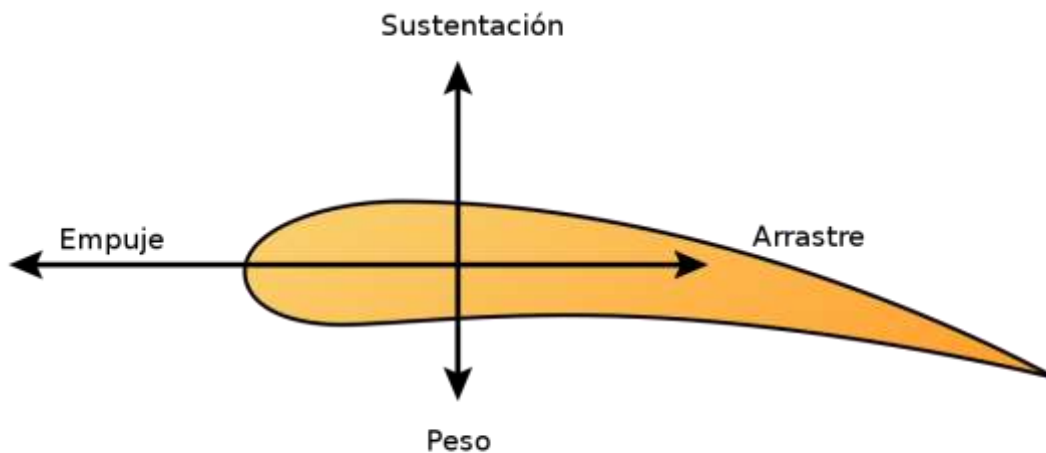
Fuente: WHITE F. (2004)

### 2.3.10 Perfil alar

En aeronáutica se denomina perfil alar, perfil aerodinámico o simplemente perfil, a la forma del área transversal de un elemento, que al desplazarse a través del aire es capaz de crear a su alrededor una distribución de presiones que genere sustentación (ver figura 8) . Tal que las convierte en una de las consideraciones más importantes en el diseño de superficies sustentadoras como alas, o de otros cuerpos similares como los álabes de una turbina o compresor, palas de hélices o de rotores en helicópteros y estabilizadores. Cabe recalcar que según el propósito que se persiga en el diseño, los perfiles pueden ser más finos o gruesos, curvos o poligonales, simétricos o no, e incluso el perfil puede ir variando a lo largo del ala.

Sin embargo, este concepto no se limita solamente a las aeronaves, ya que todo objeto posee un perfil característico, cuya forma puede:

- Presentar mayor o menor resistencia al avance en un fluido; por lo tanto, una mayor o menor facilidad de movimiento en dicho fluido.
- Generar fuerzas dinámicas sobre el mismo, de mayor o menor intensidad en conjunción al desplazamiento de dicho objeto en el fluido en el que se encuentra



**Figura 8** Fuerzas sobre un perfil alar  
**Fuente:** Editorial Paraninfo (2004)

### 2.3.11 Energía eléctrica

La electricidad, según (Guerrero, 2009), es una forma invisible de energía que produce como resultado la existencia de unas diminutas partículas llamadas “electrones libres” en los átomos de ciertos materiales o sustancias. Estas partículas, al desplazarse a través de la materia, constituyen lo que denominamos una corriente eléctrica.

Asimismo, Donate (2011, p. 2) expone que la electricidad es un tipo de energía, y como tal, es capaz de realizar trabajo. De modo similar, para Gussow (1994, p. 5), la electricidad es la corriente o flujo de electrones. Para finalizar, la electricidad se puede definir como un tipo de energía que se produce por la existencia de los electrones libres, los cuales se encuentran en constante movimiento al desplazarse a través de la materia.

### 2.3.12 Energía eólica.

La energía eólica tiene su origen en el sol, dado que este es el que produce de manera indirecta el viento. El viento es aire en movimiento y es el resultado de diferencias de temperatura en la superficie terrestre, debidas al calentamiento desigual de los rayos del sol. Al originarse zonas de mayor o menor presión por este calentamiento desigual, el aire se mueve de las zonas de mayor presión a las de baja presión; entre más grande sea la diferencia de presiones entre dos puntos de la superficie terrestre, mayor será la velocidad del viento (Antezana ,2004)

### **2.3.13 Generadores de eje vertical**

Las turbinas eólicas de eje vertical son aquellas en las que los ejes siempre están alineados con el viento, sea cual sea su dirección. Los aerogeneradores de eje vertical tienen la ventaja de adaptarse a cualquier dirección de viento y por ello se les llama panemonos (todos los vientos). No precisan dispositivos de orientación; trabajan por la diferencia de coeficiente de arrastre entre las dos mitades de la sección expuesta al viento. Esta diferencia de resistencia al viento hace que el rotor sea propenso a girar sobre su eje en una dirección específica. A excepción del rotor Darrieus, los aerogeneradores de eje vertical operan con vientos de baja velocidad donde difícilmente superan las 200[RPM]. Se emplean para generar potencias que van de los 200[W] a los 4[MW]. En estricto rigor no necesitan de una torre. Generalmente se caracterizan por tener altos torques de partida. El Darrieus es la excepción a las características antes mencionadas. Otra particularidad de estos aerogeneradores es que son mucho más fáciles de reparar pues todos los elementos de transformación de la energía del viento se encuentran a nivel de suelo. El inconveniente de este tipo de turbinas es que el eje no se ubica a mucha altura y las velocidades del viento disminuyen al llegar al suelo por efecto de la rugosidad del mismo (Antezana ,2004)

### **2.3.14 Tipos de generadores eólicos de eje vertical**

Los aerogeneradores de eje vertical son muy flexibles y versátiles, donde los tipos existentes son combinables entre sí para conseguir mejores efectos o reforzar falencias de algunas configuraciones de aerogeneradores. Los principales problemas de las VAWT's radican en su bajo torque de inicio, baja eficiencia y baja posibilidad de aumentar la escala del tamaño (debido a que resulta poco viable económicamente frente a otras alternativas).

Si bien existe una gran variedad de configuraciones disponibles que aprovechan el recurso eólico de una manera específica, los aerogeneradores de eje vertical se basan principalmente en dos principios físicos, en el arrastre de la masa eólica para la generación o en la fuerza de sustentación eólica que aprovecha un perfil alar específico para maximizar la energía colectada. Existen dos aerogeneradores clásicos de eje vertical, las Darrieus y las Savonius; donde la primera es de sustentación aerodinámica y la siguiente se basa fundamentalmente en el arrastre.

Considerando el hecho que el prototipo a desarrollar en este trabajo es de tipo vertical, se presenta a continuación una rápida visión del estado del arte de estos aerogeneradores.

## Aerogeneradores basados en el principio de sustentación

### Aerogenerador Darrieus

Patentado por G.J.M. Darrieus en 1931, este modelo es el más popular de los aerogeneradores de eje vertical. Nace por la necesidad de evitar la construcción de hélices sofisticadas como las que se utilizan en los aerogeneradores de eje horizontal. Permite mayores velocidades que las del rotor Savonius, pero no alcanza a las de un rotor de eje horizontal.

Fue redescubierto por los ingenieros en los años setenta. Laboratorios Sandia fue el que más trabajó al respecto y construyó, en 1974, un primer prototipo de 5[m] de diámetro tal cómo se puede apreciar en la figura 9 . Los análisis y estudios pertinentes fueron numerosos y profundos por parte de Sandia.



**Figura 9** imagen Aerogenerador Darrieus  
**Fuente:** Antezana, J. (2004)

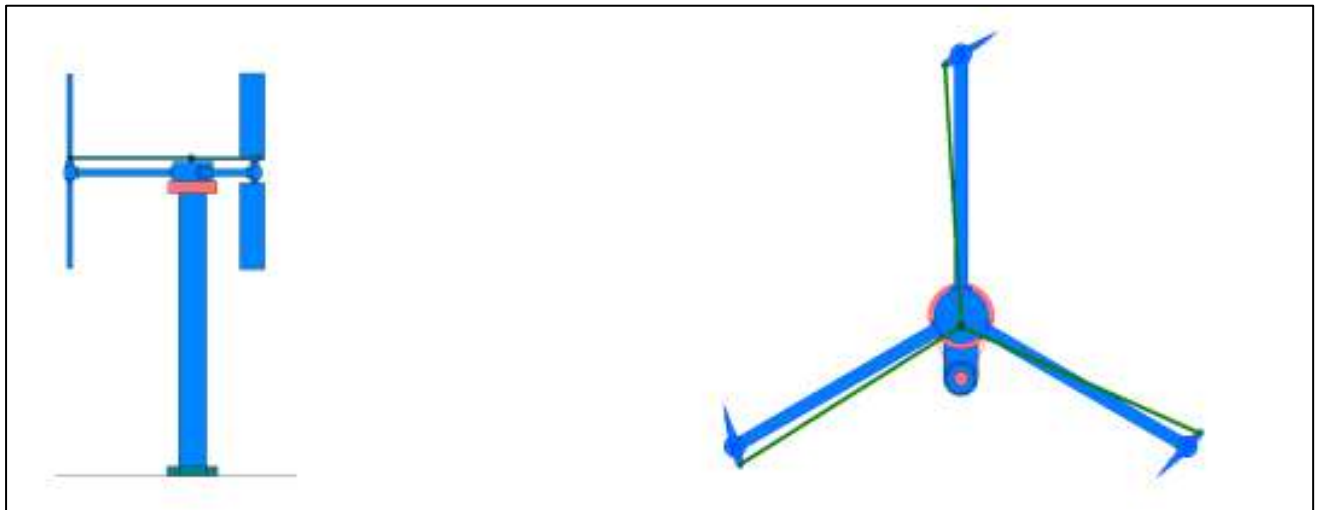
El rotor Darrieus consta de unas finas palas con forma de ala de avión simétricas, que están unidas al eje sólo por los dos extremos, con una curva especial diseñada para un máximo

rendimiento entre las dos uniones del eje. El modelo de curva más utilizado es el denominado Troposkien, aunque también se utiliza la catenaria.

Como los otros aerogeneradores de eje vertical, el Darrieus no necesita de un sistema de orientación. Esta característica de captación omnidireccional le permite ser instalado en cualquier terreno sin necesidad de levantar altas torres, lo cual se traduce en un ahorro sustancial. Al poseer una forma parecida a una cuerda para saltar, hace que los alerones del Darrieus experimenten una fuerte fuerza centrífuga. Al trabajar en pura tensión hace que los alerones sean simples y económicos.

### **Darrieus tipo H o Giromill**

La patente de Darrieus también cubrió las turbinas con alerones verticales de eje recto llamadas Giromills. Una variante del Giromill es la Cycloturbine, con alerones orientados mecánicamente con el fin de cambiar el 'Angulo de ataque tal como se puede apreciar en la figura 10. Este tipo de turbina fue investigada por el NREL, unas de sus particularidades son son sus hélices que pueden adaptar su Angulo de ataque en relación al viento



**Figura 10** ilustración Darrieus tipo H o Giromill

**Fuente:** Antezana, J. (2004)

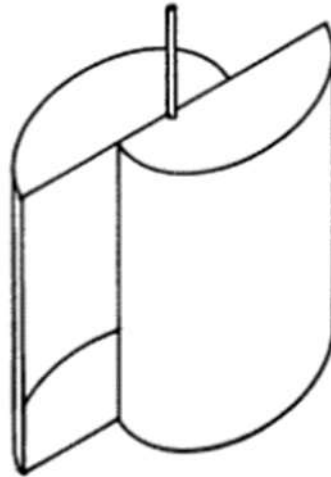
### **Aerogeneradores basados en el principio de arrastre**

#### **Aerogenerador Savonius**

El modelo de rotor Savonius es el más simple. Consiste en un cilindro hueco partido por la mitad, en el cual sus dos mitades han sido desplazadas para convertirlas en una S (ver figura 11);

las partes cóncavas de la S captan el viento, mientras que los reversos presentan una menor resistencia al viento, por lo que giraran en el sentido que menos resistencia ofrezcan.

Este sistema tiene el inconveniente de presentar una sobre presión en el interior de las zonas cóncavas al no poder salir el aire, perjudicando el rendimiento; el sistema queda mejorado separando ambas palas y dejando un hueco entre ambas para que se exista un flujo de aire.



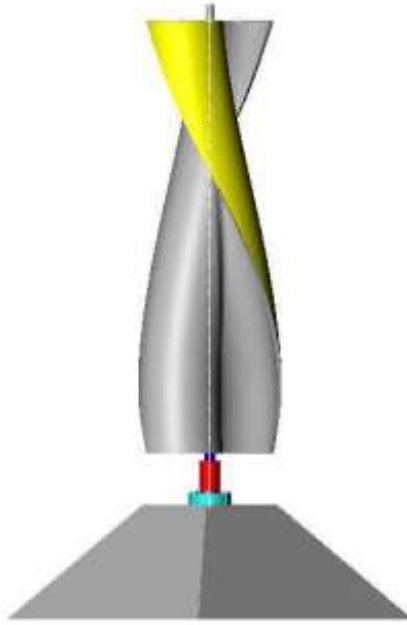
**Figura 11** ilustración de Aerogenerador Savonius

**Fuente:** Antezana, J. (2004)

Debido a la gran resistencia al aire que ofrece este tipo de rotor, sólo puede ser utilizado a bajas velocidades. El uso para generación de energía eléctrica precisaría de multiplicadores de giro que reducirían el rendimiento. Es por tanto útil para aplicaciones de tipo mecánico, como el bombeo de agua.

### **Prototipo Windside**

Este novedoso aerogenerador de eje vertical es un prototipo concebido por la empresa finlandesa Windside.



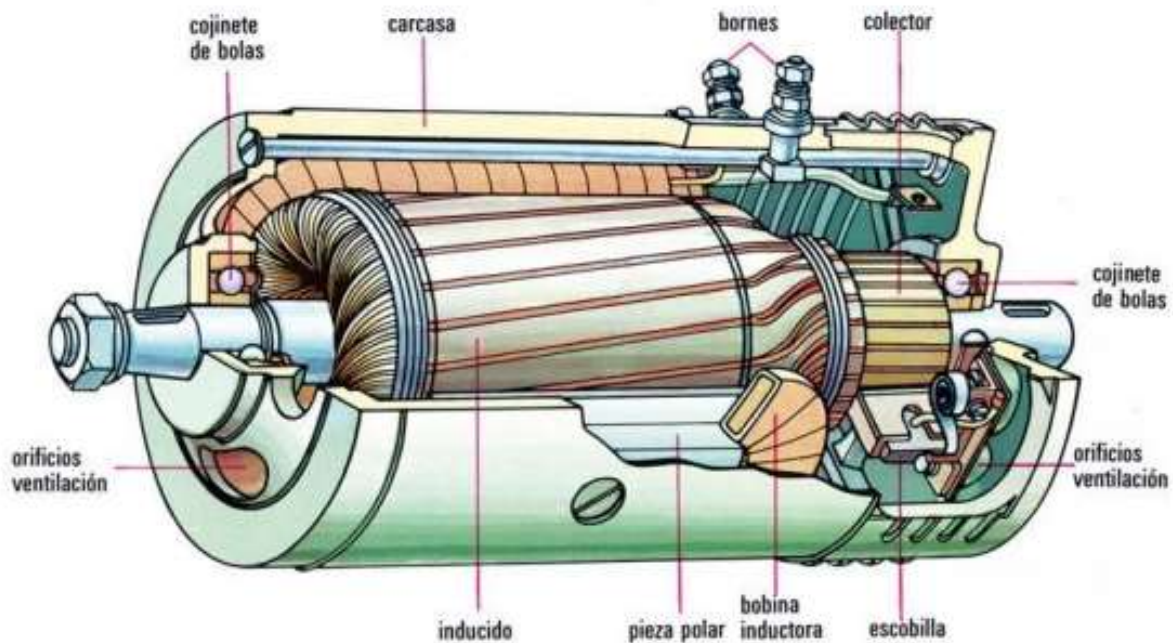
**Figura 12** Prototipo Windside

**Fuente:** Antezana, J. (2004)

Esta tecnología relativamente nueva y prometedora, con rendimientos similares a los aerogeneradores de eje horizontal, es aplicada para abastecer medianos y pequeños consumos. El concepto aerodinámico es lo que lo hace distinto e interesante respecto a los otros VAWT

### **2.3.15 Tipos de máquinas eléctricas y generación de potencia eléctrica**

Para convertir la potencia mecánica extraída del viento en potencia eléctrica, es necesario acoplar al eje de rotación una máquina eléctrica actuando como generador. Existen dos tipos básicos de máquinas eléctricas: las que generan corriente continua y las de corriente alterna. Los generadores de corriente continua, también conocidos como dinamos, están constituidos por múltiples devanados situados en el rotor y que están sometidos a un campo magnético estático producido por imanes permanentes o por un inductor electromagnético. Este tipo de máquina eléctrica necesita conmutar los circuitos eléctricos que están conduciendo corriente en cada momento para garantizar el movimiento constante en la misma dirección. Para conseguir este propósito, estos generadores poseen escobillas que entran en contacto con un colector de delgas, de forma que se activan eléctricamente diferentes devanados en cada instante.

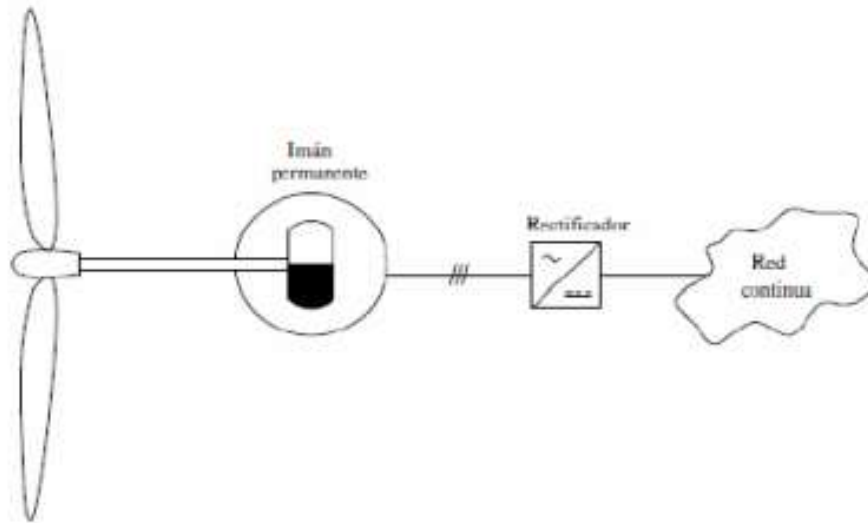


**Figura 13** motor generador de corriente continua (dinamo)

**Fuente:** Vidal C. (2019)

Este tipo de generadores se pueden utilizar en aerogeneradores de poca potencia en los que se desee que la tensión de salida sea continua. El motivo por el que no se utilizan en la generación de mayores potencias es porque poseen una estructura de devanados y conexiones más compleja y porque son poco eficientes debido a las pérdidas que existen debido al rozamiento de las escobillas con las delgas. Además, este rozamiento constante desgasta las escobillas y éstas deben ser renovadas cada cierto tiempo, aumentando así los costes de mantenimiento.

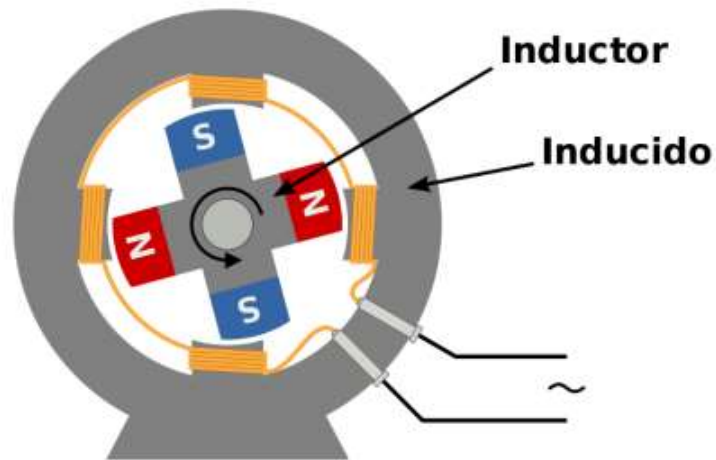
Sin embargo, existe otra manera de obtener corriente continua sin necesidad de utilizar un generador DC: la generación de corriente alterna y su posterior rectificación con diodos. Esta forma de generación es más eficiente e implica menores pérdidas y mayor eficiencia.



**Figura 14** generación de corriente continua con un generador de corriente alterna y rectificación

**Fuente** Vidal C. (2019)

En este caso, la máquina eléctrica que se utiliza es un generador de corriente alterna, también conocido comúnmente como alternador.



**Figura 15** motor generador de corriente alterna (alternador)

**Fuente:** Vidal, C. (2019)

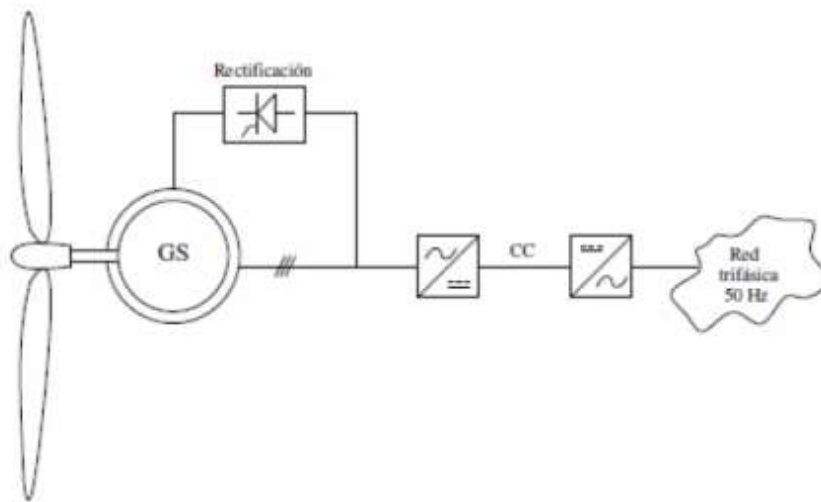
Estas máquinas pueden funcionar en modo síncrono o asíncrono: si la velocidad de giro del rotor está sincronizada con la frecuencia de la corriente alterna, se trata de un generador síncrono, mientras que si existe un desfase de velocidades (deslizamiento) entre ambas magnitudes, el funcionamiento de la máquina eléctrica sería asíncrono.

El uso habitual de una máquina eléctrica de corriente alterna en modo asíncrono es como motor, no como generador, y el diseño más conocido es el motor “jaula de ardilla”. Sin embargo, para este proyecto interesa la generación de electricidad, por lo que el modo de funcionamiento asíncrono es descartable. En los alternadores funcionando en modo síncrono, la relación entre la velocidad de giro del rotor  $n$  y la frecuencia  $f$  de la corriente eléctrica alterna es la siguiente:

$$\frac{n_{rpm}}{60} = \frac{f}{p}$$

En esta ecuación,  $p$  es el número de pares de polos magnéticos en el rotor. Dado que en un generador puede haber varios pares de polos, la transición entre un polo norte y el siguiente polo norte no implica un giro del rotor de  $360^\circ$ , sino una fracción de este ángulo. En una máquina eléctrica tetrapolar, es decir, con cuatro polos o, lo que es equivalente, dos pares de polos, un giro de  $180^\circ$  en el rotor ya implica un ciclo completo eléctrico en la corriente alterna.

En los aerogeneradores instalados en parques eólicos se utilizan estos generadores con un devanado trifásico, es decir, con tres devanados desfasados entre ellos en  $120^\circ$ . Así se aumenta la potencia generada. Dado que la velocidad de giro del rotor de un aerogenerador no siempre se mantiene constante, se suele rectificar la corriente alterna a continua para, después, invertirla a una frecuencia constante de 50 Hz (en Europa, Asia y África) y 60 Hz (en el continente americano). La rectificación puede, además, estar controlada por tiristores para regular el voltaje generado mediante la elección de un ángulo de disparo de los tiristores determinado.



**Figura 16** generación de corriente alterna, rectificación e inversión a 50Hz para la red eléctrica

**Fuente:** Vidal C. (2019)

### 2.3.16 Luminaria

Luminaria es el aparato que sirve para distribuir, filtrar o transformar la luz por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijarla, protegerlas y conectarlas. (ver figura 17)

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas.

Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras. A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios



**Figura 17** Postes de Alumbrado Público

**Fuente:** CHACON J(2019)

### 2.3.17 Autopista

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos define autopista como: Carretera especialmente diseñada y construida para el tráfico motorizado, la cual no sirve a las fincas que lindan con ésta, y que:

- (a) Está provista, excepto en determinados puntos o temporalmente, de una doble calzada separada para los dos sentidos del tráfico. Esta separación se hace por una banda por la que no se puede circular o por otros medios.
- (b) No tiene carreteras que la cruzan al mismo nivel, ni vías de trenes, ni de tranvías ni pasos peatonales o caminos de cualquier tipo.

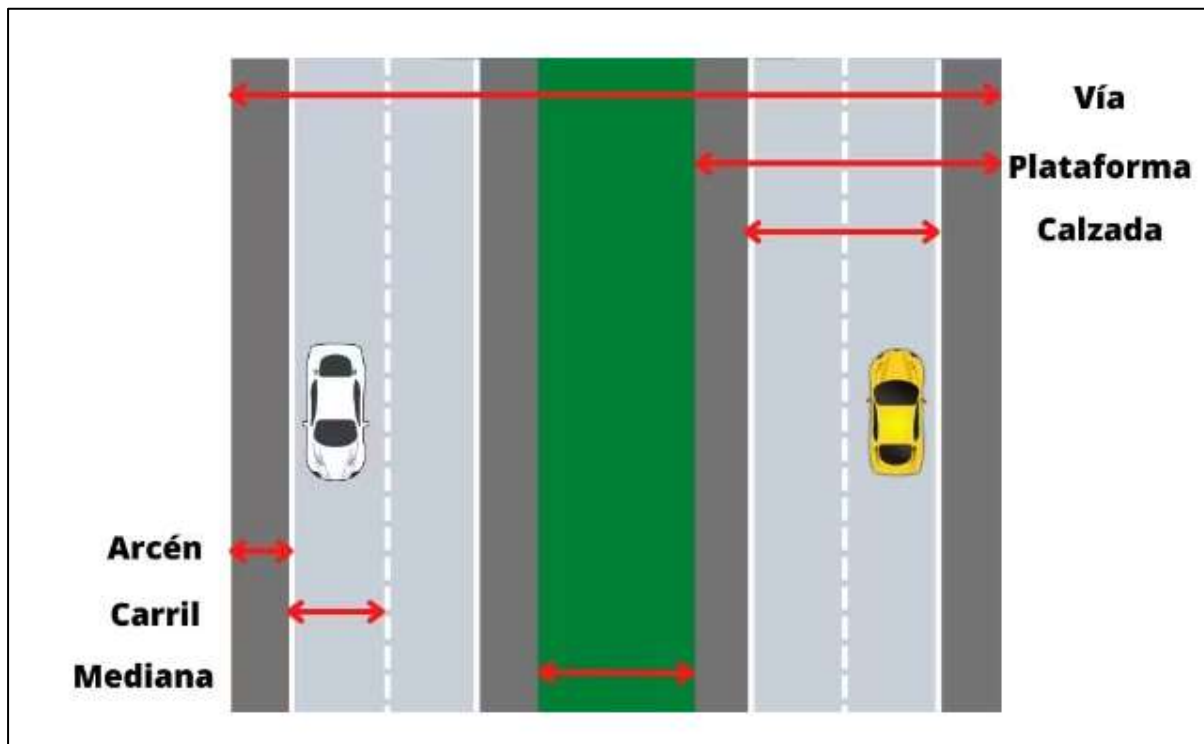
(c) Está especialmente señalizada como una autopista, y está reservada específicamente para una categoría de vehículos motorizados.<sup>3</sup>

Los carriles de entrada y salida están señalizados para ello. Las autopistas urbanas también se incluyen en la definición

### 2.3.18 Partes de una autopista

Cuando se circula por una carretera, se tiende a verla como una unidad en la que no hay partes diferenciadas. Sin embargo, esto no es así, ya que todas las carreteras presentan diferentes partes con sus fines específicos.

Para poder circular segura y eficazmente por la vía pública, el conductor debe conocer estas partes y comprender qué papel juegan en la conducción y qué está permitido hacer en ellas, algo que vamos a ver a continuación.



**Figura 18** partes de una autopista  
Fuente: ONROAD 2018

### Plataforma

El principal elemento de cualquier vía es el conocido como plataforma. Realmente es el más sencillo, ya que se trata de toda la superficie que se encuentre pavimentada. Ésta incluye las restantes partes de la vía: los carriles y el arcén o arcenes. (Las vías pueden tener una o dos plataformas, separadas por una mediana.)

Este término no suele ser un concepto empleado por los usuarios de la vía, pero sí por los encargados de su mantenimiento o diseño. Con todo, esta es la base de todas las demás partes que vamos a ver de la vía, por lo que no se debe dejar de lado

### **Calzada**

Más importante que la plataforma es la calzada. Se trata de la parte de la plataforma por la que deben circular los vehículos (salvo unas pocas excepciones) cumpliendo con las normas vigentes de circulación. La calzada puede disponer desde un solo carril hasta 5 o 6 en las carreteras con más tráfico, y pueden ser en un solo sentido de la marcha o en ambos sentidos de la marcha, esta se puede encontrar dividida en diversas partes llamadas carriles, mediante líneas discontinuas si se puede adelantar o con línea continua si el adelantamiento está prohibido.

### **Carril**

El carril es el espacio por el que circula un vehículo. Un vehículo nunca puede ir conduciendo ocupando dos carriles. Pueden estar separados por líneas longitudinales discontinuas o continuas, en las que estará prohibido sobrepasar el carril salvo en contadas ocasiones. Y se presentan de varias maneras:

- Hay calzadas con un solo carril si son calzadas de sentido único de circulación.
- En otras ocasiones, hay dos carriles en sentido contrario de la marcha pegados, como en el caso de la mayor parte de carreteras interurbanas convencionales y urbanas.
- Hay ocasiones en las que hay varios carriles juntos en el mismo sentido de la marcha, sobre todo en autovías y autopistas en las que hay dos plataformas separadas por una media separando así los sentidos de la marcha.

### **Arcén**

El siguiente elemento de la vía es el arcén. Ésta no es una zona por la que se permite circular (salvo en contadas excepciones); está más allá de los límites de la calzada (la zona habilitada para ello).

Los arcenes tienen diversos usos dentro de la carretera. Por una parte, permiten que los conductores que se salgan levemente de su carril no se topen con terreno diferente al de la carretera. Por otro lado, están disponibles para realizar paradas de emergencia en caso de avería, algo que evita que los vehículos tengan que detenerse dentro de la calzada y que congestionen el tráfico en la carretera.

El arcén también pueden emplearlo ciertos vehículos y aquellos peatones que tengan que andar cerca de la calzada siempre que esto se permita en una vía, como sucede con las carreteras convencionales. En estos casos, se dice que el arcén es transitable, pero solo para vehículos muy concretos: ciclomotores, bicis y vehículos especiales o de tracción animal que no superen los 3.500 kg de MMA.

### **Mediana**

Al margen de los anteriores, en la vía es posible encontrar otra parte: la mediana. La mediana es un elemento presente en algunas vías que sirve como objeto de separación en el caso de que haya una separación entre ambos sentidos de la marcha. Por este motivo no siempre está presente, aunque es bastante común en autovías y autopistas.

#### **2.3.19 Anemómetro**

Los anemómetros son instrumentos para medir la velocidad del viento. Éstos miden la velocidad instantánea del viento, sin embargo, las ráfagas de viento desvirtúan la medida que recogen si lo que se quiere es tener una idea de velocidades medias. Por ello, para conocer velocidades medias lo mejor es realizar diferentes mediciones en intervalos de unos 10 minutos y tomar como medida válida el valor medio de todas las mediciones levadas a cabo.

Hay diferentes tipos de anemómetros:

- Anemómetro de rotación: dispone de cazoletas o hélices unidas al eje central, cuyo giro es proporcional a la velocidad del viento y se queda registrado. En el caso de los anemómetros magnéticos, este giro activa un diminuto generador eléctrico para dar una medida mucho más precisa.
- Anemómetro de compresión: se basa en el tubo de Pitot y está formado por dos pequeños tubos. Uno de ellos cuenta con un orificio frontal (que mide la presión dinámica) y otro lateral (que mide la presión estática). El otro tubo sólo cuenta con un orificio lateral. La diferencia entre las presiones medidas permite determinar la velocidad del viento.

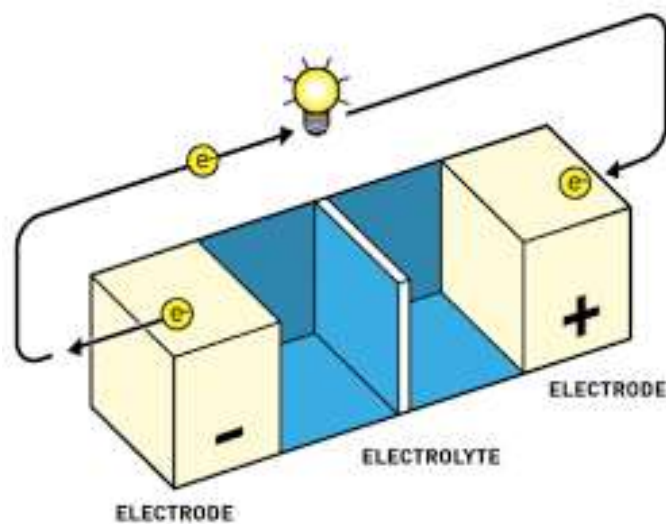
En el caso de los aerogeneradores de baja potencia, los anemómetros suelen ser montados sobre éstos para determinar si sopla el viento suficiente como para poner el aerogenerador en marcha. Por ello, dichos anemómetros no necesitan tener una gran precisión y suelen resultar bastante baratos. Sin embargo, en lo que a la industria eólica se refiere, sí son necesarios anemómetros mucho más precisos y bien calibrados. Por lo que éstos ya no resultan tan baratos.



**Figura 19:** Anemómetro de rotación  
Fuente: Chacón, J (2019)

### 2.3.20 Baterías y Acumuladores

El fundamento de los acumuladores es la transformación de la energía química en eléctrica. Almacenan energía química en su interior para convertirla en eléctrica en el exterior. Los acumuladores eléctricos mantienen una tensión entre sus dos polos gracias a un proceso químico que sucede en su interior y que luego explicaremos. Esta tensión hace que al conectar un receptor (lámpara, motor, timbre, etc.) entre los dos polos, circule una corriente eléctrica de un polo al otro (del negativo al positivo). Por el receptor pasará esta corriente y se pondrá en funcionamiento.



**Figura 20** esquema de una batería  
Fuente YOUNG, (2009)

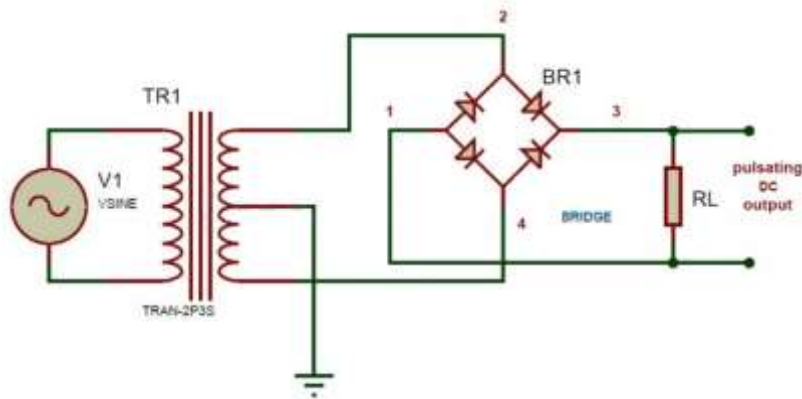
### 2.3.21 Reguladores de carga

Estos elementos son indispensables para el correcto funcionamiento de la instalación en cuanto a la unión del aerogenerador con las baterías. Las características eléctricas que lo definen son, su tensión nominal y la intensidad de corriente máxima que es capaz de disparar.

Su principal función es la de impedir que la batería continúe recibiendo energía de aerogenerador, una vez esta haya alcanzado su carga máxima. Si se continuara introduciendo energía al alcanzar este valor máximo la batería podría comenzar procesos de gasificación o calentamiento que acortarían la vida de la misma, haciendo que en ciclos posteriores disminuyera la capacidad de carga de la batería.

### 2.3.22 Rectificadores

La función de este dispositivo es convertir la corriente alterna que viene del generador eléctrico a corriente continua para que esta pueda ser almacenada en la batería. Los más utilizados en estos casos son los construidos mediante diodos y tríodos.



**Figura 21:** esquema de Rectificador de corriente  
Fuente YOUNG, (2009)

### 2.3.23 Inversores

Tienen como tarea adaptar las características de la corriente generada a la demandada. Las características de este proyecto son que las baterías trabajan en corriente continua y la demanda energética del alumbrado en corriente alterna. Por tanto, será necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en corriente alterna. En el caso de este proyecto se adoptará también por equipos sencillos y que estén diseñados para aplicaciones de autogeneración.

### 2.3.24 Variadores de frecuencia

Este componente realiza el trabajo de pasar de una corriente que tenía una frecuencia variable a convertirla a corriente que tenga una frecuencia constante. Nuestro generador eléctrico, debido

a que el viento es variable se consigue corriente con frecuencia variable, que habrá que convertirla en constante, e igual a las bombillas LED que se usen. Así de esta forma, los variadores de frecuencia tienen integrado un rectificador, normalmente de diodos o tríodos, para la conversión de esta corriente alterna de frecuencia variable en corriente continua. a continuación, la corriente continua que es la que se almacena en las baterías, se convertirá mediante un inversor, también integrado dentro del propio variador, en corriente alterna de frecuencia constante con el valor necesario para su utilización.

## **2.4 Bases legales**

Parella y Stracruzzi (2017) indican que las bases legales "son las normativas jurídicas que sustenta el estudio desde la carta magna, las leyes orgánicas, las resoluciones decretos entre otros" (p.55). Es importante que se especifique el número de articulado correspondiente, así como una breve paráfrasis de su contenido a fin de relacionarlo con la investigación a desarrollar.

De acuerdo a la definición anterior, las bases legales son todas aquellas leyes las cuales deben guardar una relación con la investigación de estudio, los artículos deben ser copiados tal como son y como últimos objetivos parafrasearlo con la relación que tiene con la investigación.

## **LA ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA Decreta la siguiente, LEY DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA**

### **Capítulo I Disposiciones generales**

#### **Objeto**

**Artículo 1.** Esta Ley tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los procesos de producción, generación, transformación, transporte, distribución, comercialización, así como el uso final de la energía, a fin de preservar los recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y social, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética, la certificación de eficiencia energética y la promoción e incentivos para el uso racional y eficiente de la energía.

#### **Sujetos**

**Artículo 2.** Son sujetos de aplicación de la presente Ley, las personas naturales. o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras vinculadas con los procesos tecnológicos de producción, generación, transformación, transporte, distribución, comercialización y uso final de la energía, en todo el territorio nacional

#### **Declaratoria de interés social, público y de prioridad nacional**

**Artículo 3.** Por su importancia estratégica en todos los niveles de la sociedad, a fin de preservar los recursos naturales y el bienestar de las generaciones futuras, se

declara de interés social, público y de prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía.

### **Principios**

**Artículo 4.** Son principios rectores de esta Ley, el control de gestión, la cooperación, la coordinación, la corresponsabilidad, la diversificación de la matriz energética, la eficacia, la eficiencia, la equidad social, la participación social, la preservación del ambiente, la soberanía tecnológica y la transparencia.

### **Cooperación interinstitucional**

**Artículo 5.** Los órganos y entes del Poder Público deberán colaborar entre sí en la consecución de los objetivos y fines planteados en la presente Ley.

### **Definiciones**

**Artículo 6.** A los efectos de la correcta interpretación y aplicación de la presente Ley, se definen los siguientes términos:

**1.Eficiencia Energética:** Es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.

**2.Energías Alternativas:** son aquellas que permiten la generación de energía eléctrica en sustitución de las Fuente: de energía convencional, que en la República son los hidrocarburos líquidos y gaseosos, así como la hidroelectricidad.

**3.Energía Renovable:** Aquella que se obtiene del aprovechamiento de Fuente: de energía primaria naturales capaces de regenerarse, entre otras: energía solar, energía eólica, bioenergía, energía hidráulica, energía geotérmica, energía mareomotriz, gases de desechos, gases de plantas de depuración y biogás.

**4. Uso eficiente de la energía:** Es el óptimo aprovechamiento de cada unidad de energía recibida, mediante el uso de equipos, sistemas y procesos tecnológicos adecuados para satisfacer las necesidades de los usuarios.

**5. Uso racional de la energía:** Modelo de conducta que permite satisfacer las necesidades de cada usuario o usuaria, con el menor consumo posible.

**6. Certificado de Eficiencia Energética:** Documento que expresa la conformidad con los parámetros establecidos en las normativas de eficiencia para un equipo, sistema, edificación y material.

## **Capítulo II**

### **Del desarrollo tecnológico y del aprovechamiento de las Fuente: de energía. Capital productivo nacional**

**Artículo 7.** En ejecución del principio de soberanía tecnológica, el Poder Público debe propiciar las condiciones necesarias para que se desarrolle el capital productivo nacional, para el suministro de servicios especializados, insumos, productos y bienes propios en general que, a su vez, conduzcan a la transformación tecnológica de los procesos y sistemas instituidos en el territorio nacional.

### **Promoción de nuevas tecnologías**

**Artículo 8.** El Estado venezolano promoverá el establecimiento y desarrollo en el territorio nacional, de industrias, fábricas y unidades de producción que empleen

nuevas tecnologías para el diseño y elaboración de bienes de consumo masivo, dando un tratamiento prioritario al aprovechamiento de energías renovables. Para el logro de estas acciones, se podrán ejecutar las cláusulas sobre transferencia tecnológica contenidas en los instrumentos internacionales vigentes.

### **Actuación coordinada para la ejecución de proyectos**

**Artículo 9.** El Ejecutivo Nacional por órgano del Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de ciencia y tecnología, el Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de comercio, el Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de energía eléctrica y el Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de petróleo y minería, deberán establecer mecanismos que fomenten la ejecución de proyectos productivos nacionales que involucren el uso de tecnologías que aprovechen las energías renovables.

### **Equipos y productos de energías renovables**

**Artículo 10.** El sector comercial favorecerá la distribución y venta de equipos y productos que empleen bajo consumo, alta eficiencia y energías renovables como fuente energética sustitutiva.

### **Registros y certificaciones**

**Artículo 11.** El aprovechamiento de las energías renovables, está sujeto a los registros y las certificaciones que emita el Ejecutivo Nacional, por órgano del Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de energía eléctrica.

### **Norma Venezolana COVENIN 3290 Alumbrado. Diseño**

Normas COVENIN:

COVENIN 3126: Alumbrado público. Definiciones:

COVENIN 11: 10-011 alumbrado público. Construcción

COVENIN 200-90 código eléctrico nacional.

#### **1. Criterios para dotar de alumbrado a una vía**

##### **1.1 Naturaleza de la vía, tipo y volumen del tráfico.**

Las vías interurbanas con tránsito vehicular a velocidad 50km/h o más debe al menos iluminarse a una extensión no menor de 100m en cada extremo de las comunidades. Las autopistas u otras vías expresas interurbanas ubicadas en zona rural, deben iluminarse si se dan algunas de las condiciones siguientes:

- El valor de las pérdidas por accidentes nocturnos es igual o mayor que la inversión anual del alumbrado.
- El volumen de tráfico nocturno justifica en tiempo de recorrido, la inversión en la instalación.

- La vía interconecta dos centros poblados muy cercanos en proceso de integración.
- Las condiciones de visibilidad de la vía ameritan para la mayor seguridad de los usuarios o de las instalaciones adyacentes, un sistema de alumbrado.

## **1.2 Beneficios económicos del alumbrado publico**

El alumbrado de vías fuera de las zonas urbanas, resulta de la creciente valorización de los beneficios económicos obtenidos por la reducción de accidentes nocturnos al instalarse el alumbrado público.

Para abordar la tarea las vías rurales del país, los planificadores del alumbrado público deben definir:

- El presupuesto anual para los programas de alumbrado público.
- Las prioridades de longitudes de vías a iluminar de acuerdo a dichos programas.

Las rutas más importantes son las que tienen mayor flujo de tráfico y para un mismo tipo de va el número de accidentes será proporcional al flujo de vehículos, este último parámetro puede ser considerado como un factor cualitativo para determinar la necesidad de alumbrado.

Es recomendable, sin embargo, que se haga un estudio de la relación coste/beneficio, para establecer la factibilidad tanto del programa de alumbrado de vías como del orden de prioridades en que se debe realizarse, en función de los recursos financieros que deben ser aportados.

Los costos a ser considerados en un sistema de alumbrado público son los siguientes:

- Costo del capital para las instalaciones, incluyendo su amortización
- Costos anuales de operación y mantenimiento, incluyendo los reemplazos de equipos
- Costo anual del consumo de energía

Los posibles beneficios que se derivan son:

- Reducción del número de gravedad de los accidentes de tránsitos nocturnos
- Mayor comodidad para los usuarios
- Reducción del tiempo de viaje
- Incremento en el número de viajes nocturnos
- Mejoramiento de las condiciones ambientales

De estos factores, el único cuantificable en términos de dinero es el relativo a la reducción de accidentes nocturnos que se espera con la instalación.

El ahorro en accidentes continuara a lo largo de la vida del sistema y es de esperarse que aumente al tras año a medida que el número de accidente se eleve, en proporción con el mayor volumen de tráfico que se espera.

Los costos de operación y mantenimiento, así como las de las energías, siempre estarán presente y posiblemente también experimentan aumentos a parte de los debidos a la inflación.

## 2. Criterios para la clasificación del alumbrado público

### 2.1 Según la velocidad del tráfico

**Tabla 1** Importancia de iluminación según la velocidad del trafico

Muy importante	Mayor de 90 km/h
Importante	Entre 60 km/h y 90 km/h
Medio	Entre 30 km/h y 60 km/h
Reducido	Menor a 30 km/h
Muy reducido	Al paso

Fuente: Norma COVENIN (2011)

### 2.2 Segun el Volumen de tráfico

**Tabla 2** Importancia de iluminación según el volumen del trafico

Muy importante	Mayor de 1000 vehículos/h
Importante	Entre 500 y 1000 vehículos/h
Medio	Entre 250 y 500 vehículos/h
Reducido	Entre 100 y 250 vehículos/h
Muy reducido	Menos de 100 vehículos/h

Fuente: Norma COVENIN (2011)

## 3. Criterios Generales de diseño

### 3.1 Generales

- Permitir a los usuarios de la red vial, circular por ella con toda seguridad y con máxima comodidad
- Visualizar cómoda y rápidamente, no solo los bordes de las vais y sus superficies, sino también las curvas, irregularidades, y los objetos fijos y móviles situados sobre la calzada.

- Mejorar las condiciones de visibilidad, lo cual construye un medio eficaz para reducir la frecuencia de accidentes y para aumentar la capacidad de tránsito
- Permitir a los otros usuarios de la vía (peatones, ciclista, otro) ver sin riesgo de error o de deslumbramiento, todo vehículo que se acerque. Esto es aplicable que está atravesando la vía, como el que se dispone a hacerlo.

### **3.2 Seguridad**

- La seguridad se logra si el alumbrado permite a los usuarios que circulan a paso normal, evitar un obstáculo cualquiera ubicado sobre la acera o la calzada.
- Se puede considerar que el criterio de seguridad consiste en visualizar un objeto fijo o móvil, constituido por una superficie de 15cm x 15 cm con un factor de reflexión de 0,15 lux
- la seguridad de un peatón se logra si puede distinguir este objeto a una distancia de 10m.
- La seguridad de un conductor dependerá de su velocidad de desplazamiento. A velocidad media (60km/h), debe percibir este objeto a una distancia de hasta 100m. Para velocidades más altas, esta distancia varía entre 100m y 200m.

### **3.3 Comodidad**

- La comodidad de una instalación de alumbrado público depende del patrón de luminancia, de la ausencia de deslumbramiento, de la disposición y de la naturaleza de las Fuente: luminosas. Estos criterios deben ser escogidos de manera tal que reduzca al mínimo la fatiga del conductor y disminuya su tensión nerviosa.
- En las carreteras y vías de penetración, la iluminación debe además asegurar una continuidad óptica para permitir a los conductores circular a buena velocidad y observar fácilmente toda la geometría de la vía.

### **3.4 Economía**

- Aumento de la eficiencia de las vías en horas nocturnas (el tráfico nocturno de una vía es como máximo la prevista para el día).
- Disminución de costos de transporte por tiempo de recorrido.
- Disminución en las pérdidas económicas por accidentes y actos delictivos.
- Mejoramiento de la actividad nocturna.
- Permitir la ejecución durante la noche de trabajos que de otra manera solo podrían ejecutarse sobre el día.

### 3.5 Estética

- Resaltar o permitir la visión nocturna de valores estéticos, como pueden ser, monumentos, jardines, Fuente: y sitios pintorescos.
- Mejorar el aspecto de las calles de ciudades y pueblos

### 4. Teoría de la iluminación vial

Los aspectos teóricos y experimentales más importantes que deben tomarse en cuenta para juzgar y enfocar adecuadamente el problema de la iluminación de vías., son:

- Funcionamiento del sistema vial del ser humano
- Funcionamiento de la visión del conductor de vehículos
- Comportamiento del conductor de vehículos antes las condiciones de estímulos visuales
- Cálculos de iluminación
- Diseño geométrico de vías
- La iluminación desde el punto de vista estético
- Mediciones en las instalaciones

### Resolución N.º 112

#### **REGLAMENTO TÉCNICO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED-TIPO MODULAR, DESTINADAS A VIALIDADES DE USO VEHICULAR**

**Artículo 1º**—El presente Reglamento Técnico tiene por objeto establecer los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir las luminarias con tecnología LED, destinadas a la iluminación en zonas de tránsito vehicular en el territorio de la República Bolivariana de Venezuela.

**Artículo 2º**—El presente Reglamento Técnico aplica a todos los órganos y entes públicos, así como a las organizaciones privadas que tengan relación directa e indirecta con los procesos de normalización, planificación construcción, adquisición, traspaso, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación vial; así como a todas las personas jurídicas públicas o privadas dedicadas a la fabricación, importación, comercialización e instalación de las luminarias con tecnología LED, proveedores de estos equipos y proyectistas de estos sistemas que serán instalados en las redes del Operador y Prestador del Servicio Eléctrico.

**Artículo 3º**—Las personas naturales o jurídicas fabricantes o importadores de luminarias sujetas a este Reglamento Técnico, previo a la fabricación, importación y/o comercialización de las mismas, deberá someter a su verificación por parte del Operador y Prestador de Servicio de conformidad con los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico.

**Artículo 4º**—A los efectos de la correcta interpretación y aplicación del presente Reglamento Técnico se adoptan las definiciones señaladas a continuación:

**1. ARREGLO DE LED:** Disposición de componentes discretos de diodos emisores de luz, que están concentrados o encapsulados, instalados directamente

sobre una placa de circuito impreso, típicamente con un elemento óptico e interfaces técnicas, mecánicas y eléctricas.

**2. DIODO EMISOR DE LUZ (LED):** Dispositivo de estado sólido que incorpora una unión p-n, emitiendo radiación óptica cuando se excita por una corriente eléctrica.

**3. DISPOSITIVO DE ALIMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO:** Comúnmente conocido como "Driver", es un elemento auxiliar compuesto por una fuente de poder y controladores, que permite ajustar los valores de tensión y **corriente** a los módulos de LED. Su entrada se conecta directamente al circuito de **alumbrado** público.

**4. LUMINARIA LED:** Equipo de iluminación completo que consiste de módulos o arreglos de LED, junto a otras partes diseñadas para permitir la deseada distribución de la luz, proteger los componentes del medio ambiente y alojar al dispositivo de alimentación y control electrónico, incluyendo los terminales eléctricos para su conexión al circuito de alumbrado público.

**5. MÓDULO DE LED:** Conjunto de diodos emisores de luz, con conexiones eléctricas entre ellos, dotado de interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas, que puede incluir, además, elementos ópticos.

**6. VIALIDADES:** Zonas o áreas de uso público permanente o casual, destinadas al tránsito de vehículos, personas o animales.

**7. OPERADOR Y PRESTADOR DEL SERVICIO ELÉCTRICO:** Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC) empresa del Estado venezolano responsable de operar el sistema eléctrico y prestar servicio a los usuarios de este.

**8. SUSTRATO LED:** Capa que soporta el circuito integrado, los LED y el lente de difracción de la luz.

**9. CIE:** Comisión Internacional de Iluminación.

**10. SLI:** Índice específico de la luminaria. (VER COVENIN 3290-97)

**11. PROYECTISTA:** Persona natural o jurídica con conocimientos profesionales de Ingeniería Eléctrica responsable de elaborar el proyecto de iluminación con sujeción a la presente normativa.

Adicional al glosario aquí indicado, aplican las definiciones contenidas en la norma CONVENIN 3126:1994, y en la Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico, Publicada en la Gaceta Oficial N° 39.573 del 14/12/2010.

**Artículo 5°**—Las disposiciones del presente Reglamento Técnico aplican a las siguientes luminarias con tecnología LED, en cuanto a configuraciones típicas, parámetros fotométricos y otros parámetros referenciales, de los cuales se determinan tres tipos de luminarias a saber:

**a) Modelo I:** Luminaria con tecnología LED equivalente a luminaria de 150 W vapor de sodio alta presión.

**b) Modelo II:** Luminaria con tecnología LED equivalente a luminaria de 250 W vapor de sodio alta presión.

**c) Modelo III:** Luminaria con tecnología LED equivalente a luminaria de 400 W vapor de sodio alta presión.

Cuya equivalencia se basa, en los criterios establecidos en las siguientes tablas con N° 3, 4, 5 y 6

**Tabla 3** configuraciones típicas en sistemas de alumbrado publico

Modelo de luminaria LED	Caso de Estudio	Disposición de las luminarias	Altura de montaje de la luminaria (m)	Nº de canales de la vía	Ancho de vía (m)	Longitud o inclinación del brazo (m)	Distancia entre luminarias (m)
III	A	Central	13,0	4	12	2,5 (5*)	40
III	B	Tresbolillo	11,0	3	9	0,5 (0*)	40
III	C	Unilateral	9,6	3	9	0,5 (0*)	40
II	D	Central	13,0	4	12	2,5 (5*)	25
II	E	Tresbolillo	11,0	3	9	0,5 (0*)	25
II	F	Unilateral	9,6	2	7	0,5 (0*)	25
I	G	Tresbolillo	7,5	2	7	0,5 (0*)	20
I	H	Unilateral	7,5	2	7	0,5 (0*)	20

Fuente: REGLAMENTO TÉCNICO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED-TIPO MODULAR (2010)

**Tabla 4** parámetros fotométricos de acuerdo a la norma CONVENIN 3290-97

Clasificación	Luminancia				Iluminancia			Índice de deslumbramiento		Coeficiente de alrededores SR ≥
	Lm ≥ (cd/m <sup>2</sup> )	Um ≥	UO ≥	UI ≥	Em ≥ (lux)	UI ≥	U2 ≥	G ≥	TI ≥	
Casos de estudio										
A-B-C	2,0	0,40	0,30	0,70	25-30	0,40	0,30	7	10	0,50
D-E-F	2,0	0,40	0,30	0,70	20-25	0,33	0,25	6	10	0,50
G-H	1,5	0,30	0,25	0,60	15-20	0,33	0,20	5	20	0,50

Fuente: REGLAMENTO TÉCNICO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED-TIPO MODULAR (2010)

Leyenda:

Lm= Luminancia promedio.

Um= Uniformidad promedio (Lmin/Lm).

UO= Uniformidad global (Lmin/Lmax).

UI= Uniformidad longitudinal (Lmin/Lmax) en dirección longitudinal.

Em= Iluminancia promedio.

UI= Uniformidad media (Emin/Em).

U2= Uniformidad general (Emin/Emax).

G= Brillo. Deslumbramiento psicológico.

TI= Índice de incremento umbral. Deslumbramiento fisiológico.

SR= Coeficiente del alrededor.

N.R.= No requerido.

**Tabla 5** parámetros de referencia

<b>Módulo de Luminaria LED</b>	<b>Rango de flujo luminoso inicial de la luminaria LED (lumen)</b>	<b>Rango de potencia eléctrica de la luminaria tipo LED (W)</b>
I	6787-9211	68-102
II	12875-17474	129-194
III	31911-29737	219-330

**Fuente:** REGLAMENTO TÉCNICO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED-TIPO MODULAR (2010)

**Tabla 6** dimensiones y pesos

<b>MODELO DE LUMINARIA</b>	<b>DIMENSIONES Y PESO (MÁXIMOS PERMITIDOS)</b>			
	<b>PROFUNDIDAD (mm)</b>	<b>ANCHO (mm)</b>	<b>ALTO (mm)</b>	<b>PESO (kg)</b>
Model I	760	380	160	14
Model II	950	380	160	18
Modelo III	1060	420	160	18

**Fuente:** Fuente: REGLAMENTO TÉCNICO DE LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED-TIPO MODULAR (2010)

## 2.5 Definición de términos

### **Alumbrado público.**

Es una luminaria para alumbrado público que generalmente está en la calle, avenida, o un lugar público.

### **Caudal.**

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo

### **Corriente Alterna (CA).**

Corriente alterna, es un flujo eléctrico que se desplaza a intervalos regulares en tamaño y tiempo en ciclos periódicos.

### **Densidad.**

Se define como la masa por unidad de volumen. Sus unidades en el sistema internacional son [kg/m<sup>3</sup>]. Para un fluido homogéneo, la densidad no varía de un punto a otro

**Deslumbramiento.**

Este se produce por las luminarias públicas de calles y avenidas en los casos donde se presenta una sensación desagradable en los ojos cuando esta es demasiado intensa, puede ser directa e indirectamente como es el reflejo sobre el pavimento u objeto, así como luminarias que no tengan una cubierta para evitar ese efecto. Este reflejo puede tener ciertas repercusiones que afectan el confort del usuario, consiste es una sensación de molestia que puede llegar a perder momentáneamente la visión o quedar en la visión la permanencia de la fuente luminosa, pudiendo representar con esto cierto peligro.

**Fluidos.**

Un fluido es todo cuerpo que tiene la propiedad de fluir, y carece de rigidez y elasticidad, y en consecuencia cede inmediatamente a cualquier fuerza tendente a alterar su forma y adoptando así la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos pueden ser líquidos o gases según la diferente intensidad de las fuerzas de cohesión existentes entre sus moléculas.

**Generador Eléctrico**

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica.

**Generador Síncronico**

El generador síncrono, también conocido como alternador síncrono o sincrónico, es un tipo de máquina eléctrica rotativa capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica.

**Iluminancia.**

La iluminancia es la cantidad de luz que incide sobre una superficie y se puede definir como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Su unidad es el lux, este es el flujo luminoso (lúmenes) que incide en un área de 1 m<sup>2</sup>. Como referencia el nivel de iluminancia de un día de verano es de 100,000 lux, una oficina de 400 a 800 lux y de una calle bien iluminada es de 20 lux.

**Perfil aerodinámico.**

Se refiere a la sección transversal de un elemento el cual al tener un flujo de aire alrededor provoca un efecto de sustentación.

**Presión.**

La presión en un punto se define como el valor absoluto de la fuerza por unidad de superficie a través de una pequeña superficie que pasa por ese punto y en el sistema internacional su unidad es el Pascal ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ). Mientras que en el caso de los sólidos en reposo, las fuerzas sobre una superficie pueden tener cualquier dirección, en el caso de los fluidos en reposo la fuerza ejercida sobre una superficie debe ser siempre perpendicular a la superficie, ya que si hubiera una componente tangencial, el fluido fluiría. En el caso de un fluido en movimiento, si éste es no viscoso tampoco aparecen componentes tangenciales de la fuerza, pero si se trata de un fluido viscoso sí que aparecen fuerzas tangenciales de rozamiento.

### **Voltaje**

Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. Se puede medir con un voltímetro.<sup>3</sup> Su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el voltio.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico representa el conjunto ordenado de procedimientos que van a permitir obtener, clasificar, comprender y organizar los datos obtenidos y poder así, plantear las soluciones al problema investigado. Así mismo, Arias (2012), destaca que aquellos valores o datos que se pueden expresar numéricamente, son llamados variables de tipo cuantitativa, sin embargo, este proyecto de grado se desarrollará bajo el paradigma tecnológico.

El filósofo Thomas Kuhn definió a los paradigmas como “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica” Los modelos paradigmáticos son modelos epistemológicos, que proporcionan el "contexto" en que se forman los diferentes modelos teóricos y teorías de un nivel inferior, presentando las directrices generales de agrupamiento de las diferentes teorías.

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación se refiere a la perspectiva teórica y metodológica que se utiliza para abordar una pregunta de investigación o un problema en particular. Según Creswell (2014), "el enfoque es una orientación general para llevar a cabo la investigación que se expresa en términos de la naturaleza de los datos que se recogen, el modo en que se analizan y los supuestos que se hacen sobre el mundo" (p. 18).

En otras palabras, el enfoque de la investigación se refiere a la manera en que el investigador aborda el problema de investigación, lo que implica decisiones sobre qué tipo de datos se recopilan, cómo se analizan y qué supuestos se hacen sobre los fenómenos que se están estudiando. Tomando en cuenta lo anterior para este proyecto se utilizará un enfoque tecnológico

#### **3.2 Tipo de Investigación**

Arias (2006) señala que se realizará el estudio para responder al problema planteado, e incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. A su vez describe que un proyecto factible como la elaboración de una propuesta viable, destinada a entender necesidades específicas a partir de un diagnóstico.

Así mismo, el presente trabajo se desarrollará como tipo proyecto factible, dado que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una para la problemática de la falta de la poca confiabilidad del sistema eléctrico que surte a la iluminación vial de la autopista Bárbula-Guacara

### **3.3 Diseño de la Investigación**

Arias (2012), pronuncia que un diseño de campo consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios). Claro está, en una investigación de campo también se emplean datos secundarios, sobre todo los provenientes de Fuente: bibliográficas, a partir de los cuales se elabora el marco teórico. En concordancia con los objetivos propuestos, los datos necesarios para esta evaluación serán recolectados de forma directa en base a las impresiones tanto de los directivos y fundadores como por los diseñadores, lo que enmarca como un diseño de campo.

Según Arias (2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en Fuente: documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

los datos se recogerán en el lugar donde ocurra el estudio y a su vez se ejecuta un proceso de análisis de los datos obtenidos. Es por ello, que esta investigación tendrá un diseño de campo y documental

### **3.4 Nivel de Investigación**

Arias. (2012), destaca que una investigación de tipo descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. Es por ello que Este trabajo se encontrara enmarcado en una investigación de tipo descriptiva.

### **3.5 Población y Muestra**

Arias (2012), argumenta que la población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Así mismo se seleccionará una población de tipo finita ya que Arias lo denomina como aquella cuyo elemento en su totalidad son identificables por

el investigador, que realmente se tiene acceso y de la cual se extrae una muestra representativa. El tamaño de la población accesible depende del tiempo y de los recursos del investigador. es por ello que se tomara como población a los procesos necesarios para la obtención de energía por medio de Fuentes renovables

Arias (2012), señala que la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población, cuando en diversas razones se hace imposible abarcar la totalidad de los elementos que conforman la población, se recurre a la selección de una muestra censal, el cual permite hacer inferencia o generalizar los resultados con un margen de error conocido. Basado en esto, se tomará a los procesos de generación de energía eléctrica mediante la explotación de recursos eólicos como muestra para esta investigación

### **3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Según, Arias (2006), “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información” de igual manera, Arias (2006) destaca que un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital), que se utiliza para obtener, almacenar o registrar información. Por ello, las técnicas e instrumentos a ser usadas serán:

#### **Observación directa:**

Para Arias (2012), esta técnica consta en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función, a los objetivos de la investigación preestablecidos, por ende, haciendo acto de presencia en el campo de estudio, se atestiguará el estado actual del área, con la finalidad de obtener y registrar información para su posterior análisis, de forma pasiva.

#### **Entrevista estructurada:**

Este tipo de entrevista "se caracteriza por que se hace las mismas preguntas a todos los entrevistados, inclusive con la misma formulación y en el mismo orden. No obstante, los entrevistados tienen plena libertad para responder como deseen. Lógicamente, se trata de un cuestionario de preguntas abiertas". Piergiorgio Corbetta añade, si bien la pregunta no restringe la libre manifestación del entrevistado, y aunque el entrevistador procure dejar hablar al entrevistado, el simple hecho de plantear las mismas preguntas en el mismo orden a todos los entrevistados introduce un elemento de rigidez en la dinámica de la entrevista

## **Lista de cotejo**

Así mismo Tobón (2014), define las listas de cotejo como: Instrumentos de evaluación de competencias que permiten determinar la presencia o ausencia de una serie de elementos de una evidencia (indicadores). Los niveles de desempeño se tienen en cuenta en la ponderación o puntuación de los indicadores. Mientras mayor sea el nivel de desempeño, el indicador tiene más puntos, teniendo en cuenta lo anterior mencionado se usa la lista de cotejo para llevar un control o verificación de los diferentes criterios necesarios para el diseño de la luminaria vial cumpliendo con las normas COVENIN y las necesidades de los usuarios

### **3.7 Técnicas de análisis de resultados**

Según Arias (2004), "en este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan" (p. 99). En virtud de ello se tomó en cuenta el análisis cualitativo; que se realizó para caracterizar las situaciones y expresar la calidad de los hallazgos de la investigación, considerando las respuestas que no puedan ser expresadas cuantitativamente y el análisis interpretativo

### **Matriz FODA**

La herramienta FODA consiste en la construcción de una matriz a partir de la identificación de un listado de factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que influyen en el desempeño de la organización. Posteriormente, se contraponen los factores internos con los externos, tal que permita generar estrategias fundamentadas en las fortalezas de la organización para corregir sus debilidades; tomar ventaja de las oportunidades y contrarrestar las amenazas; desarrollando cuatro tipos de estrategias, de acuerdo con lo propuesto por David (2003). La matriz FODA es una herramienta de análisis que puede ser aplicada a cualquier situación, individuo, producto, empresa, etc, que esté actuando como objeto de estudio en un momento determinado del tiempo

### **Rúbricas o matriz de valoración**

Una matriz de evaluación se clasifica como rúbrica (matriz de valoración) si para valorar los criterios incluidos en esta se requiere plantear descriptores o varios tipos de escalas (USAID, 2011). Los factores de comparación reflejan los requisitos del proyecto mediante un índice de puntuación. Esta puntuación mide el éxito potencial de la idea en función de una serie de factores. Una vez realizado el proceso de evaluación, se asigna un número de puntuación total a cada idea.

### **3.8 Confiabilidad de la investigación**

La validación de un instrumento típicamente implica la realización de varios tipos de análisis para evaluar su validez y fiabilidad. Estos pueden incluir análisis de contenido para evaluar la relevancia y representatividad de los ítems del instrumento, análisis de constructo para evaluar la estructura subyacente de las medidas, análisis de criterio para evaluar la capacidad del instrumento para predecir el comportamiento o el desempeño en situaciones específicas, y análisis de fiabilidad para evaluar la consistencia y estabilidad de las medidas a lo largo del tiempo

Así mismo, Martínez (2006) expresa que una investigación con buena confiabilidad es aquella que es estable, segura, congruente, igual a sí misma en diferentes tiempos y previsible para el futuro. En función a lo expresado por Martínez (2006), en esta investigación se realizó la validación del instrumento de recolección de información (guion de la entrevista) por un panel de expertos para dar confiabilidad a los datos recopilados

### **3.9 Fases Metodológicas**

#### **Fase I Diagnóstico del estado actual en la que se encuentra el sistema de alumbrado de la autopista Bárbula-Guacara**

1. Observación directa del alumbrado público en la totalidad del tramo
2. Recopilación de datos a través de entrevista estructuradas a expertos
3. Cálculo aproximado del consumo energético de la luminaria

#### **Fase II. Análisis de las diferentes Fuentes de obtención de energía eléctrica a través del viento que existen la autopista Bárbula-Guacara**

1. Estudio de los recursos eólicos producidos por los vehículos al desplazarse por la autopista Bárbula-Guacara
2. Comparación entre las ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de aerogeneradores de eje vertical tomando en cuenta las especificaciones técnicas que debe de cumplir
3. Evaluación de las particularidades que pueda presentar el terreno en relación a la explotación de recursos eólicos

#### **Fase III. Diseño de una turbina eólica que suministre energía eléctrica al sistema de iluminación vial**

1. Evaluación el tipo de rotor más eficiente y práctico para la investigación
2. Cálculo de las dimensiones de los rotores y selección de materiales usado para el diseño de la turbina

- Ubicación correcta de la turbina, en función a la distancia de colocación del generador eólico en relación a la autopista

**Fase IV. Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental del sistema de iluminación diseñado.**

- Evaluar la viabilidad económica del dispositivo
- Evaluar la viabilidad técnica del dispositivo
- Evaluar la viabilidad operativa del dispositivo
- Evaluar la viabilidad ambiental del dispositivo

**3.10 Cuadro de Operacionalización de Variables**

**OBJETIVO GENERAL:** Proponer el diseño de una luminaria auto suficiente para el sistema de alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara, teniendo como fuente de energía el viento desplazado por vehículos automotores.

**Cuadro 1** Cuadro de Operacionalización de Variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INF
Diagnosticar el estado actual en la que se encuentra el sistema de alumbrado de la autopista Bárbula-Guacara.	Estudio de las normativas del diseño de alumbrado público vial en Venezuela	Normativas que rigen el diseño de la construcción de luminarias alumbrado público en Venezuela	Parámetros técnicos de las luminarias	5	Técnica: entrevista
	Funcionamiento de alumbrado público en Venezuela	Tipos de las luminarias para alumbrado publico	Tipo de iluminación	6	
		Métodos para energizar las luminarias de alumbrado publico	Energización de las luminarias mediate Fuente: renovables	1, 2 y 3	
			Aprovechamiento de energía	4 y 7	

**Fuente** Ayaro I. (2023)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Fase I Diagnostico del estado actual en la que se encuentra el sistema de alumbrado de la autopista Bárbula-Guacara

##### 4.1.1 Observación directa del alumbrado público en la totalidad del tramo

Para determinar los factores técnicos que debe de cumplir el generador eólico para su uso en la autopista Bárbula-Guacara se usaron diferentes métodos de recolección de datos entre ellos la lista de cotejo para determinar ciertas particularidades que tiene la autopista para ser tomadas en cuenta para el proceso de diseño

**Cuadro 2** lista de cotejo

LISTA DE COTEJO			
INDICADOR	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	sí	no	
La distancia de los postes de iluminación vial de la autopista Bárbula-Guacara esta entre los 30 y 36 metros	x		
El tramo desde Bárbula hasta el distribuidor de yagua de la autopista cuenta con el mismo tipo de mediana (separador de vías de doble sentido) durante todo su recorrido		x	En algunos tramos de la autopista cuenta con divisores de concreto tipo New Jersey, en otros tramos cuentas con medianas que a la vez sirven como cunetas y por ultimo con medianas que son ocupadas por áreas verdes
La autopista Bárbula-Guacara cuenta con recursos eólicos propios del terreno	X		Por su posición geográfica, y por el relieve del terreno presenta un recurso eólico a tomar en cuenta
Transitan seguidos y constante por la autopista Bárbula-Guacara un flujo de automóviles considerables	X		A finales de la tarde (4:00 P.M) se contabilizo que circulan por la autopista aproximadamente 600 automóviles
La autopista Bárbula-Guacara cuenta con 2 carriles por cada plataforma	x		
Existen diferentes tipos de lámparas en el sistema de alumbrado de la autopista Bárbula-Guacara	x		Se encuentran instaladas lámparas de sodio y tipo led

## Continuación Cuadro 2

LISTA DE COTEJO			
INDICADOR	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
El sistema de iluminación vial se encuentra en perfecto estado		x	Varias lámparas se encuentran inhabilitadas y en ciertos Sectores falta la colocación de postes
La disposición las luminarias con respecto a la autopista es el mismo para todo el trayecto		x	En ciertos tramos está dispuesta de forma central con doble brazo y en las restantes de forma unilateral en calzadas diferentes
Según las normas covenin la iluminación de la autopista se puede considerar importante	x		Debido a la velocidad de circulación de vehículo y el volumen que maneja se considera que su iluminación es importante
Las lámparas tipo led existente en el sistema de alumbrado son 80W	X		
El ancho de la mediana de la autopista es constante durante todo el tramo de la autopista		x	Varia considerablemente entre un tramo y otro

Fuente Ayaro I. (2023)

### 4.1.2 Recopilación de datos a través de entrevista estructuradas a expertos

Posterior a la técnica de la observación realizada, surgieron muchas interrogantes, y en función a ello se realizó una entrevista estructurada a un panel de expertos de la rama de electrónica con el objetivo de obtener respuestas a diversas preguntas relacionadas con este campo. Cada uno de ellos posee una amplia experiencia en diferentes áreas de la electrónica, lo que ha permitido obtener diferentes perspectivas y enfoques en las respuestas. A continuación, se presenta la descripción de los expertos (ver cuadro 3).

#### Cuadro 3: Expertos a entrevistar

N°	Nombre y apellido	profesión
1	Samanta Saavedra	Ingeniera electrónica
2	Glenda Thais	Ingeniera electrónica
3	Abelardo Velásquez	Ingeniero electrónico

Fuente Ayaro I. (2023)

**Cuadro 4:** Entrevista estructurada 1

RESULTADOS DE LA ENTREVISTA		
Nº	Experta: Samanta Saavedra	Fecha: 3/04/2023
	PREGUNTAS	RESPUESTAS
1	En función a su experiencia en el campo industrial, ¿Qué opinión tiene usted de las energías renovables?	Las energías renovables son de suma importancia ya que, al tratarse de energías inagotables proporcionadas por la naturaleza, podemos, con la implantación tanto en la industria como en la vida diaria, mitigar los efectos del cambio climático y a su vez proteger al medio ambiente.
2	Desde su óptica como especialista en el área energética ¿Qué impresión tiene usted de la obtención de electricidad a partir de la energía eólica?	La obtención de electricidad originada por el viento convierte a la energía eólica en una de las Fuente: de energía renovable más importantes para la generación de electricidad, tomando en cuenta que, de acuerdo al diseño de un sistema adecuado es posible su implementación a nivel mundial, logrando el beneficio de toda la humanidad.
3	¿Qué factores considera importante al momento de obtener energía eléctrica mediante Fuente: eólicas?	Los factores más importantes para la generación de electricidad, mediante Fuente: eólicas son: velocidad del viento, densidad del aire, permisología (de ser requerida), lugar de instalación del sistema, diseño correcto de la turbina, potencia de trabajo.
4	¿Cuáles variables considera usted que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica?	Tiempo de trabajo (horas de uso de la batería), Tiempo de almacenamiento (tiempo que puede durar la energía almacenada), Tiempo de carga de la batería, Velocidad del viento, Densidad del aire
5	Tomando en cuentas las normativas que rigen la construcción uso y mantenimiento de luminarias ¿Cuáles variables considera usted deben cumplirse para que se pueda energizar las luminarias de vialidad pública mediante Fuente: eólicas?	Tipo de iluminación, Angulo de apertura de la luz, Lúmenes requeridos, Distancia entre postes
6	¿Qué ventajas podría presentar las luminarias tipo LED en comparación a otros tipos de luminarias?	Tiempo de duración de la luminaria, Bajo consumo energético y Relación precio valor
7	¿Qué tipo de batería considera que presenta el mejor rendimiento para esta investigación?	Batería Recomendada: Ión de Litio

Fuente Ayaro I. (2023)

**Cuadro 5:** Entrevista estructurada 2

RESULTADOS DE LA ENTREVISTA		
Nº	Experta: Glenda Thai	Fecha: 16/04/2023
	PREGUNTAS	RESPUESTAS
1	En función a su experiencia en el campo industrial, ¿Qué opinión tiene usted de las energías renovables?	Creo que para poblados de remoto acceso son una excelente solución, en general Las energías renovables, aún tienen que evadir el obstáculo de los altos costos de implementación, sumado las grandes extensiones de terreno que tienen que abarcar para cubrir el consumo de energía, también deben mejorar las baterías, tanto en vida útil, como en impacto ambiental.
2	Desde su óptica como especialista en el área energética ¿Qué impresión tiene usted de la obtención de electricidad a partir de la energía eólica?	De la manera tradicional a través de aerogeneradores es un alto costo de inversión y mantenimiento para la cantidad de energía producida.
3	¿Qué factores considera importante al momento de obtener energía eléctrica mediante Fuente: eólicas?	Tener un apropiado estudio del viento, para que la energía obtenida sea constante
4	¿Cuáles variables considera usted que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica?	La cantidad de energía y el tiempo que durará el suministro
5	Tomando en cuentas las normativas que rigen la construcción uso y mantenimiento de luminarias ¿Cuáles variables considera usted deben cumplirse para que se pueda energizar las luminarias de vialidad pública mediante Fuente: eólicas?	Que se garantice el suministro de energía durante todo el tiempo de oscuridad, para que en medio de la noche no haya un apagón, por lo que implementar el uso de baterías sería recomendado
6	¿Qué ventajas podría presentar las luminarias tipo LED en comparación a otros tipos de luminarias?	La gran ventaja del uso de Luminarias Led, es el bajo consumo de energía, y hasta ahora son apropiadas para las vías públicas de baja velocidad, como calles y avenidas. Entiendo que aún no cumplen con los criterios de luminosidad requerida para las autopistas
7	¿Qué tipo de batería considera que presenta el mejor rendimiento para esta investigación?	Baterías de ciclo profundo de descarga, ya que están diseñadas para soportar descargas completas sin afectar su vida útil

Fuente Ayaro I. (2023)

**Cuadro 6:** Entrevista estructurada 3

RESULTADOS DE LA ENTREVISTA		
Nº	Experto: Abelardo Velásquez	Fecha: 22/04/2023
	PREGUNTAS	RESPUESTAS
1	En función a su experiencia en el campo industrial, ¿Qué opinión tiene usted de las energías renovables?	Considero que las energías renovables cada vez han ganado mas terreno en el ámbito industrial, pero a diferencia de otras Fuente: como el gas o el carbón le falta mucho camino para ser competitivas, pero con la corrupta implementación y uso podría llegar a sustituir las Fuente: de energías tradicionales
2	Desde su óptica como especialista en el área energética ¿Qué impresión tiene usted de la obtención de electricidad a partir de la energía eólica?	Que es una fuente de energía que aunque tenga un elevado costo inicial puede producir energía relativamente barata pero está limitada a las velocidades y dirección del viento de la zona
3	¿Qué factores considera importante al momento de obtener energía eléctrica mediante Fuente: eólicas?	Hacer un estudio de la velocidad y dirección del viento, así como factores ambientales tales como que no exista centros poblados cerca debido a la contaminación sónica que produce y también que no interrumpa el paso migratorio de aves
4	¿Cuáles variables considera usted que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica?	La cantidad de energía que necesita ser almacena y el tiempo de carga y descarga de la batería
5	Tomando en cuentas las normativas que rigen la construcción uso y mantenimiento de luminarias ¿Cuáles variables considera usted deben cumplirse para que se pueda energizar las luminarias de vialidad pública mediante Fuente: eólicas?	Que las lámparas cumplan con la norma requerida y que el suministro sea constante y confiable
6	¿Qué ventajas podría presentar las luminarias tipo LED en comparación a otros tipos de luminarias?	Su bajo consumo, su diseño compacto y su relativo bajo precio
7	¿Qué tipo de batería considera que presenta el mejor rendimiento para esta investigación?	Una batería de ion de lito

Fuente Ayaro I. (2023)

De las entrevistas realizadas a los expertos en cuestión se obtuvo los siguientes resultados en cada una de las preguntas:

**En función a su experiencia en el campo industrial, ¿Qué opinión tiene usted de las energías renovables?**

En general, los tres entrevistados están de acuerdo en que las energías renovables son importantes y necesarias para proteger el medio ambiente y mitigar los efectos del cambio climático. Sin embargo, tienen diferentes opiniones sobre su implementación, su viabilidad en la industria y el camino que debe seguirse para su implementación en la industria.

**Desde su óptica como especialista en el área energética ¿Qué impresión tiene usted de la obtención de electricidad a partir de la energía eólica?**

Los tres entrevistados tienen una opinión generalmente positiva sobre la obtención de electricidad a partir de la energía eólica, aunque cada uno enfatiza diferentes aspectos.

En general, los tres entrevistados destacan la importancia de la energía eólica como fuente de energía renovable y resaltan aspectos relevantes sobre su implementación y costos asociados. Aunque tienen algunas diferencias en sus opiniones, en conjunto, las entrevistas sugieren que la energía eólica es una fuente de energía renovable prometedora para la generación de electricidad

**¿Qué factores considera importante al momento de obtener energía eléctrica mediante Fuente: eólicas?**

En resumen, los factores más importantes al momento de obtener energía eléctrica mediante Fuente: eólicas son la velocidad del viento, la densidad del aire, el lugar de instalación del sistema, el diseño correcto de la turbina, la potencia de trabajo, el estudio previo del viento para asegurar su constancia, y la consideración del impacto ambiental del sistema. Es importante tener en cuenta estos factores para poder obtener una generación de energía eólica efectiva y sostenible.

**¿Cuáles variables considera usted que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica?**

En resumen, las variables que se deben considerar al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica incluyen: la cantidad de energía que se necesita almacenar,

el tiempo de carga y descarga de la batería, el tiempo de trabajo o uso de la batería, el tiempo de almacenamiento y la cantidad de energía y tiempo de suministro requeridos. Es importante que se realice un análisis detallado de estas variables para diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica efectivo y eficiente. Además, también se deben considerar factores como la vida útil de la batería, la eficiencia del sistema y los costos asociados al diseño y operación del sistema.

**Tomando en cuentas las normativas que rigen la construcción uso y mantenimiento de luminarias ¿Cuáles variables considera usted deben cumplirse para que se pueda energizar las luminarias de vialidad pública mediante Fuente: eólicas?**

En función a la información aportada por los entrevistados, comparten la noción que, para energizar las luminarias de vialidad pública mediante Fuente: eólicas, se deben cumplir las normas requeridas, considerar el tipo de iluminación, el ángulo de apertura de la luz, los lúmenes requeridos y la distancia entre postes, y garantizar un suministro constante y confiable de energía durante todo el tiempo de oscuridad. El uso de baterías puede ser una opción recomendada para asegurar un suministro constante. Es importante que se realice un análisis detallado para diseñar una instalación de luminarias de vialidad pública que sea confiable.

**¿Qué ventajas podría presentar las luminarias tipo LED en comparación a otros tipos de luminarias?**

Los entrevistados concuerdan que las ventajas de las luminarias tipo LED en comparación con otros tipos de luminarias incluyen el bajo consumo energético, la duración de la luminaria, el diseño compacto y el precio relativamente bajo. Estas ventajas hacen de las luminarias LED una opción atractiva para la iluminación de vías públicas y otras aplicaciones de iluminación. Es importante destacar que, además de estas ventajas, las luminarias tipo LED también ofrecen otros beneficios, como una mayor eficiencia energética, una mayor vida útil, una mayor resistencia a las vibraciones y choques, una menor emisión de calor y una mayor flexibilidad en cuanto a la dirección y el enfoque de la luz. Además, las luminarias LED se pueden controlar de manera inteligente y remota, lo que permite una mayor eficiencia en la gestión y el mantenimiento del alumbrado público. En general, las luminarias tipo LED pueden ser una excelente opción para la iluminación de vías públicas y otras aplicaciones de iluminación, ya que ofrecen una serie de ventajas significativas en comparación con otros tipos de luminarias

### **¿Qué tipo de batería considera que presenta el mejor rendimiento para esta investigación?**

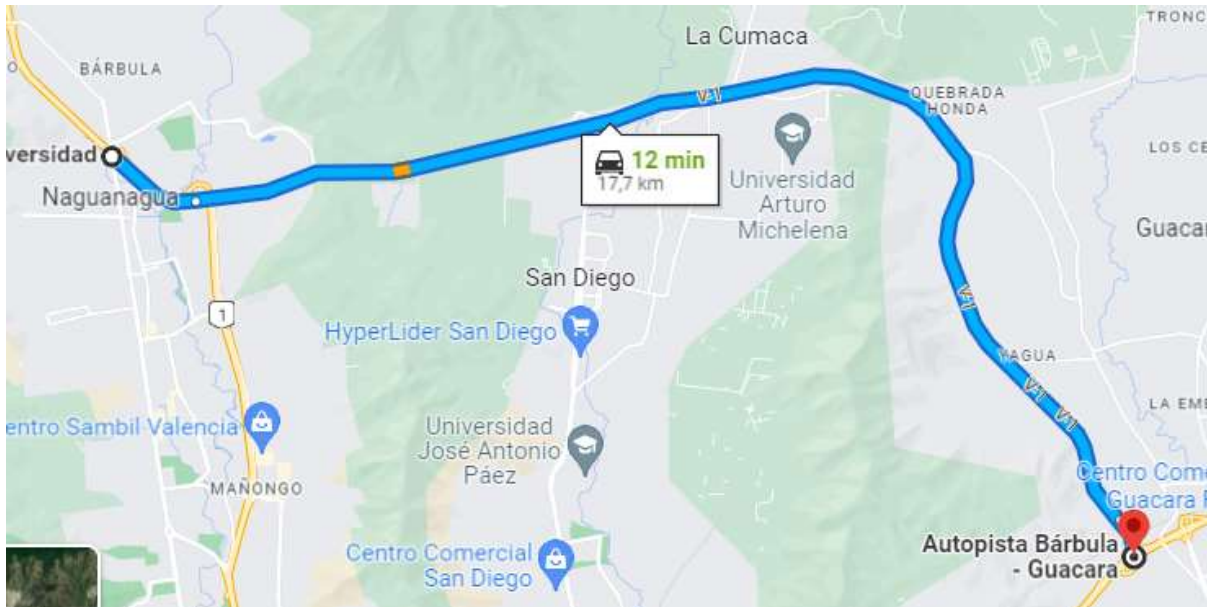
Después de analizar las respuestas de los tres entrevistados, se concluyó que existe una coincidencia en cuanto al tipo de batería que presenta el mejor rendimiento para la investigación. Los tres entrevistados sugieren que la mejor opción es una batería de iones de litio.

Las baterías de iones de litio son conocidas por su alta densidad de energía, su larga vida útil, su bajo peso y su capacidad para soportar una alta tasa de descarga. Además, estas baterías son recargables y tienen una tasa de autodescarga muy baja, lo que las hace ideales para aplicaciones en las que se requiere un suministro de energía constante y fiable. En general, se puede concluir que una batería de iones de litio sería la mejor opción para esta investigación, según la opinión de los tres entrevistados.

#### **4.1.3 Cálculo aproximado del consumo energético de la luminaria**

Para realizar el cálculo aproximado del consumo de energía eléctrica en la autopista Bárbula-Guacara desde el tramo de puente Bárbula hasta el distribuidor yagua, se indagó sobre los distintos tipos de lámparas para alumbrado público, disposición de las luminarias, estandarizaciones bajo las normas de CORPOELEC y COVENIN acerca del alumbrado público, mediante esto y el acercamiento del investigador hasta el sitio, se observó que durante todo el tramo se presentan diferentes tipos de arreglos de las luminarias y que también habían diferentes tipos de lámparas unas de tipo led y otras de vapor de sodio, y para efectos de esta investigación se tomó la decisión de usar lámparas con bombillos tipo led de 80 watts para las luminarias rigiéndose bajo la normalización y estandarización COVENIN 3290:1997 (Alumbrado Público Diseño) y en la resolución N 112 de la gaceta oficial. Adicionalmente, la decisión se realizó debido al bajo consumo energético que presenta en comparación a las lámparas de vapor de sodio tradicionales.

Venezuela debido a que se encuentra ubicada al Norte de Sur América, entre latitudes 2° y 12° N, se estima un promedio de 12 horas sin luz solar desde las 19:00 hasta las 7:00, es por ello, que se asume un consumo de 12 horas al día de energía eléctrica. teniendo en cuenta esto se calculó que un bombillo de 80 W al estar encendido durante 12 horas tendrá un consumo de 960 W al día. A su vez se hizo el análisis de la longitud total del tramo a ser estudiado el cual comprende unos 17.7Km por cada sentido (ver figura 18).



**Figura 22:** Mapa del tramo de la autopista Bárbula-Guacara

**Fuente:** GOOGLE Maps (2023)

Tomando en cuenta lo anterior y que las distancia entre cada poste es de unos 30 m y el tipo de arreglo de la luminaria se tiene una cantidad aproximada de 1.180 lámparas lo que nos da consumo total del tramo por día de 1.132 MW

## **4.2 Fase II. Análisis de las diferentes Fuente: de obtención de energía eléctrica a través del viento que existen la autopista Bárbula-Guacara**

### **4.2.1 Estudiar los recursos eólicos producidos por los vehículos al desplazarse por la autopista Barbula-Guacara**

Los automoviles cuando circulan a gran velocidad, produce una corriente de aire que se llama "flujo de aire" o "vórtice de aire". Esta corriente de aire se produce debido a la diferencia de presión entre el frente y la parte posterior del automóvil a medida que se mueve a través del aire.

Cuando el automóvil se mueve a alta velocidad, la parte frontal del automóvil empuja el aire hacia adelante y crea una zona de alta presión justo delante del automóvil. Al mismo tiempo, la parte posterior del automóvil crea una zona de baja presión detrás del automóvil.

Las diferencias de presión entre estas dos zonas de aire crean una corriente de aire que fluye desde la zona de alta presión hacia la zona de baja presión. Esta corriente de aire es lo que se siente como viento cuando el automóvil pasa cerca de ti a gran velocidad.

Además, cuanto más rápido se mueve el automóvil, más energía tiene el flujo de aire y, por lo tanto, más fuerte es el viento que se produce. Esto explica por qué se siente un viento más fuerte cuando un automóvil pasa cerca de ti a alta velocidad en comparación con cuando un automóvil pasa a baja velocidad.

Para la medición de la velocidad del viento creada por el vortice de aire producido por los vehículos se usó un anemómetro de rotación es un instrumento que está compuesto por un conjunto de copas o hélices que giran sobre un eje horizontal y están conectadas a un mecanismo de registro o indicador de la velocidad.

Cuando el viento sopla, las copas o hélices del anemómetro de rotación giran a una velocidad proporcional a la velocidad del viento. La velocidad del viento se calcula midiendo la velocidad de rotación de las copas o hélices a través de un sensor o un mecanismo de registro.

La ecuación de funcionamiento de un anemómetro de rotación se basa en la relación entre la velocidad de rotación de las copas o hélices y la velocidad del viento. Esta relación se puede expresar mediante la fórmula:

$$v = \frac{\pi D N}{60 K}$$

donde:

v : velocidad del viento (m/s)

D : diámetro de las copas o hélices en metros (m)

N: número de revoluciones por minuto (RPM) de las copas o hélices

K : factor de corrección que tiene en cuenta la eficiencia del anemómetro y otros factores que pueden afectar la medición de la velocidad del viento

La fórmula indica que la velocidad del viento es proporcional a la velocidad de rotación de las copas o hélices, y que esta relación depende del diámetro de las copas o hélices y del factor de corrección K.

Es importante tener en cuenta que la ecuación anterior se basa en ciertas suposiciones y factores de corrección que pueden variar dependiendo del diseño y la calidad del anemómetro de

rotación. Además, el cálculo de la velocidad del viento puede verse afectado por factores externos como la turbulencia del viento y la presencia de obstáculos cercanos que pueden afectar la medición de la velocidad del viento.

Una vez teniendo en cuenta los factores que a tomar en cuenta se procedio a tomar las medidas del la velocidad del viento producidos por los vehiculos en un punto de la autopista Barbula-Guacara



**Figura 23** Proceso de medición de la velocidad del viento producidos por le vehiculos que transitan por la autopista Barbula-Guacara

**Fuente:** Ayaro, I. (2023)

Una vez en el sitio se procedio a tomar las velocidades del viento cada vez que automovil cruzara a un costado del punto del lugar donde se estaban tomando las mediciones en total se hicieron 15 mediciones a diferentes tipos de automoviles que circulaban a velocidades distintas lo cual arrojaron los valores de la tabla 7

**Tabla 7** medidas obtenidas de la velocidad del viento

Numero de medición	velocidad del viento (m/s)
1	8
2	15
3	13
4	12
5	10
6	10
7	11
8	8
9	6
10	9
11	10
12	13
13	12
14	10
15	7

**Fuente:** Ayaro (2023)

Como se puede observar en la tabla 7 varia mucho el valor entre una medicion y otra esto se debe a la velocidad la cual pudo estar circulando el auto , la aereodinámica del auto, corrientes de aires propias del aviente que pudieron interferir en la medicion , el numeros de autos circulando en ese momento en la autopista

Gracias a este estudio de la velocidad del viento se concluyo que la velocidad del auto va influir directamente en la cantidad de viento produce , que mientras mas aeroednamico sea el auto menor sera la cantidad de viento que produzca y que la velocidad de viento promedio generado por los vehiculos de la autopista Brbula-Guacara es de 10,26 m/s

#### **4.2.2 Comparar las ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de aerogeneradores de eje vertical tomando en cuenta las especificaciones técnicas que debe de cumplir**

Para este análisis se tomo en cuenta a los dos tipos de rotores de eje vertical según el principio utilizado para capturar el flujo del viento que son el de arraste y el de sustentación, no se tomo en cuenta las diferentes variaciones que tienen como base a cualquiera de estos dos (02) modelos debido al gran parecido que tiene unas de otras y que presentan diferencias puntuales

**Cuadro 7** Analisis FODA del rotor de sustentacion y de arrastre

ANALISIS FODA				
Tipo de rotor	Fortalezas (Interna)	Oportunidades (Externa)	Debilidades (Interna)	Amenazas (Externa)
Rotor de sustentación	1. presentan una eficiencia mayor al rotor savonius	1. Aprovechamiento del viento a altas velocidades, por lo tanto, un alto rendimiento	1. su fabricación es más compleja que otros rotores de eje vertical 2. Necesita de un sistema de arranque para empezar a funcionar	1. Necesita flujo de viento constante, motivado a que el aire del ambiente no lo movería lo suficiente para generar energía.
Rotor de arrastre	2. Alto par de arranque no requiere de un sistema de arranque 3. Sencilles de fabricación	2. Aprovechamiento del viento a bajas velocidades, por lo tanto, alto rendimiento	3. tiene un menor rendimiento en comparación a él rotor darrius	2. Un flujo de viento a altas velocidades baja su rendimiento.

Fuente Ayaro I. (2023)

**Cuadro 8:** Matriz FODA de rotor de arrastre

INTERNAS \EXTERNA	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
FORTALEZAS	Al ser una turbina con un alto par de arranque, fácil de construir y que funciona con velocidades bajas de viento simplifica muchísimo su implementación y mantenimiento	Gracias a su sencillez de fabricación se podrían tener un número mayor de turbinas que, aunque de forma lenta suministrarían de manera continua electricidad a las baterías de las lámparas
DEBILIDADES	aunque tenga un rendimiento menor al darrieus este puede funcionar a velocidades de viento más bajas y de manera más eficiente aprovechando así los recursos eólicos propios del lugar sin depender de que existiera o no un alto flujo de vehículos	se ubicarían en tramos de la autopista en donde las velocidades de vientos sean las más ventajosas y se diseñaría tratando de aprovechar el máximo el recurso eólico

Fuente Ayaro, I. (2023)

**Cuadro 9:** Matriz FODA rotor de sustentacion

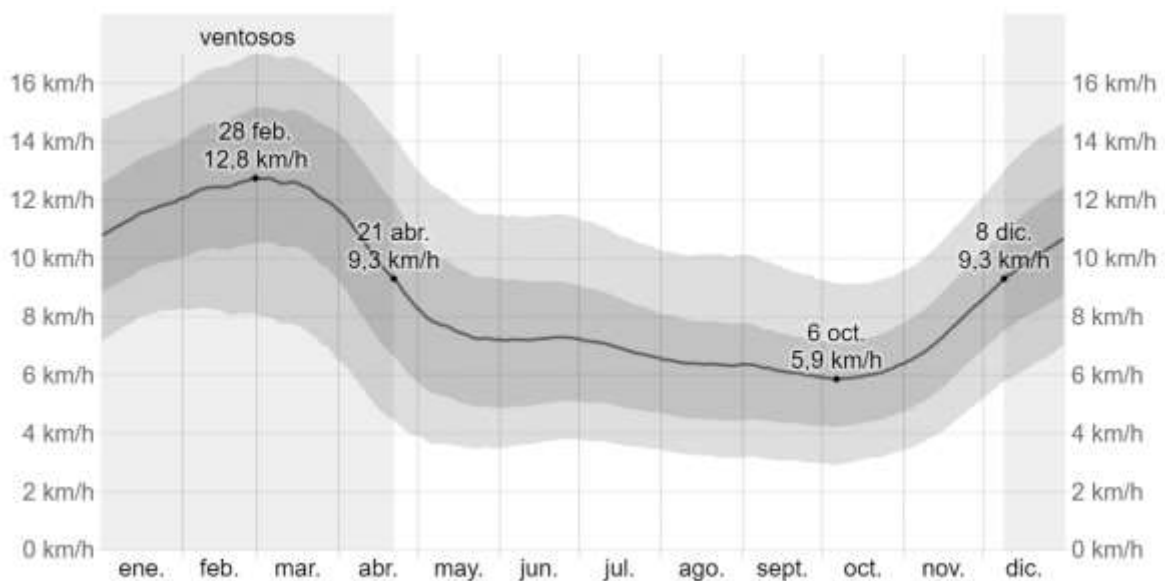
INTERNAS \EXTERNA	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
fortalezas	al tener un alto rendimiento y una eficiencia mayor a velocidades altas de viento, permitiría obtener la energía eléctrica necesaria para cargar la batería de forma más rápida	podría utilizarse las horas de alto flujo de vehículos donde la velocidad del viento es alta y constante para generar la energía eléctrica necesaria para luego almacenarse y disponer de el en la noche
debilidades	aunque su fabricación sea más compleja, costosa y requiera de un sistema de arranque al tener un mayor rendimiento el número de unidades a fabricar sería menor que otros modelos	se ubicarían los generadores en puntos estratégicos de la autopista para tratar de aprovechar el recurso eólico al máximo y se buscaría formas de optimizar el proceso de fabricación

Fuente Ayaro, I. (2023)

### 4.2.3 Evaluar las particularidades que pueda presentar el terreno en relación a la explotación de recursos eólicos

Para determinar el recurso eólico presente en la autopista Bárbula-Guacara se recurrió a la búsqueda de información referente a las mediciones de un año de las velocidades medias del viento, la temperatura y la humedad relativa, dichos datos se obtuvieron de dos Fuente: una de ellas es de las mediciones hechas en el aeropuerto internacional Arturo Michelena y la otra del proyecto del análisis retrospectivo de la era moderna para investigación y aplicaciones, versión 2 (MERRA-2) de la NASA dichos datos arrojaron las siguientes Gráficas.

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en la autopista Bárbula-Guacara tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año (ver Gráfica 1). La parte más ventosa del año dura 4,4 meses, del 8 de diciembre al 21 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 9,3 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en la autopista Bárbula-Guacara es febrero, con vientos a una velocidad promedio de 12,5 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año dura 7,6 meses, del 21 de abril al 8 de diciembre. El mes más calmado del año es octubre, con vientos a una velocidad promedio de 6,0 kilómetros por hora.

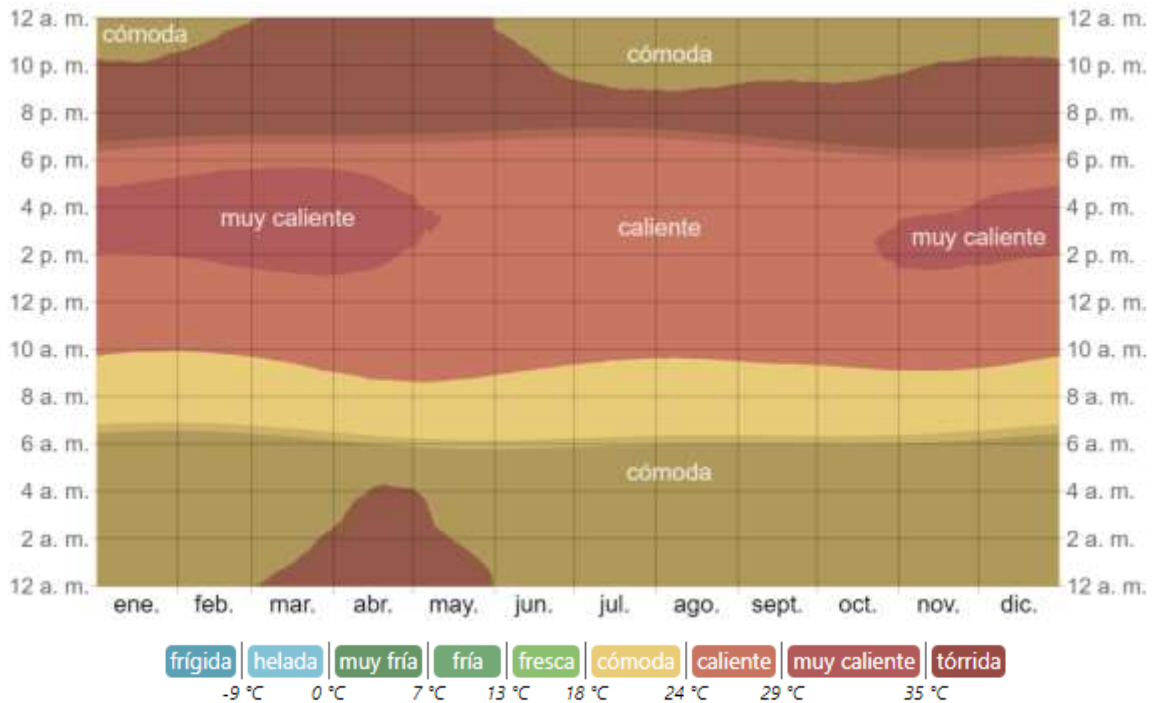


**Gráfica 1** velocidades promedio del viento por mes

**Fuente:** MERRA 2 (2023)

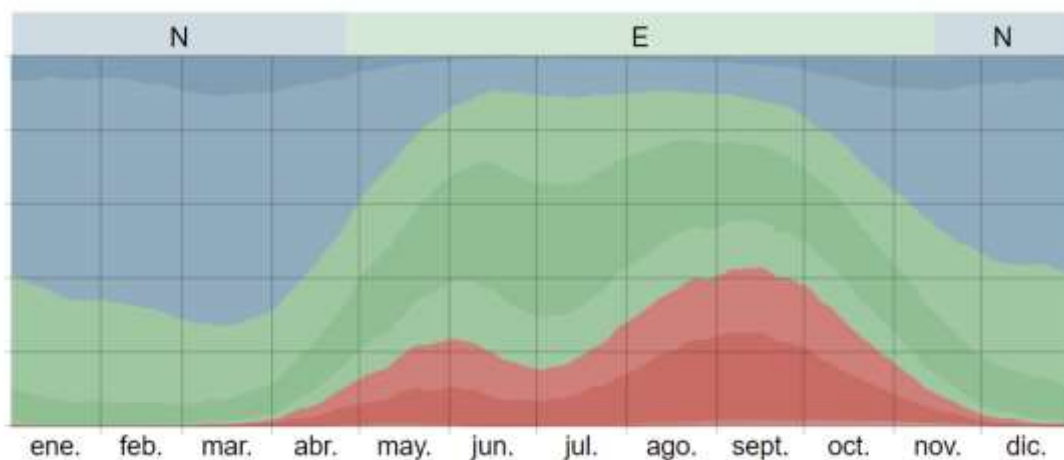
*Nota:* El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25° a 75° y 10° a 90°.

La Gráfica número 2 muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.



**Gráfica 2** mediciones promedio de la temperatura viento por mes  
Fuente: MERRA 2 (2023)

El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste). (ver Gráfica 3)



**Gráfica 3** mediciones promedio de la dirección del viento por mes  
Fuente: MERRA 2 (2023)

### 4.3 Fase III. Diseño de una turbina eólica que suministre energía eléctrica al sistema de iluminación vial

#### 4.3.1 Evaluar el diseño eficiente y práctico sea para la investigación

Una vez terminado la descripción de los diferentes tipos de rotores eólicos de eje vertical, se procedió a seleccionar el tipo de rotor más conveniente o el cual mejor se adapta las condiciones del lugar. Para ello se aplicó el método Vilchez

#### posibles propuestas de diseños a escoger

- Propuesta 1 rotor de arrastre (**A1**)
- Propuesta 2 rotor de sustentación (**A2**)
- Propuesta 3 rotor híbrido (**A3**)

#### Restricciones a las posibles rotores:

- **R1** arrancar por sí solo
- **R2** deber ser resistente a las fuerzas del viento
- **R3** sus aspas deben de tener 1.2 mts de giro máximo
- **R4** debe operar a velocidades de viento mínimas a de 2 m/s

Tomando en cuenta que A1, A2, A3 hacen referencia a la propuesta 1, propuesta 2 y la propuesta 3 se tienen cuatro restricciones posibles de las materias primas, en donde R1, R2, R3 y R4 hacen referencia a restricción 1, restricción 2, restricción 3 y restricción 4. Dicho esto, se crea la tabla 8 en donde se compara cada propuesta con cada restricción y, evaluando si cumple o no con esta, si cumple con la restricción se tendrá un “si” en su cuadro y, en caso contrario, se tendrá un “no”.

**Tabla 8** restricciones de los rotores

<b>Restricciones a los posibles rotores</b>			
	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>R1</b>	SI	NO	SI
<b>R2</b>	SI	SI	SI
<b>R3</b>	SI	SI	SI
<b>R4</b>	SI	NO	SI

Fuente Ayaro ,I. (2023)

Con referencia a lo que se observa a la tabla N°7. Se puede observar que el posible rotor que no cumple con la mayoría de las restricciones impuestas, es el rotor de sustentación. Quedando de manera siguiente los rotores eólicos de eje vertical siguientes a considerar:

- Propuesta 1 rotor de arrastre (**A1**)
- Propuesta 3 rotor híbrido (**A3**)

Seguidamente, para la selección del mejor rotor eólico se deben aplicar, ciertos criterios los cuales son:

- **C1** Su eficiencia eólica
- **C2** tener el mejor desempeño y funcionamiento en relación a su tamaño
- **C3** poder trabajar de manera optimas en condiciones de vientos variables
- **C4** ser resistente a diferentes condiciones adversas que se le puedan presentar
- **C5** su fabricación no debe de ser compleja ni costosa

Con la tabla 9, se busca conocer cuál de los criterios mencionados anteriormente tiene mayor ponderación y relevancia entre ellos para que, al momento de evaluar las elecciones con los criterios se pueda establecer un nivel de importancia entre ellos.

**Tabla 9** orden de importancia de los criterios

ponderación de los criterios	ORDEN DE IMPORTANCIA				
	p1	p2	p3	p4	p5
c1		4			
c2				2	
c3	5				
c4			3		
c5					1

Fuente Ayaro, I. (2023)

De la tabla 9 se tiene que el criterio más crítico y el que lleva mayor peso entre los cinco criterios es el criterio 3 ya que obtuvo una ponderación de 5 puntos, el criterio que le sigue es el criterio 1 con 4 puntos, el criterio 3 con 3 puntos, el 2 con 2 puntos y en último lugar, el criterio 5 con 1 puntos, con esto no se dice que los criterios 2 y 5 no tiene importancia y no se deben tomar en cuenta, sino que, al momento de tomar una decisión se debe plantear más con

el criterio 3, luego con el 1 y luego con el 3 así, se establece la jerarquía entre ellos, esta jerarquía está establecida sin comparar los criterios unos con los otros.

**Tabla 10** valoración de las propuestas

Criterios	Propuestas		Ponderación de los criterios	Resultado	
	A1	A3		RA1	RA3
C1	2	3	4	8	12
C2	3	1	2	6	2
C3	1	3	5	5	15
C4	3	2	3	9	6
C5	3	2	1	3	2
				31	37

Fuente Ayaro, I. (2023)

Con el ejercicio realizado y los criterios tomados en cuenta para su forma en concreto, se tiene como una única solución la opción relacionada al rotor híbrido es la capaz de satisfacer la mayor cantidad de criterios, esto gracias a tener el puntaje más alto entre las tres opciones disponibles, los resultados obtenidos basados a la operación utilizada se basan en las características y parámetros utilizados y necesarios para llevar a cabo la solución al problema planteado

#### 4.3.2 Calcular las dimensiones y materiales usados para el diseño de la turbina

- Para el diseño del aerogenerador se tomaron los siguientes criterios:
- El rotor no debe superar los 1.2 metros de diámetro motivado como va a ser instalado a un costado de la autopista no represente un peligro para los conductores
- El rotor tipo H tendrá condición de autoarranque gracias al par de arranque generado por el rotor Savonius que girará con una velocidad mínima de 2 m/s, velocidad que se muestra en la El rotor operará en un rango de velocidades de 2m/s a 15 m/s
- El material de construcción de los álabes deberá tener una baja densidad para que a bajas velocidades presente un par de torsión suficiente para arrancar el generador
- se realizarán los cálculos de las fuerzas involucradas en los alabes tanto del rotor tipo H como del savonius por separado

#### Selección de materiales para los álabes

Según los criterios mencionados al inicio del objetivo se realizó una lista con los posibles materiales para ser utilizados para la elaboración de los

- Aluminio

- Acero
- Acrílico de alto impacto
- Poliestireno de alto impacto
- fibra de vidrio

Se tomó en cuenta la disponibilidad en el comercio, la resistencia a la intemperie, el peso y la facilidad de construcción para la selección del mejor material de cada rotor.

Para los alabes del rotor savonius se decidió por usar lamina de acrílico CELL CAST (ver anexo H) de 5 mm de espesor debido a su relación resistencia peso, su gran resistencia a la corrosión y su superficie lisa que ayudará a mejorar su rendimiento; y para el rotor tipo H se optó por fibra de vidrio reforzado con resina epoxica (ver anexo I) debido a su versatilidad que nos brinda al momento de fabricar geometrías complejas.

### Cálculo de la potencia nominal para el rotor tipo H

Considerando las diversas pérdidas de energía presentes en el sistema (pérdidas del rotor, del generador y del multiplicador), se procede a determinar el rendimiento total o nominal.

Para el cálculo de la potencia nominal de diseño de la turbina, se selecciona un valor del rendimiento aerodinámico del sistema eólico con base en los valores típicos para este tipo de máquinas, como se indica en la Tabla 11

**Tabla 11** valores típicos de  $C_p$  para varios tipos de turbinas eólicas

Wind System	Efficiency, %	
	simple Construction	Optimum Design
Multibladed farm water pump	10	30
Sailwing water pump	10	25
Darrieus water pump	15	30
Savonius windcharger	10	20
Small prop-type windcharger (up to 2kW)	20	30
Medium prop-type windcharger (2 to 10 kW)	20	30
Large prop-type wind generator (over 10 kW)	---	30 to 45
Darrieus wind generator	15	35

Fuente: Orduz, O. (2023)

$$C_p = 0.35$$

El rendimiento global se puede determinar mediante la expresión (4.1)

$$\eta_{Global} = \eta_m * \eta_t * \eta_r * \eta_g * Cp \quad (4.1)$$

Donde

**Tabla 12** valores típicos para rendimientos

rendimiento global: $\eta_{Global}$	valor
Eficiencia mecánica: $\eta_m$	0,91
eficiencia de transmisión: $\eta_t$	0,92
eficiencia rodamientos: $\eta_r$	0,99
eficiencia generadora: $\eta_g$	0,9

Fuente Ayaro, I. (2023)

Reemplazando valores en (4.1) se obtiene:

$$\eta_{Global} = 0,91 * 0,92 * 0,99 * 0,9 * 0,35$$

$$\eta_{Global} = 0,26$$

Se desea que la potencia nominal que entregue la turbina eólica sea suficiente para suministrar energía a 2 lámparas de 80 w por lo que quedaría en:

$$P_{util} = 160w$$

Por lo tanto, se tiene que la potencia nominal es:

$$P_{nominal} = \frac{P_{util}}{\eta_{Global}} \quad (4.2)$$

Reemplazando en (4.2) se tiene:

$$P_{nominal} = \frac{160w}{0.26} = 612,84w$$

Con los valores de potencia de diseño y la velocidad nominal se definen a continuación los parámetros de la turbina.

### Dimensionamiento del rotor tipo H

Determinada la potencia de diseño y la velocidad nominal, se determina el tamaño y también se establecen los parámetros geométricos y de operación de la turbina. Se tiene que la potencia generada por un rotor eólico está dada por la ecuación:

$$P_{nominal} = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 \quad (4.3)$$

Donde:

P: Potencia nominal o generada por el rotor [W].

$\rho$ : Densidad del aire [ $Kg/m^3$ ].

A: Área barrida por el motor [ $m^2$ ].

v: Velocidad del viento [ $m/s$ ].

Con la potencia de diseño, la velocidad nominal y asumiendo el valor de la densidad como  $\rho 1.184 Kg/m^3$  para aire seco a la presión atmosférica estándar al nivel del mar a  $25^\circ C$ .

**Tabla 13** densidad del aire a presión atmosférica estándar

Temperatura ° Celsius	Temperatura ° Fahrenheit	Densidad, es decir, masa de aire seco $kg/m^3$	Contenido de agua máx. $kg/m^3$
-25	-13	1,423	
-20	-4	1,395	
-15	5	1,368	
-10	14	1,342	
-5	23	1,317	
0	32	1,292	0,005
5	41	1,269	0,007
10	50	1,247	0,009
15	59	1,225 <sup>4)</sup>	0,013
20	68	1,204	0,017
25	77	1,184	0,023
30	86	1,165	0,030
35	95	1,146	0,039
40	104	1,127	0,051

**Fuente** Asociación Danesa de la industria eólica (2004)

Despejando el área de barrido y reemplazando valores de la ecuación (4.3) en

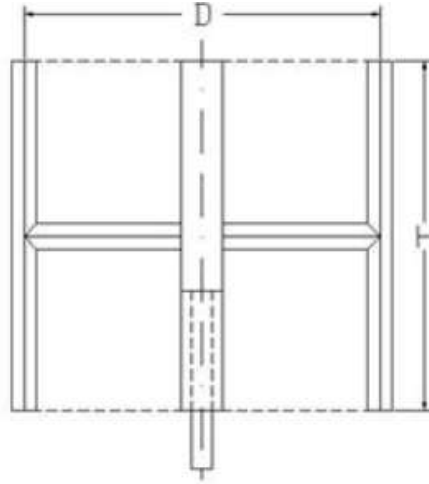
$$A = \frac{2P}{\rho * v^3}$$

$$A = \frac{2(612,84)}{1,184 * (10)^3} \quad A = 1,04 m^2$$

Cuando la turbina gira, describe un volumen denominado Volumen de barrido, que es simétrico con relación al eje de rotación; se denomina área barrida a la intersección entre este volumen y un plano cualquiera que contenga el eje del rotor. Para una turbina de álabe recto,

esta área comprende el diámetro total del rotor multiplicado por la longitud de álabe, la cual se define como

$$A = D * H \quad (4.4)$$



**Figura 24** rotor de eje vertical  
**Fuente:** Orduz, O. (2011)

La relación D/h se puede determinar, previo establecimiento de los parámetros de diseño y operación del rotor de la turbina.

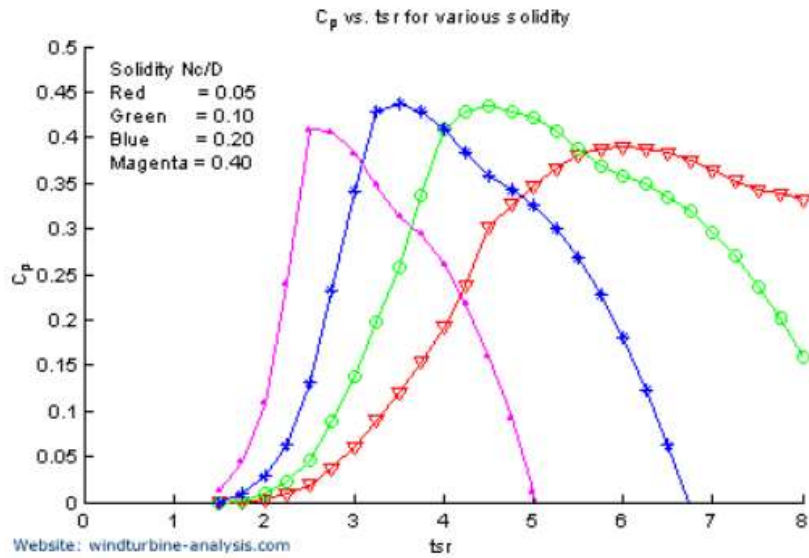
### **Parámetros de diseño de la turbina tipo H**

Los parámetros que en términos de comportamiento sustentan las principales características geométricas y aerodinámicas del rotor de la turbina, se seleccionan de acuerdo a la bibliografía e investigaciones desarrolladas para este tipo de máquinas.

### **Solidez como función de TSR.**

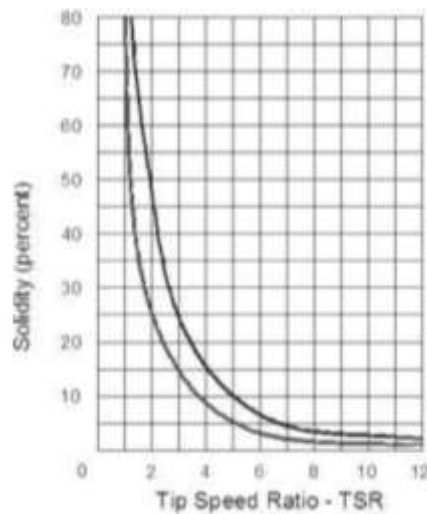
La solidez del rotor está íntimamente relacionada con el parámetro TSR, otorgando al rotor ciertas características aerodinámicas que luego determinarán el comportamiento real de la máquina eólica.

La Gráfica 4 muestra los resultados de un modelo analítico para diferentes valores de solidez. El aumento de la solidez ocasiona que el punto de máxima eficiencia aerodinámica ocurra a valores de TSR más bajos, brindando un mejor torque de arranque de la máquina a velocidades de viento más bajas. Se considera que el coeficiente de solidez debe encontrarse entre 0,20 – 0,4, puesto que para valores menores de solidez existe un mayor punto de descontrol, dificultando el arranque y desplazando el coeficiente de potencia hacia valores de TSR más elevados.



**Gráfica 4** Cp contra TSR para varios valores de solidez  
**Fuente:** Orduz, O. (2011)

La Gráfica 5 Relaciona directamente estos dos parámetros y permite establecer un valor de solidez. Se espera que el prototipo alcance su punto de máxima eficiencia a valores relativamente bajos de TSR.



**Gráfica 5** solidez del rotor como función de TSR  
**Fuente:** Orduz, O. (2011)

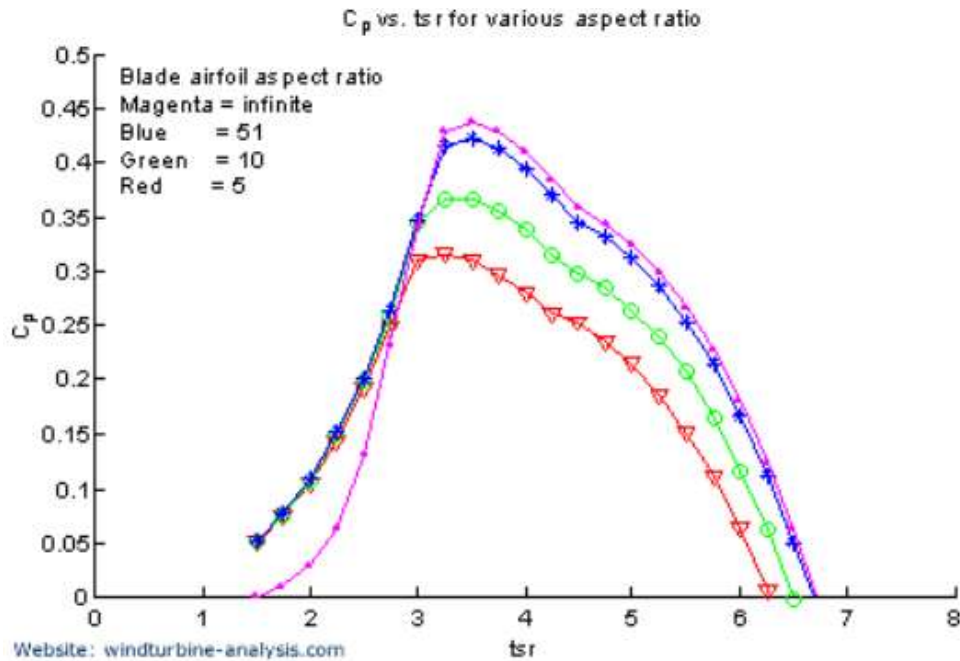
La relación de aspecto de álabe (BAR), es otro parámetro importante que define la relación entre la longitud del álabe (l) y la longitud de la cuerda (c), a valores más altos de esta relación, los efectos de flujo tridimensional sobre cada sección del perfil aerodinámico tienden a despreciarse. La Gráfica 6 muestra la influencia de éste sobre el rendimiento de la turbina.

$$BAR = \frac{l}{c} \quad (4.5)$$

Donde:

C: Cuerda del perfil [m].

L: Longitud de los álabes [m].



**Gráfica 6** Cp contra TSR para varios valores de relación de aspecto de alabe (BAR)

Fuente: Orduz, O. (2011)

El valor de relación de aspecto de álabes no tiene una influencia determinante sobre el rendimiento para valores entre 5 y 10, por tanto, se decide trabajar con un valor BAR=8, cercano al rendimiento teórico del rotor.

La solidez representa la relación de áreas entre la comprendida por los álabes del rotor, respecto del área total de barrido.

$$\sigma = \frac{N \cdot c \cdot L}{A} = \frac{N \cdot C}{D} \quad (4.6)$$

Donde:

$\sigma$ : Solidez [ ].

N: Número de álabes [ ].

c: Cuerda del perfil [m]

D: Diámetro del rotor [m]

L: Longitud de los álabes [m]

A: Área barrida total [ $m^2$ ].

Asumido un valor de 0,42 (TSR=3) para la solidez, BAR=8 y definiendo un número de tres álabes para el rotor, se determinan la longitud de la cuerda y por consiguiente el diámetro del rotor.

### Cálculo de la cuerda y el diámetro del rotor

Remplazando y despejando (4.5) en (4.6) para c, se tiene:

$$\sigma = \frac{N * C^2 * BAR}{A}$$

$$c = \sqrt{\frac{A * \sigma}{N * BAR}}$$

De donde se extrae el valor de la cuerda para cada álabe

$$c = \sqrt{\frac{1 * 0.42}{3 * 8}} = 0.135m$$

El diámetro del rotor, se determina de la segunda parte de (4.6), reemplazando valores se tiene:

$$D = \frac{N * C}{\sigma}$$

$$D = \frac{3 * 0.135}{0.42} = 0.96m$$

La altura del rotor se obtiene de (4.4)

$$H = \frac{A}{D}$$

$$H = \frac{1}{0.96}$$

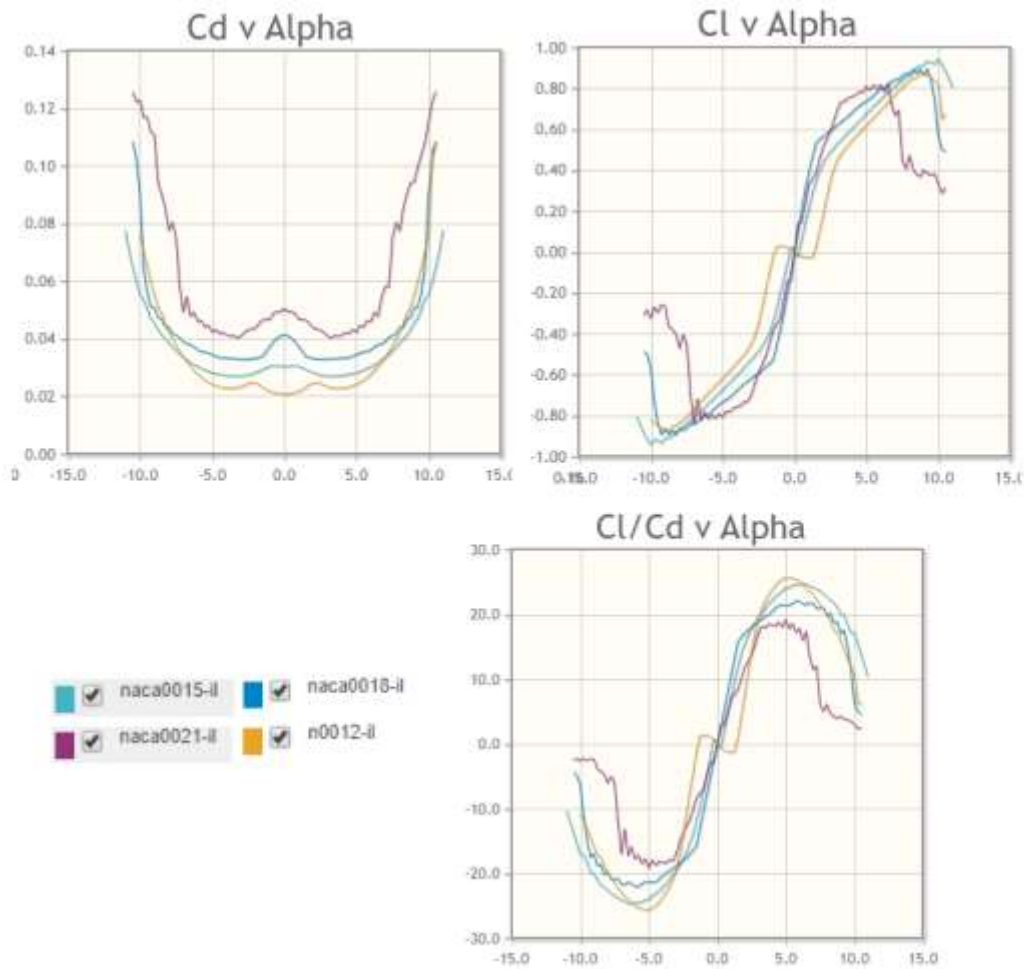
$$H = 1.08$$

### Selección del perfil aerodinámico

Con las dimensiones de radio y altura del rotor tipo H calculadas, se realizó la selección del perfil aerodinámico, se compararon varios perfiles aerodinámicos con ayuda del software libre AirfoilTools, el perfil NACA 0018, NACA 0012, NACA 0015 y NACA 0021 fueron analizados.

La Figura 25 muestran sus curvas de desempeño y su respectivo perfil geométrico. Considerando los perfiles y sus rendimientos se seleccionó el perfil NACA 0018 puesto que es

un perfil que presenta una alta relación entre el coeficiente de arrastre y de elevación en rangos bajos de ángulos de ataque, además de que su desempeño fue evaluado en un rotor Darrieus tipo H presentando un torque positivo para generar auto arranque, según Sengupta, A. R.

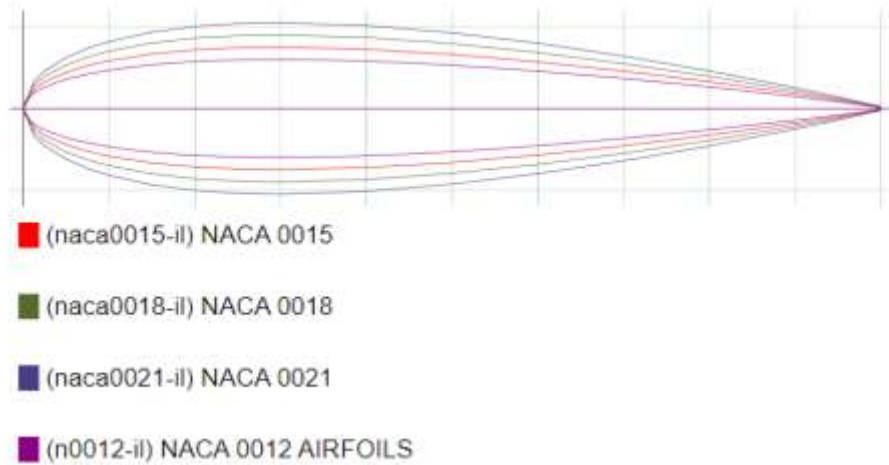


**Figura 25** curvas de rendimiento perfiles NACA,  $Re=5000$ .

**Fuente:** Adaptado “Airfoitools” (2023)

Se selecciona el perfil simétrico NACA 0018 ya que evidencia propiedades deseables para el prototipo, presentando una mayor relación de coeficientes de elevación – arrastre ( $Cl/Cd$ ) a menores ángulos de ataque, además de presentar también simetría en el cambio continuo del ángulo de ataque que se evidencia durante la rotación.

La geometría del perfil NACA 0018 se muestra en la **Figura 26**

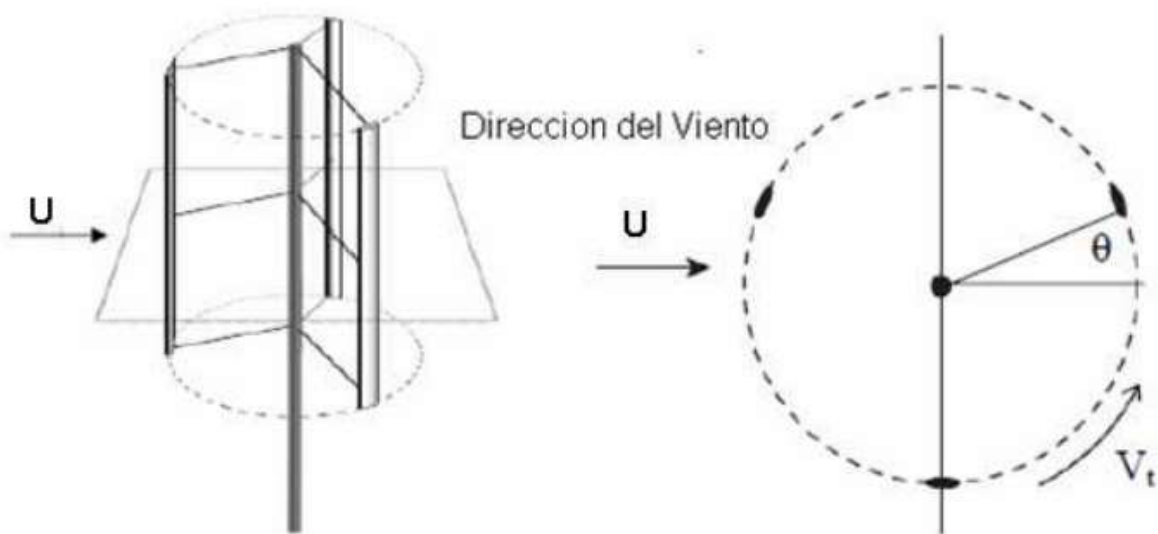


**Figura 26** geometría NACA  
**Fuente:** Adaptado “ (Airfoil Tools, 2023)”

En este punto se procede a implementar un modelo matemático que permita predecir el comportamiento mecánico del rotor de la turbina a determinadas condiciones de operación. Para describir el funcionamiento del rotor se procede a analizar la cinemática y cinética que experimenta cada álabe, comprendido a lo largo de una revolución.

Este modelo no tiene en cuenta los efectos de la estela generada por los mismos álabes de la turbina durante su operación, ni otros factores del patrón de flujo externo sobre los perfiles aerodinámicos, pero es una aproximación que permite visualizar y cuantificar las variables involucradas en el movimiento del rotor a unas condiciones determinadas.

Se puede asumir que el flujo tridimensional del aire actuando sobre el rotor es un fenómeno bidimensional, como se muestra en las Figuras 27



**Figura 27** funcionamiento de un rotor tipo H  
**Fuente:** Orduz, O. (2011)

Como se mencionó con antelación, el parámetro TSR de la expresión (4.7) representa la relación de velocidad específica, es decir, cuanto más rápido se mueve la punta del álabe en el rotor, comparando esta magnitud de velocidad con la correspondiente magnitud de velocidad del viento incidente

$$TSR = \frac{\omega R}{U} \quad (4.7)$$

Donde,

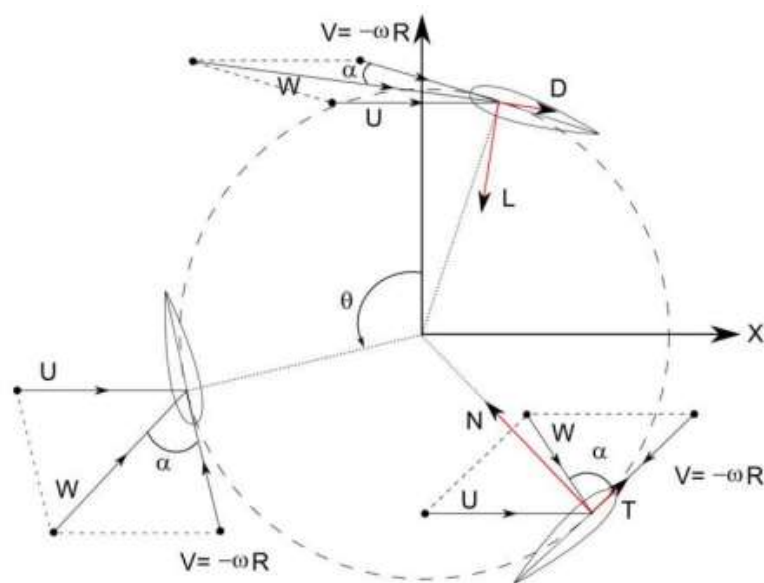
$\omega$ : velocidad angular de la turbina [rad/s]

R: radio de la turbina [m]

U: velocidad del viento [m/s]

El análisis del modelo empleado se realiza, como primera medida, con los valores de diseño de la turbina que se determinaron en la sección de “Parámetros de operación” y los resultados se presentan a medida que se deducen las expresiones.

- Relación de velocidad específica,  $TSR = 2$
- Velocidad de la corriente de viento  $U = 10$  [m/s]



**Figura 28** Esquema de fuerzas y velocidades actuando en rotor tipo H

**Fuente:** Orduz, O. (2011)

Dado que la turbina está girando sobre su eje central, la velocidad del viento que experimentan los álabes no es igual a la velocidad del viento incidente, el ángulo de ataque que experimenta un álabe de la turbina está cambiando continuamente a lo largo de las de los 360° de recorrido por revolución. (ver Figura 28)

$$W = v + \omega \times R \quad (4.8)$$

Donde,

W: Velocidad que experimentada el álabe [m/s].

v: Velocidad del viento [m/s]

$\omega \times R$  : Velocidad relativa debida a la rotación del rotor [m/s]

De la figura 27 y la expresión (4.8), se tienen que las magnitudes de los vectores serán:

$$V_c = v \cos \theta + \omega \times R$$

$$V_n = v \sin \theta$$

$$W = \sqrt{V_c^2 + V_n^2} = \sqrt{(v \cos \theta + \omega \times R)^2 + (v \sin \theta)^2} \quad (4.9)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{V_n}{V_c} = \tan^{-1} \frac{v \sin \theta}{v \cos \theta + \omega \times R} \quad (4.10)$$

Donde,

W: Velocidad que experimentada el álabe [m/s].

v: Velocidad del viento [m/s]

$\omega \times R$ : Velocidad relativa debida a la rotación del rotor [m/s]

$V_c$ : Vector Tangencial

$V_n$ : Vector Normal

$\alpha$  : Ángulo de ataque

$\theta$  : Ángulo de rotación del rotor

La magnitud de los cambios de velocidad relativa del viento, en cada álabe a lo largo de la rotación permite estimar el número de Reynolds local. Que viene dado por la expresión:

$$Re = \frac{Wc}{\delta} \quad (4.10)$$

Donde

Re: número de REYNOLDS

W: Velocidad que experimentada el álabe [m/s].

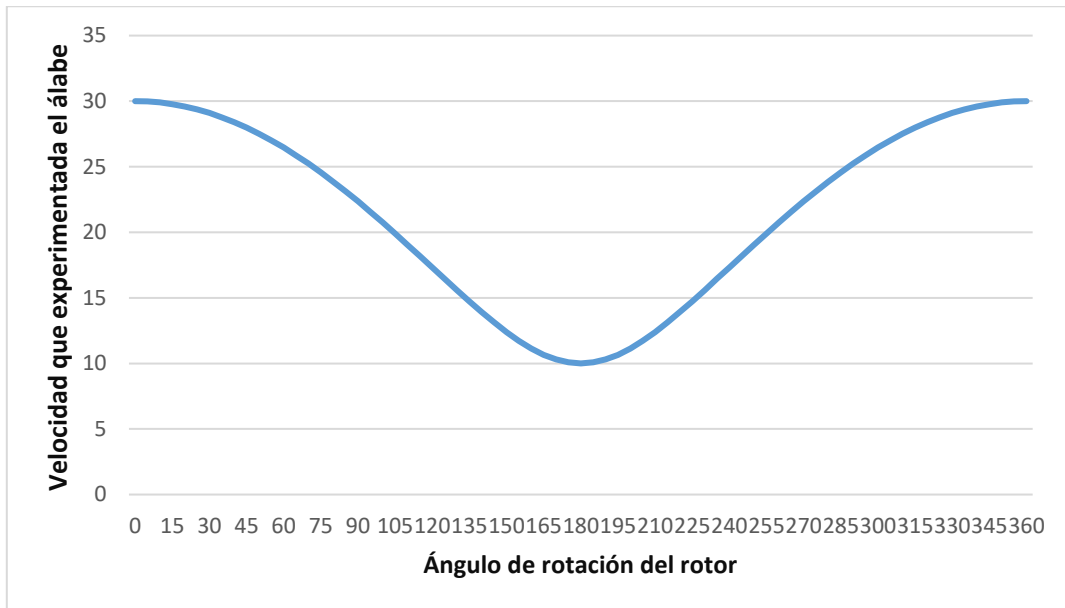
c: Cuerda del perfil [m]

$\delta$  : Viscosidad del aire 1.60E-05

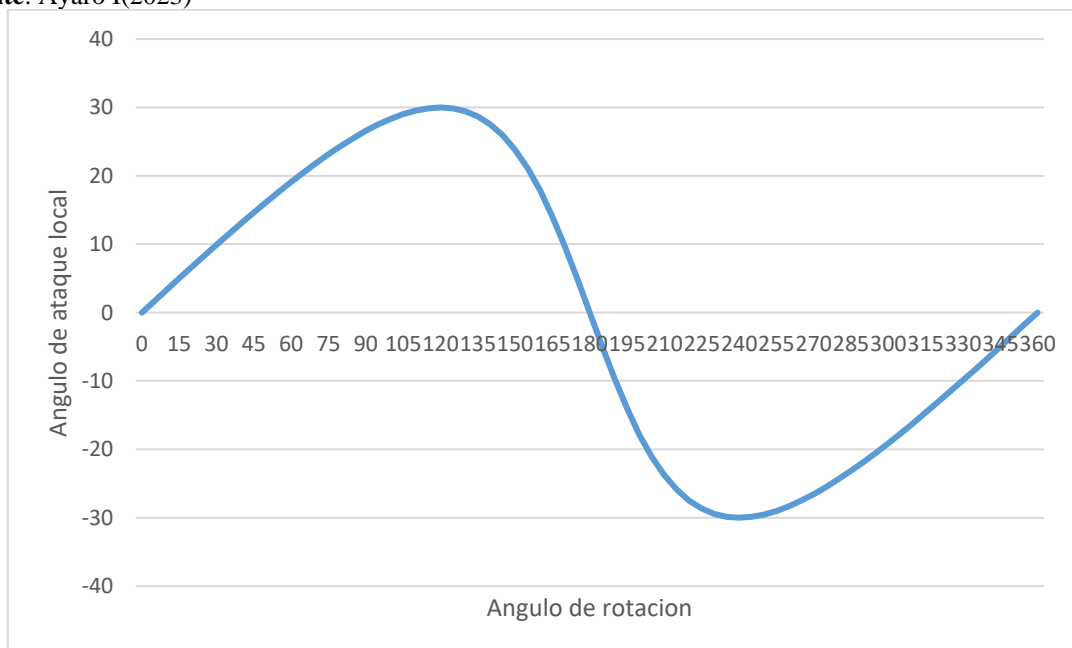
Calculando los valores para cada posición de recorrido angular (0-2 ) con intervalos de 5° ( /36) se obtienen las gráficas de variación en la magnitud de la velocidad local y su correspondiente de ataque. Gráficas 8 y 9.

El número de Reynolds promedio calculado, se emplea para determinar los coeficientes de elevación y arrastre (Cl, Cd) para cada valor de magnitud de velocidad local durante el recorrido angular. El valor promedio resulta:

$$Re \text{ promedio} = 1.82E + 0$$

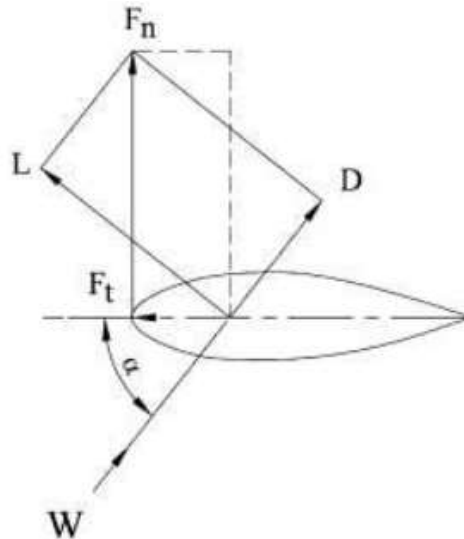


**Gráfica 7.** Variación de la magnitud de velocidad local vs ángulo de rotación (Re 182000).  
Fuente: Ayaro I(2023)



**Gráfica 8** Variación del ángulo de ataque local vs ángulo de rotación (Re-182000).  
Fuente: Ayaro I(2023)

Mediante un proceso iterativo y usando las tablas de coeficientes para el perfil seleccionado (NACA 0018),(ver anexo M )se determinan  $C_l$  y  $C_d$  con el objetivo de determinar las fuerzas actuantes en el perfil en cada posición de la rotación.



**Figura 29** Diagrama de fuerzas sobre el perfil aerodinámico  
Fuente: Orduz, O. (2011)

Los coeficientes  $C_l$  y  $C_d$ , se pueden proyectar en los ejes tangencial y normal, mediante las expresiones. Figura 28:

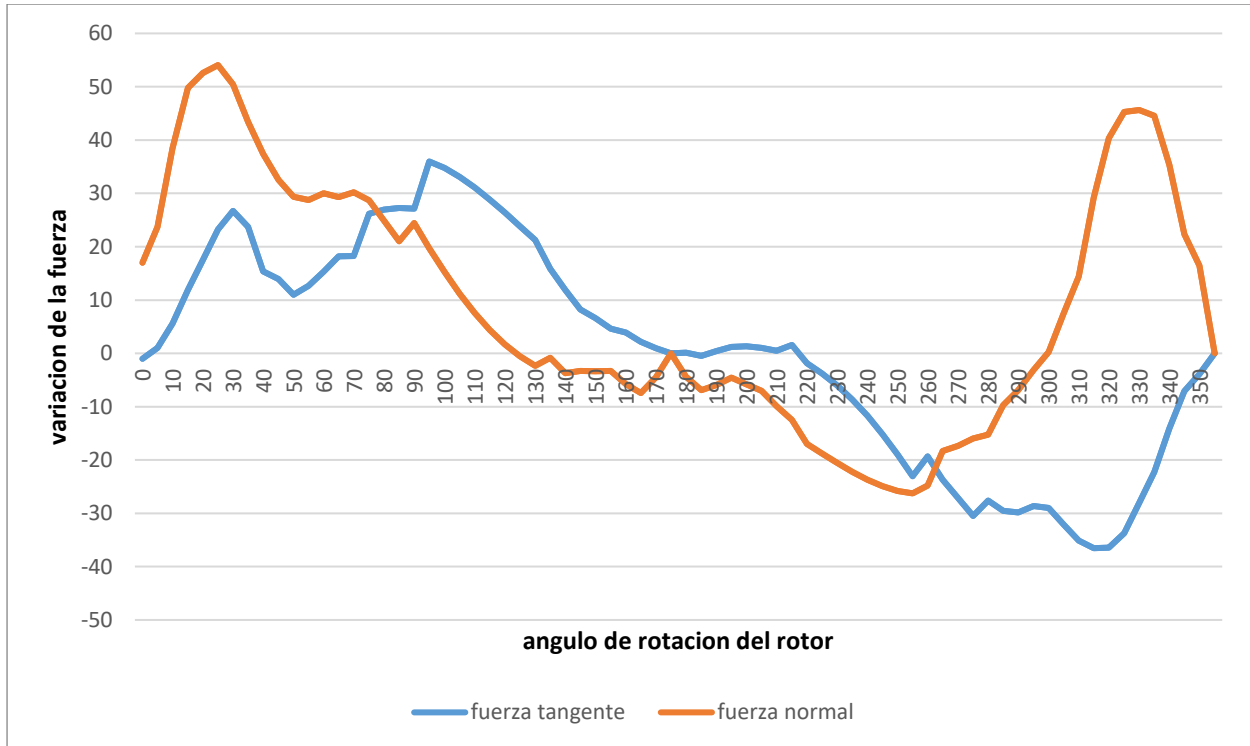
$$C_n = C_l \cos \alpha + C_d \sin \alpha \quad (4.11)$$

$$C_t = C_l \sin \alpha - C_d \cos \alpha \quad (4.12)$$

Se pueden hallar las expresiones que definen las cargas normales ( $C_n$ ) y tangencial ( $C_t$ ). La componente de carga normal es la que soporta el brazo soporte a tensión durante el recorrido y la fuerza tangencial es la causante del torque neto en el eje de la turbina. (Gráfica 9)

$$F_t = \frac{1}{2} C_t \rho c H W^2 \quad (4.13)$$

$$F_n = \frac{1}{2} C_n \rho c H W^2 \quad (4.13)$$



**Gráfica 9.** Variación de las cargas normal y tangencial vs ángulo de rotación (TSR=3, 315 rpm,  $v=10\text{m/s}$ ).

**Fuente:** Ayaro, I. (2023)

Como las fuerzas tangencial y normal representadas por la gráfica 9 e calculan para cada posición angular, se consideran funciones del ángulo de recorrido o acimutal ( $\theta$ ). La fuerza tangencial promedio sobre un álabe se puede calcular como:

$$F_{ta} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F_t \theta d\theta \quad (4.12)$$

El torque total, para el número de álabes se obtiene mediante:

$$T = NF_{ta}R \quad (4.13)$$

Donde

N: número de álabes

F<sub>ta</sub>: fuerza tangencial generada

R: radio de la turbina [m]

El valor de la fuerza tangencial total calculado es:

$$F_{ta} = 2,4535 \text{ N}$$

Remplazando en (4.13), se tiene un torque teórico a las condiciones de diseño de:

$$T = 3 \times 2,45 \times 0,48 = 3,528 \text{ Nm}$$

## Cálculos para el generador savonius

Debido a que el generador savonius funcionara como sistemas de arranque nos enfocaremos en su torque de arranque a velocidades de viento bajas 2m/s y la fuerza de arrastre que produce a velocidades de operación de 2 a 15 m/s , y para el cálculo de las dimensiones se tomó como referencia las anteriormente realizadas para el generador tipo H

**Tabla 14** relaciones geométricas rotor savonius

Relaciones Geométricas	Fuente
$\frac{H}{D} = 1.5$	Wind tunnel performance data for two - and three - bucket Savonius rotors. (Sandia National Laboratories)[39].
$\frac{S}{d} = 0.15$	Wind tunnel performance data for two - and three - bucket Savonius rotors. (Sandia National Laboratorio)[39].
$TSR = (0.8 - 1)$	A review on the performance of Savonius wind turbines. (J. Vicente, H. Antonio, A. Prisco)[40].
$C_p = 0.22$	Review of Savonius wind turbine design and performance. (M. Zemamou, M. Aggour, A. Toumi)[9].

**Fuente:** Adaptado “Airfoitools” (2018)

Según los estudios del Dr. X. Liang , se concluye que la relación más eficiente entre los radios de un aerogenerador Savonius y un Tipo es la siguiente:

$$R_{savonius} / R_{Darrieus} = \frac{1}{3}$$

Por lo que las dimensiones del rotor serian

$$R_{savonius} = R_{tipo H} \times \frac{1}{3}$$

$$R_{savonius} = 0.5 \times \frac{1}{3} = 0.1666 \text{ m}$$

$$\frac{H}{D} = 1.5 \rightarrow H = D * 1.5$$

$$H = (0.16666 \times 2) \times 1.5 = 0.5 \text{ m}$$

Y el área será igual a

$$A = D * H$$

$$A = 0.333 \times 0.5 = 0.165 \text{ m}^2$$

Si los semicilindros tienen un diámetro  $d$  se tiene:

$$A = H(2d - e) \quad (4.14)$$

Suponiendo un valor  $e$  igual a 0.03 m se tiene que

$$d = \frac{\frac{A}{H} + e}{2}$$

$$d = \frac{\frac{0.165}{0.5} + 0.03}{2} = 0,18 \text{ m}$$

### Cálculos de las fuerzas de arrastre

Con estos datos se puede calcular fácilmente la fuerza de arrastre, resultante de la diferencia de las fuerzas de arrastre correspondientes a los dos flancos, así como el par motor neto del aparato. Hay que utilizar la velocidad  $(v + u)$  en la pala que está, en un momento determinado, en la parte en que sopla el viento presentando al mismo su parte cóncava (intradós) y  $(v - u)$  en la parte convexa (extradós).

$$F_{arr} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \{(v + u)^2 - 0.2(v - u)^2\} \quad (4.15)$$

$$P_{util} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \{(v + u)^2 - 0.2(v - u)^2\} \times u \quad (4.16)$$

Donde

$v$ : Velocidad del viento [m/s]

$A$ : Área barrida total [ $\text{m}^2$ ].

$P$ : Potencia nominal o generada por el rotor [W].

$\rho$ : Densidad del aire [ $\text{Kg}/\text{m}^3$ ].

$u$ : velocidad angular

Tomando en cuenta que la potencia alcanza un valor máximo para velocidades  $u$  próximas a  $v/6$  Por lo que se sustituye en la ecuación y queda

$$F_{arr} = \frac{1}{2} \times 1.184 \times 0.5 \left\{ \left(2 + \frac{2}{6}\right)^2 - 0.2 \left(2 - \frac{2}{6}\right)^2 \right\} = 1.4471 \text{ N}$$

$$P_{util} = \frac{1}{2} \times 1.184 \times 0.5 \left\{ (2 + \frac{2}{6})^2 - 0.2(2 - \frac{2}{6})^2 \right\} \frac{2}{6} = 0.4823 \text{ W}$$

La velocidad angular quedaría de la forma

$$u = \frac{R\omega}{2} \quad (4.17)$$

Despejando y sustituyendo los valores de la ecuación nos queda

$$\omega = \frac{2 \times 0.33}{0.166} = 3.9759 \text{ rad/s}$$

Ya teniendo la velocidad de rotación podemos calcular el torque producido por la turbina mediante la ecuación

$$T = \frac{P_{util}}{\omega} \quad (4.18)$$

Que es igual a

$$T = \frac{0.4823}{3.9759} = 0.12 \text{ Nm}$$

Ya teniendo la fuerza y el torque generado a velocidades de arranque se procede a calcular las fuerzas a velocidades de funcionamiento de operación 10 m/s

Primero se calcula la velocidad periférica  $u$  a velocidades de rotación de 41,6 rad/s que fue la velocidad obtenida por el rotor tipo h

$$u = \frac{R\omega}{2}$$

$$u = \frac{0.1666 \times 41,6}{2} = 3.4652 \text{ m/s}$$

Las fuerzas de sustentación y de arrastre aparecen por efecto Magnus; el rotor frena al viento por una parte (sotavento), mientras lo acelera por la contraria (barlovento).

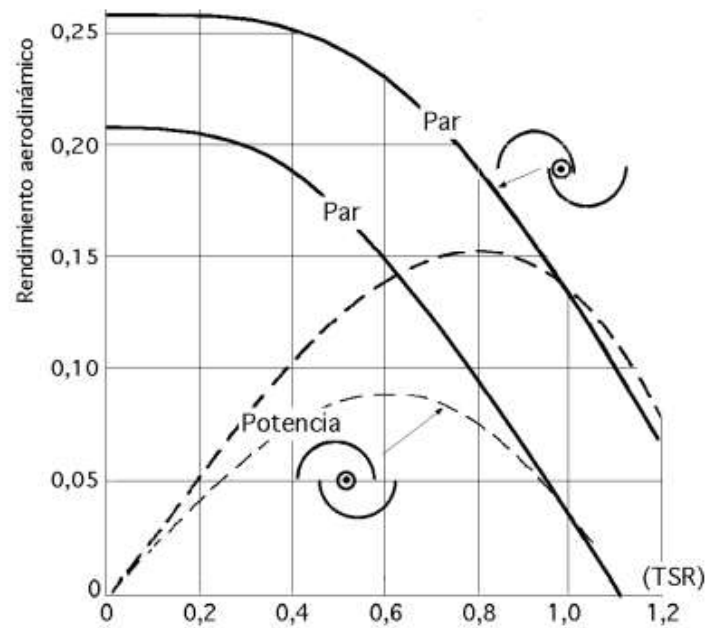
La fuerza ascensional empuja lateralmente al rotor mientras que la fuerza de arrastre lo empuja hacia abajo.

Estas fuerzas se pueden expresar en la forma:

$$F_{asc} = 1.08 C_Y \rho A v^2$$

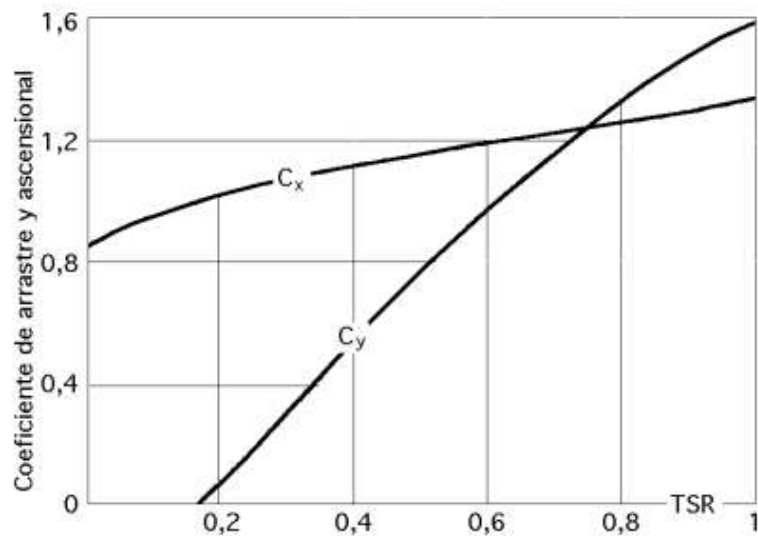
$$F_{arr} = 1.08 C_X \rho A v^2$$

obteniéndose los coeficientes  $C_x$  y  $C_y$  a partir de la Fig IV.15, en función del TSR



**Gráfica 10** rendimiento del rotor Savonius

**Fuente:** Adaptado “Airfoitools” (2018)



**Gráfica 11** Coeficientes del rotor Savonius

**Fuente:** Adaptado “Airfoitools” (2018)

El TSR para estas condiciones de trabajo se calcula mediante

$$TSR = \frac{R\omega}{v}$$

$$TSR = \frac{0.1666 \times 41.6}{10} = 0.6$$

Para un TSR = 0,6 se obtiene un  $c_y$  de 1 y  $c_x$  1.2 por lo que suponiendo una velocidad del viento de 10 m/seg se tiene

$$F_{asc} = 1.08 \times 1 \times 1.25 \times 0.5 \times (10)^2 = 67.5 \text{ N}$$

$$F_{arr} = 1.08 \times 1.2 \times 1.25 \times 0.5 \times (10)^2 = 64.78 \text{ N}$$

$$F_{total} = \sqrt{F_{asc}^2 + F_{arr}^2} = \sqrt{67.5^2 + 64.78^2} = 93.5 \text{ N}$$

## **Material para la construcción de los alabes de la turbina Savonius y tipo H**

### **Eje**

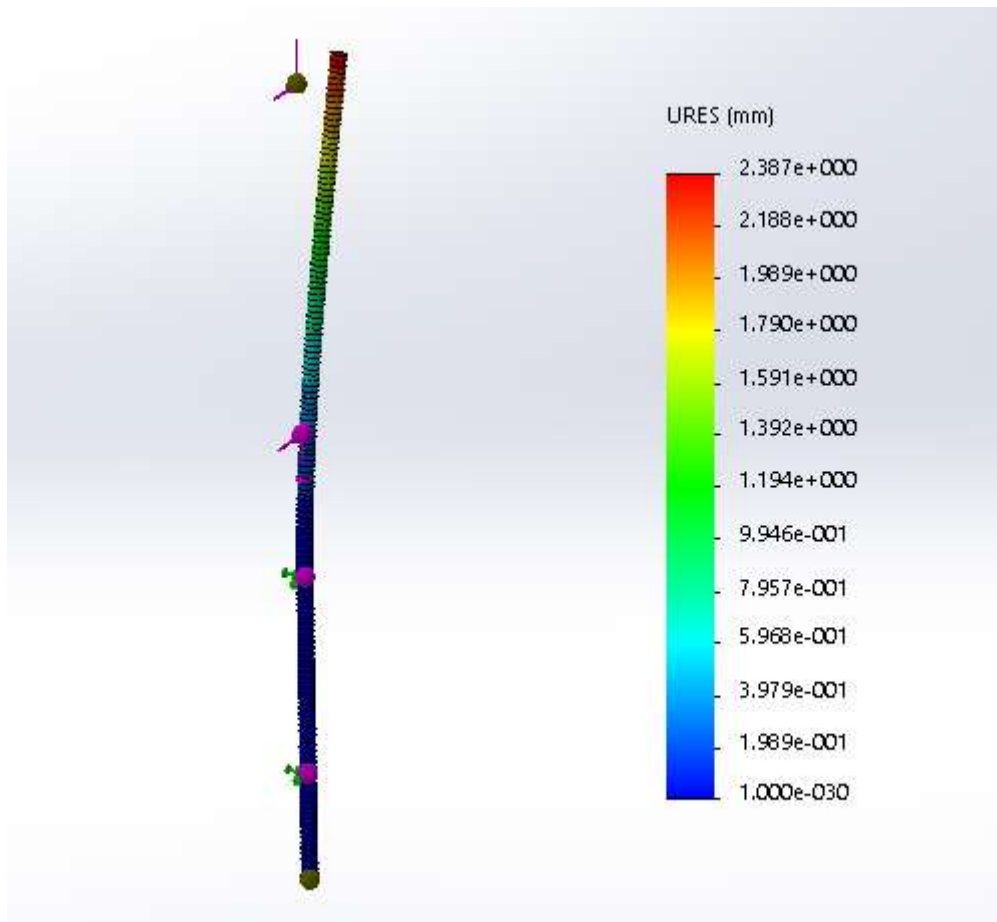
El eje soportará las cargas transmitidas directamente por el conjunto de álabes y brazos, estas cargas incluyen efectos de flexión con carga dinámica, puesto que la rotación y la distribución de carga en los brazos fluctúan constantemente en cada revolución y depende de la velocidad angular de rotación.

Es conveniente que las cargas aerodinámicas transmitidas desde los brazos al eje, estén soportadas en dos puntos y que el eje este apoyado en la estructura en un punto, de manera similar a una viga empotrada en voladizo. Además, se

Con el objeto de disminuir la inercia total del rotor en el arranque de la turbina y no someter el eje a efectos de carga combinada por flexión dinámica y torsión se decide implementar en el diseño el mecanismo de eje estacionario

Estará fabricada con una barra calibrada de 30 mm de diámetro de acero AISI 1020

Debido a esto se requirió analizar estáticamente este componente y de esta manera validar el diseño propuesto, analizando su deformación por medio del software SOLIDWORKS. En la figura 30 puede verse la deformación que presenta.



**Figura 30** estudio de deformación en el eje

**Fuente:** Ayaro, I. (2023)

### **Brazos**

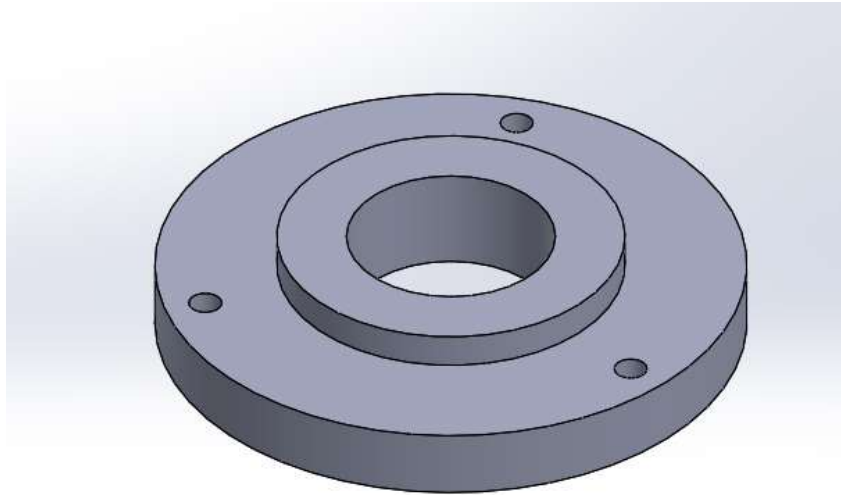
En vientos fuertes, los brazos de la turbina pueden verse sometidos a cargas combinadas complejas, tales como: axial, de flexión, cortante y fatiga, todas actuando al mismo tiempo. Con el fin de reducir los costos y el peso mientras que se maximiza su resistencia, se propone utilizar platina comercial de aluminio de 3/4" x 3/16".

Adicionalmente, la cara de este perfil enfrentada a la corriente de viento, ofrece poca resistencia de arrastre, en un intento de disminuir pérdidas aerodinámicas. Los brazos están conectados al eje por medio de discos en aluminio, los que a su vez alojan rodamientos que van sujetos al eje, uno en el extremo superior y otro en la parte inferior

El anclaje de los brazos a los discos de aluminio se hace mediante tornillos 3/16" Ø x 1/2" de acero ASTM-A36

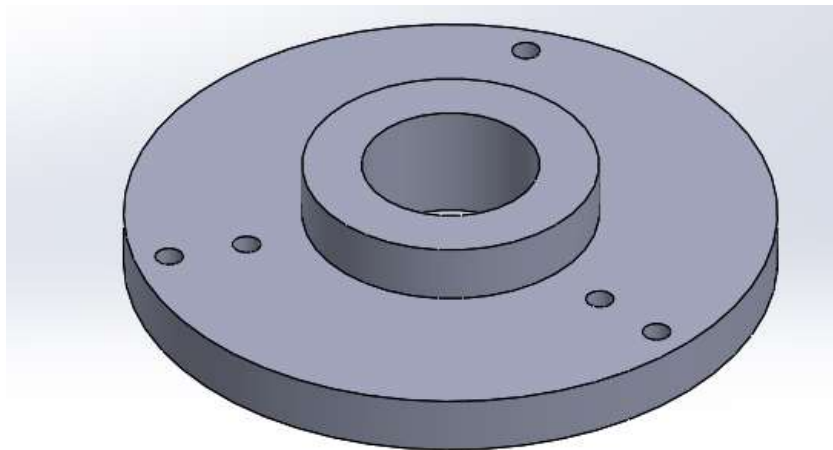
### Discos de Soporte

Los discos de sujeción al eje serán fabricados en aluminio ya que su bajo peso supone una disminución del momento de inercia al arranque de la turbina y a la vez, sus características de resistencia a la corrosión y su fácil maquinado brindan ventajas adicionales comparado con otro material comercial como el acero



**Figura 31** disco de soporte de la turbina Savonius

**Fuente:** Ayaro, I. (2023)



**Figura 32** disco de soporte de la turbina de los brazos del alabe tipo H

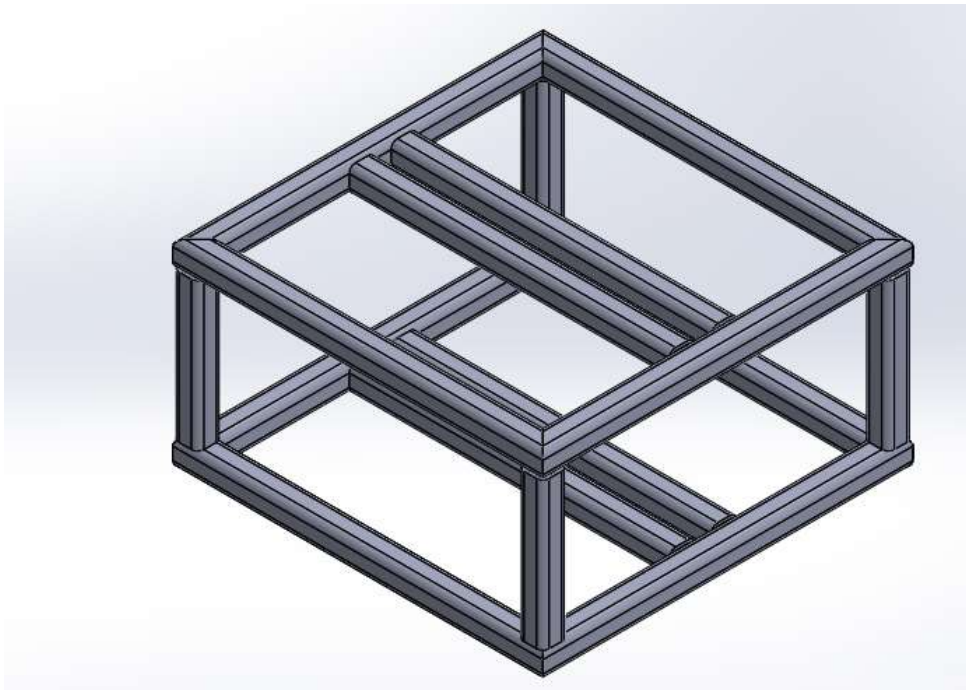
**Fuente:** Ayaro, I. (2023)

### **Soporte de la turbina**

Al finalizar el proceso de diseño de los dos rotores y el eje, se diseñó la estructura que se encargará de mantener el rotor fijo en posición vertical pivotando entre dos rodamientos. La estructura deberá cumplir con dos funciones:

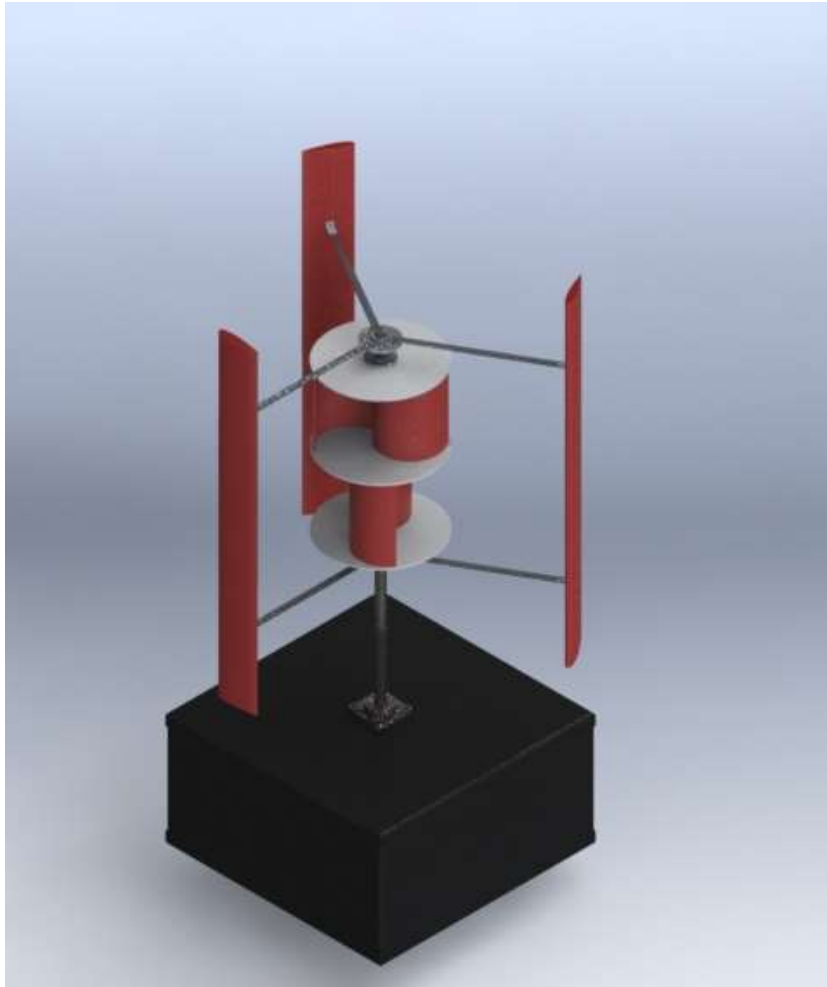
- Mantener el rotor en posición vertical en todo momento, sin importar las fuerzas que se presenten sobre el rotor.
- Cumplir la función de caja protectora para ubicar los componentes electrónicos del sistema como el generador, batería, controlador e inversor.

La geometría planteada para la estructura fue la de una jaula cuadrada utilizando un perfil tubular de 50x50 mm calibre 16 y será cubierta con una lámina de acero de 1.5 mm de espesor con una capa de pintura en esmalte para protegerla de los efectos del medio ambiente



**Figura: 33** Soporte metálico de la turbina híbrida

**Fuente:** Ayaro, I. (2023)



**Figura 34** estructura de la turbina hibrida de eje vertical

**Fuente:** Ayaro, I. (2023)

### **Sistema de almacenamiento y conversión a energía eléctrica**

#### **Generador Eléctrico**

Para este proyecto se optó por usar un generador de imanes permanentes de CA (Dinamo) para generador de turbina de viento vertical, Un generador de imanes permanentes se utiliza en una turbina de eje vertical para generar energía eléctrica a partir de la energía mecánica generada por la rotación de las aspas de la turbina. Los imanes permanentes que se utilizan en el generador producen un campo magnético constante y fuerte, lo que permite una mayor eficiencia en la conversión de la energía mecánica en energía eléctrica.

Además, los generadores de imanes permanentes son más eficientes que los generadores convencionales debido a que no requieren una fuente de energía externa para producir el campo magnético, lo que reduce las pérdidas de energía y aumenta la eficiencia global del sistema.

Para el sistema propuesto se seleccionó un dinamo del modelo: G200S24V MarsRock el cual cumple los requisitos de carga/amperaje y también costo-peso. Para ver especificaciones completas ir al anexo A.

### **sistema de almacenamiento eléctrico**

En este proyecto, se puede observar que la mayor cantidad de energía que se va a consumir será durante la noche. Esto se debe a que en ese momento es necesario proporcionar luz en los postes de alumbrado público. Por lo tanto, se requerirá de un banco de baterías para almacenar la energía generada por el viento. Esto es necesario porque los horarios de producción de energía no coinciden con los horarios de consumo.

En el caso de la generación eólica, se utilizan baterías de ciclo profundo. Estas baterías también se utilizan con frecuencia en aplicaciones fotovoltaicas debido a que se ajustan bien a cualquier corriente de carga y no son muy costosas.

Para el sistema propuesto se seleccionó un acumulador de carga de marca: RED TOP RTS21 el cual cumple los requisitos de carga/amperaje y también costo-peso. Para ver especificaciones completas ir al anexo C.

### **Reguladores de Carga.**

En este caso, al tratarse de una instalación pequeña se utilizarán unos reguladores que sean bastantes sencillos que sean funcionales y además el precio no sea muy elevado.

Para la realización del proyecto se seleccionó un regulador de carga PWM EPsolar el cual cumple con los requisitos de voltaje/amperaje y costo-montaje. Para ver el siguiente controlador de carga ver catálogo en el anexo B.

### **Rectificadores**

La función de este dispositivo es convertir la corriente alterna que viene del generador eléctrico a corriente continua para que esta pueda ser almacenada en la batería. Los más utilizados en estos casos son los contruidos mediante diodos y tríodos.

Se escogió un rectificador de diodo SGL34-60 el cual sus especificaciones se encuentran en el catálogo del anexo D El cual cumple con todos los requisitos de nuestro diseño.

### **Inversores**

Tienen como tarea adaptar las características de la corriente generada a la demandada. Las características de este proyecto son que las baterías trabajan en corriente continua y la demanda energética del alumbrado en corriente alterna. Por tanto, será necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en corriente alterna. En el caso de este

proyecto se adoptará también por equipos sencillos y que estén diseñados para aplicaciones de autogeneración.

En este caso el inversor de carga escogido es, RBP-3500S-LED el cual se ajusta al diseño del aerogenerador. Para ver especificaciones, ver catalogo en el anexo E

#### **Variadores de frecuencia:**

Este componente realiza el trabajo de pasar de una corriente que tenía una frecuencia variable a convertirla a corriente que tenga una frecuencia constante. Nuestro generador eléctrico, debido a que el viento es variable se consigue corriente con frecuencia variable, que habrá que convertirla en constante, e igual a las bombillas LED que se usen. Así de esta forma, los variadores de frecuencia tienen integrado un rectificador, normalmente de diodos o tríodos, para la conversión de esta corriente alterna de frecuencia variable en corriente continua. a continuación, la corriente continua que es la que se almacena en las baterías, se convertirá mediante un inversor, también integrado dentro del propio variador, en corriente alterna de frecuencia constante con el valor necesario para su utilización.

Se utilizó un inversor de frecuencia BOSCH de tipo EFC3610-OK45-3P4 el cual cumple con todos los requisitos necesarios para el funcionamiento óptimo del dispositivo. Para ver sus especificaciones ir a al anexo F.

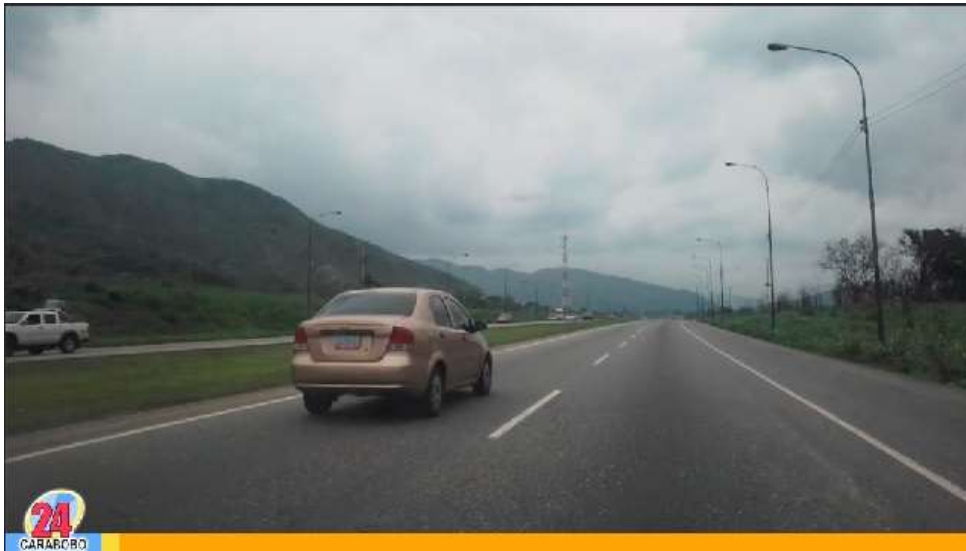
#### **4.3.3 Ubicación correcta de la turbina y a que distancia de colocación del generador eólico en relación a la autopista**

Para evaluar el lugar idóneo para la instalación de las turbinas se tomaron en cuentas varios factores

- Que la turbina no represente un peligro a la los vehículos y los conductores que circulen por la autopista
- Que aproveche la mayor energía eólica posible
- Que tenga el suficiente espacio para el correcto funcionamiento de la turbina y la instalación del banco de baterías

Dicho esto, se evaluó diferentes puntos de la autopista Bárbula-Guacara que cumplan con los requisitos anteriormente descritos, cabe resaltar que a lo largo del tramo de la autopista cuenta con diferentes tipos de arreglo tanto de posición de postes de alumbrado como de separador de vías, así como terrenos aledaños lo que provocara que la disposición de las turbinas y la distancia entre ellas no sea la misma durante todo el trayecto

En relación con lo anterior se escogió que el lugar idóneo para la instalación de las turbinas sea en la mediana de la autopista siempre y cuando tuviera un ancho mínimo de 4 metros, se decidió este lugar debido a que puede recibir viento tanto de las dos calzadas de las autopistas y al estar al lado de los carriles de circulación rápida el recurso eólico generados por los vehículos será mayor



**Figura 35** Mediana de un tramo de la autopista barbulla-Guacara

**Fuente:** noticias 24 Carabobo

En los puntos en el cual la mediana no cumpla requerimientos necesarios debido a que solo este compuesta por un separador de carriles de concreto tipo new jersey



**Figura 36** Separador de concreto tipo new jersey

**Fuente:** noticias el carabobeño

Se optará por instalar la turbina a los laterales de la autopista a mínimo un metro del arcén

#### 4.4 Fase IV. Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativa y ambiental del sistema de iluminación diseñado.

##### 4.4.1 Evaluar la viabilidad económica del dispositivo

Se realizó un análisis de costos para conocer cuál fue el precio total de la fabricación, materiales y mano de obra del diseño de la turbina eólica, así mismo se detallaron cuáles fueron los costos de los servicios de mecanizado y termoformado necesarios para la elaboración de algunas piezas. Por otra parte, cabe destacar que este análisis de costo se puede ver afectado por imprevistos, disponibilidad e incrementos del material

**Cuadro 10** Análisis de costos

Análisis de costos				
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P unitario	Total
Lamina de acrílico cellcast 1.20 mts x 2.4 mts x 5 mm	Unidad	0.75	\$140.00	\$105.00
Servicio de termoformado lamina de acrílico	Unidad	4.00	\$45.00	\$180.00
Fibra de vidrio	Kg	0.80	\$10.00	\$8.00
Resina epoxica	Cuñete	0.25	\$160.00	\$40.00
Barra calibrada 30 mm	Unidad	1.00	\$100.00	\$100.00
Pletina de aluminio 3/4" x 3/16".	Unidad	0.30	\$15.00	\$4.50
Tornillos 3/16" Ø x 1/2" de acero ASTM-A36	Unidad	32.00	\$0.80	\$25.60
Tubo cuadrado de acero 50x50 mm calibre 16	Unidad	2.00	\$60.00	\$120.00
Lamina de acero 1.5mm	Unidad	1.00	\$80.00	\$80.00
Chumaceras axiales	Unidad	2.00	\$45.00	\$90.00
Dinamo	Unidad	1.00	\$250.00	\$250.00
Batería	Unidad	1.00	\$300.00	\$300.00
Controlador	Unidad	1.00	\$25.00	\$25.00
Inversor de carga	Unidad	1.00	\$60.00	\$60.00
Variador de frecuencia	Unidad	1.00	\$75.00	\$75.00
Rectificador	Unidad	1.00	\$20.00	\$20.00
Polea	Unidad	1.00	\$15.00	\$15.00
Correa	Unidad	1.00	\$8.00	\$8.00
Servicio de fabricación de bridas (incluye material)	Unidad	4.00	\$50.00	\$200.00
Consumibles	Unidad	1.00	\$40.00	\$40.00
Pintura en esmalte	Gal	0.25	\$120.00	\$30.00
			<b>Total, materiales</b>	<b>1776.10</b>

### Continuación cuadro 10

Análisis de costos				
Mano de obra				
Descripción	Días	Cantidad	Salario	Total
Fabricador	3.00	1.00	\$20.00	\$60.00
Solador	1.00	1.00	\$20.00	\$20.00
Electricista	1.00	1.00	\$20.00	\$20.00
Técnico especialista en fibra de vidrio	2.00	1.00	\$20.00	\$40.00
			<b>Total, mano de obra</b>	\$ 140.00
			<b>Costo Total</b>	\$ 1,916.10

Fuente: Ayaro I(2023)

#### 4.4.2 Evaluar la viabilidad técnica del dispositivo

La viabilidad técnica de un proyecto se refiere a la capacidad de llevar a cabo el proyecto utilizando tecnologías y recursos disponibles actualmente. En otras palabras, se trata de evaluar si el proyecto es técnicamente posible y si se pueden implementar los requisitos técnicos necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto. dicho esto la turbina eólica de eje vertical diseñada cumple con los objetivos planteados ya que logra suministrar energía eléctrica al sistema de alumbrado público, usando fuentes renovables como lo es el viento producidos por los vehículos, todo esto dentro de un diseño de fácil construcción y constituidos por materiales accesibles, asequibles y adecuados para el propósito previsto así como una disponibilidad de mano de obra calificado para su fabricación

#### 4.4.3 Evaluar la viabilidad operativa del dispositivo

La viabilidad operativa se refiere a la capacidad de un proyecto o iniciativa para ser implementado y administrado de manera efectiva en el entorno operativo previsto. En otras palabras, se trata de evaluar si el proyecto puede ser ejecutado y mantenido de manera eficiente y sostenible una vez implementado. Tomando en cuenta lo anterior uno de los aspectos más importantes para asegurar la el correcto funcionamiento del sistema, es la del recurso eólico y debido a que la principal fuente de energía de la turbina es el viento producido por los vehículos al circular por la autopista , el funcionamiento del sistema de penderá en gran medida de cuantos autos circulen por la autopista y a la velocidad que viajen, para esto se contabilizo cuantos vehículos circulaban en un lapso de tiempo de una hora por la autopista y se obtuvo un total 600 en una hora tal y como se mencionó anteriormente en la lista de cotejo (ver cuadro

2) teniendo así una cantidad considerable de vehículos que pasan de manera constante por la autopista se puede considerar que el recurso eólico es confiable y por la turbina puede operar de forma correcta

Otro aspecto importante a tomar en cuenta para la correcta operación de la turbina es la del buen mantenimiento que se le da al sistema en general y aunado que el diseño implementado es muy sencillo los esfuerzos de mantenimiento recaerán más que todo en evitar la corrosión en la estructura de acero, monitorear que no exista deformaciones extremas en cualquiera de las piezas móviles que pueda comprometer a otros elementos del sistema y proteger al máximo los componentes eléctricos ya que son los más susceptibles a daños ocasionados por el entorno

#### **4.4.4 Evaluar la viabilidad ambiental del dispositivo**

El uso de Fuentes renovables para energizar el alumbrado público es una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente. La utilización de energías renovables para energizar las luminarias puede tener un impacto positivo en el medio ambiente, ya que reduce la huella de carbono y la contaminación atmosférica, lo que a su vez puede contribuir a la mitigación del cambio climático.

Una de las principales ventajas ambientales de energizar el alumbrado público mediante una turbina eólica de eje vertical es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles emiten dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que son los principales gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. Al utilizar pequeños generadores eólicos para alimentar el alumbrado público, se reduce significativamente la cantidad de emisiones de GEI, lo que contribuye a mitigar el cambio climático.

Otro impacto positivo al medio ambiente de energizar el alumbrado público mediante Fuente renovables es la reducción de la contaminación atmosférica. Las centrales eléctricas que utilizan combustibles fósiles también emiten otros contaminantes atmosféricos, como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y las partículas finas (PM<sub>2.5</sub>). Estos contaminantes pueden tener efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Al utilizar Fuente: renovables para alimentar el alumbrado público, se reduce la cantidad de contaminantes atmosféricos emitidos y se mejora la calidad del aire en la comunidad.

La utilización de generadores eólicos de pequeña escala para energizar el alumbrado público también puede tener un impacto positivo en la biodiversidad. Los grandes parques eólicos entre sus desventajas que tienen es que afectan el paso migratorio de varios cientos de especies de aves lo que provoca una gran perturbación a la fauna local, también otro problema

de estos grandes parques eólicos es la contaminación sónica que produce alteraciones al sistema auditivo de los seres vivos pudiendo afectar a animales a varios kilómetros a la redonda , pero con la implementación de varias turbinas de pequeña escala se podrían desaparecer estas desventajas

## CONCLUSIÓN

Se llevó a cabo un estudio del tramo de la autopista Bárbula-Guacara para evaluar las condiciones en la que se encontraba su alumbrado público y se observó que presentaba muchas fallas debido a los cortes de luz que suceden con cierta regularidad en el país. Por lo que se procedió a buscar una alternativa el cual permitiera energizar al sistema de alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara sin depender de sistema eléctrico nacional

Se diseñó un aerogenerador híbrido de eje vertical que funciona mediante el viento producido por los vehículos que circulan por la autopista pudiendo así tener una fuente confiable de energía limpia, para su diseño se tomó en cuenta las comparaciones entre diferentes tipos de aerogeneradores de eje vertical existentes para determinar el más apropiado para este proyecto. Los cálculos de potencia se realizaron utilizando la ley de Betz y se determinaron las dimensiones del aerogenerador. Además, se consultaron diferentes catálogos para seleccionar los elementos necesarios para el sistema de almacenamiento y conversión de energía eléctrica.

Este proyecto tendrá un impacto social positivo al promover la investigación en tecnologías de energía renovable y mejorar la seguridad de la autopista al iluminar todo el tramo, reduciendo así los accidentes por falta de iluminación. Además, es una fuente de energía renovable no contaminante y autosustentable que brindará independencia energética a la zona.

El proyecto es factible en términos económicos, aunque requiere una inversión inicial significativa. Sin embargo, al ser una obra pública, los presupuestos son elevados y se encuentra dentro de un rango factible. Además, el proyecto es factible desde el punto de vista social, ya que beneficiará a la comunidad que utiliza la autopista y podría crear oportunidades de empleo al construir los aerogeneradores a nivel nacional.

## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuros trabajos a realizarse en el mismo campo que este, se pueden identificar en:

Realizar un estudio los recursos eólicos en la zona donde se van a instalar las turbinas asegurándose que el viento sea constante

Proponer la unión de dos energías renovables como la solar y la eólica para que así sea más eficiente la generación de energía eléctrica, ya que con solo la energía eólica se dan muchas pérdidas de potencia, también la realización de un prototipo para que así, verificar que todas las variables incluidas en el diseño sean correctas si no realizar los cambios pertinentes para su correcto funcionamiento.

Adoptar a la totalidad del tramo el uso de lámparas tipo led a las luminarias para disminuir el consumo energético que produce la iluminación de la autopista

Estandarizar y normalizar cada uno de los postes en la totalidad del tramo para facilitar el mantenimiento de cada uno de ellos ya que, al ser un tramo de una longitud considerable, así como también el número total de postes, se localizará de manera más eficaz para su mantenimiento, como también, tener un seguimiento de los distintos tipos de mantenimiento realizados.

Promover, educar y generar conciencia ecológica mostrando los beneficios que conlleva la utilización de los sistemas de generación de energías alternativas, sin la utilización de combustibles fósiles

Analizar cuáles serían los mejores proveedores para la compra de materia prima y los elementos de generación y almacenamiento de energía como también ubicar un taller donde se producirían estos generadores cerca de la zona de la autopista para así asegurar un bajo costo de traslado de equipos y personal

## Bibliografía

- Airfoil Tools*. (12 de junio de 2023). Obtenido de Airfoil Tools: <http://airfoiltools.com/>
- ALFINGER, W. (2021). *Evaluación de impacto ambiental de las energías* . San Diego: UJAP.
- Arias, F. (2012). *Introducción a la investigación científica Edición: 6ta*, . Editorial: Episteme
- Arthur, H. (2004). *Mecánica de los fluidos*. Santiago : Origo .
- Asea brown boveri. (2012). *Cuaderno de aplicaciones técnicas n.o 12*. Barcelona: CT.
- Asociacion danesa de la energia eolica. (s.f.). *Densidad del viento a diferentes temperaturas*. Obtenido de <http://xn--drmstre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/about/index.htm#:~:text=La%20Asociaci%C3%B3n%20danesa%20de%20la%20industria%20e%C3%B3lica%20es%20una%20asociaci%C3%B3n,La%20afiliaci%C3%B3n%20es%20voluntaria>.
- Carrero, J. (2021). *Diseño de un dispositivo mecánico que convierta la energía cinética en eléctrica para acumular voltaje y abastecer a un gimnasio. Caso: gimnasio sabana de valle de la pascua. Estado Guárico*” . San Diego: UJAP.
- Castillo, L. Y. (2018). *Propuesta para el aprovechamiento de la energía solar a través de paneles solares para el mejoramiento del servicio eléctrico en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP*. San Diego: Universidad José Antonio Páez.
- Comité de Afectados por Apagones:. (2 de enero de 2018). *Correo del caroni* . Obtenido de correo del caroni : <https://correodelcaroni.com/sociedad/comite-de-afectados-por-apagones-venezuela-sufrio-casi-900-fallas-electricas-en-abril/>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. Sage Publications.
- Chacon. J. Gonzalez D. (2019). *Propuesta de utilizar energía eólica para alumbrado público en postes ubicados en la autopista regional del centro, tramo peaje guacara- tunel la cabrera*. San diego: Universidad José Antonio Páez .
- Donate, A. (2011). *Electrónica Aplicada*. Barcelona : Marcombo S.A.

- Ecuación de Bernoulli*. (7 de agosto de 2019). Obtenido de ecured:  
[https://www.ecured.cu/index.php?Title=Ecuaci%C3%b3n\\_de\\_Bernoulli&oldid=349106](https://www.ecured.cu/index.php?Title=Ecuaci%C3%b3n_de_Bernoulli&oldid=349106)
- Espinoza, M. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo*. Ciudad de Mexico: UAM.
- Guerrero, L. E. (2009). *Modulo de electricidad básica*. Nachala : instituto tecnologice el oro.
- Gussow, M. (1994). *Fundamentos de Electricidad* . Iztapalapa : mcgraw-HILL.
- J, A. (2004). *Diseño y construccion de un prototipo de generador eolico de eje vertical* . Santiago de Chile: universidad de Chile.
- J., A. (2004). *Diseño y Construccion de un prototipo de generador eolico de eje vertical*. Santiago de Chile : Universidad de Chile .
- M., E. (2018). “*Diseño y construcción de un prototipo de luminaria alimentada por energía eólica – solar*” . Ciudad de mexico : Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) .
- Martínez, M. (2006). *Validez y Confiabilidad en la metodología cualitativa*. Revista .
- Monitor prodavinci. (8 de 03 de 2019). *Prodavinci*. Obtenido de prodavinci:  
<https://prodavinci.com/apagon-masivo-en-venezuela/>
- NASA. (12 de ABRIL de 2023). *MERRA 2* . Obtenido de MERRA:  
<https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>
- ORDUZ, O. (2011). *Diseño y construcción de un prototipo de turbina eólica de baja potencia*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander.
- PUNAM. (2019). *EMISSIONS GAP REPORT 2019*. BERLIN : 9 United Nations Environment Programme.
- TEJERO, J. (2011). *VENCAT*. Madrid: auditoria salud.
- VIDAL, C. (2019). *Diseño de un aerogenerador Savonius para uso doméstico*. VALENCIA: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- W., A. (2021). *Evaluación de impacto ambiental de las energías renovables*. San Diego: ”. Universidad José Antonio Páez.
- White, F. (2013). *Mecánica de los Fluidos*. Ciudad de Mexico : Mc Grall Hill.

YOUNG, H. D. (2009). *Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición*. MEXICO :  
Pearson Education, Inc.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Ficha técnica del generador de corriente directa (dinamo )

<b>Parámetro rendimiento</b>						
Potencia nominal	100W	200W	300W	400W	600W	800W
Potencia máxima	110W	220W	330W	440W	660W	880W
Voltaje	12V/24V CA (opcional)					
Velocidad	750 RPM	700 RPM	650 PRM	600 PRM	550 PRM	500 PRM
Par de arranque	0,1N * M	0,2N * M	0,3N * M	0,42 N * M	0,52 N * M	0,6 N * M
Par nominal	1N * M	3N * M	6N * M	8N * M	11N * M	15N * M
<b>Especificación</b>						
Diámetro generador	152mm	152mm	185mm	185mm	190mm	190mm
Altura del generador	65mm	69mm	85mm	95mm	126mm	126mm
Diámetro del husillo	17mm	17mm	20mm	20mm	30mm	30mm
Longitud del eje	27mm	27mm	51mm	41mm	50mm	50mm
Longitud chavetero					35mm	35mm
Anchura chavetero	M16 * 1,5		M20 * 2,5		10mm	10mm
Espesor de chavetero					8mm	8mm
Distancia del orificio de montaje base	115*100	120*100	145*140	155*140	195*140	195*140
Poste QTY	12	16	16	16	6	6
Eje QTY	1 o 2 (opcional)					
<b>Material</b>						
Husillo y carcasa	Acero carbono					
Acero magnético	Material de neodimio hierro boro de tierras raras					
<b>Otros</b>						
Eficiencia	≥ 85%					
Clase de aislamiento	Clase H					
Aprobado	CE ROHS FCC					
Aumento de la temperatura de trabajo	≤ 70 °C					
Temperatura de operación	"-40 °C - 120 °C					
Lubricación	Inyectar grasa					
Vida útil	≥ 20 años					

## ANEXO B

# Catálogo de acumuladores Optima Batteries



Catálogo DAISA Energías Renovables

**OPTIMA® con diseño exclusivo SPIRALCELL® ofrece la tecnología más avanzada a la hora de ofrecer una fuente de energía potente y limpia.**

TIPO	CÓDIGO	SIC	ESQUEMA	TERMINAL	LISTÓN	SÍMBOLO FONÉTICO		CAP. C20 Ah	RESERVA CAP. RES. A S.E.A.	CAP. C5 Ah	RESERVA INTERNA en C20	MEDIDAS (mm)			PESO KG.
						CA (C)	CA (C)					L	A	H	
RT C 4.2	989201	34C	8	1	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	184	17.2
RT S 4.2	982022	34	1	1	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17.2
RT R 4.2	984804	34R	0	1	B1	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17.2
RT U 4.2	982023	34U8	1	1 & 21	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17.2
RT F 4.2	940404	78	1	1	B1	815	1000	50	100	-	3.1	254	172	184	17.2
RT S 3.7	982021	28	1	1	B1	730	910	44	90	-	3.0	237	172	188	14.4
RT R 3.7	988144	35	0	1	B1	730	910	44	90	-	3.0	237	172	188	14.4
RT U 3.7	984810	7525	1	1 & 21	B1	730	910	44	90	-	3.0	237	172	188	15.0
RT S 2.1	984808	6 V 60 Ah	8	1	B1	815	1000	50	100	-	1.9	252	90	188	8.4



TIPO	CÓDIGO	SIC	ESQUEMA	TERMINAL	LISTÓN	SÍMBOLO FONÉTICO		CAP. C20 Ah	RESERVA CAP. RES. A S.E.A.	CAP. C5 Ah	RESERVA INTERNA en C20	MEDIDAS (mm)			PESO KG.
						CA (C)	CA (C)					L	A	H	
YT S 5.5	989201	031A	8	1	-	915	1125	75	155	88	2.5	325	198	218	28.5
YT R 5.5*	989205	0327	0	1	-	845	1000	66	140	81	2.5	304	172	200	22.7
YT S 4.2	982024	034	1	1	-	785	870	55	120	82	2.8	254	172	173	19.5
YT U 4.2	982025	034 / 78	1	1 & 2	-	785	870	55	120	82	2.8	254	172	173	19.9
YT R 3.7	989273	035	0	1	B1	690	870	48	96	44	3.2	237	172	188	16.6
YT S 2.7	981148	051	1	1	-	460	575	38	86	33	4.6	237	129	201	11.8
YT R 2.7	981148	051R	0	1	-	460	575	38	86	33	4.6	237	129	201	11.8
YT S 2.1	984808	6 V 60 Ah	8	1	-	785	870	55	120	82	4.0	252	90	188	9.0



TIPO	CÓDIGO	SIC	ESQUEMA	TERMINAL	LISTÓN	SÍMBOLO FONÉTICO		CAP. C20 Ah	RESERVA CAP. RES. A S.E.A.	CAP. C5 Ah	RESERVA INTERNA en C20	MEDIDAS (mm)			PESO KG.
						CA (C)	CA (C)					L	A	H	
BT DC 5.5	989202	031M	8	1 & 21	-	915	1125	75	155	88	2.5	325	198	218	28.5
BT DC 5.8	951009	031M	1	1 & 21	-	845	1000	66	140	81	2.5	304	172	200	22.7
BT DC 4.2	984807	034M	1	1 & 21	-	785	870	55	120	82	2.8	254	172	173	19.7
BT SU 4.2	984805	34M	1	1 & 21	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17.4



\*Prueba introducción

**TERMINALES:**  
 1 SAE / EN  
 8 Placado S8-16 UNC 2A CRES  
 21 Placado S8-16 UNC 2A CRES OM  
 8 Placado 518 UNC 2A CRES

**ESQUEMA:**  
 0 Positivo derecho  
 1 Positivo izquierdo  
 8 Controlado / Eliminado

\* La garantía por defecto de fabricación de las baterías OPTIMA es de 6 meses mínimo, según aplicación.

Fuente: [http://calculationsolar.com/pdfs/Calculationsolar\\_battery\\_MASTERBATTERY\\_UPOWER229.pdf](http://calculationsolar.com/pdfs/Calculationsolar_battery_MASTERBATTERY_UPOWER229.pdf)

# ANEXO C

## Catálogo Controladores de carga VICTRON ENERGY.

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV  
**MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100**

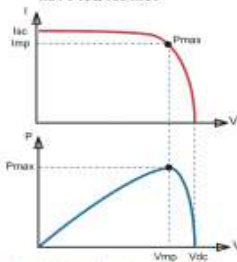
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar  
**MPPT 150/100-Tr**



Controlador de carga solar  
**MPPT 150/100-MC4**



Seguimiento del punto de potencia máxima

**Curva superior:**  
 Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).  
 El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

**Curva inferior:**  
 Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.  
 Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, o inferior a Vmp.

**Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en Inglés)**  
 Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

**Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial**  
 En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

**Excepcional eficiencia de conversión**  
 Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

**Algoritmo de carga flexible**  
 Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas - Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

**Amplia protección electrónica**  
 Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.  
 Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.  
 Protección de corriente inversa FV.

**Sensor de temperatura interna**  
 Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

**Opciones de datos en pantalla en tiempo real**  
 - Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android  
 consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"  
 - Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24.48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V (A x V)	540W	720W	840W	1020W	1200W
Potencia FV nominal, 24V (A x V)	1080W	1440W	1680W	2040W	2400W
Potencia FV nominal, 48V (A x V)	2160W	2880W	3360W	4080W	4800W
Corriente de cortocircuito máxima FV (I)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150V máximo absoluto en las condiciones más frías 140V en arranque y funcionando al máximo				
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (visible, no audible por el usuario) Polaridad inversa / Cortocircuito de salida / Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	85%, sin condensación				
Plataforma de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales FV (3)	35 mm <sup>2</sup> AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MCA (modelos de fuerza 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MCA (modelos 150/85 y 150/100)
Bornes de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	3kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MCA: 215 x 295 x 95mm

ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1941, CSA C22.2
1) Si se conecta más potencia FV al controlador (evitará la potencia de entrada)	
2) La tensión FV debe estar en 5V (x Vbat) (tensión de la batería) para que arranque el controlador.	
Una vez arrancado, la tensión FV máxima será de Vbat + 1V.	
3) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta dañará el controlador.	
Modelos MCA: se podrán necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.	
Contiene máximo por conector MC4: 30A (los conectores MCA están conectados en paralelo a un rastreador MPPT).	

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands  
 General phone: +31 (0)26 535 97 00 | Fax: +31 (0)26 535 97 40  
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Fuente: <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-ES.pdf>

## ANEXO D

### Catálogo Controladores de carga EP SOLAR.

# Controlador de Carga PWM EPsolar



La principal función del controlador es la de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas. El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. Los controladores PWM son adecuados para sistemas pequeños. Tiene una salida de terminal + 5V / 1.2A USB que puede cargar teléfonos móviles, ventiladores y otros dispositivos electrónicos.

#### Ventajas

- Controlador PWM de bajo coste
- Protegido contra sobrecorriente
- Protegido contra cortocircuitos
- Protegido contra la polaridad inversa de los paneles solares y/o de la batería.
- Existe en 12/24V

CARACTERÍSTICAS	12/24V-10A	12/24V-20A	12/24V 30A
Tensión de la baterías (V)	12 V/24 V		
Corriente de carga nominal (A)	10 A	20 A	30 A
Tensión solar máxima (V)	30 V/50 V		
Autoconsumo	8.4 mA (12V) / 7.8mA (24V)		6mA (12/24V)
Rango de temperatura de trabajo	-35 a +55°C (carga completa)		
Tensión de carga de absorción (V)	14.6 V		
Tensión de carga de flotación (V)	13.8 V		
Dimensiones	67 x 120.3 x 21.8 mm	85.6 x 148 x 34.8 mm	101.3 x 200.6 x 57 mm
Peso	0.102 kg	0.180 kg	0.5 kg
Índice de Protección (IP)	IP 20		IP 30



Fuente: <http://www.energiainnovadora.com/wp-content/uploads/2017/02/Catalogo-Energ%C3%ADa-solar2.pdf>

## ANEXO E

### Catálogo Inversores de carga Power Reliable.



#### 5000W Off Grid DC to AC Pure Sine Wave Solar Power Inverter

##### RBP-5000S-LED

- ▶ 5000w pure sine wave inverter
- ▶ off grid DC to AC converter
- ▶ solar power inverter

[Inquiry](#)

[Specifications](#) [Features](#) [Application](#) [Download](#)

Model	RBP-5000S-LED
DC Voltage	12V or 24V or 48V or 110V
Voltage Range	10-15VDC or 21-30VDC or 42-60VDC or 90-135VDC
No Load Current Draw	< 1A
Efficiency	> 90%
DC Connector	Cables With Clips or Car Adaptor
AC Voltage	100/110/120VAC or 220/230/240 VAC
Continuous Power	5000W
Surge Power	10000W
Waveform	Pure Sine Wave
Frequency	50Hz or 60Hz
AC Regulation	3%
Low Voltage Alarm	10DC±0.5V or 20.5DC±1V or 44VDC±1V or 92VDC±1V
Low Voltage Shut Down	9.5DC±0.5V or 19.5DC±1V or 42VDC±1V or 90VDC±1V
Over Load	Shut Off Output
Over Voltage Shut Down	15.5V or 30.5V or 61.2V or 135V
Over Thermal	Shut Off Output Automatically
Fuses	Short Circuit
Working Temperature	Between -10°C and +50°C
Working Humidity	20%~90%RH non-condensing
Storage Temperature	Between -30°C and +70°C
Start	Soft Start
Cooling Ways	Cooling Fan
Total Harmonic Distortion	THD < 5%
Machine size(mm)	550*240*90

# ANEXO F

## Catálogo de variadores de frecuencia BOSCH

### Datos técnicos

Tipo (200...240 V AC ±10 %)	Funcionamiento carga pesada		Funcionamiento carga normal	
	Corriente nominal continua	Caract. motor	Corriente nominal continua	Caract. motor
	A	W	A	W
A	2.4	0.4	-	-
EFC3610-0K75-1P2- / EFC5610-0K75-1P2-	4.1	0.75	-	-
EFC3610-1K50-1P2- / EFC5610-1K50-1P2-	7.3	1.5	-	-
EFC3610-2K20-1P2- / EFC5610-2K20-1P2-	10.1	2.2	-	-
(3P 380...480 V AC -15 %/+10 %)	Corriente nominal continua	Caract. motor	Corriente nominal continua	Caract. motor
	A	kW	A	kW
EFC3610-0K40-3P4- / EFC5610-0K40-3P4-	1.3	0.4	-	-
EFC3610-0K75-3P4- / EFC5610-0K75-3P4-	2.3	0.75	-	-
EFC3610-1K50-3P4- / EFC5610-1K50-3P4-	4	1.5	-	-
EFC3610-2K20-3P4- / EFC5610-2K20-3P4-	5.6	2.2	-	-
EFC3610-3K00-3P4- / EFC5610-3K00-3P4-	7.4	3	-	-
EFC3610-4K00-3P4- / EFC5610-4K00-3P4-	9.7	4	-	-
EFC3610-5K50-3P4- / EFC5610-5K50-3P4-	12.7	5.5	16.8 <sup>1)</sup>	7.5 <sup>2)</sup>
EFC3610-7K50-3P4- / EFC5610-7K50-3P4-	16.8	7.5	24.3 <sup>1)</sup>	11 <sup>1)</sup>
EFC3610-11K0-3P4- / EFC5610-11K0-3P4-	24.3	11	32.4 <sup>1)</sup>	15 <sup>2)</sup>
EFC3610-15K0-3P4- / EFC5610-15K0-3P4-	32.4	15	39.2 <sup>1)</sup>	18.5 <sup>2)</sup>
EFC3610-18K5-3P4- / EFC5610-18K5-3P4-	39.2	18.5	45 <sup>1)</sup>	22 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Disponible únicamente para EFC 3610

Tipo		EFC 3610 / EFC 5610
Tensión de red	V	3 AC 380 ... 480 (-15 %/+10 %)
Frecuencia de alimentación	Hz	50 ... 60 (±5 %)
Tensión nominal del motor	V	3-phase, 0 ... tensión de red
Tensión de salida	V	0 ... tensión de red
Frecuencia de salida	Hz	0 ... 400
Capacidad de sobrecarga		Funcionamiento HD: 150% en 60s, 200% en 1s; funcionamiento ND: 120% en 60s

Fuentes: [https://dc-es.resource.bosch.com/media/es/documents\\_177/homepage/Katalog\\_EFC\\_3610\\_5610\\_media\\_ES.pdf](https://dc-es.resource.bosch.com/media/es/documents_177/homepage/Katalog_EFC_3610_5610_media_ES.pdf)

## ANEXO G

### Catálogo de rectificadores DACHS

	<u>100145</u>	<u>1.5SMCJ100CA</u>		0	0	SMD Diodo TVS Bidireccional 100V 1500W 1.5SMCJ100CA SMD DO-214AB/SMC DIOTEC
	<u>100146</u>	<u>1.5SMCJ120CA</u>		0	0	SMD Diodo TVS Bidireccional 120V 1500W 1.5SMCJ120CA SMD DO-214AB/SMC DIOTEC
	<u>100223</u>	<u>SGL34-60</u>		0	0	SMD Diodo Rectificador Schottky 0A5 60V SGL34-60 SMD DO-213AAMiniMelf DIOTEC
	<u>100360</u>	<u>DBI25-08A</u>		0	0	Puente Rectificador 25A 800V DBI25-08A SIL 35 x 25 x 4 DIOTEC
	<u>100361</u>	<u>DBI25-16A</u>		0	0	Puente Rectificador 25A 1600V DBI25-16A SIL 35 x 25 x 4 DIOTEC
	<u>100697</u>	<u>P6KE24A</u>		465	0	DIODO TSIL 24V 600W 5% (P6KE24A) UNIDIRE C. D0204A C ST.
	<u>100883</u>	<u>S3A</u>		10	0	SMD DIODO RECTIFICADOR S3A 3A 50V SMC T8C
	<u>100885</u>	<u>ES3A</u>		10	0	SMD Diodo Rectificador 3A 50V ES3A SMD DO-214AB/SMC DIOTEC
	<u>101099</u>	<u>RGL34J</u>		0	0	SMD Diodo Rectificador 0A5 60V RGL34J SMD DO-213AAMiniMelf DIOTEC
	<u>101108</u>	<u>5KP10A</u>		0	0	Diodo TVS Unidireccional 10V 5000W 5KP10A Avial D 8 x 7.5 DIOTEC
	<u>101109</u>	<u>5KP11A</u>		0	0	Diodo TVS Unidireccional 11V 5000W 5KP11A Avial D 8 x 7.5 DIOTEC

<https://www.dachs.es/semiconductores/semiconductores-discretos/diodos-y-rectificadores>

## ANEXO H

### Ficha técnica de lámina de acrílico

# Propiedades

## MECÁNICAS Y FÍSICAS

PROPIEDAD	VALOR	MÉTODO DE PRUEBA (ASTM)
<b>ÓPTICAS</b>		
Índice de refracción	1.49	ASTM 542
Transmisión de luz (%)		ASTM 1003
<4.5 mm.	92	
>4.5 mm.	90	
Haze(%)	2.0	ASTM 1003
<b>MECÁNICAS</b>		
Peso específico	1.18	ASTMD 792
Resistencia a la tensión	10,400	ASTMD 638
Elongación a la ruptura (%)	4.85	ASTMD 638
Modulo de Tensión (lb./plg.)	452,000	ASTMD 638
Resistencia a la flexión (lb./plg.)	18,000 - 19,000	ASTMD 790
Resistencia al impacto Izod (ft.lb./plg.)	0.3 - 0.4	ASTMD 256
Dureza Rockwell	M 90 - 100	ASTMD 785
Dureza Barcol	50	ASTMD 2583
<b>TÉRMICAS</b>		
Temperatura de formado (°C)	140	
Temperatura máxima de servicio (°C)	80	
Temperatura de deflexión bajo carga	101.5	ASTMD 648
<b>VARIAS</b>		
Absorción de agua (24 hrs., 23°C) (%)	0.3	ASTMD 570

## ANEXO I

### Ficha técnica de fibra de vidrio reforzado con resina epoxica



[www.lorkindustrias.com](http://www.lorkindustrias.com)

LORK INDUSTRIAS, S.L.  
CABACAS, 11  
08035—BARCELONA  
Telefono: 93 346 82 12  
Fax: 93 311 30 60  
Email: [lork@lorkindustrias.com](mailto:lork@lorkindustrias.com)

#### FICHA TÉCNICA

#### FIBRA DE VIDRIO EPOXI G -11 (155°C)

##### Composición

Soporte : Fibra de Vidrio

Resina : Epoxi

##### Características

Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.70-1.90
Tensión de Flexión a la rotura perpendicular a las laminación	Mpa	340
Resistencia a la tensión	Mpa	300
Resistencia a la compresión perpendicular a las capas	Mpa	350
Resistencia al impacto (Charpy) paralela a las capas	kJ/m <sup>2</sup>	33
Resistencia al aislamiento después de sumergirlo en agua	Ω	5x10 <sup>9</sup>
Resistencia eléctrica (en aceite 90±2°C) paralela a las capas	kV	35
Resistencia eléctrica (en aceite 90±2°C, 1mm espesor) perpendicular a las capas	MV/m	14,2
Permeabilidad eléctrica aparente a 1MHz		5,5
Permeabilidad eléctrica aparente a 48-62 Hz		5,5
Factor de disipación a 1MHz		0.04
Factor de disipación a 48-62 Hz		0.04
Absorción de agua ( para espesor 1.6 mm)	mg	19
Temperatura de servicio	C°	155

## ANEXO J

Datos del perfil aerodinámico NACA 0018 para distintos números de Reynolds.

---

AIRFOIL: NACA 0018  
DATA: Drag Coefficients

---

ORIGINAL SOURCE: Sheldahl, R. E. and Klimas, P. C., Aerodynamic Characteristics of Seven Airfoil Sections Through 180 Degrees Angle of Attack for Use in Aerodynamic Analysis of Vertical Axis Wind Turbines, SAND80-2114, March 1981, Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico.

NOTES: The data herein were synthesised from a combination of experimental results and computer calculations.

The original report contains data for lower Reynolds numbers than contained herein, but there are some anomalies, in particular with CL at small angles of attack.

Data extended to 360 degrees of attack and glaring anomalies corrected by L. Lazauskas. All deviations from the original are due to L. Lazauskas.

Please refer to the original report for more details.

---

Drag Coefficient

---

	REYNOLDS NUMBER							
ALPHA	40000	80000	160000	360000	700000	1000000	2000000	5000000
0	0.0214	0.0162	0.0128	0.0101	0.0085	0.0082	0.0077	0.0073
1	0.0215	0.0163	0.0129	0.0102	0.0087	0.0082	0.0077	0.0073
2	0.0219	0.0167	0.0131	0.0104	0.0088	0.0083	0.0078	0.0075

---

3	0.0225	0.0172	0.0137	0.0107	0.0091	0.0086	0.0080	0.0077
4	0.0235	0.0181	0.0144	0.0112	0.0096	0.0089	0.0084	0.0079
5	0.0247	0.0192	0.0153	0.0121	0.0102	0.0095	0.0087	0.0083
6	0.0263	0.0206	0.0166	0.0132	0.0112	0.0102	0.0093	0.0087
7	0.0282	0.0223	0.0181	0.0145	0.0123	0.0115	0.0101	0.0093
8	0.0303	0.0242	0.0198	0.0159	0.0136	0.0126	0.0111	0.0100
9	0.0327	0.0264	0.0217	0.0176	0.0150	0.0139	0.0122	0.0108
10	0.0620	0.0288	0.0238	0.0194	0.0166	0.0154	0.0134	0.0117
11	0.0925	0.0315	0.0262	0.0213	0.0183	0.0170	0.0148	0.0128
12	0.1230	0.0800	0.0288	0.0235	0.0202	0.0187	0.0163	0.0140
13	0.1405	0.1190	0.0770	0.0259	0.0223	0.0206	0.0179	0.0153
14	0.1580	0.1580	0.1580	0.0940	0.0245	0.0227	0.0197	0.0168
15	0.1770	0.1770	0.1770	0.1450	0.1020	0.0251	0.0218	0.0185
16	0.1960	0.1960	0.1960	0.1960	0.1960	0.1080	0.0240	0.0203
17	0.2170	0.2170	0.2170	0.2170	0.2170	0.1730	0.1200	0.0223
18	0.2380	0.2380	0.2380	0.2380	0.2380	0.2380	0.2380	0.0244
19	0.2600	0.2600	0.2600	0.2600	0.2600	0.2600	0.2600	0.1400
20	0.2820	0.2820	0.2820	0.2820	0.2820	0.2820	0.2820	0.2820
21	0.3055	0.3055	0.3055	0.3055	0.3055	0.3055	0.3055	0.3055
22	0.3290	0.3290	0.3290	0.3290	0.3290	0.3290	0.3290	0.3290
25	0.4050	0.4050	0.4050	0.4050	0.4050	0.4050	0.4050	0.4050
30	0.5700	0.5700	0.5700	0.5700	0.5700	0.5700	0.5700	0.5700
35	0.7450	0.7450	0.7450	0.7450	0.7450	0.7450	0.7450	0.7450
40	0.9200	0.9200	0.9200	0.9200	0.9200	0.9200	0.9200	0.9200
45	1.0750	1.0750	1.0750	1.0750	1.0750	1.0750	1.0750	1.0750
50	1.2150	1.2150	1.2150	1.2150	1.2150	1.2150	1.2150	1.2150
55	1.3450	1.3450	1.3450	1.3450	1.3450	1.3450	1.3450	1.3450

60	1.4700	1.4700	1.4700	1.4700	1.4700	1.4700	1.4700	1.4700
65	1.5750	1.5750	1.5750	1.5750	1.5750	1.5750	1.5750	1.5750
70	1.6650	1.6650	1.6650	1.6650	1.6650	1.6650	1.6650	1.6650
75	1.7350	1.7350	1.7350	1.7350	1.7350	1.7350	1.7350	1.7350
80	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800
85	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
90	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000	1.8000
95	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800
100	1.7500	1.7500	1.7500	1.7500	1.7500	1.7500	1.7500	1.7500
105	1.7000	1.7000	1.7000	1.7000	1.7000	1.7000	1.7000	1.7000
110	1.6350	1.6350	1.6350	1.6350	1.6350	1.6350	1.6350	1.6350
115	1.5550	1.5550	1.5550	1.5550	1.5550	1.5550	1.5550	1.5550
120	1.4650	1.4650	1.4650	1.4650	1.4650	1.4650	1.4650	1.4650
125	1.3500	1.3500	1.3500	1.3500	1.3500	1.3500	1.3500	1.3500
130	1.2250	1.2250	1.2250	1.2250	1.2250	1.2250	1.2250	1.2250
135	1.0850	1.0850	1.0850	1.0850	1.0850	1.0850	1.0850	1.0850
140	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250
145	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550	0.7550
150	0.5750	0.5750	0.5750	0.5750	0.5750	0.5750	0.5750	0.5750
155	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200	0.4200
160	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200	0.3200
165	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300
170	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400
175	0.0550	0.0550	0.0550	0.0550	0.0550	0.0550	0.0550	0.0550
180	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250

---

AIRFOIL: NACA 0018  
DATA: Lift Coefficients

---

ORIGINAL SOURCE: Sheldahl, R. E. and Klimas, P. C., Aerodynamic Characteristics of Seven Airfoil Sections Through 180 Degrees Angle of Attack for Use in Aerodynamic Analysis of Vertical Axis Wind Turbines, SAND80-2114, March 1981, Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico.

NOTES: The data herein were synthesised from a combination of experimental results and computer calculations.

The original report contains data for lower Reynolds numbers than contained herein, but there are some anomalies, in particular with CL at small angles of attack.

Data extended to 360 degrees of attack and glaring anomalies corrected by L. Lazauskas. All deviations from the original are due to L. Lazauskas.

Please refer to the original report for more details.

---

Lift Coefficient

---

	REYNOLDS NUMBER							
ALPHA	40000	80000	160000	360000	700000	1000000	2000000	5000000
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0936	0.0889	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100	0.1100
2	0.1833	0.1935	0.2200	0.2200	0.2200	0.2200	0.2200	0.2200
3	0.2688	0.2924	0.3088	0.3300	0.3300	0.3300	0.3300	0.3300
4	0.3495	0.3880	0.4114	0.4400	0.4400	0.4400	0.4400	0.4400
5	0.4117	0.4753	0.5068	0.5240	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500
6	0.4573	0.5615	0.5960	0.6228	0.6328	0.6600	0.6600	0.6600

---

7	0.4758	0.6224	0.6724	0.7100	0.7291	0.7362	0.7449	0.7700
8	0.4428	0.6589	0.7373	0.7879	0.8156	0.8256	0.8439	0.8538
9	0.3544	0.6606	0.7781	0.8526	0.8904	0.9067	0.9314	0.9525
10	0.2108	0.6248	0.7949	0.8983	0.9541	0.9751	1.0111	1.0404
11	0.1124	0.5531	0.7852	0.9249	0.9973	1.0284	1.0772	1.1211
12	0.0139	0.4408	0.7488	0.9279	1.0245	1.0664	1.1296	1.1884
13	0.0314	0.3332	0.6923	0.9104	1.0289	1.0804	1.1662	1.2430
14	0.0489	0.2256	0.6237	0.8803	1.0175	1.0793	1.1813	1.2808
15	0.0889	0.2142	0.5567	0.8405	0.9938	1.0624	1.1813	1.3004
16	0.1287	0.2027	0.4896	0.8007	0.9648	1.0402	1.1695	1.3067
17	0.1758	0.2315	0.4549	0.7663	0.9399	1.0181	1.1550	1.3038
18	0.2228	0.2603	0.4202	0.7319	0.9150	0.9959	1.1383	1.2960
19	0.2732	0.3038	0.4292	0.7158	0.9014	0.9833	1.1278	1.2853
20	0.3236	0.3472	0.4382	0.6997	0.8877	0.9707	1.1172	1.2768
21	0.3751	0.3951	0.4704	0.7024	0.8872	0.9702	1.1150	1.2741
22	0.4265	0.4430	0.5026	0.7050	0.8867	0.9696	1.1127	1.2714
25	0.5840	0.5963	0.6321	0.7724	0.9326	1.0107	1.1468	1.2925
30	0.8550	0.8550	0.8550	0.8550	0.8550	0.8550	0.8550	0.8550
35	0.9800	0.9800	0.9800	0.9800	0.9800	0.9800	0.9800	0.9800
40	1.0350	1.0350	1.0350	1.0350	1.0350	1.0350	1.0350	1.0350
45	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500
50	1.0200	1.0200	1.0200	1.0200	1.0200	1.0200	1.0200	1.0200
55	0.9550	0.9550	0.9550	0.9550	0.9550	0.9550	0.9550	0.9550
60	0.8750	0.8750	0.8750	0.8750	0.8750	0.8750	0.8750	0.8750
65	0.7600	0.7600	0.7600	0.7600	0.7600	0.7600	0.7600	0.7600
70	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300	0.6300
75	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

80	0.3650	0.3650	0.3650	0.3650	0.3650	0.3650	0.3650	0.3650
85	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300
90	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900
95	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500	-0.0500
100	-0.1850	-0.1850	-0.1850	-0.1850	-0.1850	-0.1850	-0.1850	-0.1850
105	-0.3200	-0.3200	-0.3200	-0.3200	-0.3200	-0.3200	-0.3200	-0.3200
110	-0.4500	-0.4500	-0.4500	-0.4500	-0.4500	-0.4500	-0.4500	-0.4500
115	-0.5750	-0.5750	-0.5750	-0.5750	-0.5750	-0.5750	-0.5750	-0.5750
120	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700
125	-0.7600	-0.7600	-0.7600	-0.7600	-0.7600	-0.7600	-0.7600	-0.7600
130	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500
135	-0.9300	-0.9300	-0.9300	-0.9300	-0.9300	-0.9300	-0.9300	-0.9300
140	-0.9800	-0.9800	-0.9800	-0.9800	-0.9800	-0.9800	-0.9800	-0.9800
145	-0.9000	-0.9000	-0.9000	-0.9000	-0.9000	-0.9000	-0.9000	-0.9000
150	-0.7700	-0.7700	-0.7700	-0.7700	-0.7700	-0.7700	-0.7700	-0.7700
155	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700	-0.6700
160	-0.6350	-0.6350	-0.6350	-0.6350	-0.6350	-0.6350	-0.6350	-0.6350
165	-0.6800	-0.6800	-0.6800	-0.6800	-0.6800	-0.6800	-0.6800	-0.6800
170	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500	-0.8500
175	-0.6600	-0.6600	-0.6600	-0.6600	-0.6600	-0.6600	-0.6600	-0.6600
180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

---

## **APÉNDICES**



**INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA**

- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas
- Responda de manera objetiva
- En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el guión de entrevista

Nº	Guión de entrevista
1	En función a su experiencia en el campo industrial, ¿Qué opinión tiene usted de las energías renovables?
2	Desde su óptica como especialista en el área energética ¿Qué impresión tiene usted de la obtención de electricidad a partir de la energía eólica?
3	¿Qué factores considera importante al momento de obtener energía eléctrica mediante fuentes eólicas?
4	¿Cuáles variables considera usted que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de almacenamiento de energía eléctrica?
5	Tomando en cuentas las normativas que rigen la construcción uso y mantenimiento de luminarias ¿Cuáles variables considera usted deben cumplirse para que se pueda energizar las luminarias de vialidad pública mediante fuentes eólicas?
6	¿Qué ventajas podría presentar las luminarias tipo LED en comparación a otros tipos de luminarias?
7	¿Qué tipo de batería considera que presenta el mejor rendimiento para esta investigación?



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

### CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

**OBJETIVO GENERAL:** Proponer el diseño de una turbina eólica de eje vertical que suministre electricidad al sistema de alumbrado público de la autopista Bárbula-Guacara, teniendo como fuente de energía el viento desplazado por vehículos automotores.

OBJETIVO ESPECÍFICO I	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN	
Diagnosticar el estado actual en la que se encuentra el sistema de alumbrado de la autopista Bárbula-Guacara	Estudio de las normativas del diseño de alumbrado público vial en Venezuela	Normativas que rigen el diseño de la construcción de luminarias alumbrado público en Venezuela	Parámetros técnicos de las luminarias	5	Técnica: entrevista	
	Funcionamiento de alumbrado público en Venezuela	Tipos de las luminarias para alumbrado público	Tipo de iluminación	6		
		Métodos para energizar las luminarias de alumbrado público	Energización de las luminarias mediante fuentes renovables			1, 2 y 3
			Aprovechamiento de energía			4 y 7



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTIMADO PROFESOR (A): Yndyra Rodríguez**

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL PARA ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BÁRBULA-GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES.”**, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

**AUTOR:**

Ayaro Gutiérrez Ismael

Antonio

C.I: 28.036.512

**TUTOR**

Ing. Fredy Barragán Suescún

C.I: 11.151.678



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
2	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
3	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
4	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
5	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
6	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
7	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		

Fecha: 31/03/2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Andira Rodríguez Ingeniero Mecánico Dsa. Educación
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTIMADO PROFESOR (A): Wilmer Sanz**

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL PARA ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BÁRBULA-GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES.”**, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

**AUTOR:**

Ayaro Gutiérrez Ismael

Antonio

C.I.: 28.036.512

**TUTOR**

Ing. Fredy Barragán Suescún

C.I.: 11.151.678




VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	/			/		
2	/			/		
3	/			/		
4	/			/		
5	/			/		
6	/			/		
7	/			/		

Fecha: 31/03/2023

  
Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero Electricista, Especialista en Docencia para la Educación Superior, Magister Scientiarum en Instrumentación.
--	---



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ESTIMADO PROFESOR (A): Wiston Epinoza**

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL PARA ENERGIZAR EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AUTOPISTA BÁRBULA-GUACARA MEDIANTE EL VIENTO PRODUCIDO POR LOS VEHICULOS AUTOMOTORES.”**, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

**AUTOR:**

Ayaro Gutiérrez Ismael

Antonio

C.I.: 28.036.512

**TUTOR**

Ing. Fredy Barragán Suescún

C.I.: 11.151.678



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

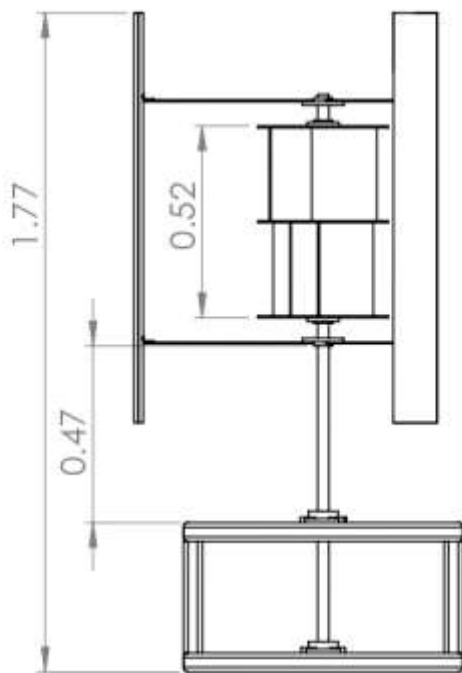
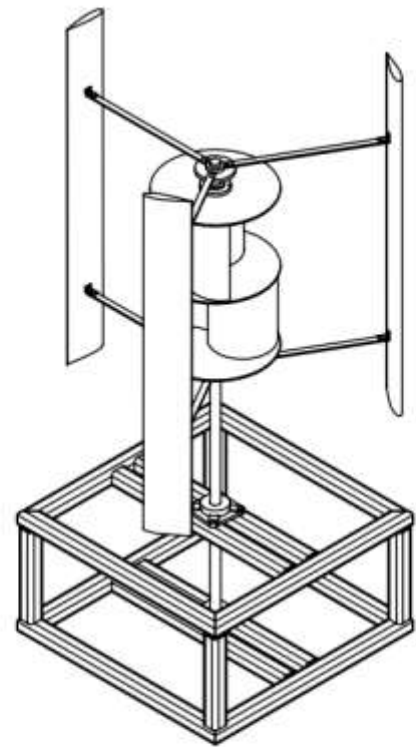
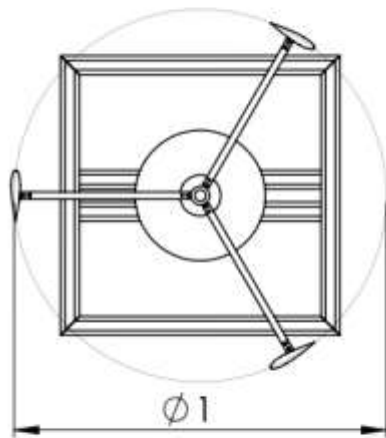
Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	/			/		
2	/			/		
3	/			/		
4	/			/		
5	/			/		
6	/			/		
7	/			/		

Fecha: 31/03/2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ing. Electrónica Esp API Msc. Ing. Eléctrica
--	--



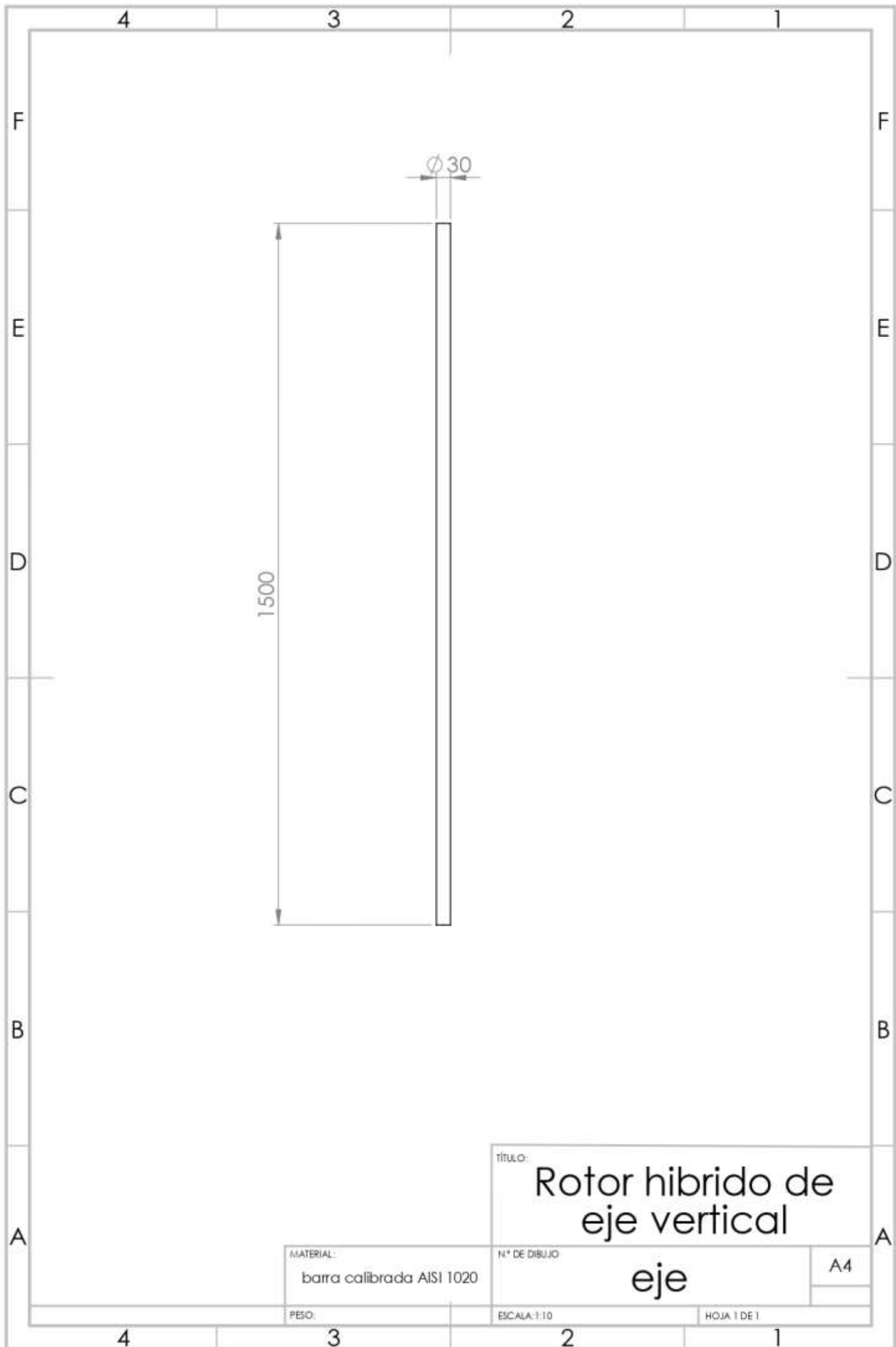
TÍTULO:  
**turbina eolica de  
 eje vertical hibrida**

N.º DE DIBUJO  
**esamblaje**

ESCALA: 1:20

HOJA 1 DE 1

A4



TÍTULO:  
**Rotor híbrido de eje vertical**

MATERIAL:  
barra calibrada AISI 1020

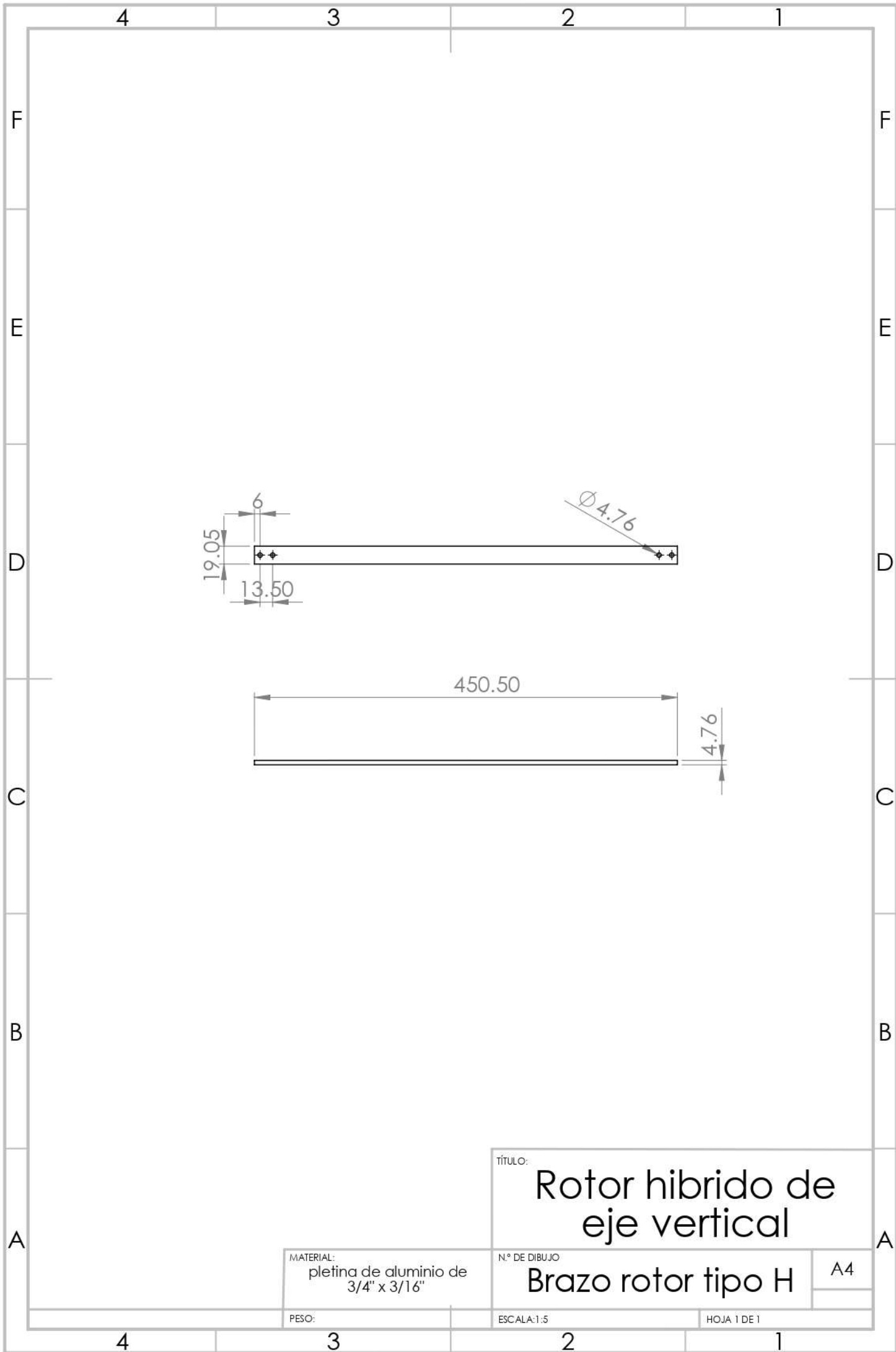
N° DE DIBUJO  
**eje**

A4

PESO:

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1



TÍTULO:  
**Rotor híbrido de eje vertical**

MATERIAL:  
 pletina de aluminio de 3/4" x 3/16"

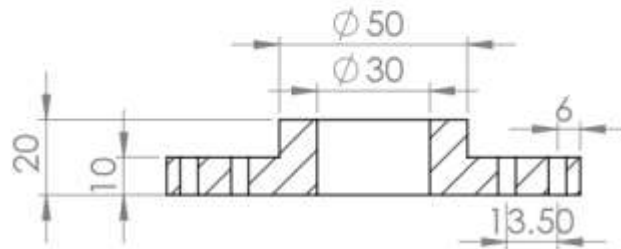
N.º DE DIBUJO  
**Brazo rotor tipo H**

A4

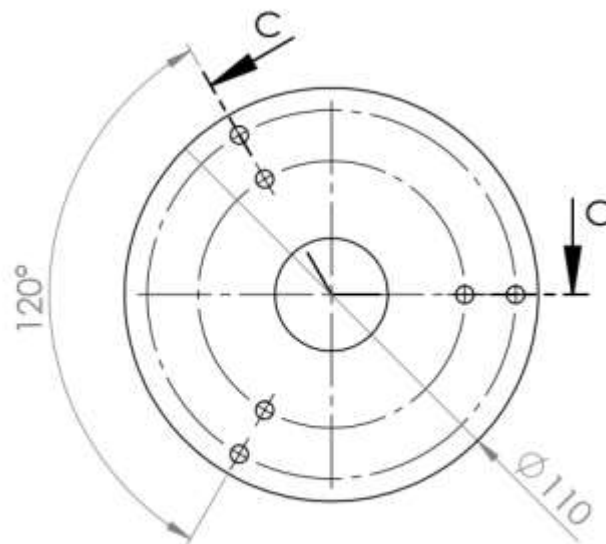
PESO:

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1



SECCIÓN C-C



TÍTULO:

Rotor híbrido  
de eje vertical

MATERIAL:

Aluminio

N.º DE DIBUJO

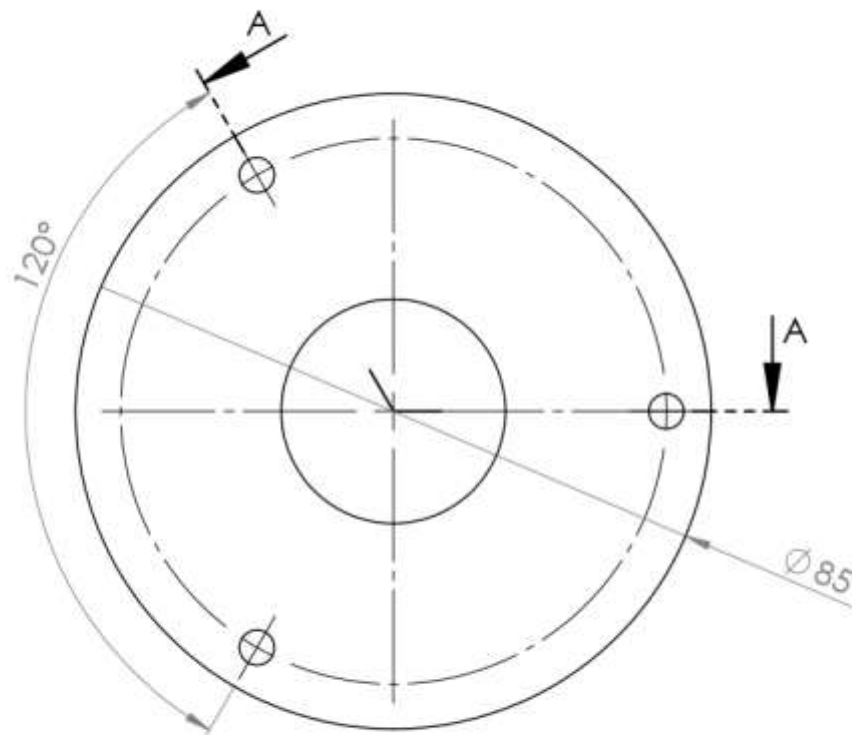
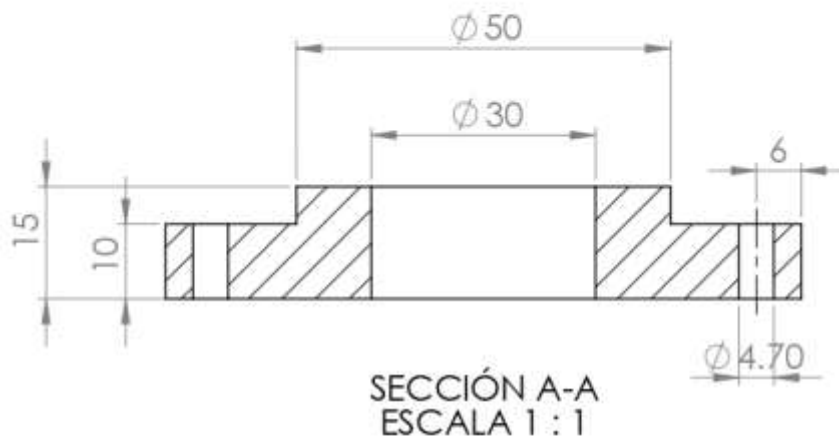
Disco de soporte de los  
brazos de la turbina tipo H

A4

Las cotas se expresan mm

ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1



TÍTULO:  
**Rotor híbrido de  
eje vertical**

MATERIAL  
Aluminio

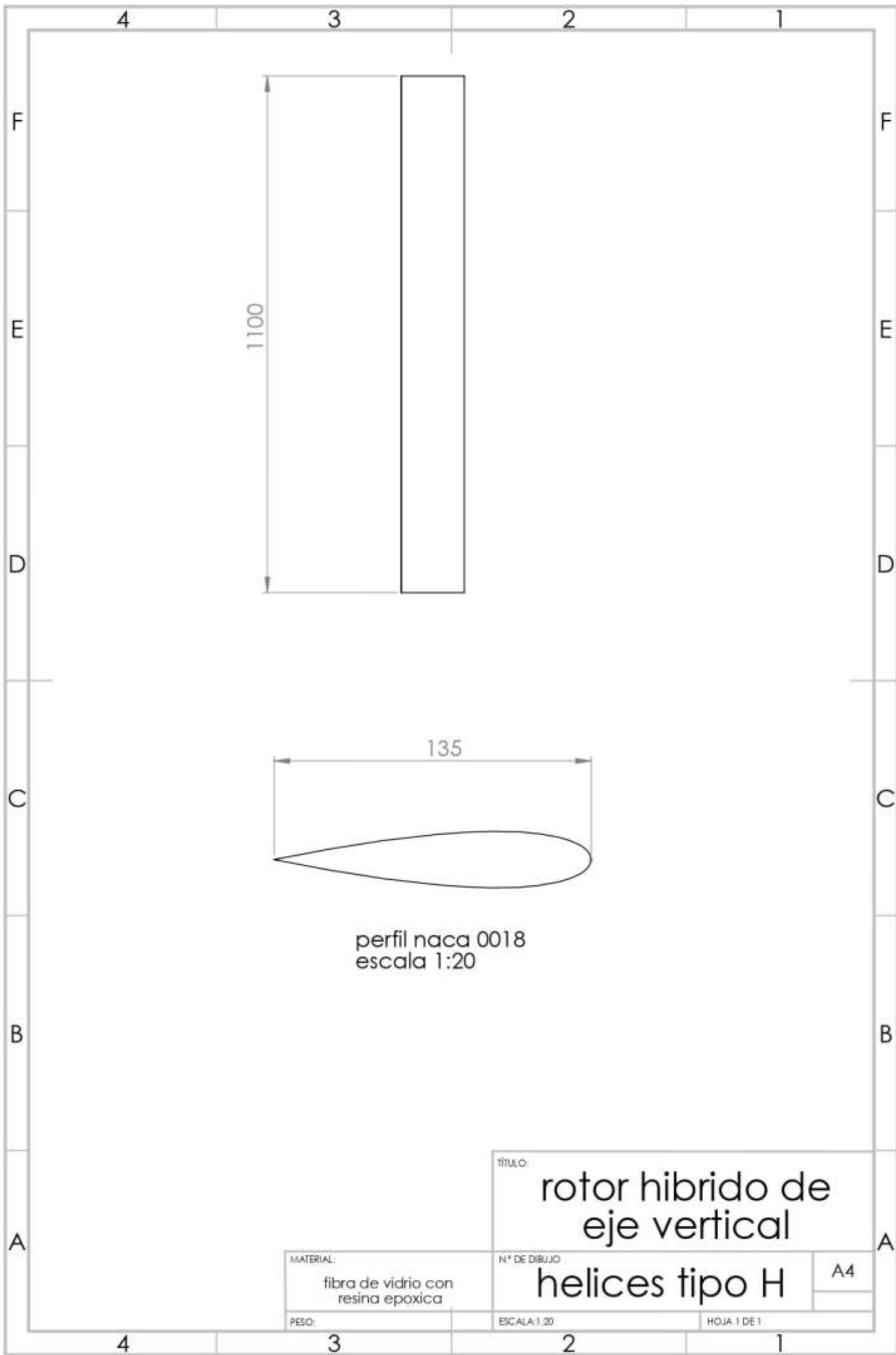
N.º DE DIBUJO  
Disco de soporte del  
rotor savonius

A4

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



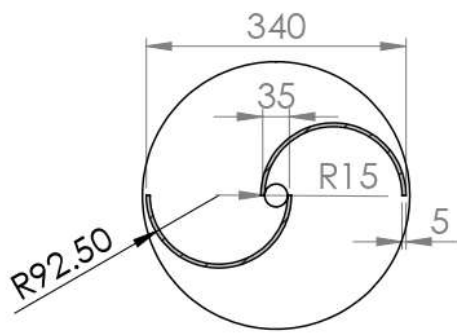
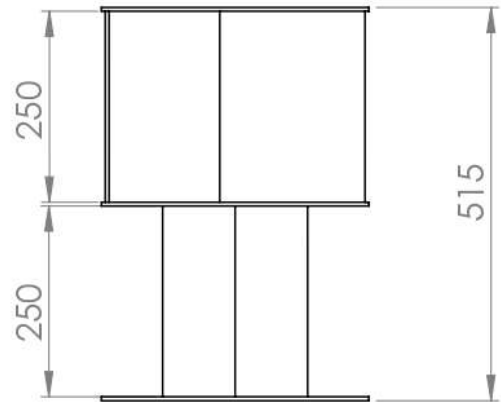
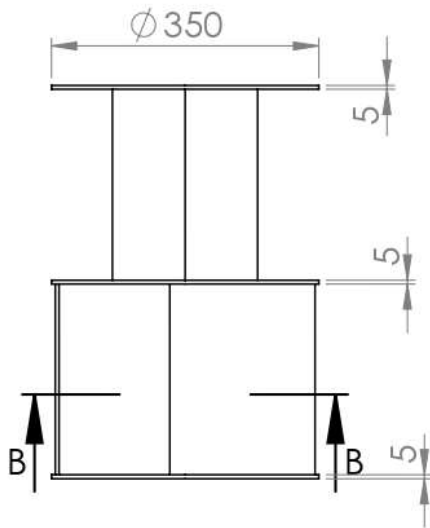
1100

135

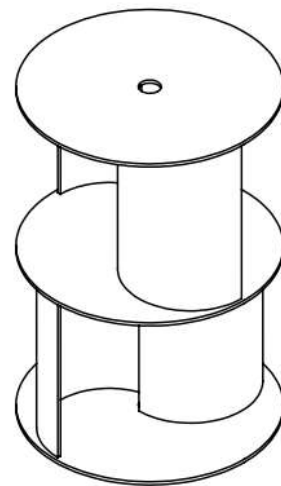
perfil naca 0018  
escala 1:20

TITULO:		rotor híbrido de eje vertical	
MATERIAL:		fibra de vidrio con resina epoxica	
N° DE DIBUJO:		helices tipo H	
PESO:		ESCALA: 1:20	
		HOJA: 1 DE 1	

A4



SECCIÓN B-B



TÍTULO:

ROTOR DE EJE  
VERTICAL HIBRIDO

MATERIAL:

Acrílico

N.º DE DIBUJO

Helices savonius

A4

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 1