



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

Tema:

“Diseño e implementación de un sistema de carga tipo rotor generador para incrementar la autonomía en una motocicleta eléctrica.”

Autor: Changoluisa Tipán, Luis Felipe

Director: Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

Latacunga, Enero 2023



**"Puedo aceptar fallar,
todo el mundo falla
en alguna ocasión.
Lo que no puedo
aceptar
es no intentarlo"**

(Michael Jordan)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Índice de Contenido

- **Antecedentes**
- **Planteamiento del problema**
- **Descripción resumida del proyecto**
- **Justificación e importancia**
- **Objetivos**
 - **Objetivo General**
 - **Objetivos Específicos**
- **Metas**
- **Movilidad Eléctrica**
- **Energía Eólica**
- **Generador eléctrico**
- **Inversor de corriente**
- **Regulador de voltaje**

- Acumulador de energía
- Diseño y construcción del prototipo
- Funcionamiento del prototipo
- Evaluación del comportamiento del viento disponible
- Fuerzas del viento
- Perfil aerodinámico
- Diseño de las aspas
- Simulación CFD del sistema rotor generador
- Pruebas Iniciales sin el prototipo
- Pruebas Finales con el prototipo
- Pruebas de funcionamiento
- Conclusiones
- Recomendaciones

Antecedentes



Según (Martínez, 2018) menciona que: La masiva utilización de combustibles fósiles ha llevado a un incremento considerable de gases efecto invernadero (GEI), principalmente el CO₂, en la atmósfera de nuestro planeta.



Según (Oficina Española de Patentes y Marcas [OEPM], 2011) comenta que un generador eólico para vehículos, se basa en el aprovechamiento del aire que entra por la rejilla frontal de un vehículo, cuando está en movimiento, para producir energía eléctrica y dotarlo a éste de mayor autonomía.



Planteamiento del Problema

Uso de energías renovables para disminuir la contaminación

Sistema Rotor generador de energía para aumentar la autonomía.

Uso de la energía de las corrientes de aire frontales que chocan en el sistema de aspas

Implementar un generador tipo rotor para optimizar el tiempo de carga.

Investigación actualizada de la generación de energía a través del viento.

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CARGA TIPO ROTOR GENERADOR PARA INCREMENTAR LA AUTONOMÍA EN UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA”

El uso de combustibles fósiles genera altos niveles de contaminación.

Pocos avances en el uso de energías renovables para la movilidad eléctrica.

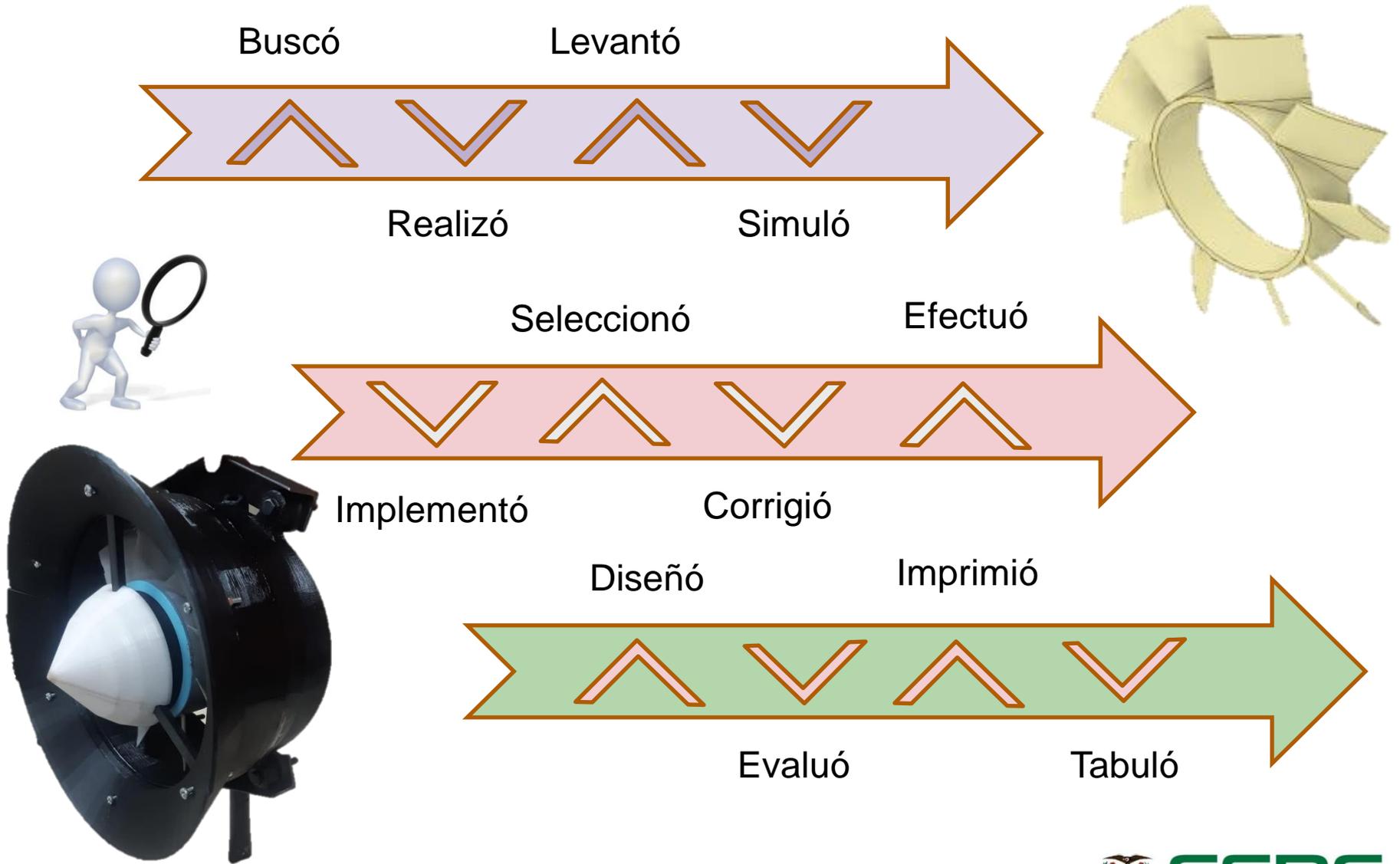
Falta de sistemas de carga que aprovechen las energías renovables.

Excesivo tiempo en la recarga de baterías de este tipo de vehículos.

Innovar en el campo automotriz.



Descripción resumida del proyecto



Justificación e importancia



Aprovechamiento de la energía presente en el viento



Disminución del porcentaje de contaminación hacia el ambiente



Alta demanda por su accesibilidad económica

Uso conceptualizado de energías alternativas

Elevar la autonomía de la moto eléctrica

Objetivos

Objetivo General



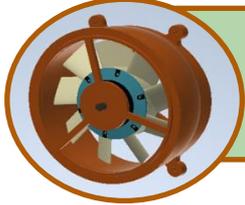
Diseñar e implementar el sistema de carga tipo Rotor Generador para incrementar la autonomía en una motocicleta eléctrica.



Objetivos Específicos



Levantar los requerimientos necesarios para el diseño e implementación del sistema de carga tipo rotor generador.



Realizar el diseño, dimensionamiento y modelación del mecanismo generador a través de un software especializado.



Seleccionar los materiales y componentes electrónicos para la construcción del prototipo de carga tipo rotor – generador.

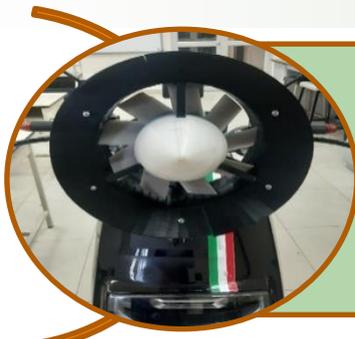


Efectuar pruebas de autonomía iniciales y finales de la motocicleta eléctrica en la ruta seleccionada mediante un protocolo de pruebas establecido.



Realizar la evaluación y análisis que determinen la factibilidad del uso del sistema de carga tipo rotor.

Meta



Se implementó el sistema de carga tipo Rotor - Generador el cual permitió aumentar la autonomía de la motocicleta eléctrica entre un 5 y 10 %, permitiendo aprovechar la energía del viento y reduciendo costos de operación.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Movilidad Eléctrica

Necesidad del Vehículo Eléctrico



Movilidad Eléctrica a nivel global



Motocicleta eléctrica



Energía Eólica

Origen

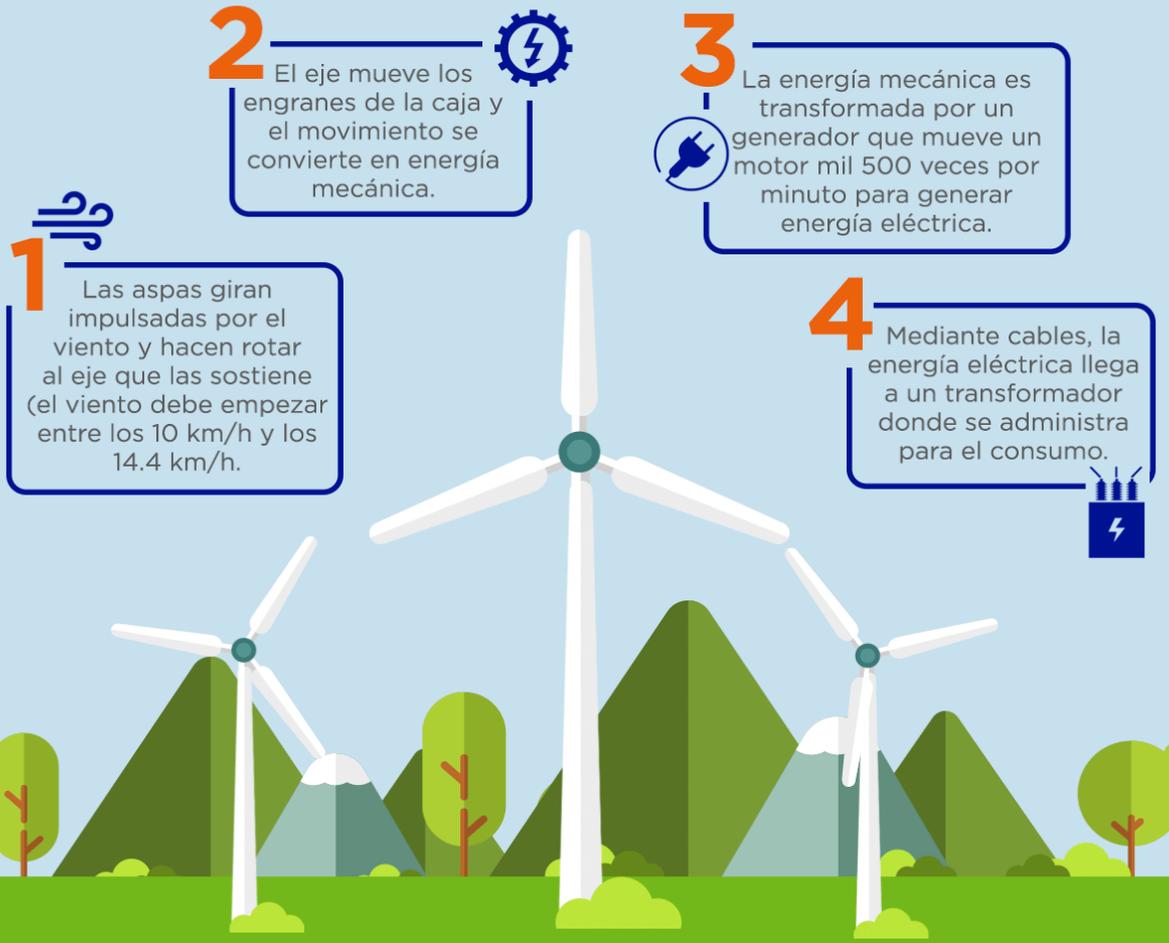


Potencial energético



Formas de aprovechamiento

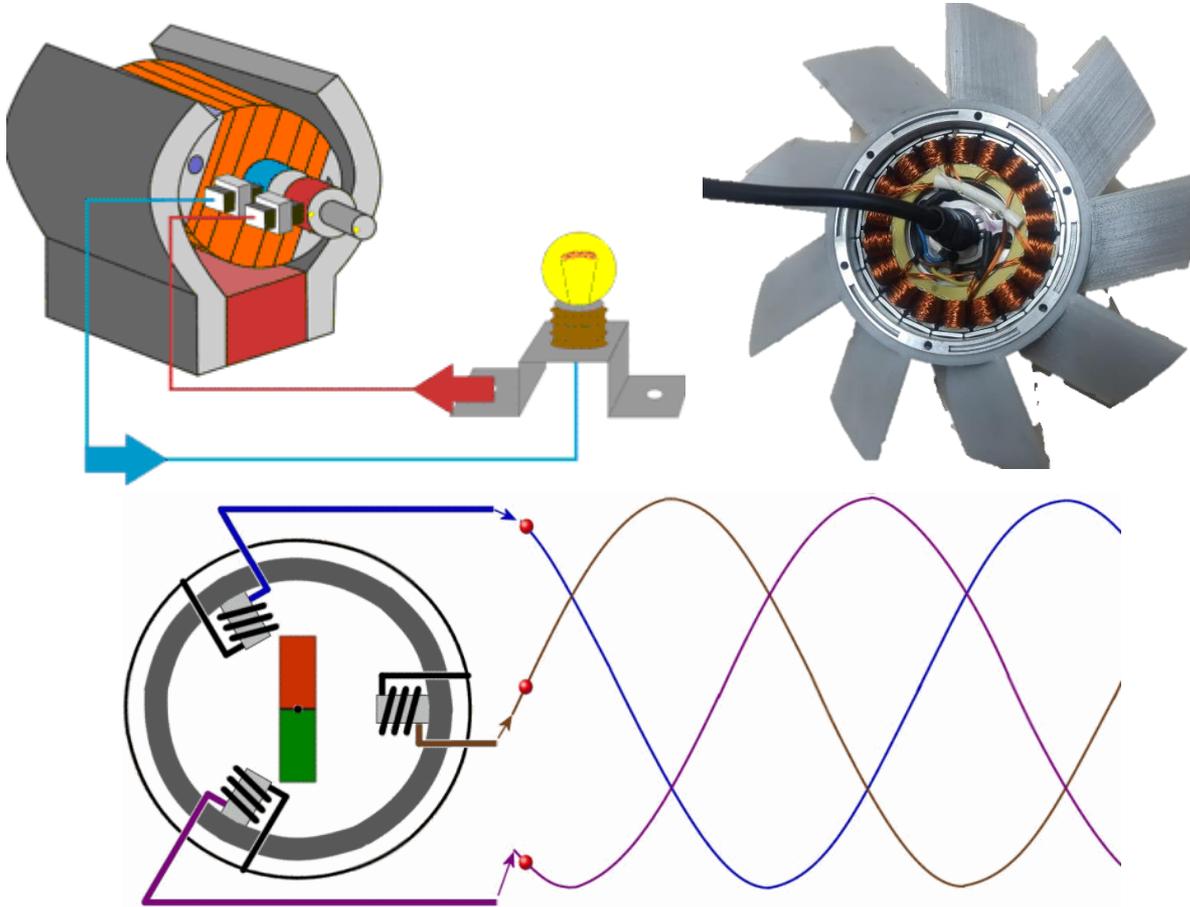
Proceso de la energía eólica



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Generador eléctrico

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la inducción electromagnética



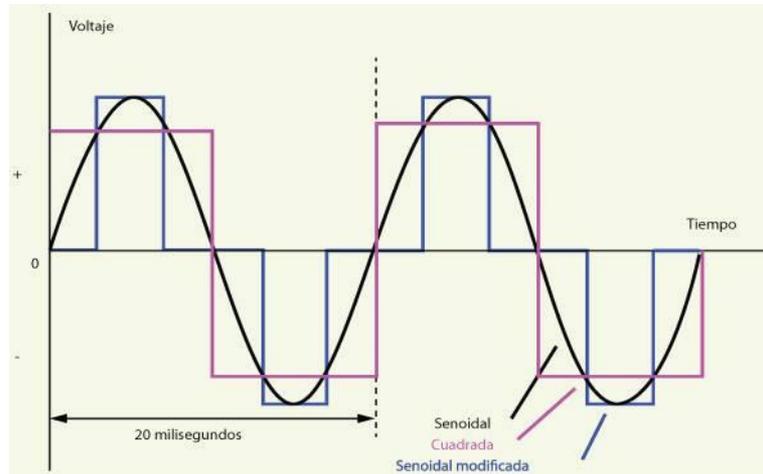
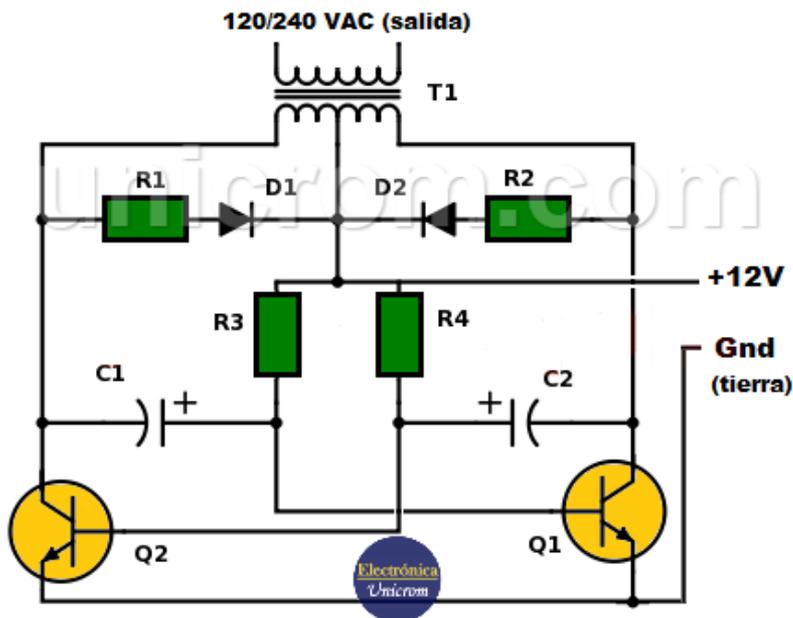
Motor eléctrico	Motor Brushless (motor eléctrico sin escobillas)
Marca	Ninebot
Modelo	ZING E10
Tipo de corriente	Corriente continua DC
Potencia de salida	150 Watts
Voltaje	24 V
Rotación	200 ~ 600 Rpm
Carga máxima	60 Kg
Eficiencia nominal	≥ 75%
Corriente de salida	0,8 - 1 A



Inversor de corriente

Convierte la corriente continua en corriente alterna

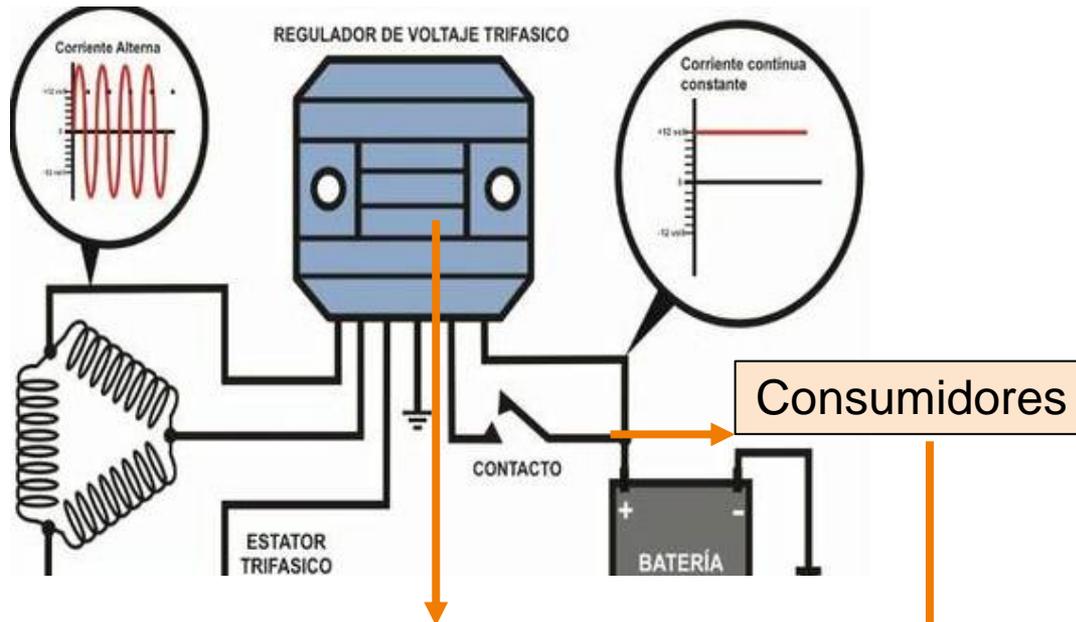
Inversor 12VDC a 120VAC con dos transistores



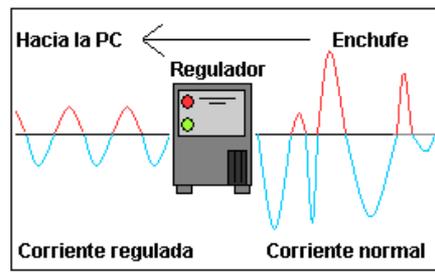
Marca	Truper
Voltaje de entrada	12 V c.d.
Voltaje de salida	120 V c.a.
Potencia de salida	750 W

Regulador de voltaje

Permite limitar el valor de voltaje que se suministra a un consumidor.

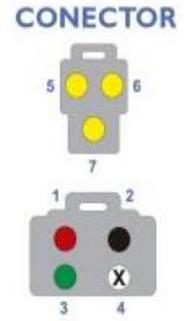


Trifásico



Marca	Xlsion
Voltaje de entrada	10 V – 50 V AC
Voltaje de salida	12 V – 14.5 V DC
Número de cables	6
Corriente de salida	0 - 4 Amperios

Nº	Color	Descripción
1	Rojo	Batería
2	Negro	Retorno Switch
3	Verde	Tierra o masa
4	--	--
5	Amarillo	Generador
6	Amarillo	Generador
	Amarillo	Generador



Acumulador de energía y voltímetro DC

Marca: Kaiser

Voltaje

Capacidad



Estado de carga SOC

Profundidad de descarga DOD



60%



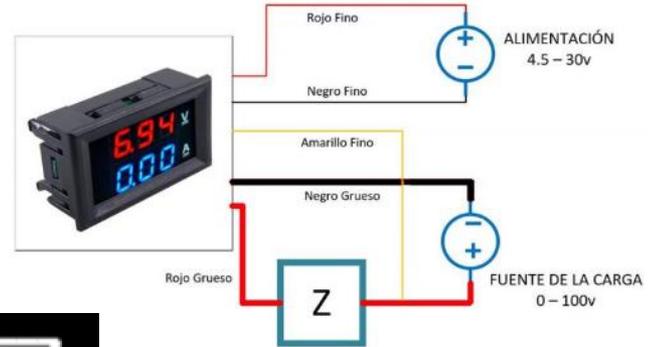
40%

Rango de medición de voltaje

DC 0 - 100V

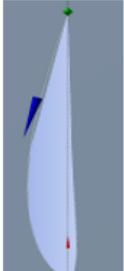
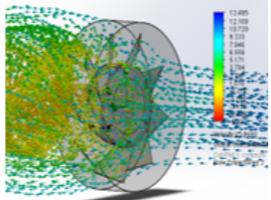
Rango de medición de corriente

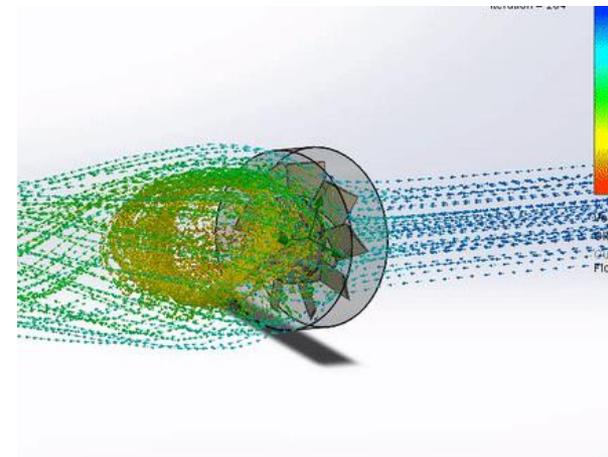
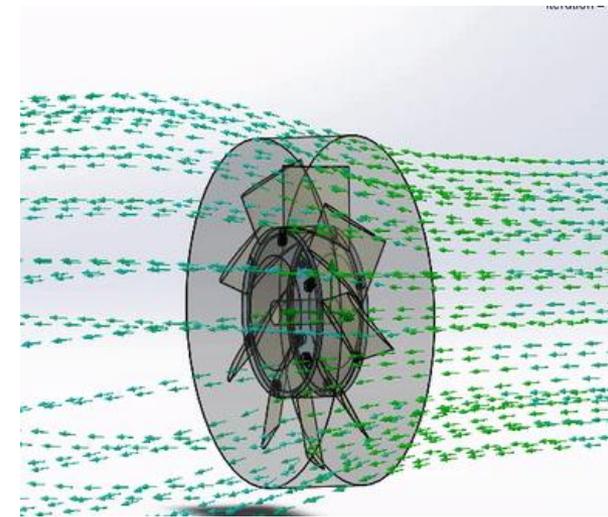
DC 0 - 10 A



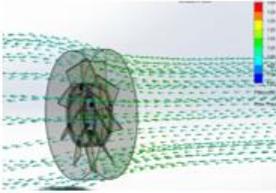
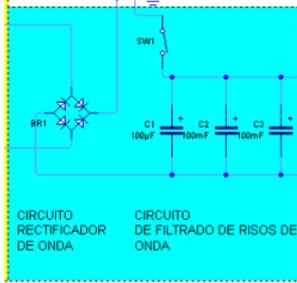
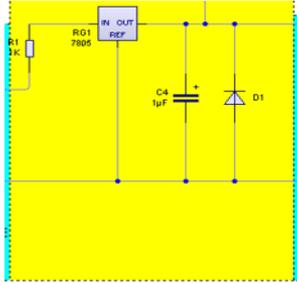
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño y construcción del prototipo

Requerimientos de diseño	Selección del perfil aerodinámico	Diseño CAD del prototipo	Simulación CFD del sistema de aspas
Se selecciona el motor generador para el prototipo.	Se selecciona el perfil GOE 428 para el sistema de aspas.	Se diseña cada uno de los elementos del sistema de carga tipo rotor generador.	Mediante el software se analiza el comportamiento del sistema de aspas.
			
Selección de la batería auxiliar	Selección del rectificador e inversor	Impresión 3D del prototipo	Selección de materiales
Que tenga una capacidad de almacenamiento considerable.	Se elige en función de los valores obtenidos	Definiendo el porcentaje de relleno de cada elemento.	Se selecciona el material para la impresión 3D de cada elemento.
			



Funcionamiento del prototipo

<p>Energía eólica</p>	<p>Captación de la energía eólica</p>	<p>Funcionamiento del generador eléctrico</p>	<p>Rectificador y filtro</p>
<p>Presente en las ráfagas de viento que chocan con la parte frontal de la moto.</p>	<p>Mediante el sistema de aspas aprovechando el flujo de aire.</p>	<p>Generando corriente alterna acorde a la velocidad del viento.</p>	<p>La corriente alterna generada por el prototipo es rectificada.</p>
			 <p>CIRCUITO RECTIFICADOR DE ONDA</p> <p>CIRCUITO DE FILTRADO DE RISOS DE ONDA</p>
<p>Funcionamiento del cargador original</p>	<p>Funcionamiento del inversor de 750 W</p>	<p>Almacenamiento de la energía generada</p>	<p>Regulador de voltaje</p>
<p>Carga la batería de litio original de la moto eléctrica.</p>	<p>Transforma la corriente directa de la batería en corriente continua.</p>	<p>La energía se almacena en la batería de ácido plomo</p>	<p>Para estabilizar y regular el voltaje para su posterior almacenamiento</p>
			



Evaluación del comportamiento del viento disponible

Ruta seleccionada



Motor Eléctrico	
Motor eléctrico	Motor eléctrico DC-QS-BLDC Brushless
	Direct Current
Tipo de corriente	Corriente Directa DC
Potencia	2000 W
Batería	
Tipo de batería	Litio 72 V
Capacidad de almacenamiento	22 Ah

Anemómetro de mano



Velocidades del viento

Velocidad de la moto	Velocidad máxima del aire (m/s)	Evidencia
Primera Velocidad (40 a 45 km/h)	6.3	
Segunda Velocidad (45 a 50 km/h)	12.9	
Tercera Velocidad (50 a 60 km/h)	14.6	

Evaluación del comportamiento del viento disponible

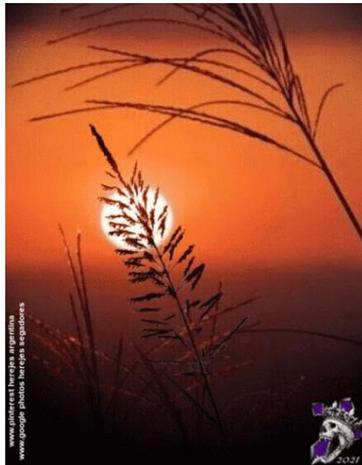
Velocidad media del viento

$$V_m = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

$$V_m = \frac{6,3 + 12,9 + 14,6}{3}$$

$$V_m = 11,26 \text{ [m/s]}$$

$$V_n = 11 \text{ [m/s]}$$



Densidad del aire

$$\rho = \frac{0,34848p - 0,009h_T * (0,061t)}{273,15 + t}$$

$$\rho = \frac{0,34848(1026 \text{ mbar}) - 0,009(0,59) * (0,061 * 13^\circ\text{C})}{273,15 + 13^\circ\text{C}}$$

$$\rho = 1,2495 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

TIEMPO ACTUAL
17:54

 **13°C** **Muy soleado**
SENSACIÓN TÉRMICA 14°

Se espera un cielo parcialmente despejado. La temperatura máxima será de 22°.

VIENTO	HUMEDAD	VISIBILIDAD	PRESIÓN	PUNTO DE ROCÍO
18 km/h ↓	59%	10 km	1026 mbar	6°

Fuerzas del viento

Fuerza del viento

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} * \rho * v^2$$

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} * 1,2495 * 11,26^2$$

$$P_{\text{viento}} = 79,21 \text{ Pa}$$

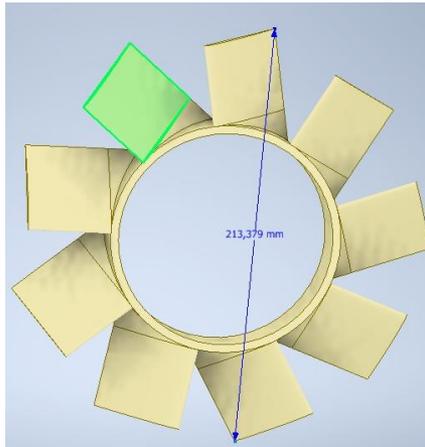


Velocidad angular

$$w = \frac{\gamma * v}{R}$$

$$w = \frac{0,8 * 11,26}{0,05}$$

$$w = 180,16 \text{ [rad/s]}$$



Fuerza centrífuga

$$F_c = m * R * w^2$$

$$F_c = 0,025 \text{ kg} * 0,05 \text{ m} * 180,16^2$$

$$F_c = 40 \text{ [N]}$$

Área del prototipo

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (0,106)^2$$

$$A = 0,035 \text{ [m}^2\text{]}$$

Caudal de viento

$$Q = Vm * A$$

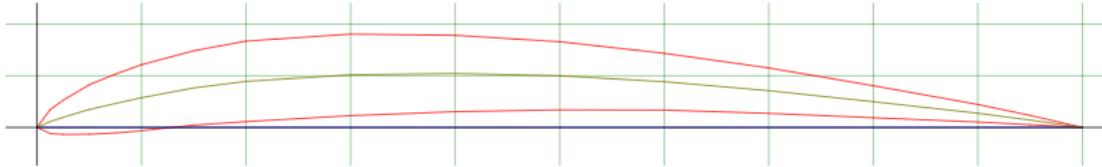
$$Q = 11,26 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,035 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,39 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Perfil aerodinámico

Perfil GOE 428 AIRFOIL

GOE 428 AIRFOIL - Gottingen 428 airfoil



Coordenadas para un tamaño de hélice de 10 cm.

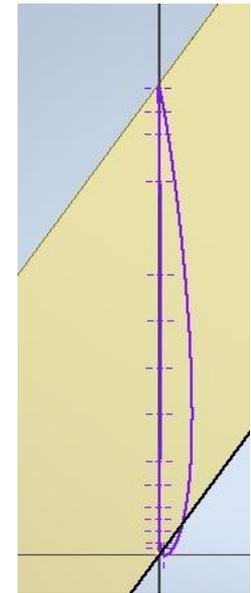
	Y"	1,25	2,75	3,5	4,8	6,05	6,5	7,55	8,2	8,55	8,35	7,8	6,8	4,2	2,15	1,2	0
	mm																
N428	Y	1,25	0,3	0,2	0,1	0	0	0,05	0,15	0,3	0,4	0,4	0,4	0,15	0,05	0	0
	mm																
	X	0	1,3	2,5	5	7,5	10	15	20	30	40	50	60	80	90	95	100
	mm																

Coordenadas para un tamaño de hélice de 5 cm.

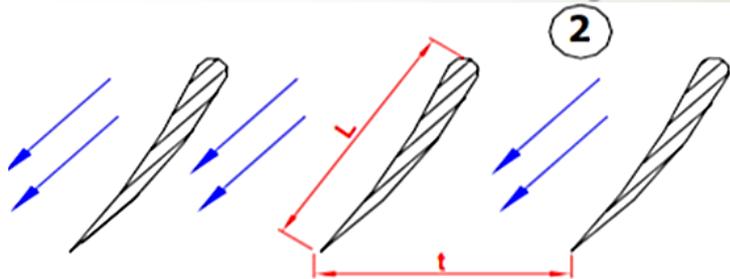
	Y"	1,25	2,75	3,5	4,8	6,05	6,5	7,55	8,2	8,55	8,35	7,8	6,8	4,2	2,15	1,2	0
	mm																
N428	Y	0,62	0,15	0,1	0,05	0	0	0,02	0,07	0,15	0,2	0,2	0,2	0,07	0,02	0	0
	mm	5						5	5					5	5		
	X	0	0,65	1,25	2,5	3,75	5	7,5	10	15	20	25	30	40	45	47,5	50
	mm																

Selección del material

PETG



Diseño de las aspas



Distancia entre aspas

$$t = \frac{2 * \pi * r}{z}$$

$$t = \frac{2 * \pi * 106,15}{9}$$

$$t = 74,11 \text{ [mm]}$$

Longitud de cuerda del perfil

$$L_e = \frac{t}{1,2}$$

$$L_e = \frac{74,11}{1,2}$$

$$L_e = 61,75 \text{ [mm]}$$

Velocidad tangencial

$$U = \frac{\pi * D * n}{60}$$

$$U = \frac{\pi * 0,213 * 600}{60}$$

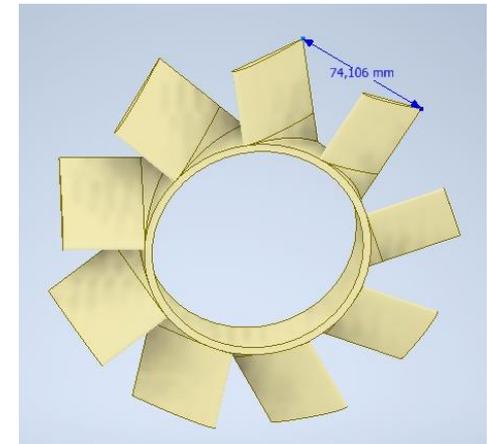
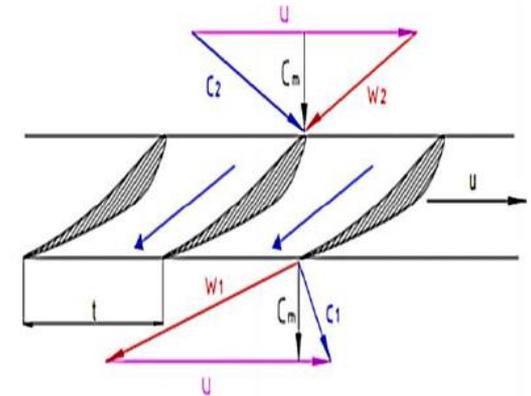
$$U = 6,69 \text{ [m/s]}$$

Velocidad axial

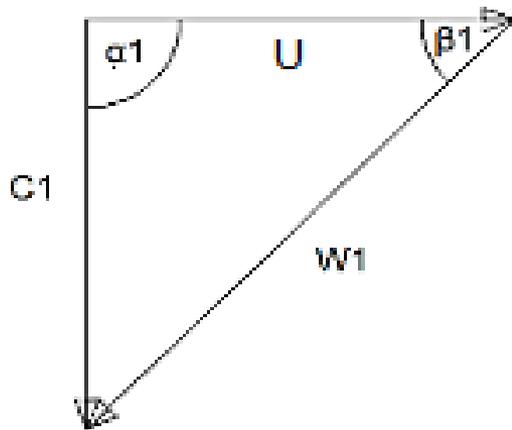
$$C_m = \frac{0,8 * Q * 4}{\pi * (De^2 - Di^2)}$$

$$C_m = \frac{0,8 * 0,39 * 4}{\pi * (0,213^2 - 0,109^2)}$$

$$C_m = 11,86 \text{ [m/s]}$$



Diseño de las aspas



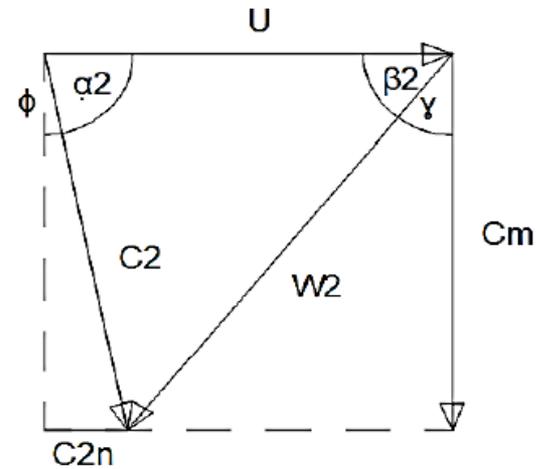
Velocidad relativa

$$C_1 = C_m = 11,86 \text{ [m/s]}$$

$$W_1 = \sqrt{U^2 + C_1^2}$$

$$W_1 = \sqrt{6,69^2 + 11,86^2}$$

$$W_1 = 13,62 \text{ m/s}$$



Ángulo β_1

$$\beta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{U}{C_1}\right)$$

$$\beta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{6,69}{11,86}\right)$$

$$\beta_1 = 29,43^\circ$$

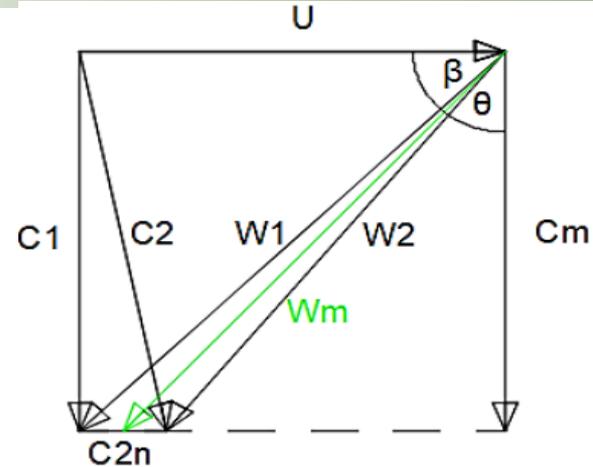
Diseño de las aspas

Velocidad relativa media

$$W_m = \sqrt{C_m^2 + \left(U - \frac{3,4}{2}\right)^2}$$

$$W_m = \sqrt{11,86^2 + \left(6,69 - \frac{3,4}{2}\right)^2}$$

$$W_m = 12,86 \text{ m/s}$$



Ángulo β

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{C_m}{U - \frac{3,4}{2}}\right)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{11,86}{6,69 - \frac{3,4}{2}}\right)$$

$$\beta = 46,2^\circ$$

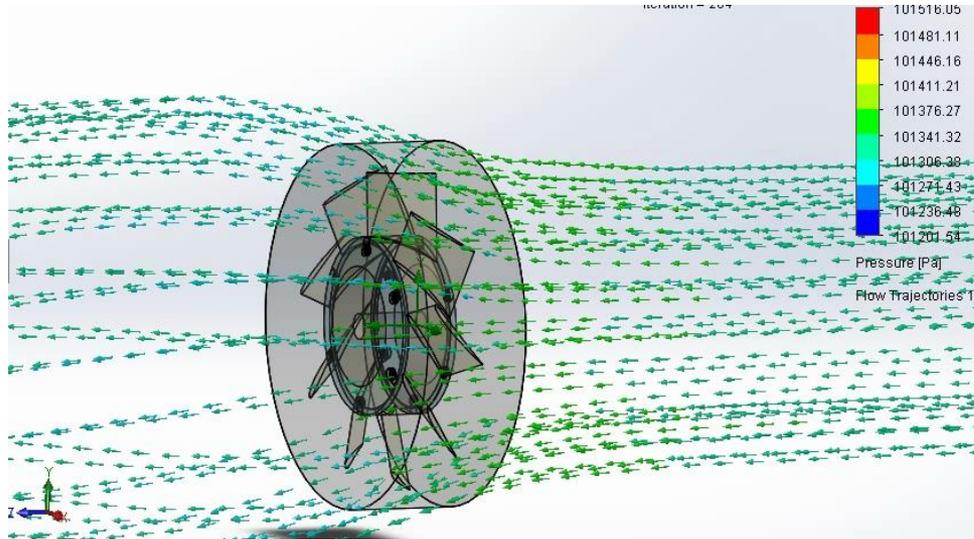
Ángulo de ataque

$$\theta = 90^\circ - \beta$$

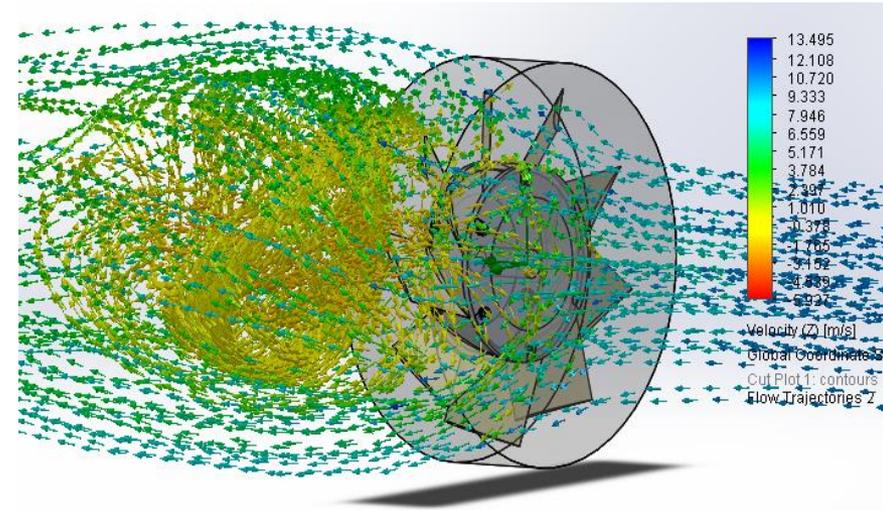
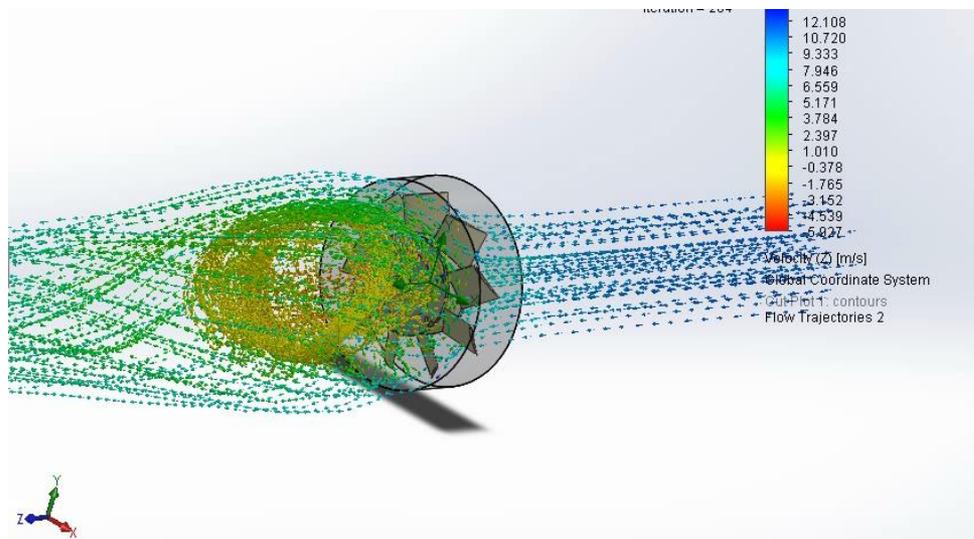
$$\theta = 90^\circ - 46,2$$

$$\theta = 43,8^\circ$$

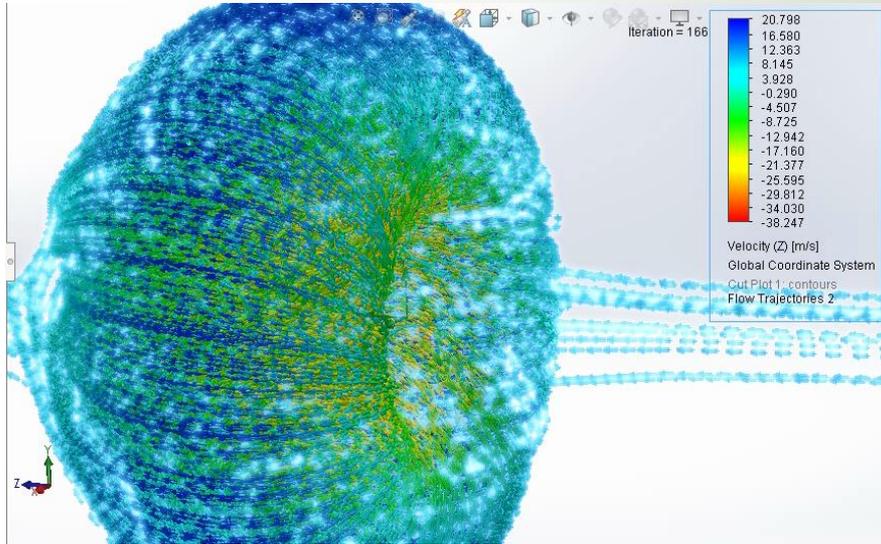
Simulación CFD del sistema rotor generador



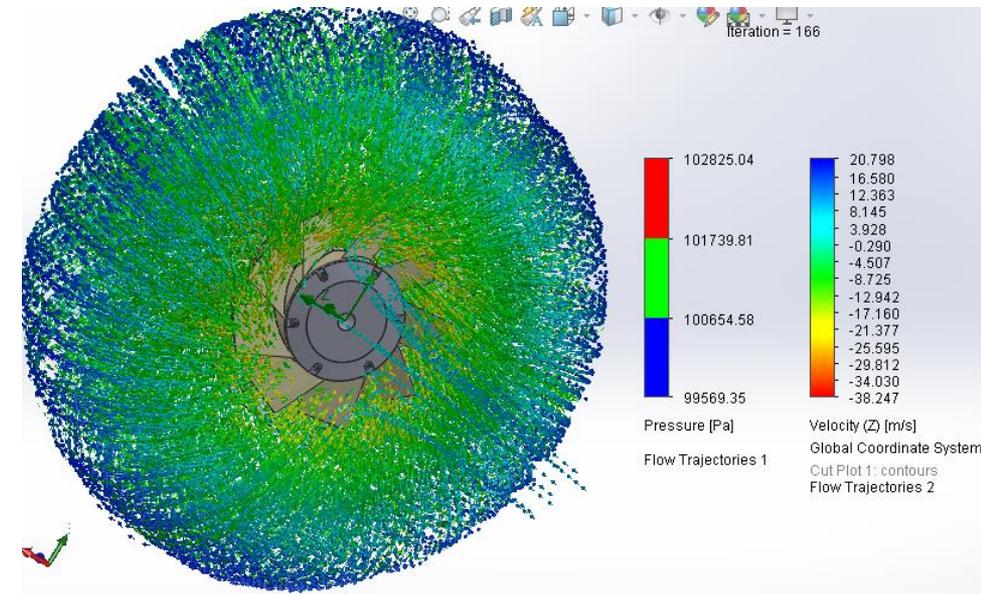
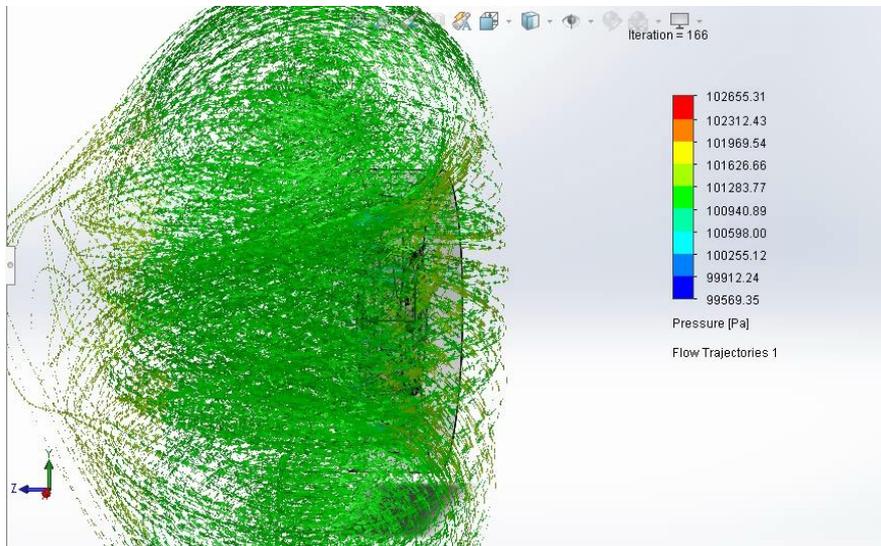
Presión	101201.54 [Pa] - 101516.05 [Pa]
Velocidad	0.223 [m/s] - 19.314 [m/s]
Temperatura	293.14 °K - 293.28 °K (19.99 °C - 20.13°C)
Densidad del aire	1.20 [kg/m ³] - 1.21 [kg/m ³]
Presión de referencia	101325.00 [Pa]



Simulación CFD del sistema a una velocidad media

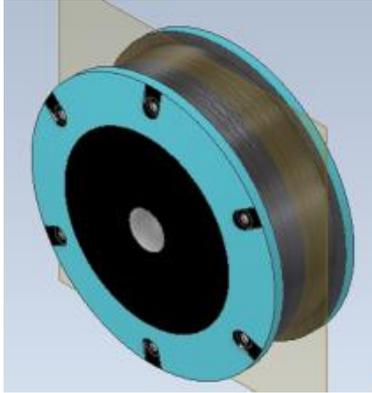


Presión	99569.35 [Pa] - 102655.31 [Pa]
Velocidad	0.160 [m/s] - 63.995 [m/s]
Temperatura	293.03 °K - 295.27 °K (19.88 °C - 22.12°C)
Densidad del aire	1.18 [kg/m ³] - 1.22 [kg/m ³]
Presión de referencia	101325.00 [Pa]

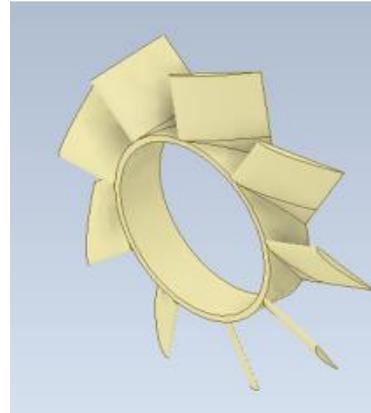


Diseño e impresión 3D de elementos del sistema

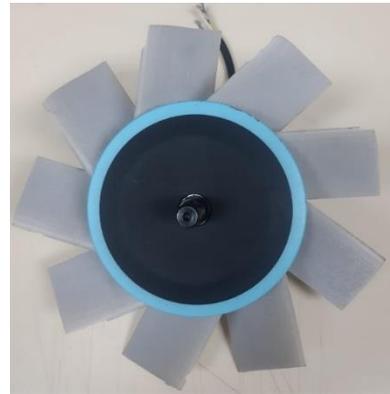
Motor eléctrico



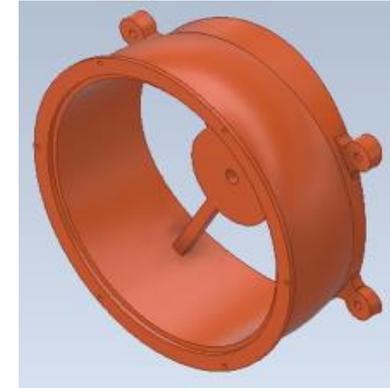
Aspas



Material	Filamento PETG
Porcentaje de relleno	90 %
Peso aproximado	233 g
Color	Blanco



Estructura



Material	Filamento PLA
Porcentaje de relleno	70 %
Peso aproximado	991 g
Color	Negro



🕒 3 días 8 horas 16 minutos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Elementos del sistema rotor generador

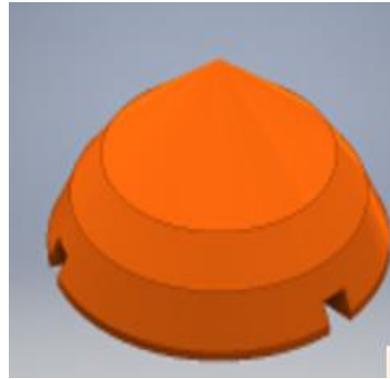
Tapa Estructura



Material	Filamento PLA
Porcentaje de relleno	70 %
Peso aproximado	146 g
Color	Negro



Rompevientos

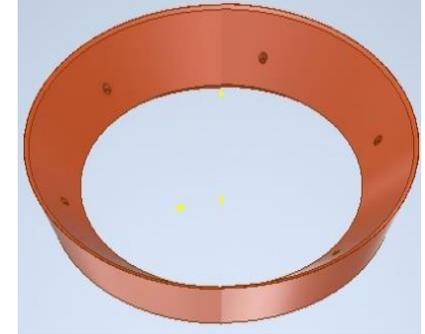


Material	Filamento PETG
Porcentaje de relleno	50 %
Peso aproximado	246 g
Color	Blanco



Tiempo estimado de impresión:
- modo normal 18h 0m

Colector de aire



Material	Filamento PLA
Porcentaje de relleno	70 %
Peso aproximado	239 g
Color	Negro



🕒 1 día 10 horas 12 minutos



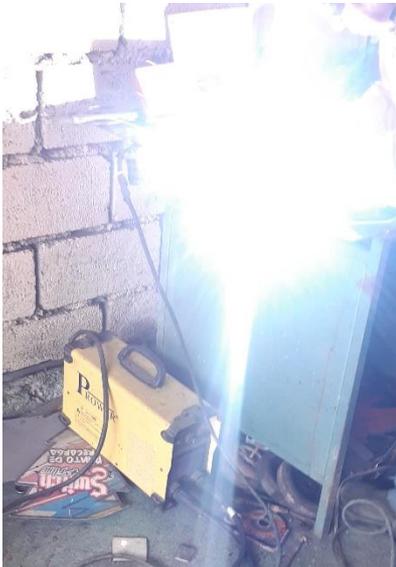
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Elementos del sistema rotor generador

Soporte



Platina de 3mm	18 cm de platina
Tubo Estructural Galvanizado Redondo de 2mm	56 cm de tubo
Ángulo Doblado de 2mm	36 cm de ángulo
Peso aproximado	2,5 kg
Color	Negro



Selección de componentes complementarios



SOC

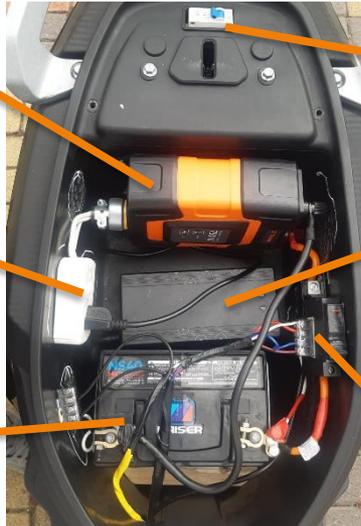
DOD



Inversor de corriente

Enchufe eléctrico

Batería auxiliar



Interruptor principal

Cargador de la batería de litio

Bloques de terminales

Selección de la batería

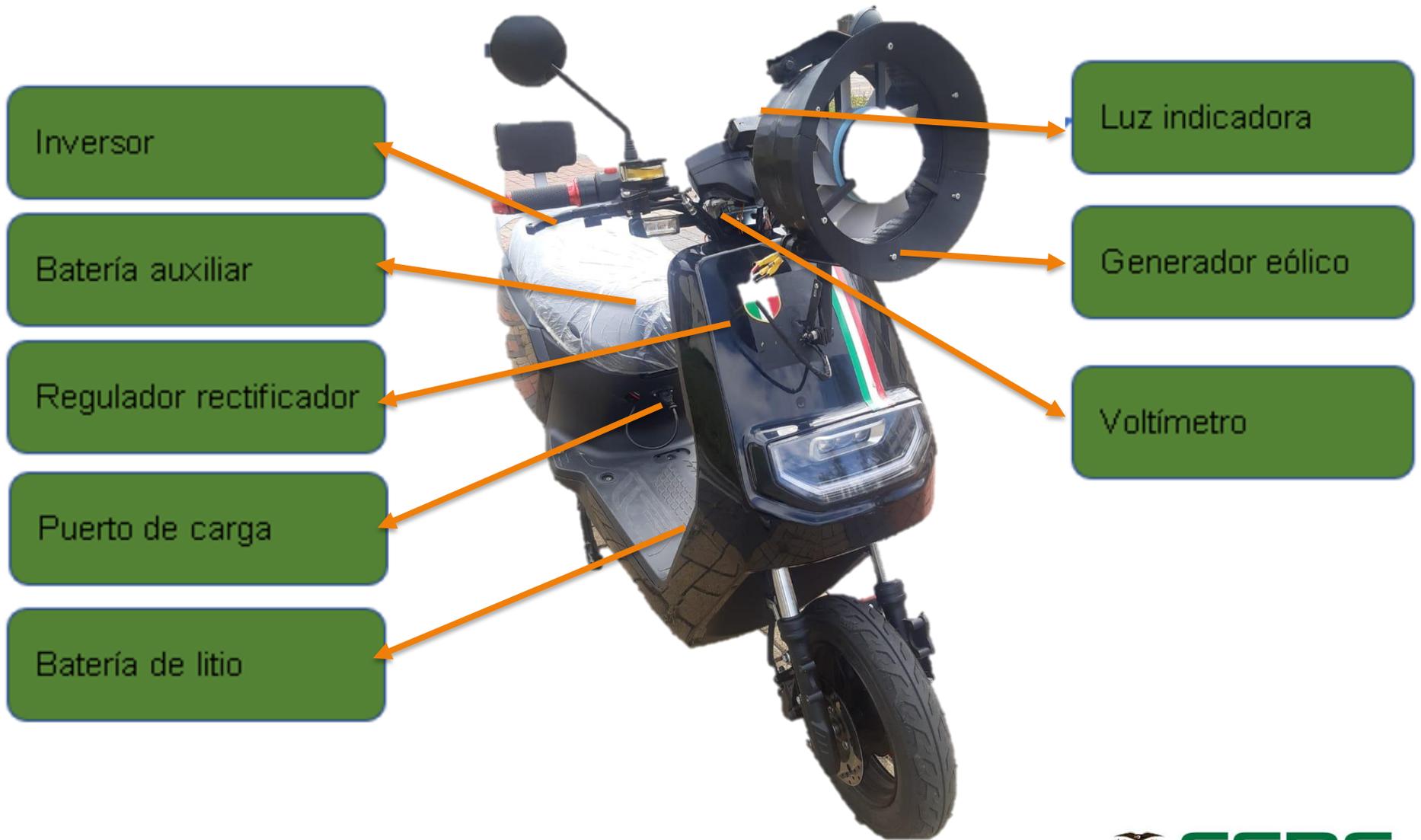
Selección del inversor

Cargador



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ubicación de los elementos del sistema rotor generador



Ventilación de los elementos del sistema rotor generador

Dispone de un ventilador en la parte interna y disipa el calor mediante orificios de ventilación ubicado en la maleta.

Todas las perforaciones realizadas en la parte del maletero ayudan a disipar el calor producido en la parte interna.



Orificios de ventilación ubicado en la maleta para una mejor disipación del calor



Detrás del carenado de la parte frontal de la moto y se ventila mediante agujeros de ventilación.

Etapas de potencia-circuitos eléctricos

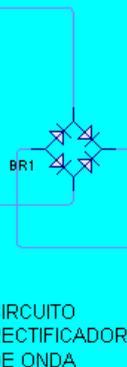
ETAPA 1
GENERADOR EÓLICO



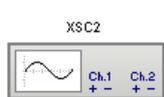
GENERADOR TRIFÁSICO



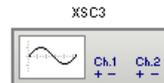
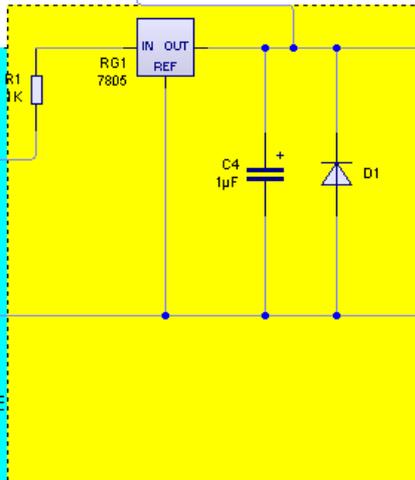
ETAPA 2
RECTIFICACIÓN Y FILTRO



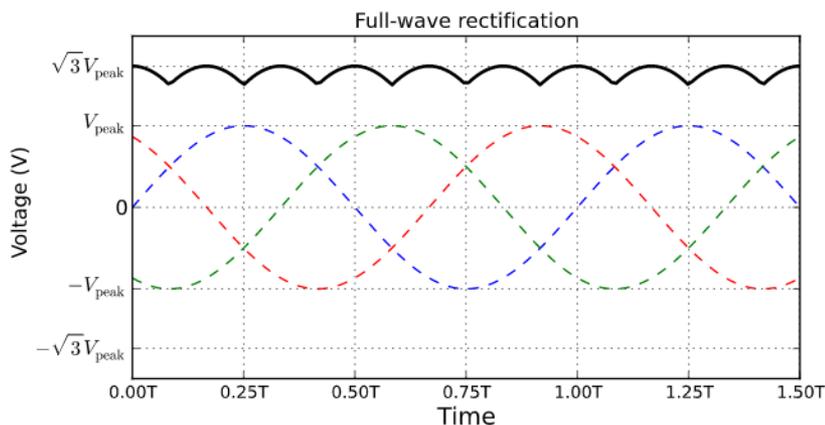
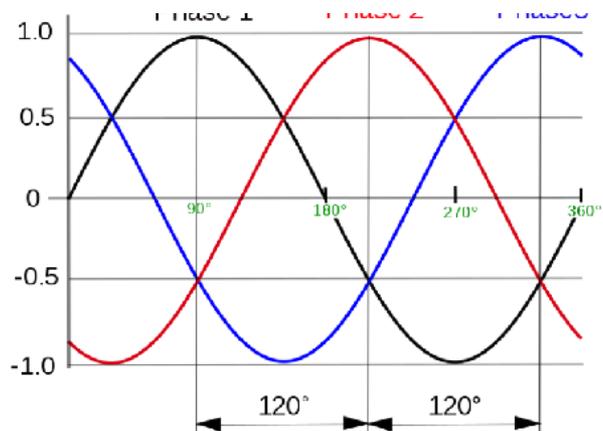
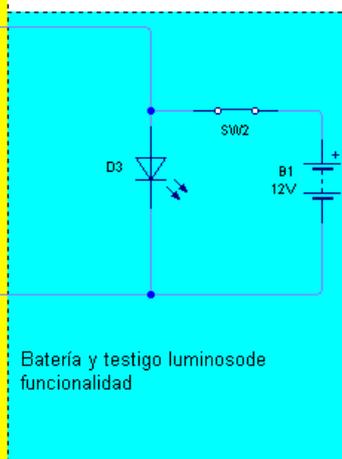
CIRCUITO DE FILTRADO DE RISOS DE ONDA



ETAPA 3
REGULACIÓN DE VOLTAJE

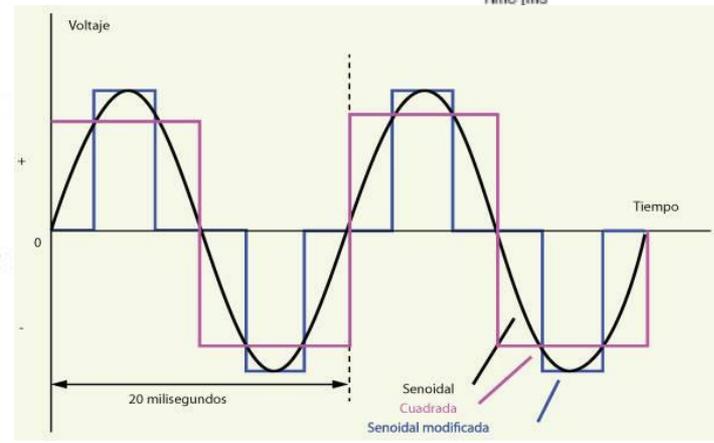
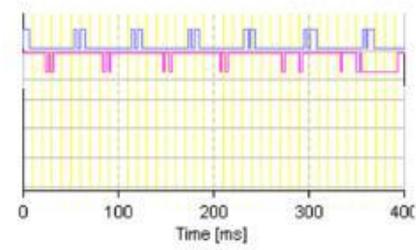
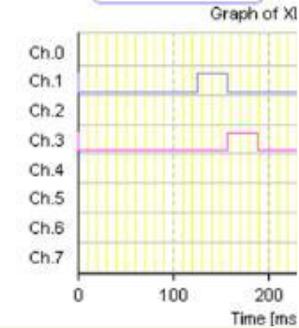
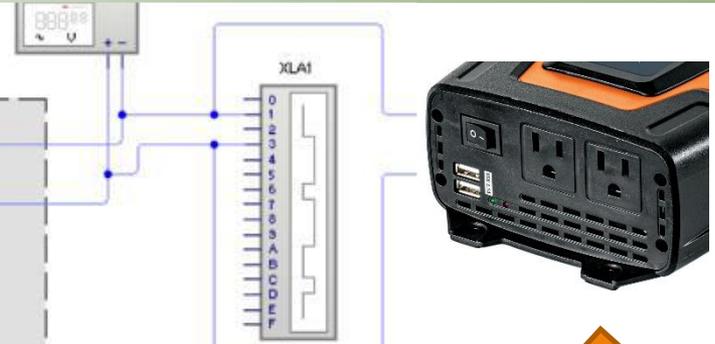
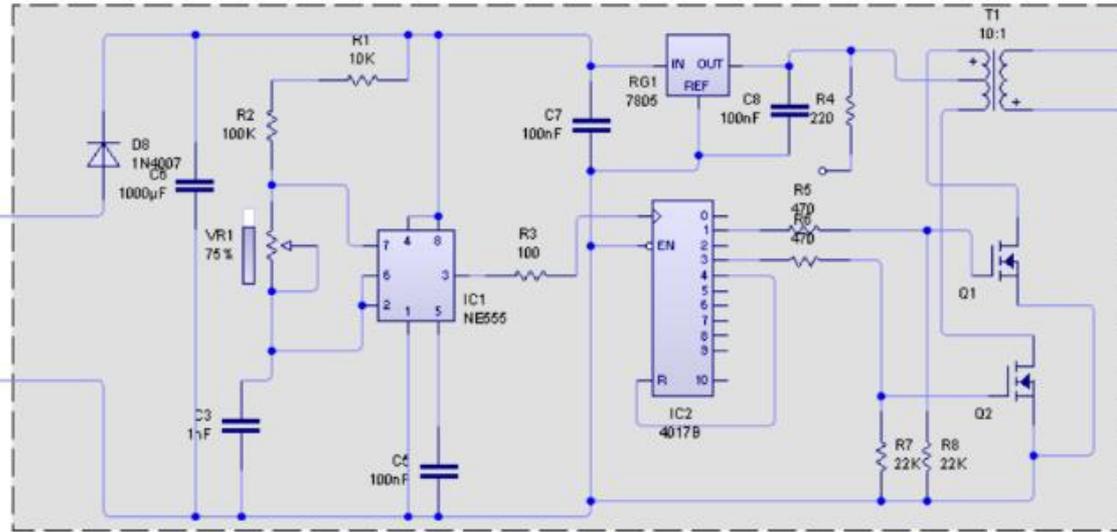


ETAPA 4
CONSUMO Y CARGA

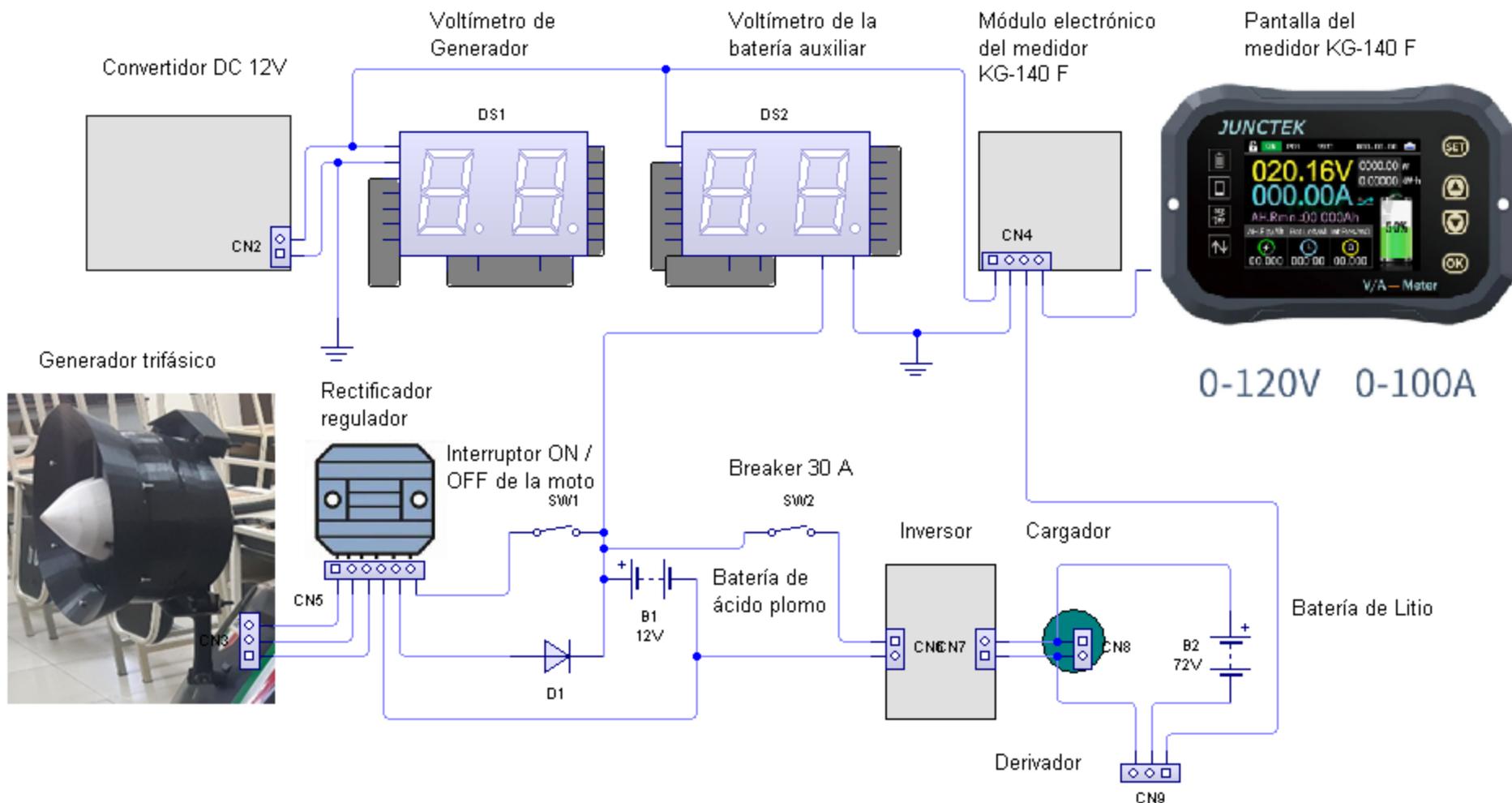


Etapa 5 de potencia

ETAPA 5 INVERSOR DC (12V) - AC (120V)



Conexión general de cada componente



Dispositivos de medición

Led indicador de funcionamiento del generador eólico

Tablero principal

Voltímetro de la batería auxiliar

Medidor KG-140F



Porcentaje de carga de la batería de litio

Voltímetro-Amperímetro del generador eólico

Protocolo de Pruebas



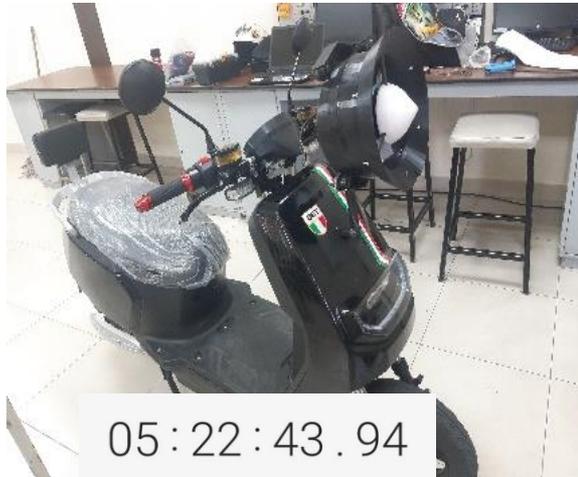
66.5 – 67.4 V - 6.023 Ah



Encender la moto



Calibrar el medidor a 22Ah



Conectar el cargador

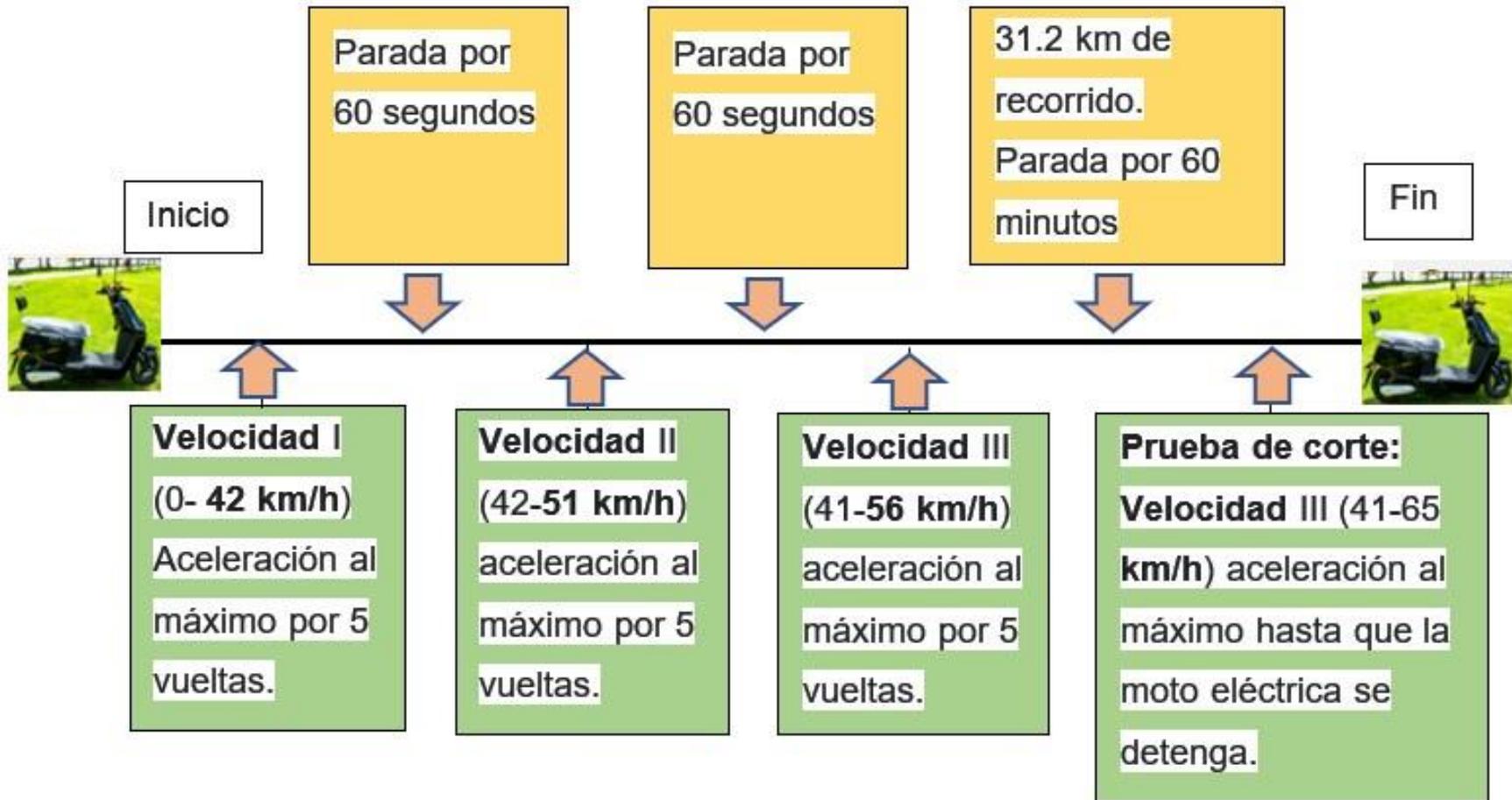


Comprobar los valores



Pruebas iniciales y finales

Parámetros del ciclo de conducción usado



Resultados de las pruebas Iniciales sin el prototipo

Datos obtenidos



Distancia recorrida



Velocidad



Velocidad promedio



Tiempo



Gráfica del ciclo de conducción

Resultados en 1era Velocidad



Datos	Valores
Distancia recorrida	10,88 [km]
Velocidad máxima	42 [km/h]
Velocidad promedio	33 [km/h]
Tiempo	19 [min] 47 [seg]

Pruebas Iniciales sin el prototipo

Resultados en 2da Velocidad



Datos	Valores
Distancia recorrida	10,63 [km]
Velocidad máxima	51 [km/h]
Velocidad promedio	40 [km/h]
Tiempo	16 [min] 6 [seg]

Resultados en 3era Velocidad



Datos	Valores
Distancia recorrida	10,82 [km]
Velocidad máxima	56 [km/h]
Velocidad promedio	41 [km/h]
Tiempo	16 [min] 48 [seg]

Pruebas Iniciales sin el prototipo

Resultados del punto de corte

Resultados Finales



Datos	Valores
Distancia recorrida	22,39 [km]
Velocidad máxima	57 [km/h]
Velocidad promedio	21,3 [km/h]
Tiempo	63 [min] 3 [seg]

$$Dt = D_1 + D_2 + D_3 + D_P$$

$$Dt = 10,88 + 10,63 + 10,82 + 22,39$$

$$Dt = 54,72 \text{ [km]}$$

$$V \text{ máx} = 57 \text{ [km/h]}$$

$$Tf = T_1 + T_2 + T_3 + T_P$$

$$Tf = 19 + 16 + 16 + 63$$

$$Tf = 114 \text{ [min]}$$

Pruebas Finales con el prototipo

Datos obtenidos



Distancia recorrida



Velocidad



Velocidad promedio



Tiempo



Gráfica del ciclo de conducción

Resultados en 1era Velocidad



Datos	Valores
Distancia recorrida	11,48 [km]
Velocidad máxima	48 [km/h]
Velocidad promedio	39 [km/h]
Tiempo	19 [min] 43 [seg]

Resultados de las pruebas Finales con el prototipo

Resultados en 2da Velocidad



Datos

Valores

Distancia recorrida

11,02 [km]

Velocidad máxima

64 [km/h]

Velocidad promedio

38 [km/h]

Tiempo

17 [min] 35 [seg]

Resultados en 3era Velocidad



Datos

Valores

Distancia recorrida

11,21 [km]

Velocidad máxima

65 [km/h]

Velocidad promedio

40 [km/h]

Tiempo

16 [min] 54 [seg]

Pruebas Finales con el prototipo

Resultados del punto de corte



Datos	Valores
Distancia recorrida	26,44 [km]
Velocidad máxima	66 [km/h]
Velocidad promedio	20,85 [km/h]
Tiempo	74 [min] 21 [seg]

Resultados Finales

$$Dt = D_1 + D_2 + D_3 + D_p$$

$$Dt = 11,48 + 11,02 + 11,21 + 26,44$$

$$Dt = 60,15 [km]$$

$$V_{\text{máx}} = 66 [km/h]$$

$$Tf = T_1 + T_2 + T_3 + T_p$$

$$Tf = 19 + 16 + 16 + 74$$

$$Tf = 125 [min]$$

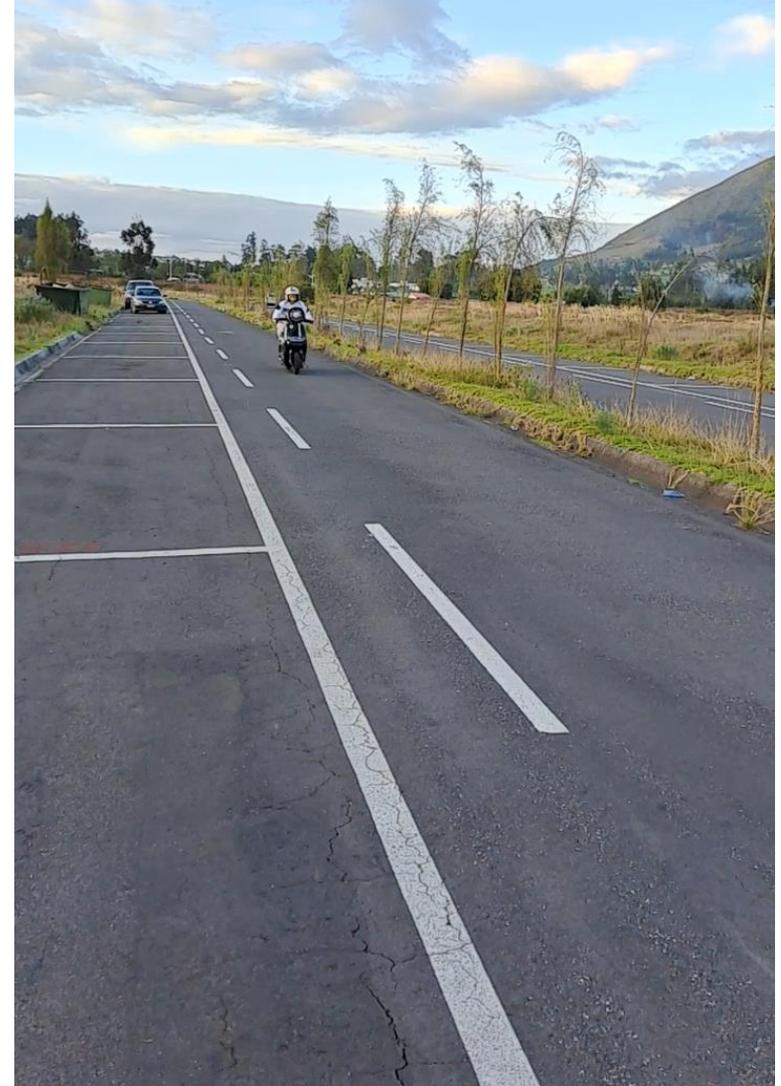
Autonomía alcanzada con el prototipo

$$A = Df - Di$$

$$A = 60,15 [km] - 54,72 [km]$$

$$A = 5,43 [km]$$

Pruebas de funcionamiento del Sistema rotor generador



Pruebas de funcionamiento del Sistema rotor generador



Funcionamiento del sistema rotor generador



Conclusiones

- Se diseñó y construyó el sistema rotor – generador, para aprovechar la energía eólica presente cuando la moto eléctrica esta en movimiento, contribuyendo así al aprovechamiento de las energía eólica que se encuentra en el ambiente.
- La simulación CFD del prototipo demostró, algunos aspectos a considerar sobre la importancia de un diseño aerodinámico optimo del sistema de aspas y su comportamiento al estar expuesto a una velocidad de viento establecida.
- El sistema de aspas logro generar una cantidad de corriente aceptable, operando en regímenes de viento superiores a los 5 m/s lo que supone una buena eficiencia en la generación de energía.
- El prototipo tiene un mejor funcionamiento en vías rectas donde se pueda alcanzar velocidad altas y por ende una mejor eficiencia en la generación de energía.
- La estructura que soporta el prototipo fue construida con materiales adecuados para soportar vibraciones y movimientos del prototipo durante su funcionamiento.

Recomendaciones

- Es conveniente Investigar y experimentar con distintos tipos de perfiles aerodinámicos para las aspas, con el fin de realizar mejoras en el diseño y materiales para un mayor desempeño en el sistema. Adicionalmente es importante tener en cuenta para futuras investigaciones la incidencia de la alteración del ángulo de ataque de los álabes.
- Para futuras investigaciones es recomendable generar nuevos diseños de aspas las cuales puedan ser adaptadas a los vehículos eléctricos y ayuden a aprovechar de mejor manera las corrientes de aire presentes durante su funcionamiento.
- Las etapas de diseño, construcción y simulación efectuados durante esta investigación, pueden brindar una visión general para continuar investigando en la aplicación del recurso eólico disponible en la provincia y el país.

“Seas quien seas, sea cual sea tu posición social, sea alta o baja; ten siempre mucha fuerza y determinación. Haz todo con mucho amor y con mucha fe en Dios porque un día llegarás a tu meta”

Ayrton Senna

