

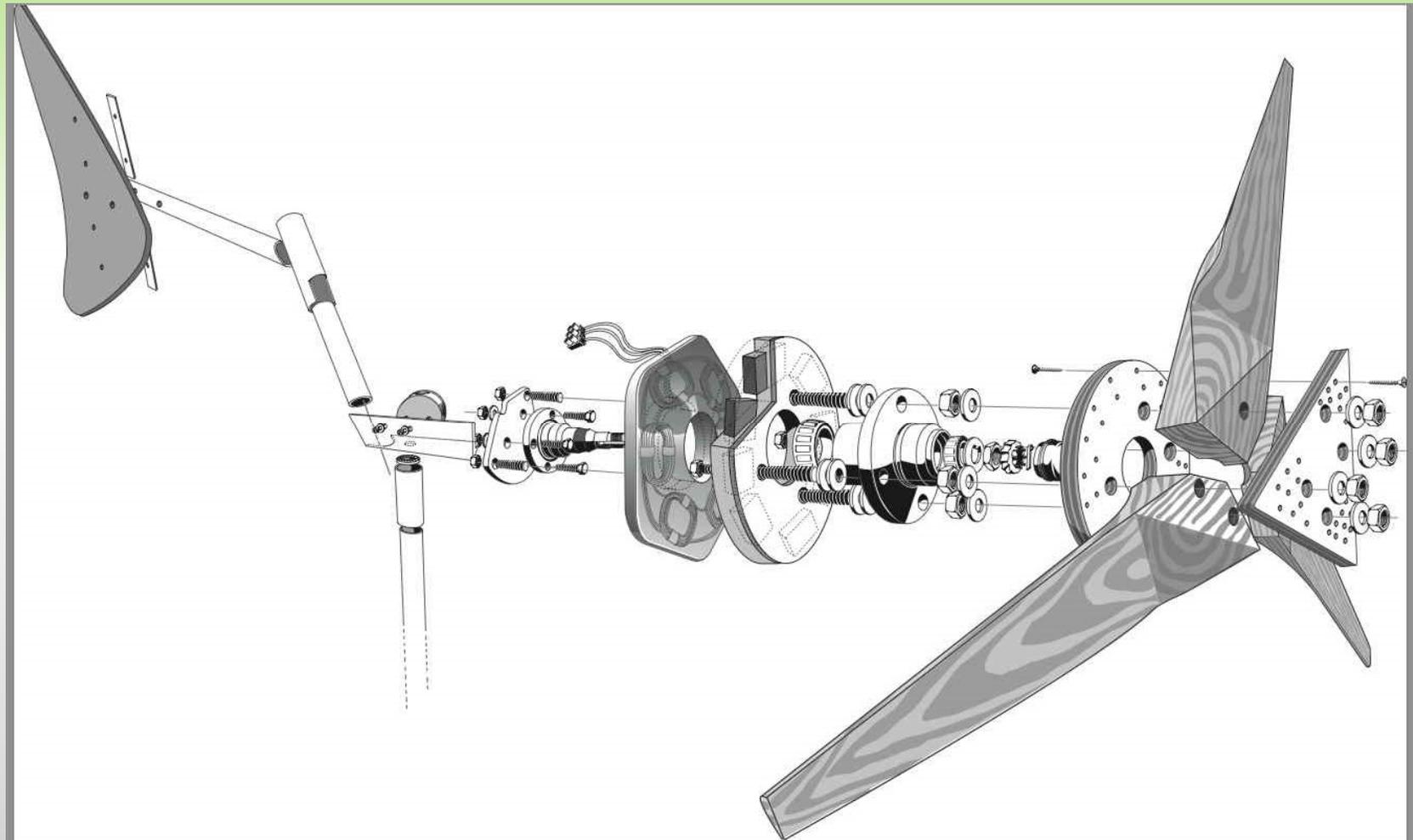
Estudio de Control de Paso de Pala para Generador eólico de Baja Potencia, UTI4726TC

Rubido Javier, De Villaflor Alejandro Blas, Bufanio Ruben Domingo,
Bracco Ramiro Marcos, Stortoni Carlos, Mariano Flores

GESE (Grupo Estudio Sobre Energía)

Participación Especial del Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos

Aerogenerador Piggott



➤ Características del generador Piggott:

Ventajas:

- Fácil construcción.
- Bajo costo.
- Materiales de fácil adquisición.
- Simplicidad de montaje.
- Robustez.

Desventajas:

- Deficiente control de potencia (por furling).
- Deficiente desempeño aerodinámico del rotor.

➤ **Objetivo y Propuestas de Trabajo:**

▪ **Objetivo:**

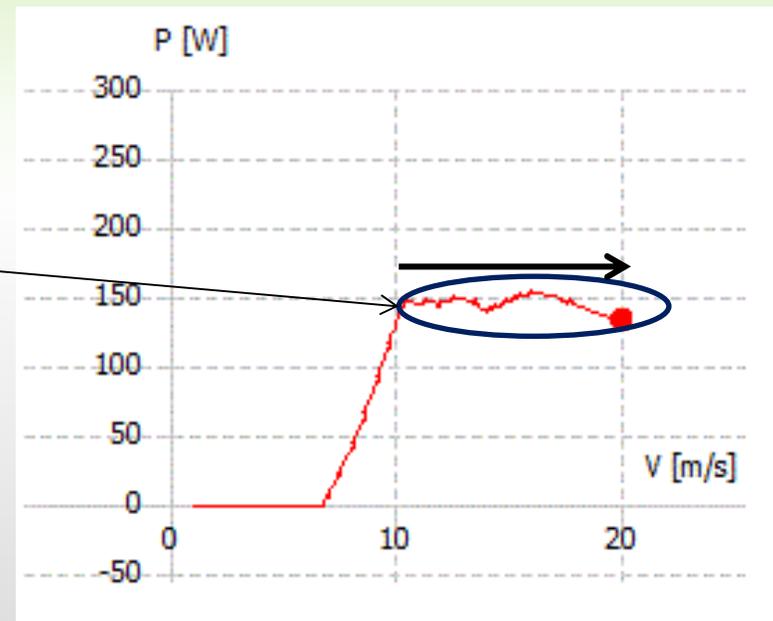
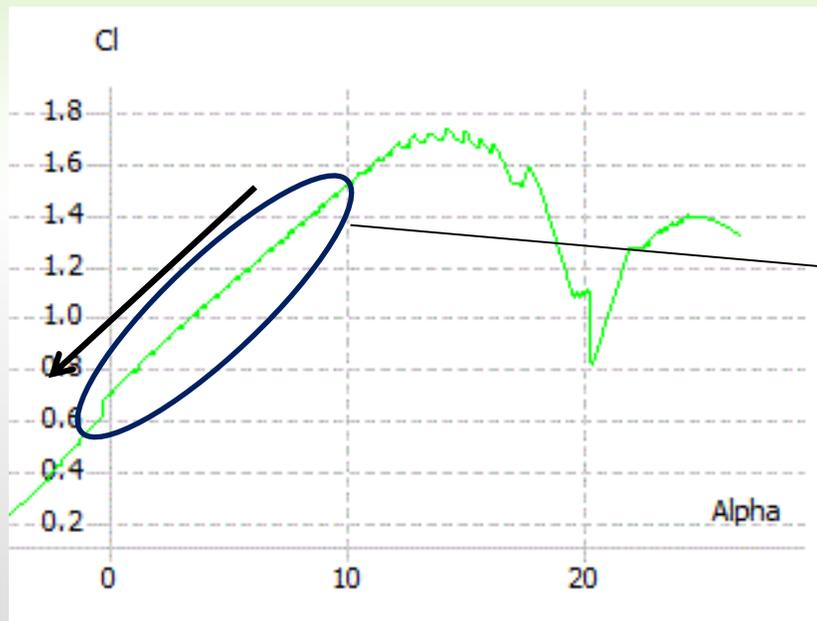
Mejorar el desempeño del aerogenerador manteniendo las características originales de robustez, simplicidad y bajo costo.

▪ **Propuestas:**

- Control de potencia por paso de pala por acción centrífuga “pitch to feather”.
- Rediseño de perfil alar y nuevo método de construcción.

➤ Estrategia de control:

- Modelado del perfil alar del aerogenerador Piggott
- Análisis aerodinámico mediante software Qblade



➤ Estrategia de control:

$$P = P_i + \frac{P_f - P_i}{V_f - V_i} \times (V - V_i)$$

$$\omega_e = \sqrt{\frac{P}{k_e}}$$

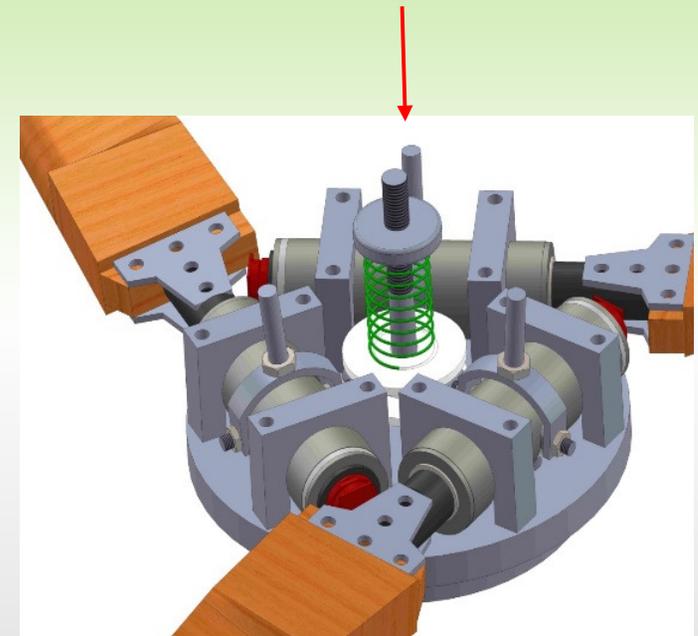
$$C_P = \frac{2 \times P}{\rho \times V^3 \times A}$$

$$\lambda = \frac{\omega_e \times R}{V}$$



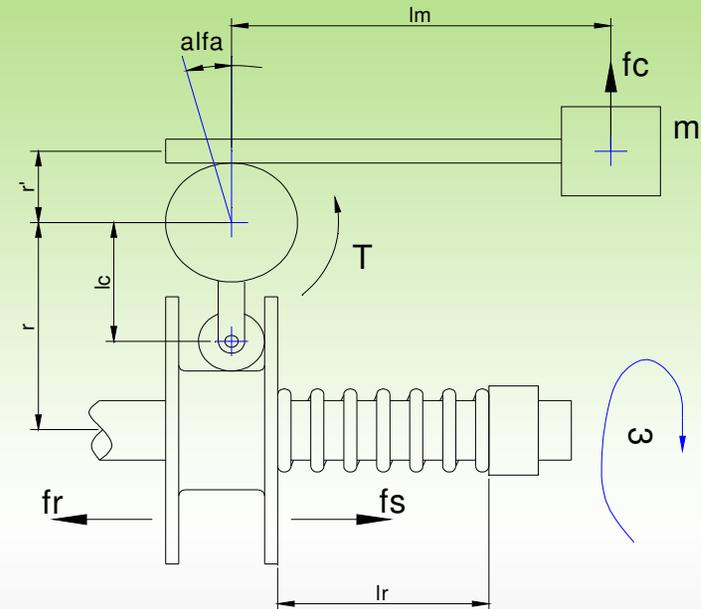
➤ Sistema de control centrífugo propuesto:

Ubicación de masas para acción centrífuga



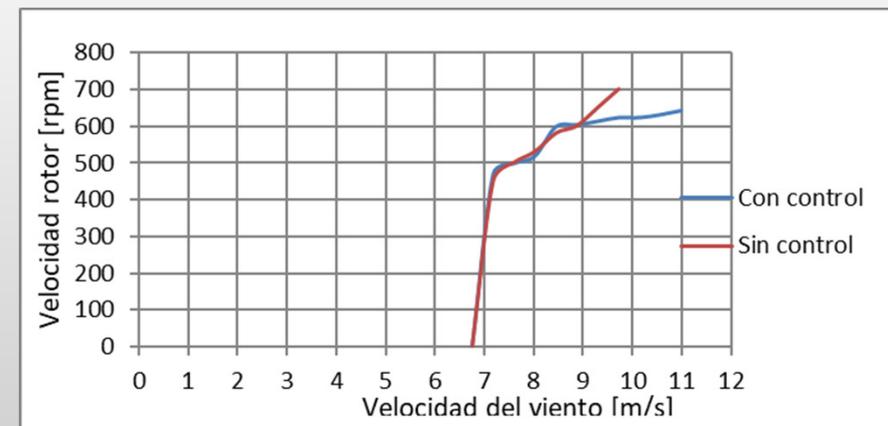
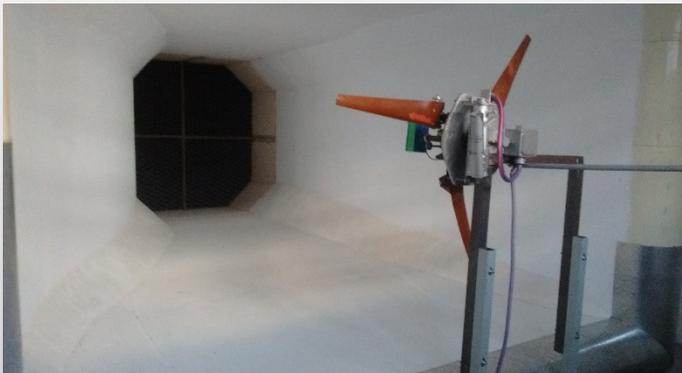
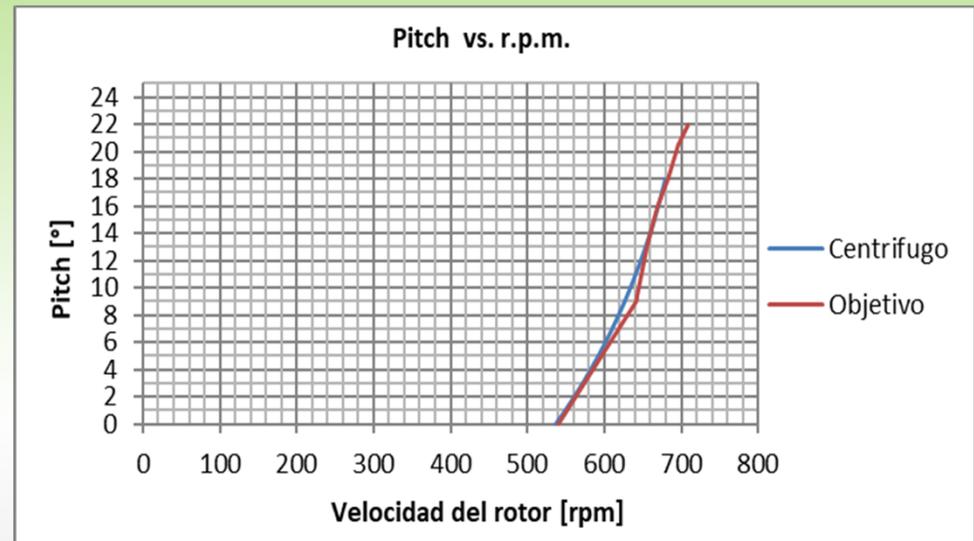
➤ Modelo matemático:

$$\omega = \sqrt{\frac{l_c \times K \times [\Delta l_{r(ini)} + l_c \times \text{sen}(2\alpha)]}{3 \times m \times l_m \times [r + r' \times \cos(\alpha) + l_m \times \text{sen}(\alpha)']}}$$

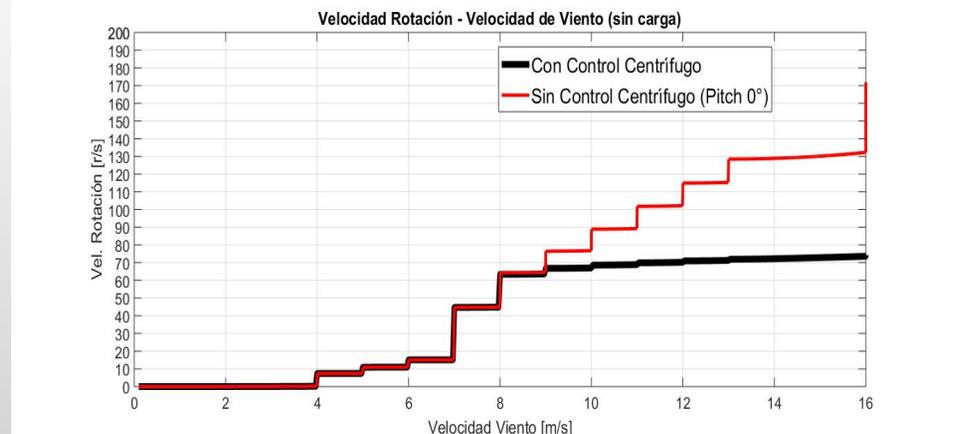
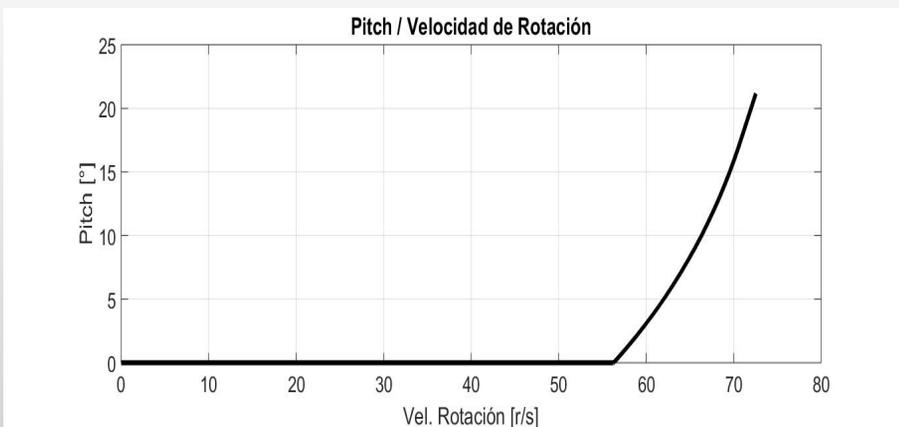
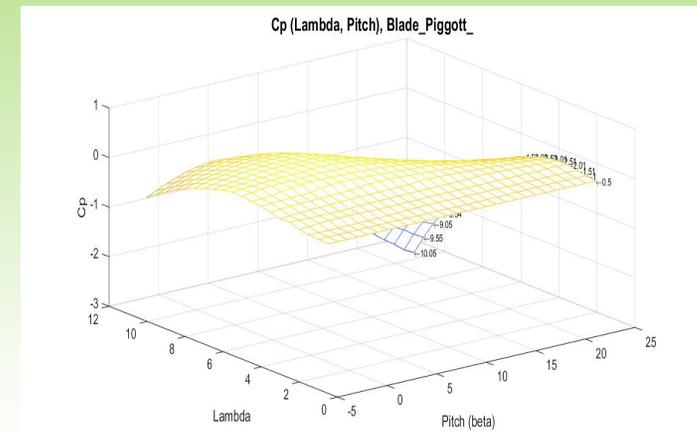
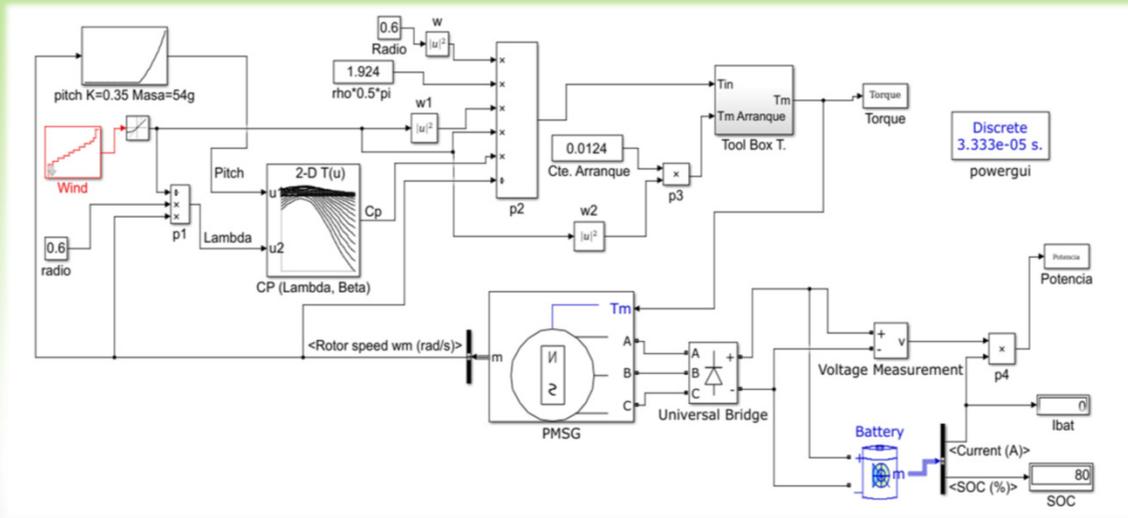


- ω : Velocidad angular del rotor [rad / s]
- α : Ángulo de paso de pala [°]
- m : Masa centrífuga asociada a cada pala [kg]
- r : Distancia entre el eje del rotor y el eje de cada pala [m]
- r' : Distancia entre el eje de cada pala y el centro del brazo de montaje de la masa centrífuga correspondiente [m]
- K : Constante elástica del resorte [N / m]
- l_m : Distancia del centro del eje de cada pala y el centro de gravedad de la masa centrífuga correspondiente [m]
- l_c : Distancia entre el centro del eje de cada pala y el actuador del sincronizador correspondiente [m]
- $\Delta l_{r(ini)}$: Precarga del resorte [m]

➤ Ensayos en banco de pruebas y túnel de viento:



➤ Simulación dinámica del aerogenerador:



➤ **Rediseño aerodinámico de las palas:**

OBJETIVOS DE DISEÑO PARA PERFILES DE AEROGENERADORES HORIZONTALES

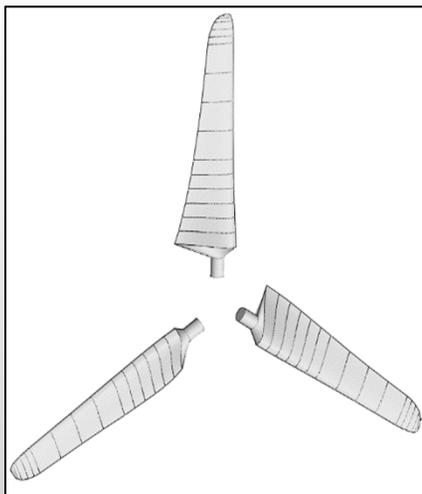


ESPESOR RELATIVO	> .28	.28 - .21	.21 >
ALTA RELACIÓN SUSTENTACIÓN/RESISTENCIA	☞	☞☞	☞☞☞
SUAVE ENTRADA EN PÉRDIDA			☞☞
INSENSIBILIDAD A LA RUGOSIDAD	☞	☞☞	☞☞☞
BAJO RUIDO		☞	☞☞☞
COMPATIBILIDAD GEOMÉTRICA	☞☞	☞☞	☞☞
DEMANDA ESTRUCTURAL	☞☞☞	☞☞	☞

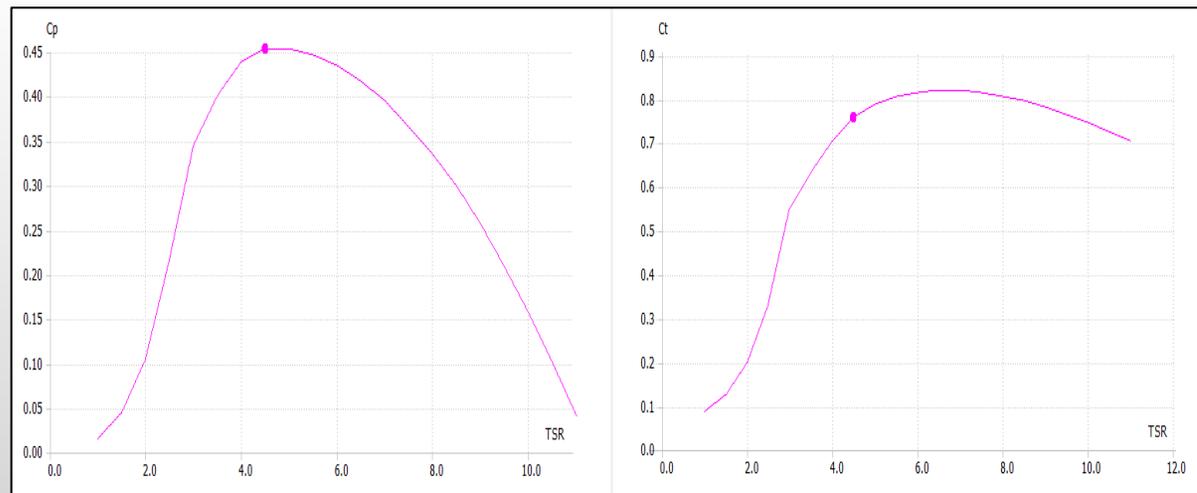
➤ Pautas para el diseño de las palas:

Para el diseño aerodinámico de las palas se utilizó el software Qblade considerando:

- Relación de punta de pala de 4.5.
- Alabeo geométrico según C_l/C_d óptimo.
- Variación de perfiles lineal entre un NREL 823 y 822.
- Variación de punta de pala en forma elíptica.



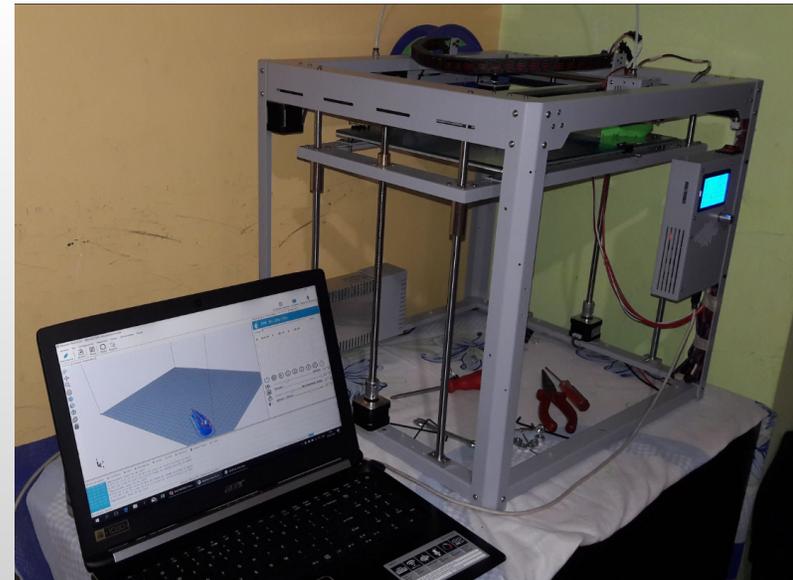
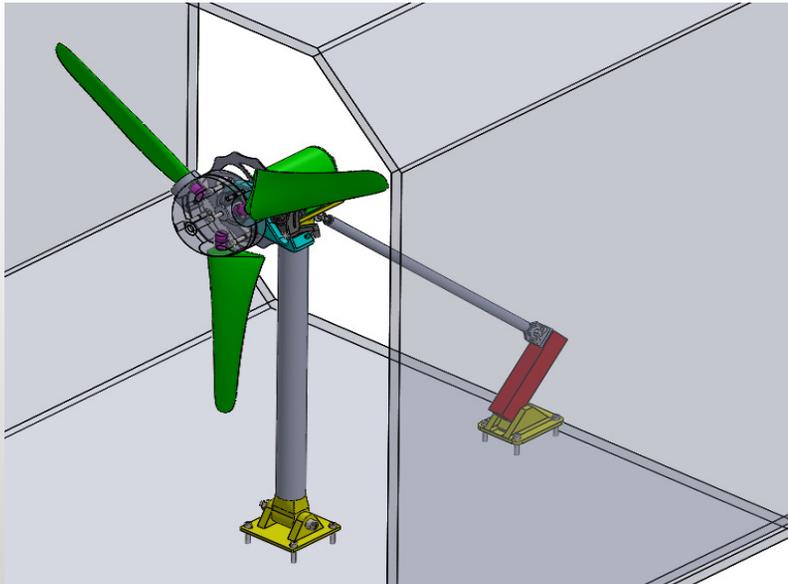
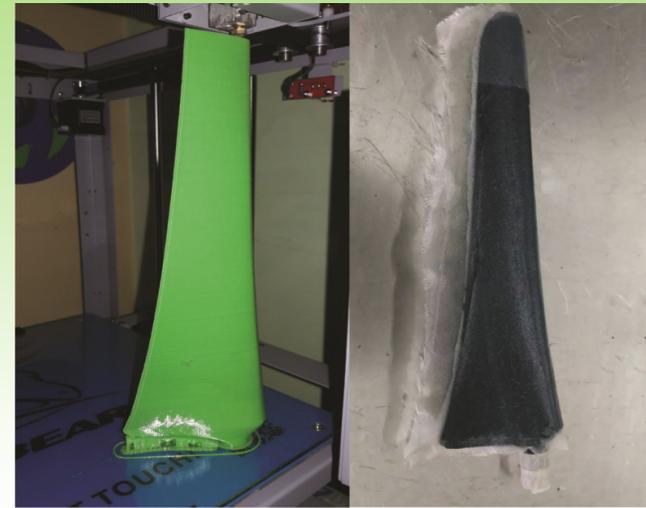
Rotor diseñado



Curvas de C_p Vs TSR y C_t Vs. TSR

➤ Construcción del rotor mediante impresión 3D:

- Diámetro del rotor 0,72m.
- Material: PLA.
- Refuerzo larguero central.
- Recubrimiento exterior.

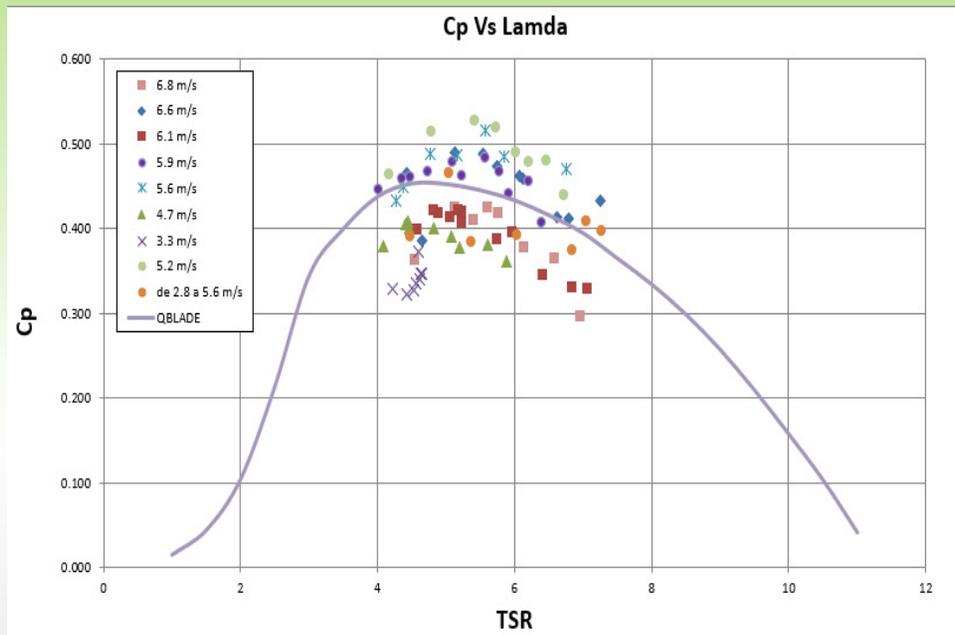


➤ Ensayo aerodinámico en túnel de viento:

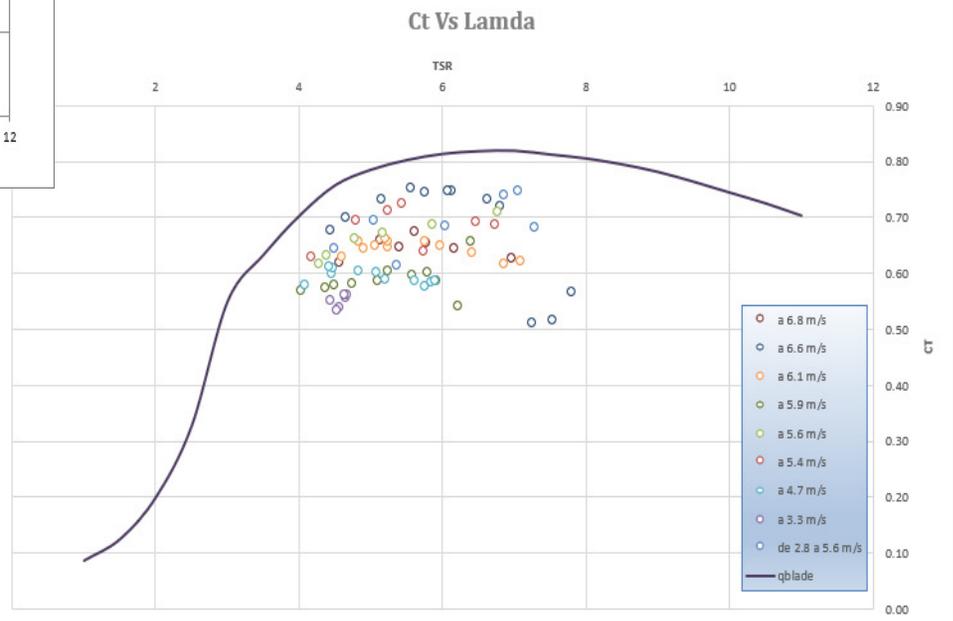
- Celdas de carga de trust y torque.
- Sistema de frenado.
- Sensor tacómetro.
- Medición de velocidad de viento.
- Medición de temperatura humedad y presión atmosféricas.



➤ Comparación de curvas obtenidas:



- Adimensionalización
- Corrección por bloqueo C_p y C_t
- Fricción de rodamientos
- Resistencia de poste y hub
- Corrección de TSR



➤ **Trabajos Futuros:**

- Prueba en campo con control centrífugo.
- Prueba en túnel de viento con sistema de control centrífugo de variación de pitch.
- Desarrollo de sistema, con control centrífugo, y palas radiales.
- Mejora en el diseño estructural de las palas y recubrimiento de fibra de vidrio.

MUCHAS GRACIAS

devillab@speedy.com.ar, ruben.bufanio@speedy.com.ar,
ramiro.bracco@gmail.com, javierrubido@yahoo.com.ar,
damy16@hotmail.com, mgxflores@gmail.com