

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

De Villafior Alejandro Blas, Bracco Ramiro Marcos, Bufanio Ruben Domingo,
Rubido Javier, Meroniuk Matias, Stortoni Carlos

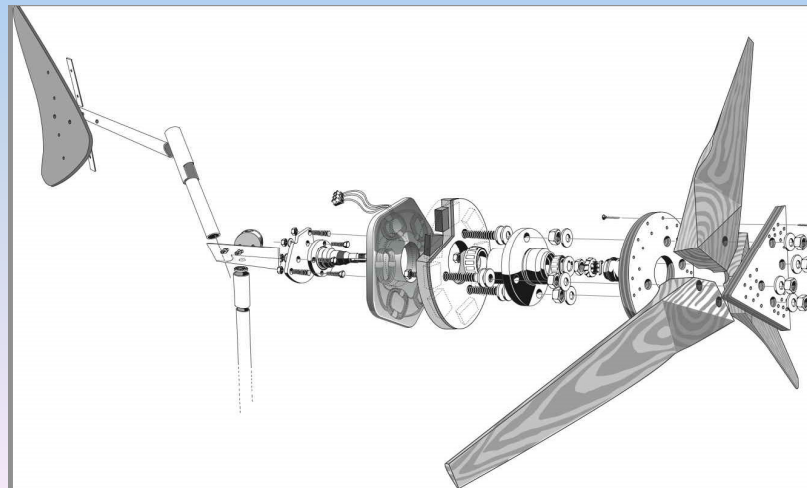
GESE (Grupo Estudio Sobre Energía)

Participación Especial del Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos

Organiza:

El aerogenerador Piggott

- Es un aerogenerador desarrollado por Hugh Piggott, el cual tiene un diseño de acceso público y se caracteriza por:
 - Mínimos conocimientos para su construcción
 - Materiales fácilmente adquiribles
 - Robustez
 - Simplicidad
 - Control de potencia por furling
 - Abrupta entrada en pérdida dado un α plano y borde de ataque agudo
 - Coeficientes de desempeño de rotor dado perfil alar, no óptimo



Aerogenerador Piggott

Organiza:

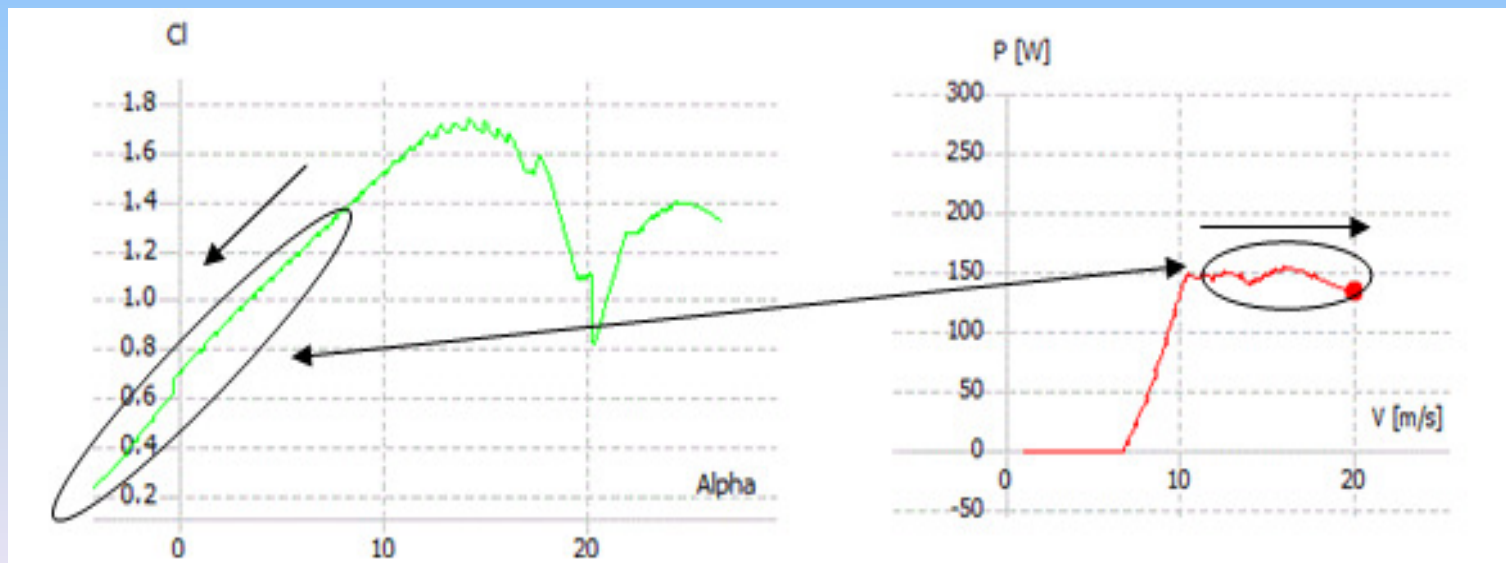
➤ Objetivo y Propuestas de Trabajo

▪ Objetivo:

- Mejorar desempeño, del aerogenerador de baja potencia, en zona de trabajo de carga total, producción energética y nueva construcción de rotor.

▪ Propuestas:

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



Organiza:

- **Determinación de pitch por medio de modelado aerodinámico del sistema (estrategia de control)**

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

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

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

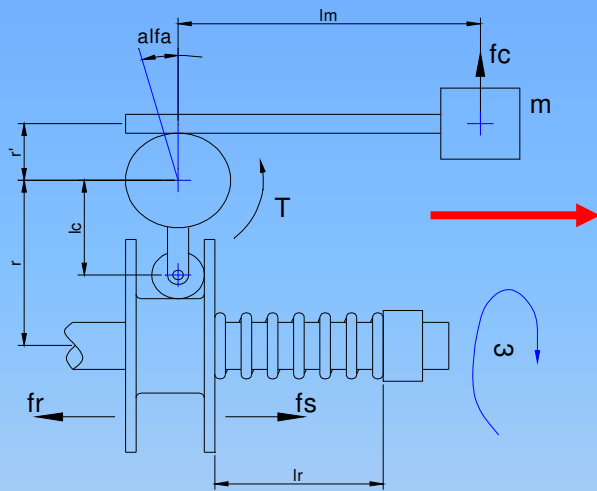
$$\lambda = \frac{\omega_e R}{V}$$



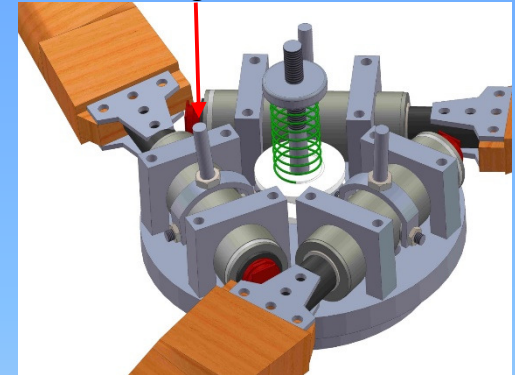
Necesidad de variación de potencia, para variación de RPM y Pitch

Organiza:

Desarrollo y construcción de sistema de control de paso de pala centrífugo



Ubicación de masas para acción centrífuga



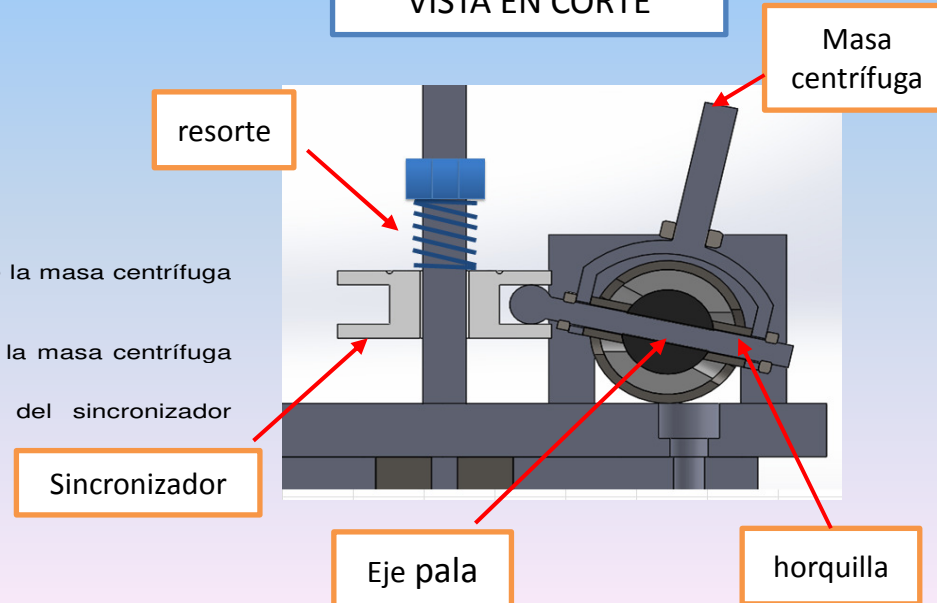
$$\omega = \sqrt{\frac{l_c \times K \times [\Delta l_{r(ini)} + l_c \times \sin(2\alpha)]}{3 \times m \times l_m \times [r + r' \times \cos(\alpha) + l_m \times \sin(\alpha)]}}$$

- 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]

Organiza:

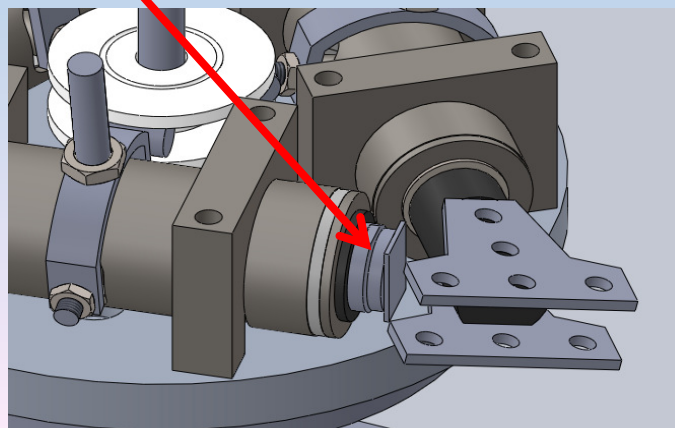
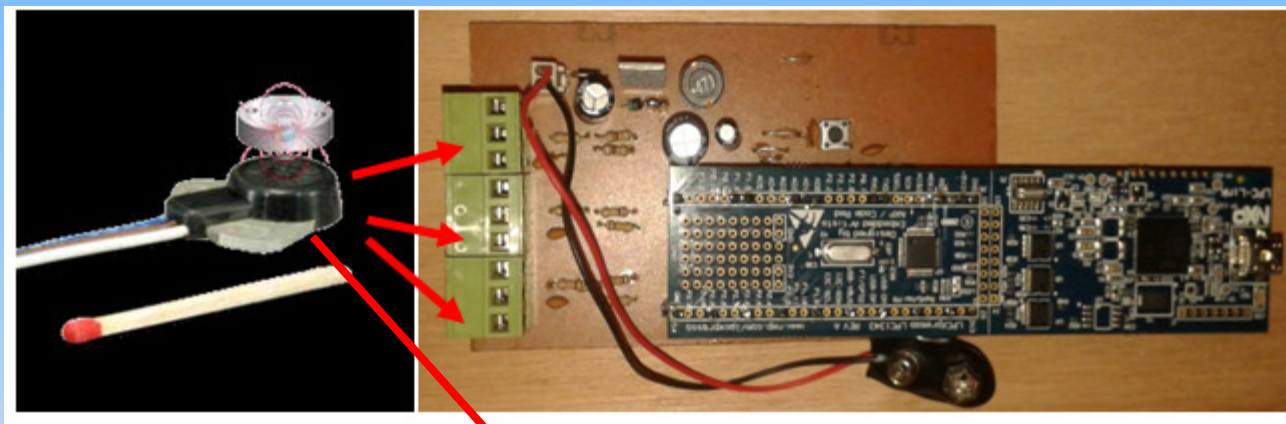


VISTA EN CORTE



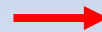
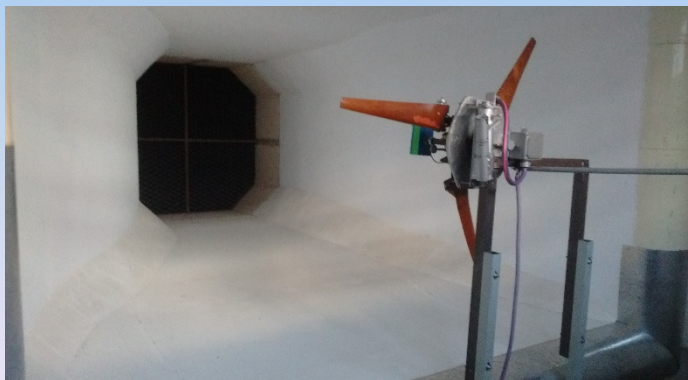
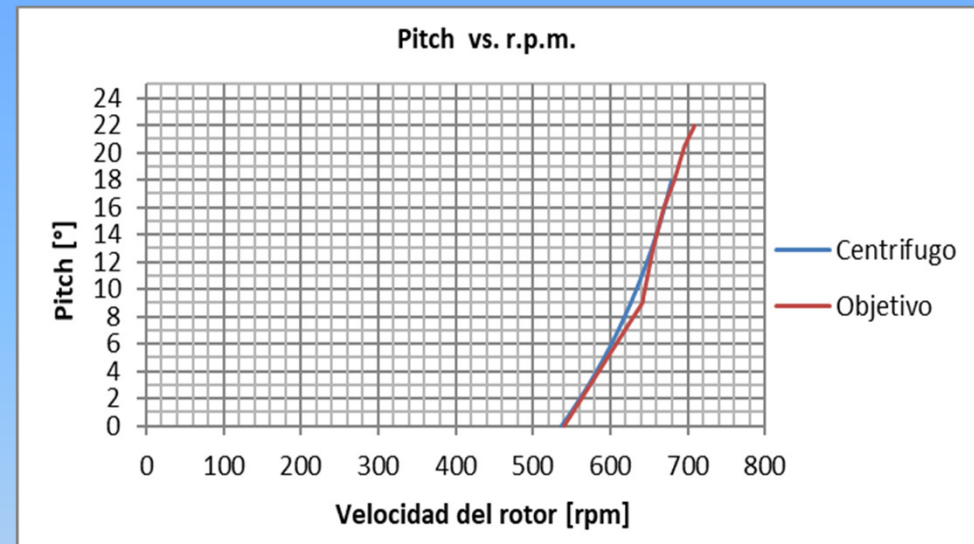
➤ Desarrollo de placa electrónica para adquisición de ángulo de paso de pala

- Necesidad de medir inalámblicamente por giro del rotor:
- LPCXpresso con la programación del microcontrolador de 32 bits LPC1769
- Sensores magnéticos para adquisición de pitch (40mV/°)



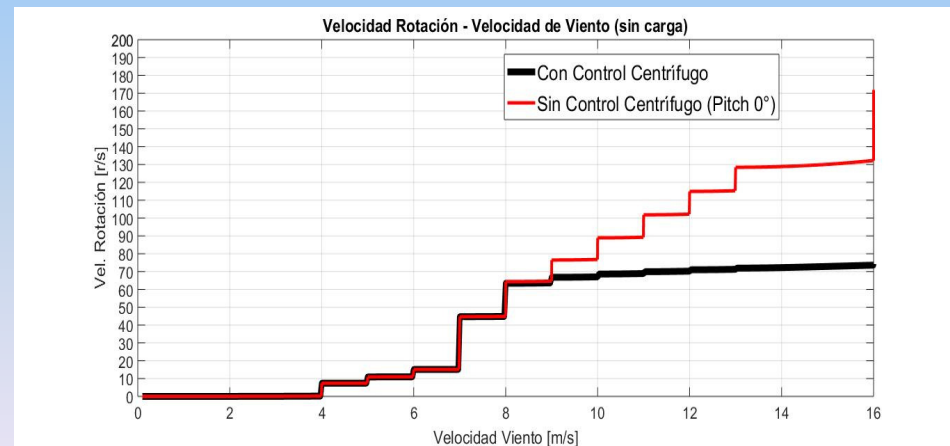
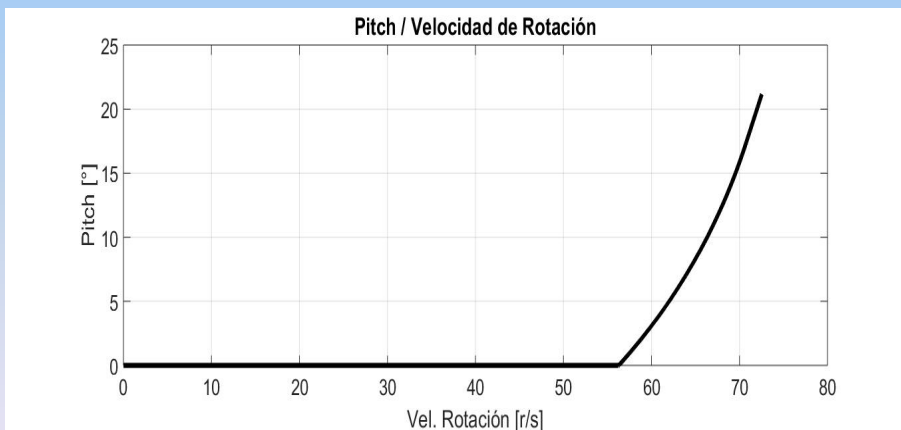
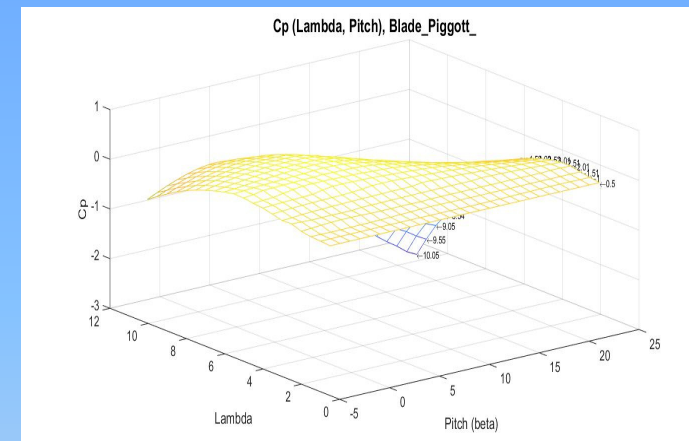
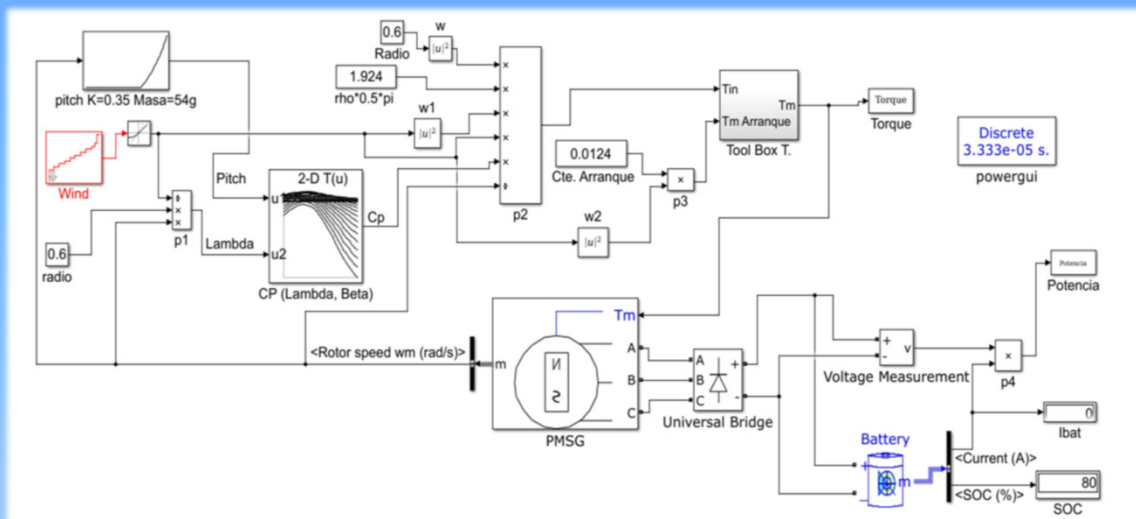
Organiza:

➤ Implementación en banco de pruebas y Túnel de Viento



Organiza:

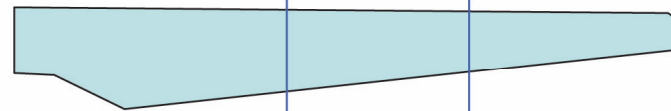
➤ Modelización dinámica del sistema aerogenerador



Organiza:

➤ Necesidades para el rediseño de las palas

OBJETIVOS DE DISEÑO PARA PERFILES DE AEROGENERADORES HORIZONTALES

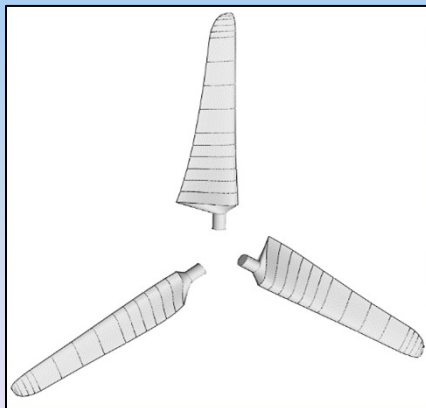


ESPEJOR RELATIVO	> .28	.28 - .21	.21 >
ALTA RELACIÓN SUSTENTACIÓN/RESISTENCIA	1	2	3
SUAVE ENTRADA EN PÉRDIDA			2
INSENSIBILIDAD A LA RUGOSIDAD	1	2	3
BAJO RUIDO		1	3
COMPATIBILIDAD GEOMÉTRICA	2	2	2
DEMANDA ESTRUCTURAL	3	2	1

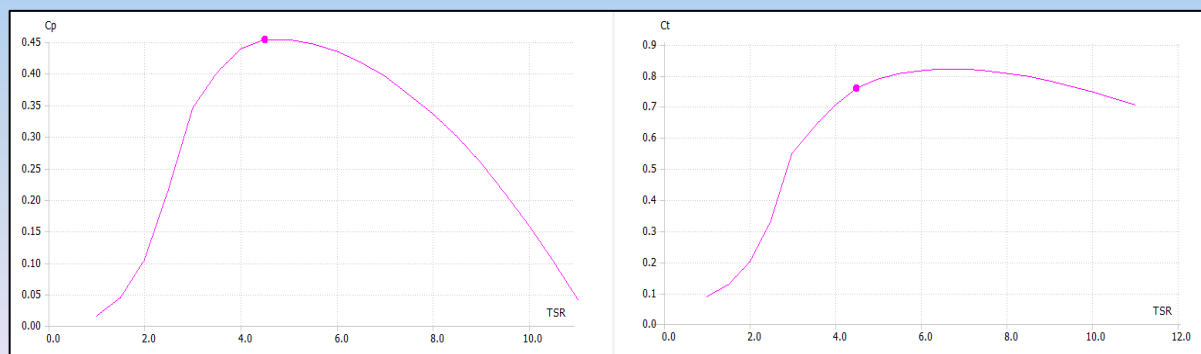
Organiza:

Diseño de pala

- Para el diseño del rotor se utilizó el Software Qblade de código abierto
 - Se realizó el diseño para una 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
 - Variación de cuerdas según criterio de Schmitz
 - Análisis a la rugosidad por aplicación de transición forzada



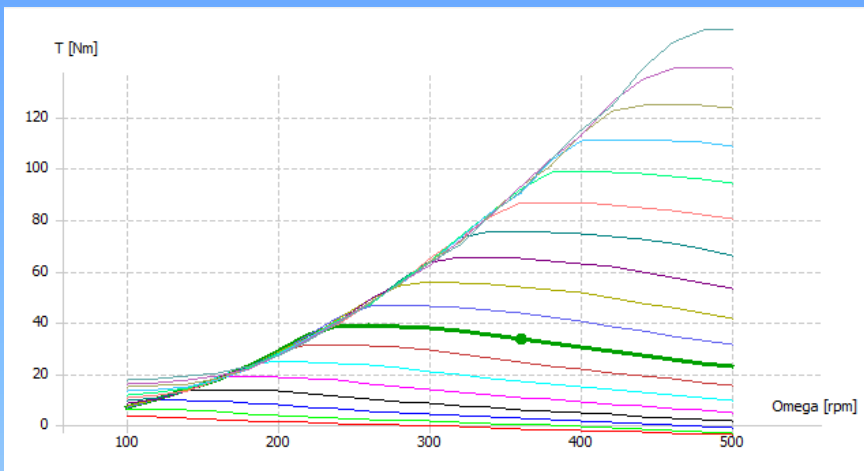
Rotor diseñado



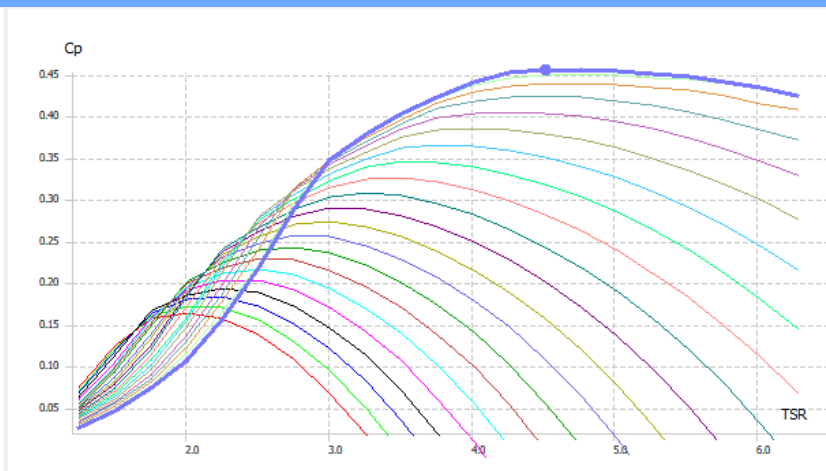
Curvas de C_p Vs TSR y C_t Vs. TSR

Organiza:

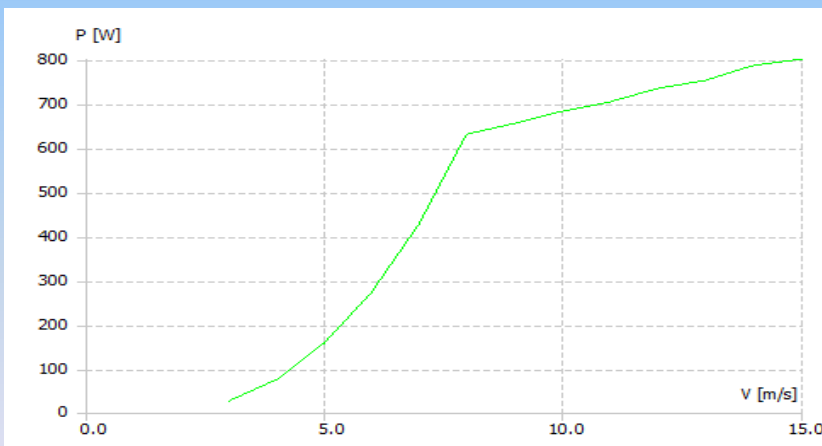
Curvas de Qblade



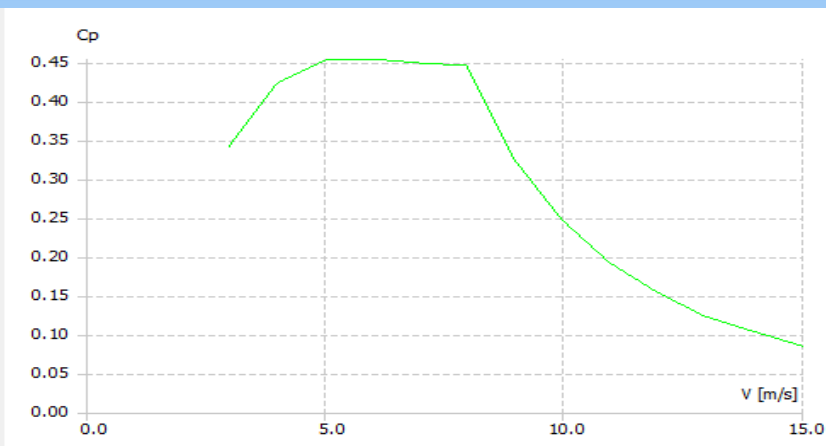
Torque Vs RPM para dif Vinf



Cp Vs TSR para dif beta



Potencia Vs Vinf con control

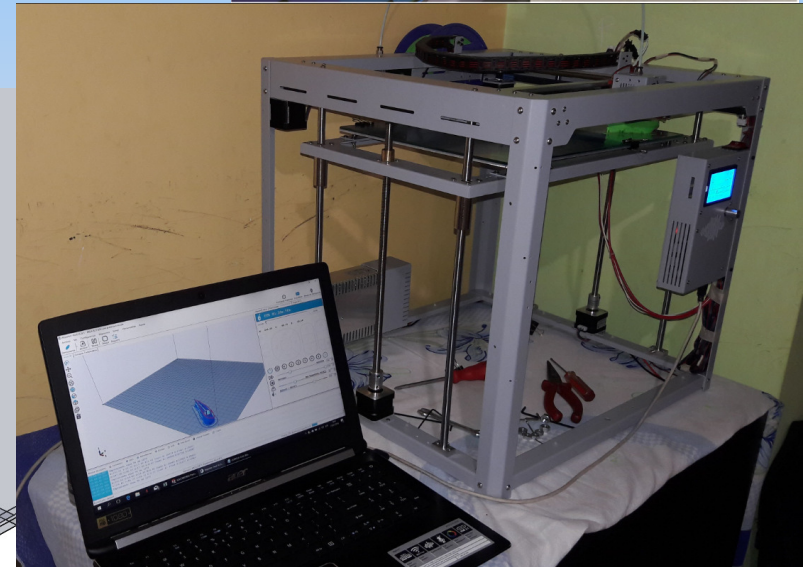
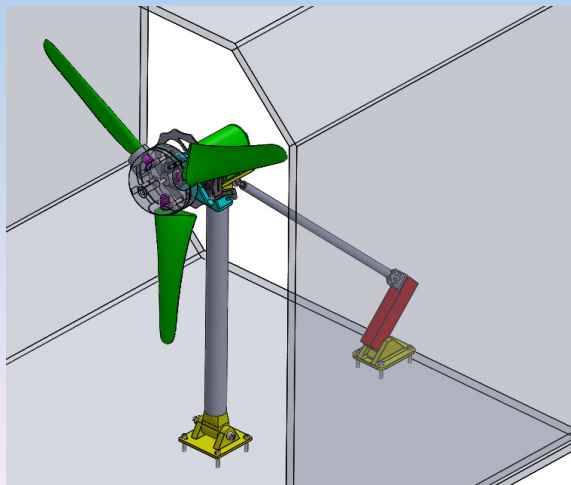
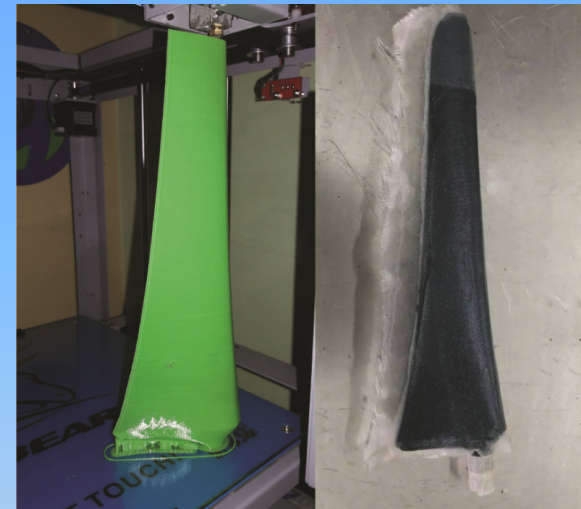


Cp Vs Vinf con control

Organiza:

Construcción del rotor mediante impresión 3D

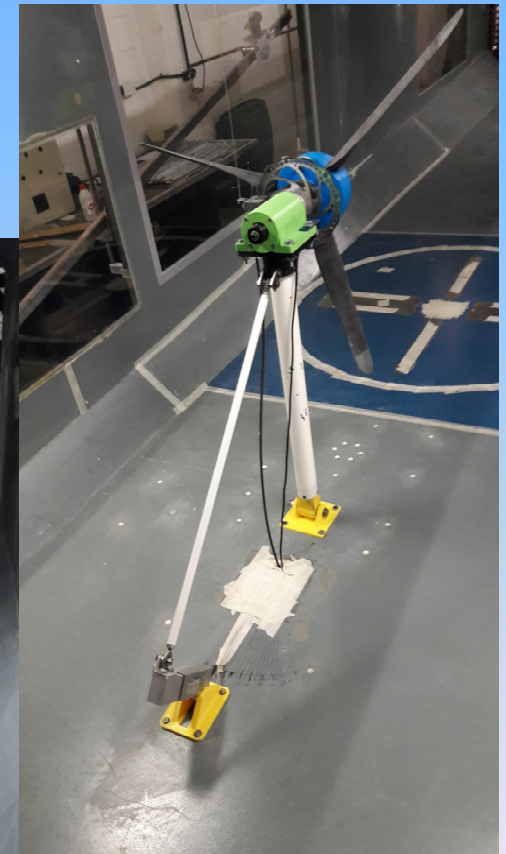
- Material (PLA, PLAmx, ABS, Nylon)
- Método de impresión
- Vinculación pala rotor
- Refuerzo exterior.
- Larguero central.



Organiza:

Ensayo aerodinámico en túnel de viento

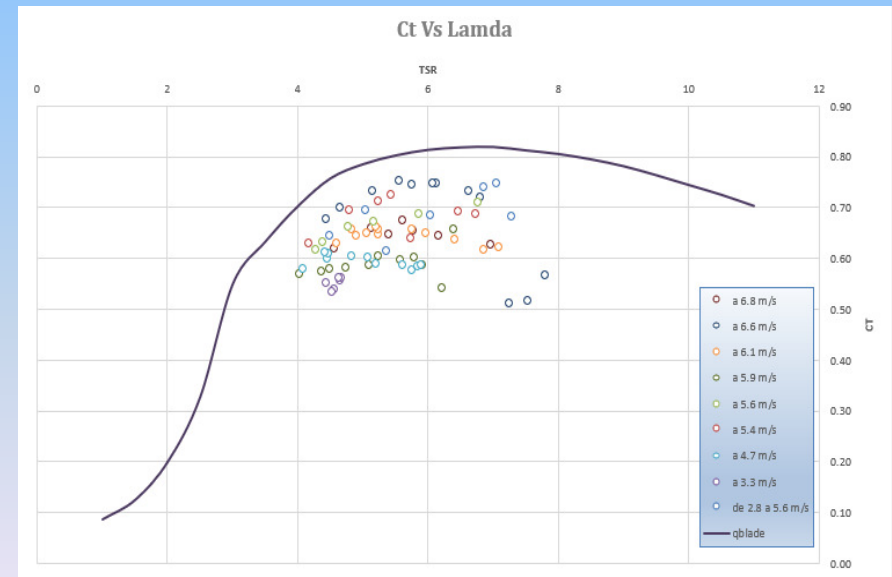
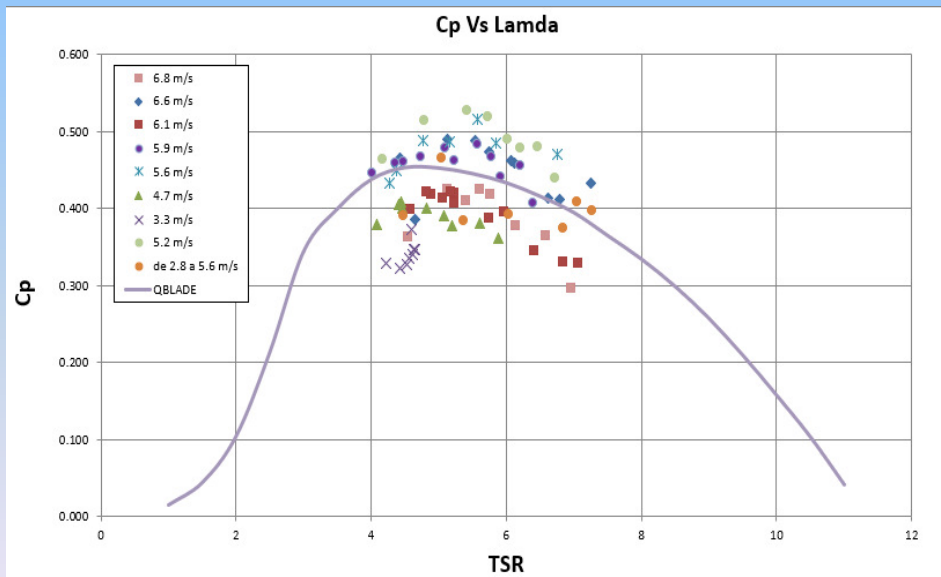
- Celdas de carga de trust y torque.
- Sistema de frenado.
- Sensor tacómetro.
- Medición de velocidad.
- Medición de temperatura humedad y presión atmosféricas
- Corrección por bloqueo
- Fricción de rodamientos
- Adimensionalización



Organiza:

➤ Curvas de desempeño según ensayos en túnel de viento

- Adimensionalización
- Corrección por bloqueo Cp y Ct
- Fricción de rodamientos
- Resistencia de poste y hub
- Corrección de TSR
- Comparación curvas objetivo según herramienta informática y valores de ensayo en túnel de viento



Organiza:

Trabajos Futuros:

- Prueba en campo del sistema planteado de control centrífugo con palas PIGGOTT.
- Prueba de modelo reducido con variación de ángulo de pala y control centrífugo.
- Desarrollo de sistema, con control centrífugo, y palas de ejes radiales.
- Mejora en el diseño estructural de las palas y cubierta de laminado de fibra de vidrio.
- Mejora en el modelo de corrección por bloqueo por características del túnel de viento con el que se cuenta.
- Mejora para los ensayos en el sistema de adquisición de RPM y velocidades de equilibrio, a través de sistema de frenado por máquina eléctrica y control PWM.

Organiza:

Muchas gracias

ramiro.bracco@gmail.com, devillab@speedy.com.ar,
ruben.bufanio@speedy.com.ar



Organiza:

