

## Grupo de Estudio Sobre Energía (GESE)

### **Estudio sobre la factibilidad de implementación de un doble control centrífugo de control de ángulo de palas.**

El objetivo de este estudio está basado en analizar la posibilidad de realizar un sistema mecánico de control de paso de pala, por acción centrífuga, que pudiera ser accionado progresivamente tanto en baja velocidad (para facilitar el arranque desde cero del aerogenerador), como en alta velocidad (para proteger al generador eléctrico por daños debido al exceso de potencia y evitar por completo, de ser posible, el accionamiento del furling).

Por otro lado, debido a la experiencia obtenida en trabajos anteriores, se consideró de suma importancia que las dimensiones del sistema planteado debían ser lo suficientemente pequeñas para poder realizar los ensayos dentro del túnel de viento de la facultad. Dado que se contempla evaluar el desempeño completo del rotor, se recurrirá a la técnica de impresión 3d para la fabricación de las palas, las cuales dieron buenos resultados en trabajos anteriores para la misma medida que requiere este trabajo.

Definido el sistema a utilizar se procedió al modelado 3d del mismo para verificar que no haya incongruencias cinemáticas no contempladas en los análisis preliminares del sistema propuesto.

El modelado preliminar fue útil para ubicar los dispositivos necesarios para el sensado del ángulo de paso de pala, y para definir las adaptaciones pertinentes para poder fijar el rotor al banco de prueba utilizado en trabajos anteriores.

Luego del modelado preliminar quedaron definidas algunas dimensiones, las cuales no se pueden modificar debido a la restricción de tamaño impuesta por el túnel de viento.

El siguiente paso fue el cálculo dinámico del sistema, el cual nos permitió definir las masas y resortes necesarios para lograr la variación del paso de pala, según los requerimientos obtenidos del análisis aerodinámico del rotor.

El estudio se dividió en dos rangos de velocidad bien marcados, a los que diferenciamos llamándolos “Arranque” y “Altas RPM”.

#### **1° Caso Arranque:**

Velocidad: 0 a 400 rpm

Pitch inicial: 70°

Pitch final: 0°

## Grupo de Estudio Sobre Energía (GESE)

Mediante la siguiente ecuación se definieron, por iteración, las masas y resortes intervinientes en el subsistema de arranque.

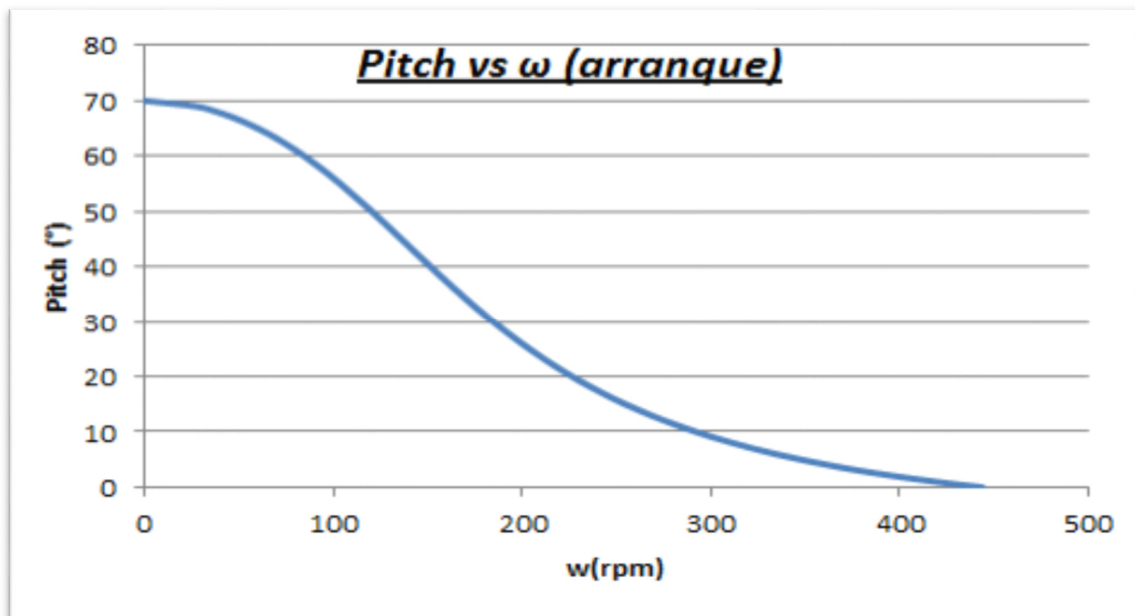
$$w = \sqrt{\frac{Fr1 - Fr2}{3 \cdot \{Y - Z\}}}$$

*W: velocidad angular del rotor*

*Fr1 y Fr2 Fuerza ejercida por los resortes correspondientes*

*Y y Z: Contemplan las masas intervinientes y la geometría del mecanismo.*

Dando lugar a la curva que nos indica el pitch en función de la velocidad angular del rotor.



Se observa que el control centrífugo varía el pitch de 70° a 0° entre 0 rpm y 400 rpm, según se propuso como objetivo de diseño.

## Grupo de Estudio Sobre Energía (GESE)

### 2° Caso Altas RPM:

Velocidad: 1200 rpm en adelante

Pitch inicial: 0°

Mediante la siguiente ecuación se definieron, por iteración, las masas y resortes intervinientes en el subsistema de alta velocidad.

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{K1 \cdot Lm \cdot \cos\mu(\Delta Lpr1 - Lm(\sin\mu_0 - \sin\mu))}{3 \cdot M1 \cdot Lp1^2 \cdot \cos\alpha \cdot \cos^2\rho \cdot \sin\alpha}\right)}$$

*W: velocidad angular del rotor*

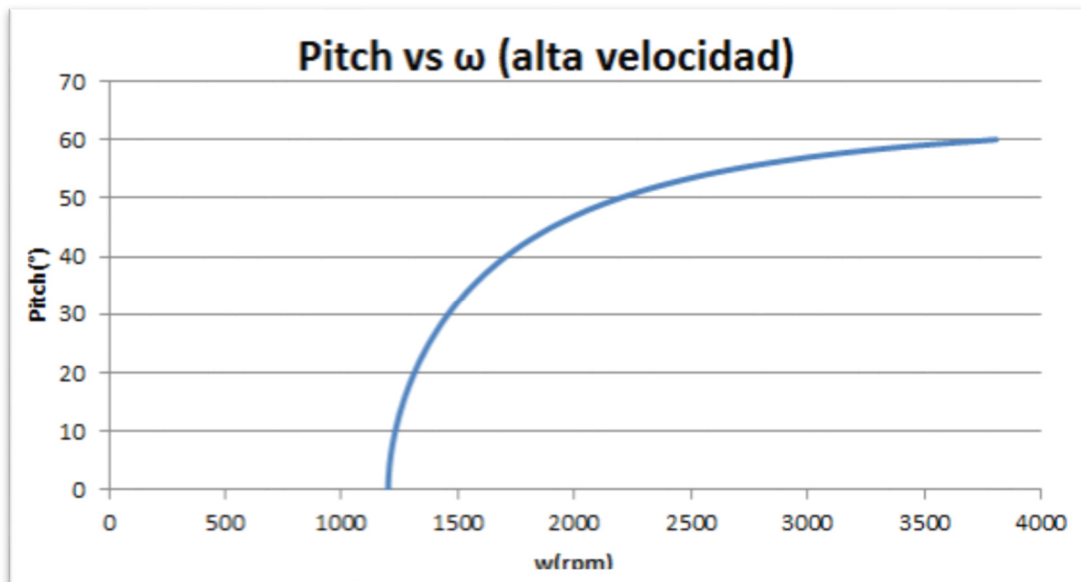
*K1: Constante elástica del resorte.*

*ΔLpr1: Precarga del resorte.*

*M1: Masa*

*Lp1, Lm, μ, μ0, α, ρ: Características geométricas del mecanismo.*

Dando lugar a la curva que nos indica el pitch en función de la velocidad angular del rotor para alta velocidad.



Se observa que el control centrífugo varía el pitch desde 0° a partir de las 1200 rpm.

## Grupo de Estudio Sobre Energía (GESE)

A partir de las constantes de los resortes obtenidas por cálculo, y considerando el espacio a ocupar en el mecanismo se pudo definir las características de los mismos.

Cabe aclarar que los subsistemas de arranque y de alta velocidad son dependientes entre sí, lo cual fue contemplado para la obtención del modelo matemático del sistema completo.

Como se puede observar en las ecuaciones para ambos subsistemas, las variables que nos permiten modificar el funcionamiento del control luego de la construcción del mismo son las masas y los resortes. Por ello se contempló la posibilidad de variar ambos dentro de cierto rango para poder ajustar las diferencias en el funcionamiento debidas a la idealización del modelo utilizado para el cálculo de dichas variables.

A fin de reducir costos en la fabricación y poder obtener piezas complejas de una manera sencilla, se decidió remodelar el diseño para utilizar impresión 3d. Si bien algunas piezas ya son definitivas, otras es necesario ensayarlas para corroborar que el reemplazo no afecte el funcionamiento.

Ya se realizaron los planos de fabricación de algunas piezas que serán mecanizadas y se están realizando las impresiones de las piezas a ensayar para poder definir el modelo final y proceder con la construcción del mismo.

En paralelo con los avances ya mencionados en el diseño y fabricación del control de paso de pala por acción centrifuga para baja y alta velocidad, se realizó a lo largo del año la gestión y el detalle técnico del sistema para su patentamiento.