

CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO FLUIDODINÁMICO DE UNA PALA DE AEROGENERADOR CON FLAP GURNEY INMERSO EN FLUJO TURBULENTO.

A. Gamarra ^{a,b}, M. García Saínz ^a, P. Mantelli ^a

^aUIDET LaCLyFA, Dpto. Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Calle 1 y 47 (B1900TAG) La Plata, Argentina. <http://www.laclyfa.ing.unlp.edu.ar/>

^bCIC (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires), La Plata, Argentina. <https://www.gba.gob.ar/cic/>

Introducción

La performance de perfiles operando en bajos números de Reynolds ha sido un tópico de interés creciente en las últimas décadas, interés que se magnifica en el caso de turbinas eólicas de baja potencia, para uso domiciliario¹.

El flap Gurney es un dispositivo mecánicamente simple que consta de una pequeña placa colocada en el intradós de la pala con un ángulo normal a la superficie, coincidente con el borde de fuga². Su altura es típicamente entre el 1% y el 4% de la cuerda. En la Fig 1. se observa un flap Gurney genérico y la características del flujo debido a su presencia.

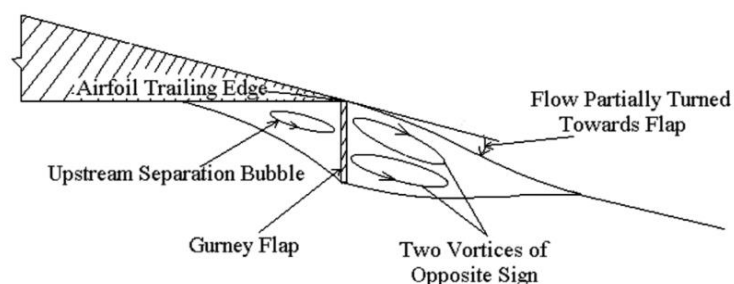


Fig 1. Flap Gurney. [Ref. 1].

Comparando el flujo alrededor de dos perfiles aerodinámicos idénticos, uno sin flap Gurney y el otro con un flap Gurney, varios estudios han demostrado que el mismo provoca un vórtice aguas arriba del perfil y un retardo del flujo.¹ Además aguas abajo se generan vórtices contra rotatorios, los cuales generan una estela de von Kármán y un incremento del área de succión del extradós del perfil; todo esto en conjunto provoca un aumento de la circulación del perfil. En el Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental se han estudiado este tipo de dispositivos^{3,4}. Los desprendimientos vorticosos periódicos sobre el perfil provocan un área de succión en el extradós. Si el perfil está en condición de flujo desprendido, esta zona de succión puede llegar a generar un repegue de la capa límite retrasando el desprendimiento.

Los flaps Gurney mejoran la performance de los perfiles a altos ángulos de ataque y es esperable que mejoren el torque inicial de los generadores eólicos de eje horizontal, reduciendo la velocidad de arranque¹. Con esta motivación se realizó este trabajo cuyo objetivo es estudiar la influencia del flap Gurney sobre una pala de aerogenerador de eje horizontal de baja potencia (aproximadamente 1,5kW) en túnel de viento mediante la adquisición de presiones estáticas sobre la misma. La pala tiene 1,55 metros de envergadura, una cuerda que varía desde 14cm en la raíz hasta 4,3 cm en el borde marginal y un ángulo de torsión que va desde 20° en la raíz hasta -3,6° en el borde marginal. Se comparan los resultados obtenidos para la pala "limpia" y con el flap Gurney, cuya cuerda es de 2% de la cuerda del perfil.

Ensayo experimental

Se realiza un ensayo estático en un túnel aerodinámico cuya sección de prueba es de 2,5x1,83m, con la pala sujeta por la raíz en condición de viga empotrada-libre. La pala se sujeta en determinadas estaciones mediante costillas y tensores para restringir el movimiento y cancelar componentes dinámicas. En la Fig 2. se observa el montaje final en el túnel de viento.



Fig 2. Pala montada en túnel de viento.

Se estudia la pala en tres condiciones de ángulo de ataque medido en la cuerda raíz (-24° , 6° y 66°), y a una velocidad de corriente libre de 9m/s para los tres casos, y además a 12m/s para los dos primeros ángulos, con intensidad de turbulencia menor al 1%.

La adquisición de presiones se realiza mediante dos escáneres de presión Scanivalve DSA3217, cada uno de estos escáneres puede adquirir hasta 16 tomas en simultáneo a una frecuencia de 500Hz. Se utilizaron dos módulos para cubrir las 32 tomas de presión simultánea instaladas en la pala ensayada. Estas 32 tomas estaban divididas en dos partes, 16 sobre el extradós y 16 sobre el intradós, distribuidas a lo largo de la envergadura de la pala. En la Fig 3. se ve parte de las tomas sobre el intradós de la pala.

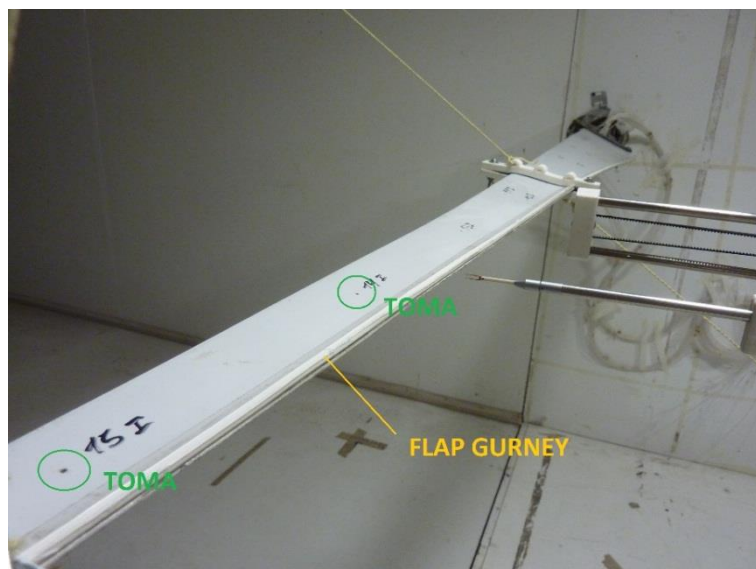


Fig 3. Tomas de presión.

La medición de velocidad de referencia se realiza mediante un tubo Pitot en conjunto con un manómetro Testo 512-20hPa, el cual posee un rango de velocidades de 5 a 55m/s.

El flap Gurney de este trabajo tiene una altura del 2% de la cuerda, y debido al ahusamiento de la pala, el flap presenta una sección variable a lo largo de la envergadura. El mismo se construyó en plástico y se instala con cinta adhesiva doble contacto.

Resultados y discusión

Se observan los resultados del coeficiente de presión (dividido por dos para mejor interpretación del gráfico) para los tres casos de ángulo de ataque ($\alpha = 66^\circ$, 6° y -24° en las Fig 4, Fig 5 y Fig.6, respectivamente), con y sin flap Gurney, y para una velocidad de 9m/s.

Las flechas color rojo corresponden a un incremento de presión (presión positiva sobre la superficie de la pala), mientras que las flechas color azul representan valores de succión.

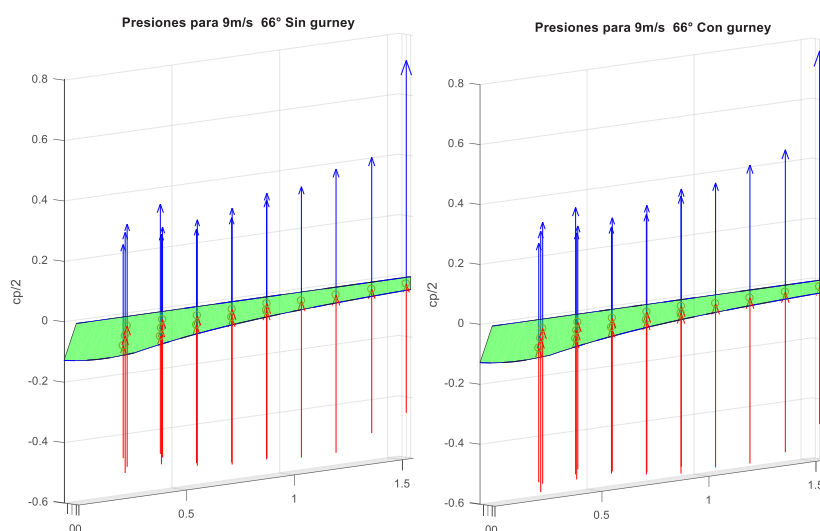


Fig 4. Coeficientes de presión para ángulo de ataque = 66° .

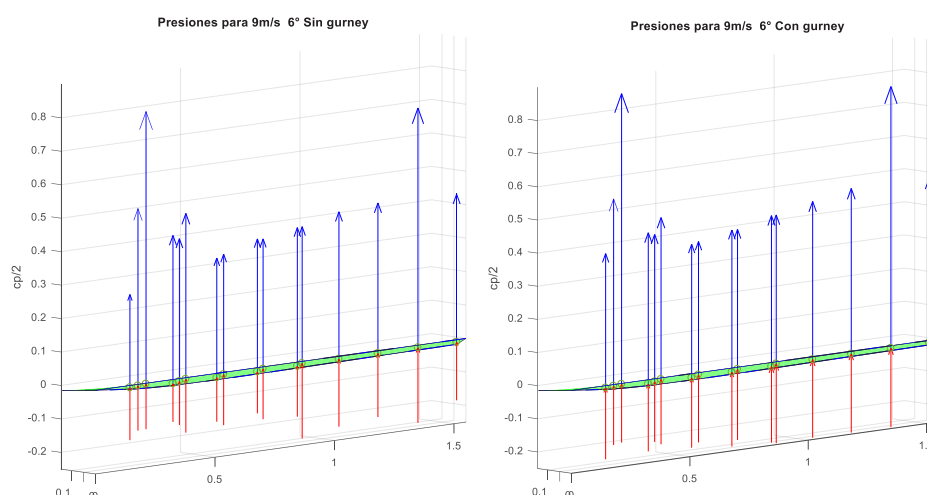


Fig 5. Coeficientes de presión para ángulo de ataque = 6° .

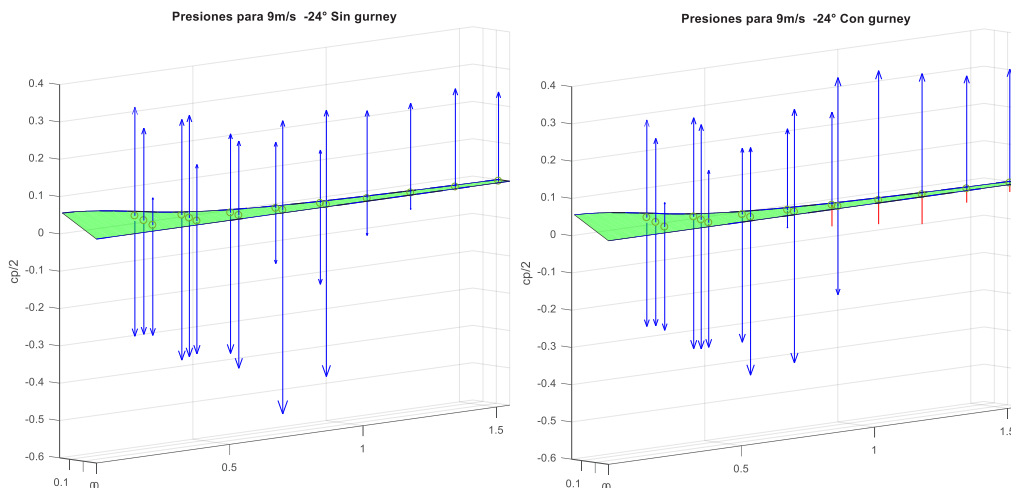


Fig 6. Coeficientes de presión para ángulo de ataque = -24°.

Se observa en los tres casos que el flap provoca variaciones en las presiones locales medias registradas en cada caso.

En la Fig 7 se observa el efecto del flap Gurney para los tres casos; se grafica la variación relativa respecto al caso sin flap Gurney (aumento/decremento) del coeficiente de presión generado en cada estación de la pala.

$$\frac{\Delta C_{P_{c/Gurney}} - \Delta C_{P_{limpio}}}{\Delta C_{P_{limpio}}}$$

El caso de ángulo de ataque de 66° implica que la pala se dispone como una placa plana frontal contra el viento incidente, por lo cual no se espera efecto significativo sobre la distribución de presiones asociada a la presencia del flap Gurney. Los incrementos relativos que se observan en la Fig. 7 tienen órdenes de magnitud despreciables, indicado efecto nulo.

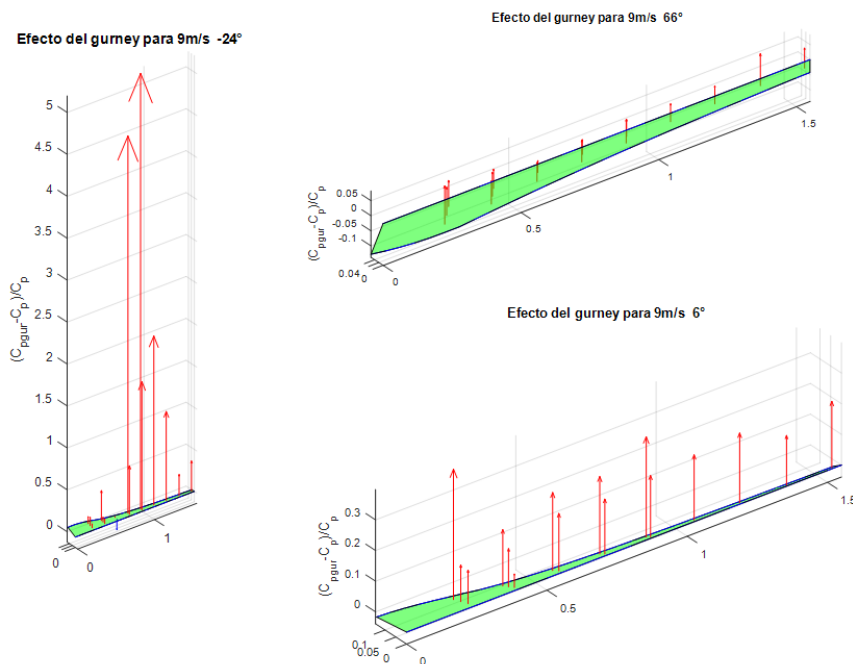


Fig 7. Efecto del flap Gurney para diferentes ángulos de ataque.

Conclusiones

En el caso de la pala con ángulo de ataque de 66° , se confirma que el efecto del flap Gurney es despreciable, debido a que en esa posición la pala presenta flujo desprendido en la zona de trabajo del flap.

Para un ángulo de -24° se aprecia claramente el efecto generado por flap; en particular a partir del 50% de la pala sobre el intradós se observa el cambio en el signo de los coeficientes de presión, lo que maximiza la diferencia de presiones entre el intradós y el extradós (aumento del coeficiente de sustentación).

Los resultados presentados en la Fig. 7 indican la diferencia en presiones generadas en la pala con el flap, comparado con la condición limpia, alcanzando hasta un 25% de incremento de la diferencia de presión entre el intradós y el extradós (directamente relacionado con el incremento de sustentación) para el caso en el que la raíz de la pala se encuentra a 6° , y hasta 5 veces más para ángulo de ataque igual -24° , debido a la inversión de signo en la presión local del intradós (Fig. 6), como se mencionó en el párrafo anterior.

El flap Gurney genera una diferencia en los mapas de presiones locales, lo que representa una diferencia en la fuerza resultante generada por la pala con respecto a la condición "limpia", que se relaciona directamente con el incremento de sustentación.

La distribución de tomas de presión que presenta el modelo es escasa para determinar correctamente el efecto local generado en las proximidades del flap Gurney, aunque fue posible obtener una estimación adecuada sobre el efecto global de su aplicación.

Bibliografía

¹ Johnson S. J., van Dam C. P., Berg D. E.; SANDIA Report: Active Load Techniques for Wind Turbines; 2008.

² Neuhart D. H., Pendergraft O. C.; A Water Tunnel Study of Gurney Flaps. 1988.

³ Colman, J., Marañón Di Leo J., Delnero J. S., Martinez M., Boldes, U., Bacchi F., Lift and drag coefficients behavior at low Reynolds number in an airfoil with miniflaps Gurney submitted to a turbulent flow. Part 1. Latin American Applied Research, Vol.38 pp. 195-200, 2008

⁴ Colman, J., Marañón Di Leo J., Delnero J. S., Martinez M., Boldes, U., Bacchi F.: Lift and drag coefficients behavior at low reynolds number in an airfoil with miniflaps gurney submitted to a turbulent flow. Part 2. Latin American Applied Research, Vol.40, pp. 75-80, 2010