

Energía Eólica



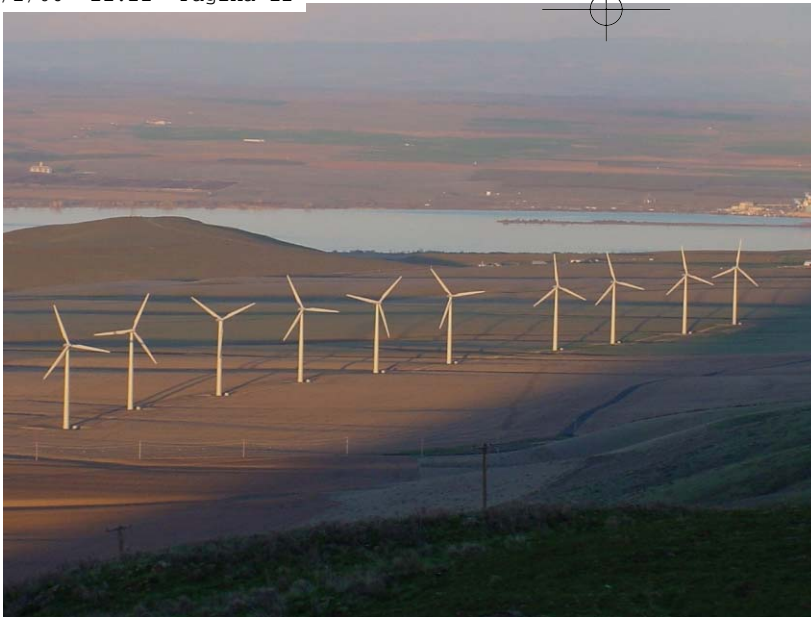
Por: Antonio Crespo Martínez.

Catedrático de Mecánica de Fluidos de la ETSI de la Universidad Politécnica de Madrid

Antonio Crespo es Ingeniero Aeronáutico desde 1964. Entre 1964 y 1968 estudió Mecánica de Fluidos en el Instituto Tecnológico de California (CALTECH) donde obtuvo el grado de Doctor. Es Catedrático de Mecánica de Fluidos de la ETSI Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid desde 1978. Ha sido subdirector de Investigación y Doctorado de esa Escuela y director del Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica. Ha participado en numerosos proyectos sobre aprovechamiento de energía Eólica, muchos de ellos dentro de programas de la Unión Europea, en colaboración con diferentes laboratorios y compañías eléctricas Riso y Elkraft de Dinamarca, TNO y ECN de Holanda y Gamesa, Ecotecnia e IDAE de España. Bajo su dirección se han desarrollado programas de cálculo para el estudio de estelas y efectos orográficos utilizados por diferentes compañías y promotores de parques eólicos. Tiene 90 publicaciones y 138 presentaciones en congresos y reuniones, de las que aproximadamente la tercera parte son sobre energía eólica. Ha representado a España en el Anexo IX "Wakes and Clusters" de la sección de Energía Eólica de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). Ha pertenecido a numerosos comités científicos de congresos internacionales, muchos de ellos sobre energía eólica.

El resurgimiento de las energías renovables, en particular de la eólica, se inició hace unos 30 años como consecuencia de las guerras de Oriente Medio, y como un medio de paliar las previsibles crisis energéticas, pero ni los más optimistas podían haber soñado con la situación actual. Las previsiones oficiales se han visto sistemáticamente sobrepasadas por la realidad de un espectacular desarrollo en todo el mundo y en España en particular. A finales del año 2004, en España había 8.155 MW instalados, equivalente a 9 centrales nucleares de tipo medio, y con una producción eléctrica de 16.000 GWh, igual al 6,5% de la energía eléctrica producida. España era el segundo país del mundo con más potencia eólica instalada, por detrás solamente de Alemania. La potencia mundial instalada en esa fecha era de 47.200 MW. Los correspondientes crecimientos respecto al año anterior fueron del 30% en España y del 19% mundial. La expansión está siendo tan fuerte que se ha tenido que recurrir a instalar parques eólicos en el mar, donde los problemas de espacio no son tan acuciantes y además hay generalmente más viento con una menor turbulencia; aunque algunos costes, como los de cimentación, son mayores, y existen los efectos adicionales de las cargas que ejercen la olas. En Dinamarca se pretende llegar a construir cinco grandes campos eólicos en el mar de 160 MW; uno de los cuales, Horns Rev, ya está en funcionamiento. Este impresionante parque ocupa 20 km², ➤





y tiene 80 aerotubinas de 70 m de altura, con tres palas de 40 m de longitud. En EEUU se proyecta un gigantesco parque eólico marino de 420 MW en Cape Cod cerca de la costa de Massachusetts con 130 aeroturbinas, que estará en funcionamiento para finales de 2009.

Podemos apuntar varias causas de este crecimiento sorprendente. El acuerdo de Kyoto limita la producción del dióxido de carbono, responsable del efecto invernadero. Como consecuencia, la Unión Europea se ha marcado el objetivo de que para el año 2010 el 22% de toda la energía eléctrica producida sea de origen renovable, y un 12% de origen eólico. Para alcanzar esta situación los Estados Miembros han puesto en marcha diferentes mecanismos, y concretamente en el caso de España se aplica a cada energía renovable una prima respecto al precio del kWh que marca el mercado eléctrico. Sin embargo, hay otras energías renovables con primas muy superiores a la eólica y cuyo crecimiento ha sido mucho más modesto. Otra razón importante del crecimiento y potenciación de la energía eólica, es que es una gran creadora de puestos de trabajo. Según un estudio del World Watch Institute el número de puestos de trabajo producido por cada TWh anual de energía eólica es de 542, mientras que en una clásica instalación térmica es de unos 120. Pero creo que la causa más importante de su crecimiento es su gran facilidad para adaptarse a las nuevas tecnologías. De unas máquinas artesanales se ha pasado a aeroturbinas con mecanismos muy sofisticados e innovadores, cuyos componentes han sido fabricados y diseñados siguiendo las pautas más avanzadas, y cuyo emplazamiento es seleccionado basándose en complicadas simulaciones de ordenador. Es una tecnología multidisciplinar, enormemente receptiva de todo tipo de avance técnico y en la que se pueden aplicar casi de inmediato y con gran agilidad los resultados de la investigación en los más variados campos. Antiguamente, la disponibilidad de las máquinas, es decir, el tiempo que no estaban averiadas o en mantenimiento, era del 60%, hoy es del 97%. El coste de la energía producida es cinco veces menor que hace 20 años, la vida prevista de las máquinas es considerablemente mayor y los niveles de ruido también han sido drásticamente reducidos. Existen todavía problemas importantes como la predicción a corto plazo del viento, necesaria para planificar la

LOS PROBLEMAS
TÉCNICOS ASOCIADOS
AL APROVECHAMIENTO
DE LA ENERGÍA EÓLICA
SON MUY NUMEROSOS,
COMPLEJOS Y VARIADOS,
Y CAEN DE LLENO EN
LAS ACTIVIDADES DEL
INGENIERO INDUSTRIAL.

producción energética en un escenario en el que la energía eólica tendrá un gran peso. Recientemente ha aparecido una nueva legislación por la que se supeditan la cuantía y las condiciones de la prima antes mencionada a que el productor sea capaz de predecir con una cierta anticipación cuanta energía va a verter a la red. Vista la trayectoria previa, es seguro que la energía eólica vencerá ésta y otras dificultades, y alcanzará y posiblemente superará las previsiones anteriores, aunque hoy nos parezcan optimistas.

Los problemas técnicos asociados al aprovechamiento de la energía eólica son muy numerosos, complejos y variados, y caen de lleno en las actividades del Ingeniero Industrial. Su solución no es fácil, pero se ha puesto en la misma un gran esfuerzo y entusiasmo, fruto de los cuales ha resultado el gran desarrollo antes indicado. Dentro de estos problemas, los relacionados con la mecánica de fluidos, tales como el estudio aerodinámico de la aeroturbina o el estudio de las características del viento o su predicción como antes se indicó, tienen una gran relevancia, y nuestro grupo ha dedicado

una especial atención a estos estudios. En la lista de referencias se indican aquellas más relevantes en las que ha participado nuestro grupo.

Nuestro grupo ha desarrollado diversos modelos numéricos y ha utilizado otros existentes, aplicándolos en terrenos de diferente grado de complejidad para estimar la influencia orográfica en la producción de energía eólica. Estos trabajos, que han sido generalmente encargados por promotores de parques eólicos y fabricantes de aeroturbinas se encuentran descritos en algunas referencias dadas al final de este trabajo, dándose algunos resultados representativos en las figuras 1 y 2.

El efecto de la interferencia entre aeroturbinas en parques eólicos suele ser importante, ya que las aeroturbinas utilizadas en la actualidad tienen una potencia nominal típica de entre 500 y 1.500 kW, con diámetros de entre 40 y 60 m, y para poder producir energía de forma significativa es necesario agrupar las máquinas en parques eólicos. Por ello, hay que buscar de forma adecuada el emplazamiento de las máquinas, de manera que se aprovechen aquellos lugares con más potencial eólico, situando en ellos el mayor número posible de aerogeneradores, minimizando al mismo tiempo los efectos nocivos asociados a la interferencia. Dichos efectos son diversos. La máquina eólica extrae energía cinética del viento, por lo que éste es menos intenso en su estela, dando lugar a que la producción energética de una máquina situada a sotavento de otra disminuya. En la estela el nivel de turbulencia es

mayor que en el viento libre, dando lugar a que aumenten las cargas no permanentes sobre la máquina a sotavento, y a que su vida se acorte, generalmente por fatiga. Nuestro grupo ha desarrollado dos programas, denominados UPMWAKE y UPMPARK, el primero dedicado a calcular las características de la estela individual y el segundo al de un conjunto de estelas de las diversas máquinas instaladas en el parque eólico. Estos trabajos se han hecho en colaboración con diversos organismos de investigación europeos, en el marco de diferentes programas y contratos de la UE, y se encuentran descritos en algunas referencias dadas al final de este trabajo. Algunos resultados representativos se dan en las figuras 3 y 4. ❖

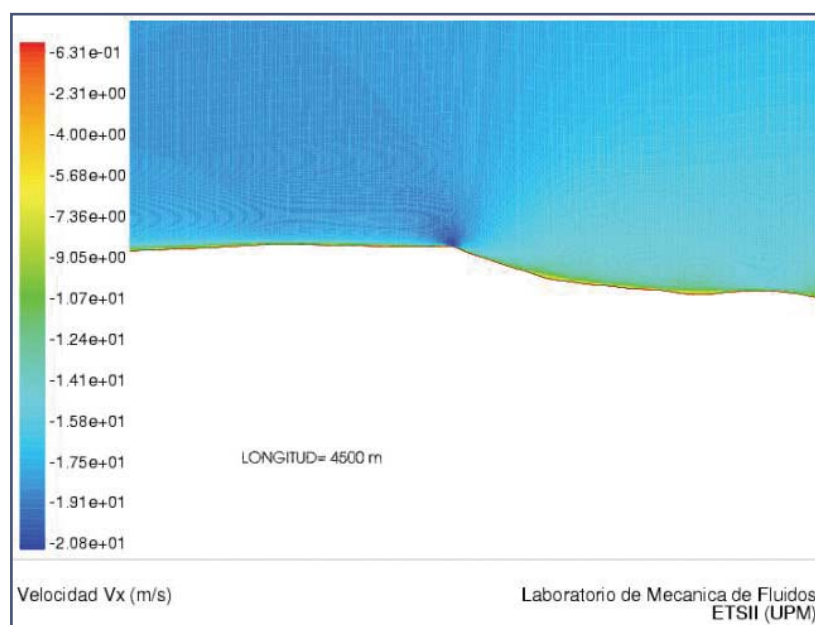


Figura 1. Contornos de velocidad horizontal en un corte bidimensional de un terreno, calculados numéricamente. El aire sopla desde la derecha y tiene componente negativa. La mayor velocidad es en la parte superior del terreno situada a la izquierda.

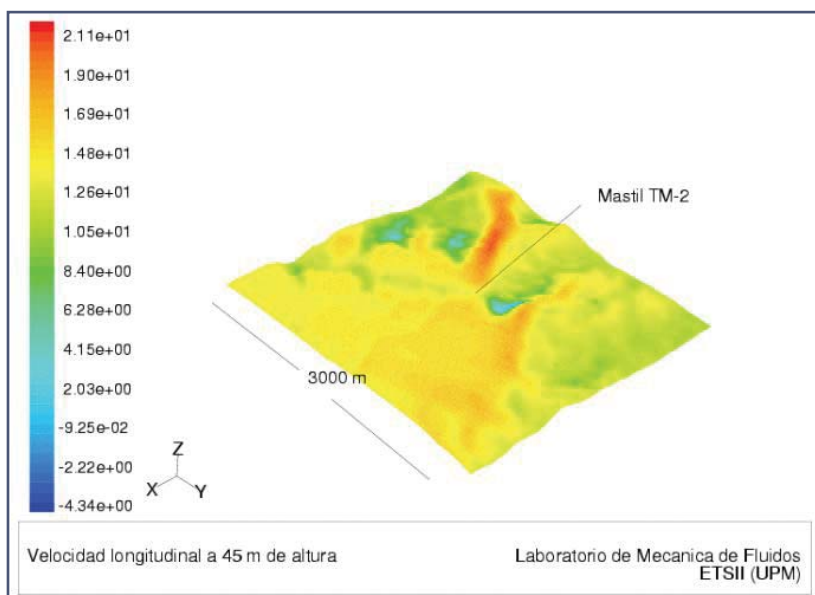


Figura 2. Contornos de la componente v_y de la velocidad, según la dirección del viento incidente en una superficie paralela al suelo a una distancia de 45 m. Dirección 337° a partir del N en sentido horario. El eje y apunta hacia el norte. Cálculos numéricos.

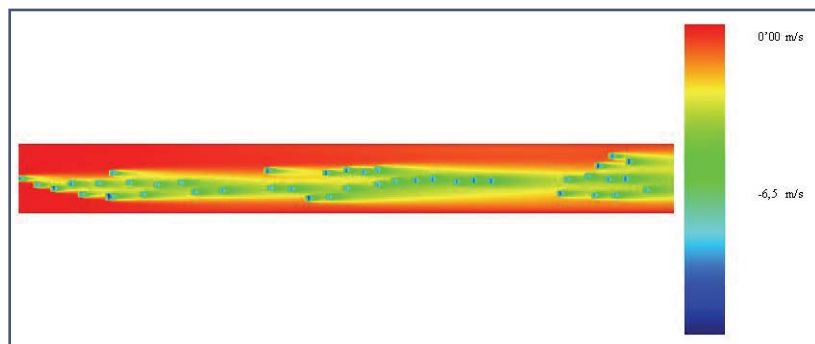


Figura 3. Distribución de defecto de velocidad para un campo eólico, calculada con UPM-PARK. Corte por un plano horizontal a la altura del buje. La dirección del viento es de izquierda a derecha con una velocidad de 9 m/s. La posición de las aeroturbinas se identifica fácilmente, al ser donde hay mayor interferencia.

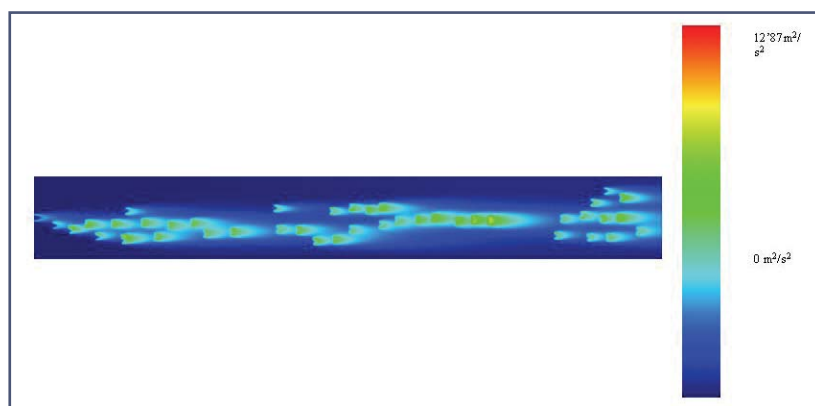


Figura 4. Distribución de energía cinética turbulenta añadida para el mismo campo eólico indicado en la figura 3, calculado con UPM-PARK.

REFERENCIAS

- R. Gómez, A. Crespo, E. Migoya, F. Manuel, J. Hernández (2005) "Anisotropy of turbulence in wind turbine wakes" Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Octubre 2005, Vol. 93/10, pp 797-814.
- L.J. Vermeer, J.N.Sørensen y A. Crespo (2003) "Wind Turbine Wake Aerodynamics" Progress in Aerospace Sciences. Vol. 39. Issues 6-7. Agosto-Octubre 2003. pp. 467-510.
- A. Costa, A. Crespo, E. Migoya "First results from a prediction project" 2003 European Wind Energy Conference, Madrid. Publicado en proceedings. Junio 2003.
- M. Esteban, A. Crespo, J. García, J. Hernández, y U. San Miguel, (2001) "Flow over topographic configurations of interest. Comparison of results of different models", European Community Wind Energy Conference, Copenhague, Dinamarca.
- A. Crespo, J. Hernández y S. Frandsen (1999) "A Survey of Modelling Methods for Wind-Turbine Wakes and Wind Farms". Wind Energy. Volume 2, Issue 1, 1999. Pages: 124.
- A. Crespo, S. Frandsen, S. Larsen and R. Gómez-Elvira (1999) "Modelization of a Large Wind Farm, Considering the Modification of the Atmospheric Boundary Layer" European Wind Energy Conference. Pages 1109-1112. James & James. J.

- A. Crespo y J. Hernández J. (1996). "Turbulence characteristics in wind-turbine wakes". Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 61, pp. 71-85.

- S. Frandsen, L. Chacón, A. Crespo, P. Enevoldsen, R. Gómez Elvira, J. Hernández, J. Høstrup, F. Manuel, K. Thomsen, y P. Sørensen, (1996) "Measurement on and Modelling of Offshore Windfarms" Risø- R-903 (EN). ISBN 87-550-2190-5.

- Hernández y A. Crespo. "Aerodynamic calculation of the performance of horizontal axis wind turbines and comparison with experimental results", Wind Engineering, vol. 11, n1 4, pp. 177187, (1987).

- A. Crespo, F. Manuel, D. Moreno, E. Fraga, y J. Hernández, (1985) "Numerical Analysis of wind turbine wakes" Proc. of the Delphi Workshop on Wind Energy Applications.

