



# La predicción de energías renovables: oportunidades Big Data para la energía eólica

**Autor:** Ángela Fernández Pascual

Data Scientist del IIC en Health & Energy Predictive Analytics

# La predicción de energías renovables: oportunidades Big Data para la energía eólica

## Abstract

---

En el campo de las energías renovables también podemos aplicar el término *Big Data* para hablar de las oportunidades que ofrece analizar y explotar los datos que se producen en torno a energías limpias como la eólica, la energía renovable con mayor impacto en el sistema eléctrico. El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia que tiene realizar una adecuada predicción de la energía eólica que se va a producir, para permitir una correcta gestión, planificación y mantenimiento de los parques y del propio sistema eléctrico. Los resultados ofrecidos por los servicios de predicción más innovadores al respecto son fruto de los últimos avances en analítica predictiva y modelos de aprendizaje automático, tecnologías que han probado ser tremendamente útiles para distribuidoras, comercializadoras y operadores del sistema.

## Palabras clave:

Big Data en energía; Aprendizaje automático; Predicción de energía eólica; Energías renovables; Red eléctrica inteligente; Smart Grids.

**Autor:** Ángela Fernández Pascual

Data Scientist del IIC en Health & Energy Predictive Analytics



# La predicción de energías renovables: oportunidades Big Data para la energía eólica

## Introducción



Autor: Ángela  
Fernández Pascual

Hoy en día el término *Big Data* está de moda incluso en el entorno energético. La explosión de información que hemos sufrido con la era de la digitalización ha dado lugar a la posibilidad de analizar y explotar grandes volúmenes de datos también en el campo de las **energías renovables**, donde los parques eólicos o las granjas solares tienen la capacidad de recoger cada vez más información, las agencias meteorológicas son capaces de predecir más variables a mayor resolución, el operador del sistema recaba cada vez más datos y, gracias a todos estos nuevos *bytes*, surgen nuevas necesidades y nuevas oportunidades de mejora en estas áreas, tanto para quienes generan, transportan y distribuyen energías como para quienes las consumen.

Para manejar todos estos datos y extraer de ellos información de valor, es necesario el empleo de **técnicas y algoritmos avanzados** de minería de datos y aprendizaje automático. Analizar estos datos, extraer de ellos patrones de comportamiento significativos y realizar predicciones son tareas de vital importancia tanto para la mejora de la eficiencia y la reducción de costes de los servicios como para la toma de decisiones de las empresas involucradas.

Este trabajo se centra especialmente en un tipo de energía renovable: la energía eólica. Esta energía es una de las principales fuentes limpias de generación de electricidad en nuestro país: en 2015 situó a España como el cuarto país del mundo con mayor **potencia eólica instalada**, detrás de China, Estados Unidos y Alemania. Ya en 2005, el 7,7% de la demanda se cubrió gracias a los parques eólicos, y en 2014 el aporte de este tipo de energía al sistema eléctrico aumentó hasta el 20,3%, convirtiéndose en la segunda tecnología con mayor contribución a la cobertura de la demanda, muy cerca de la energía nuclear. La evolución ha sido notable: en 2013 se produjo un pico de producción instantánea de 17.056 MW; en enero de 2015 ese máximo histórico se superó en un 2,9% con 17.553 MW; y actualmente en España hay una potencia instalada de unos 23.000 MW.

Estos datos dan una idea clara de la importancia que tiene predecir adecuadamente la generación de este recurso para poder **controlar y gestionar** la producción de esta energía, tanto a nivel de parque como del operador del sistema.

### Predicciones eólicas

Visto lo visto, realizar predicciones eólicas adecuadas es más que necesario y disponer de estas predicciones en un corto-medio plazo resulta clave tanto para acudir a los mercados eléctricos como para realizar labores de mantenimiento de los parques.

Para **acudir a los mercados eléctricos** a vender la energía producida por los parques eólicos es necesario disponer de las predicciones horarias de producción con un día de antelación en el caso del mercado diario, pues este mercado se cierra a las 10:00 h de cada día y en él se negocian las veinticuatro horas del día siguiente, por lo que antes de esa hora se deben haber realizado las predicciones pertinentes para todas las horas del día siguiente.

Una buena predicción supone una recompensa económica directa para un parque, pues en estos mercados deben ofertar la energía que van a generar y en caso de desvíos y de una producción no beneficiosa para el sistema, estos parques se verán penalizados.

Unas buenas predicciones son importantes no solo desde un punto de vista de mercado, sino también a la hora de realizar labores de **operación y mantenimiento de los parques**. Ambas facetas tienen una repercusión directa en la economía del parque, por lo que obtener un modelo fiable y preciso es contar con un servicio tremendamente útil y rápidamente amortizable.

Realizar estas predicciones no es fácil, pues la energía eólica presenta muchas fluctuaciones rápidas, muy cambiantes e imprevisibles, tanto a nivel global agregado, como, y especialmente, a nivel de parque. Este hecho está muy relacionado con el carácter cambiante del viento, que puede presentar fuertes ráfagas en un determinado momento y durante la hora siguiente mostrar un aspecto calmado. Sin embargo, no es el único hecho influyente en la naturaleza cambiante de la curva de energía eólica.

En general, para realizar estas predicciones necesitamos conocer **datos meteorológicos** que ofrecen agencias meteorológicas como la Agencia

Estatal de Meteorología (AEMET), the European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF), the NOAA Global Forecast System (GFS) o the Weather Company (IBM), para utilizarlos como datos de entrada en los modelos estadísticos. Normalmente estas agencias proporcionan **predicciones de ciertas variables** como la radiación, el punto de rocío, la humedad o las componentes del viento, dadas en ciertos puntos de una cuadrícula rectangular que cubre el área sobre la que se desea predecir. Esta cuadrícula es el resultado de un suavizado del modelo orográfico a una cierta resolución (actualmente se proporcionan datos a una resolución de al menos 0.125° en la mayoría de agencias para la mayoría de modelos).

El número de variables ofrecidas por estas agencias es enorme; por ejemplo GFS ofrece 145 variables diferentes, a 26 niveles de presión para 16 días a futuro con cuatro actualizaciones diarias, y esto por cada punto de la cuadrícula elegida. Evidentemente, nunca se utilizarán todas estas variables a la vez, y cuáles seleccionemos dependerá del problema al que nos enfrentemos, lo que determinará a su vez su dimensión. Pero queda claro que nos vamos a encontrar ante un problema de alta dimensión, típico de las soluciones *Big Data*.

Todas estas características y datos relacionados con la predicción eólica hacen que las herramientas proporcionadas por el **aprendizaje automático** sean las más apropiadas para enfrentarnos a este problema. Tradicionalmente se han utilizado modelos como los perceptrones multicapa (Duda et ál., 2000) o las máquinas de vectores soporte (SVM) (Schölkopf & Smola, 1998), siendo estas últimas las más utilizadas en la literatura de los últimos años. Sin embargo, debido a su trascendencia, la predicción de energías limpias y renovables como la energía eólica sigue siendo un tema recurrente en investigación, y para mejorar dichas predicciones se han probado nuevos modelos estadísticos.

Entre ellos destacan, por un lado, los modelos de Bosques Aleatorios o de Gradient Boosting (Hastie et ál., 2009) que han dado muy buenos resultados, como demuestra el último artículo publicado en la Cátedra UAM-IIC de Ciencia de Datos y Aprendizaje Automático (Alonso et ál., 2015), y que presentan la ventaja de ser modelos más sencillos y más fácilmente parametrizables que las famosas SVMs. Por otro lado, actualmente se está demostrando la

eficacia de las redes profundas (Bengio, 2009), por lo que parece la línea de investigación que más conviene seguir también en esta área. De hecho, se ha presentado algún trabajo en esta línea para predicción de velocidades de viento (Hu et ál., 2016) y la Cátedra UAM-IIC ha hecho alguna prueba para **predicción de energía eólica** (Díaz et ál., 2015).

Aunque se consiga un modelo con un porcentaje de acierto muy alto, es muy difícil que este proporcione siempre buenos resultados para todas las horas. Una mala predicción, que provoque un alto desvío, puede dar lugar a graves pérdidas económicas al ir a mercado. Para minimizar ese riesgo, resulta de utilidad realizar combinaciones con las predicciones hechas por distintos agentes predictores, consiguiendo así mejorar la capacidad de generalización de cada predictor de manera individual. Una buena **combinación de predicciones** sacará provecho de la complementariedad e independencia de los distintos predictores base, compensando en dicha combinación los errores de signos opuestos de predictores independientes.

Todas estas características, modelos y soluciones están presentes en EA2, un **sistema de predicción** de producción de energía eólica capaz de llevar a cabo la predicción horaria de parques individuales, pequeñas agrupaciones o áreas más amplias, que además puede complementarse con Argestes Planner, una herramienta de visualización que permite, en tiempo real, analizar y comparar las predicciones realizadas.

### EA2: la solución para la predicción de energía eléctrica de origen eólico

EA2 es un **sistema de predicción de producción eólica**, desarrollado plenamente por el equipo de trabajo del IIC, y orientado a agentes relacionados con las redes eléctricas inteligentes (*Smart Grids*), ya sean operadores del sistema eléctrico, operadores de distribución, generadores de energía, comercializadoras o, en general, empresas relacionadas con la **eficiencia energética** que requieran técnicas de modelado y predicción de

energía eólica para mejorar sus procesos, ya sean de gestión, planificación o mantenimiento.

Se trata de un sistema ofrecido en modalidad *Software as a Service (SaaS)* que emite predicciones de producción eólica para parques en cualquier parte del mundo, adaptándose a las características de cualquier mercado y ofreciendo dichas predicciones con el refresco requerido por el cliente. Gracias a su versatilidad se puede aplicar a un parque eólico o sobre un conjunto de parques como los de una granja, agrupación o *cluster*, o incluso sobre una gran área como la Península Ibérica. En concreto, el IIC analiza cada hora el 100% de la potencia instalada en nuestro país, al ser el **operador del sistema eléctrico español** (Red Eléctrica de España, REE) uno de los usuarios de esta herramienta.

La obtención de nuevas predicciones se basa, como se ha comentado anteriormente, en previsiones meteorológicas (*NWP, Numerical Weather Predictions*) como las componentes del viento, la temperatura o la humedad. Esta herramienta proporciona, por tanto, un mínimo de dos refrescos diarios de predicciones, coincidentes con las actualizaciones de meteorología disponibles por parte de las agencias meteorológicas.

Además, para **mejorar las predicciones**, este sistema puede alimentarse también con información proporcionada por el cliente como la actualización horaria de la producción eólica. Gracias a esta información se puede proporcionar un refresco horario de las predicciones, que además cuentan con una mayor precisión al haber sido realizadas utilizando más datos. También pueden tenerse en cuenta, por ejemplo, las indisponibilidades de los parques o las consignas del operador del sistema (REE en España).

EA2 es un sistema muy ágil, capaz de adaptarse a las necesidades del cliente y a los datos que este aporta. Para generar cada predicción, EA2 recoge toda la información de la que dispone y reinterpreta las condiciones del entorno, con lo que obtiene una predicción de producción altamente fiable.

Todo esto lo consigue en gran parte gracias a la aplicación de técnicas de **análítica predictiva** y diversos métodos de **aprendizaje automático** como las redes neuronales o las SVMs, entre otros.

En un buen parque, como Sotavento en Galicia, los errores ofrecidos por este servicio son menores al 8% de error absoluto medio respecto a la potencia instalada del parque para un horizonte 12 (horizonte interesante para acudir al mercado diario) y muy cercanos al 7% para los primeros horizontes (interesantes para acudir a los mercados intradiarios). Además, EA2 es capaz de proporcionar una **combinación de predicciones** de distintos agentes si se le proporciona la información adecuada, consiguiendo de esta forma unos valores de energía eólica predicha aún más precisos.

### Conclusiones

Hoy en día, las **energías renovables**, en concreto, la eólica, tienen un papel fundamental en los sistemas eléctricos, por lo que predecir bien la energía eléctrica que se va a producir con estos recursos adquiere una gran importancia. En este contexto, el **servicio de predicciones** desarrollado por el IIC ofrece automatización de tareas, adaptabilidad, múltiples posibilidades de configuración y

excelentes resultados a cualquier empresa interesada en el ámbito de la energía eólica.

EA2 constituye un producto muy completo que comprende los últimos avances en el campo del aprendizaje automático, y sobre cuyos resultados se realiza una continua revisión para garantizar siempre las predicciones con la **mejor aproximación**. Unido a una herramienta de visualización como Argestes Planner, EA2 se convierte en un producto competitivo, que proporciona un modelo fiable y preciso, y que resulta rápidamente amortizable y tremendamente útil para distribuidoras, comercializadoras y operadores del sistema.

### Agradecimientos

Me gustaría agradecer a Julia Díaz y José R. Dorronsoro la ayuda prestada y las sugerencias realizadas sobre este trabajo, así como al equipo de Gestión de Contenidos del IIC por la revisión y mejora del mismo.



## Referencias

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2016). Página web oficial. <http://www.aemet.es/> (2016)
- European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF). (2016). Página web oficial. <http://www.ecmwf.int/> (2016)
- NOAA Global Forecast System (GFS). (2016). Página web oficial. <http://www.emc.ncep.noaa.gov> (2016)
- Hu, Q., Zhang, R., & Zhou, Y. (2016). Transfer learning for short-term wind speed prediction with deep neural networks. *Renewable Energy*. 85, 83-95. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.034> (2016)
- Alonso, A. Torres, A., & Dorronsoro, J.R. (2015). Random Forests and Gradient Boosting for Wind Energy Prediction. LNCS, *Lecture Notes in Computer Science*. 9121, 26-37. Springer. [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19644-2\\_3](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19644-2_3) (2016)
- Díaz, D., Torres, A., & Dorronsoro, J.R. (2015). Deep Neural Networks for Wind Energy Prediction. LNCS, *Lecture Notes in Computer Science*. 9094, 430-443. Springer. [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19258-1\\_36](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19258-1_36) (2016)
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning* (2nd Ed.). Springer. <http://www.springer.com/us/book/9780387848570> (2016)
- Bengio, Y. (2009). Learning Deep Architectures for AI. *Foundations and Trends in Machine Learning*. 2 (1), 1-127. Y. Bengio, Canada. <http://dx.doi.org/10.1561/22000000006> (2016)
- Schölkopf, B., & Smola, A. J. (2002). *Learning with kernels: support vector machines, regularization, optimization, and beyond*. MIT press. Cambridge, MA, USA. <https://mitpress.mit.edu/books/learning-kernels> (2016)
- Duda, R., Hart, P., & Stork, D. (2000). *Pattern Classification* (2nd Ed.). Wiley. New York, USA. <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471056693.html> (2016)



©ADIC

Síguenos en:



C/ Francisco Tomás y Valiente, nº 11  
EPS, edificio B, 5ª planta  
UAM Cantoblanco  
28049 Madrid, España.

Tel.: (+34) 91 497 2323  
Fax: (+34) 91 497 2334  
iic@iic.uam.es  
[www.iic.uam.es](http://www.iic.uam.es)