

**Cooperación para promover  
la Autosuficiencia Energética de  
Pequeñas Explotaciones Agrícolas y Ganaderas**

---

*Teresa Parra-Santos\**

CONTEXTO.

**L**a creciente demanda de energía eléctrica, la carencia de recursos fósiles y el interés por reducir las emisiones contaminantes a la atmosfera, son los principales factores por los cuales ha tomado gran interés la investigación hacia las energías renovables. Dentro de las energías limpias, la eólica se muestra prometedora y fiable, capaz de producir mediante aerogeneradores, potencias desde pocos kilovatios hasta cantidades superiores mediante la construcción de parques eólicos.

Las instalaciones eólicas cuyos aerogeneradores son de baja potencia, es decir aquellos cuya potencia no supera los 100 kW están presentes en el Plan de Energías Renovables 2011-2020 y se plantean como una opción para el desarrollo económico y energético de España, por medio de la cual se pretende potenciar el autoconsumo, de forma que cada usuario pueda ser capaz de generar la energía que puede llegar a consumir.

Estas instalaciones, evitan grandes pérdidas ocasionadas por los diferentes elementos de transformación y la distancia que es necesario recorrer desde las centrales de energía hasta el usuario final. Así mismo permiten la integración de generación renovable sin necesidad de crear nuevas infraestructuras eléctricas, facilitan el suministro de electricidad en lugares

---

\* Miembro académico del ITAP (Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción) de la Universidad de Valladolid, España.

aislados y alejados de la red eléctrica y pueden fomentar la implicación ciudadana en la mejora de la eficiencia energética

Hasta ahora la mayor producción de energía eólica en el país, se había centrado en instalaciones con grandes aerogeneradores de eje horizontal mediante los llamados parques eólicos. Sin embargo, los aerogeneradores de eje vertical poseen una serie de ventajas en comparación con los de eje horizontal, entre las más representativas se tienen:

- Pueden ser de dimensiones pequeñas y no exigen una torre potente o equipamientos más complejos como los de eje horizontal.
- Su instalación y mantenimiento es sencillo y se pueden ubicar en cualquier lugar, tanto en el suelo como en un tejado o azotea.
- Aprovechamiento de emplazamientos o de terrenos con orografías complejas.
- Funcionamiento con vientos moderados, sin requerir complejos estudios de viabilidad.
- Funcionan de manera silenciosa, algo indispensable en lugares habitados, tanto urbanos como rurales.
- Su eje vertical recibe al viento desde cualquier dirección y por tanto, no requieren ningún sistema de orientación del aerogenerador, como los de eje horizontal. Esta virtud es muy útil en lugares donde el viento cambia de dirección frecuentemente.

En contraparte las desventajas que muestran los aerogeneradores de eje vertical son:

- La velocidad del viento incidente al aerogenerador es baja y supone una menor potencia. Además, su eficiencia es reducida (un 50% menor en la mayoría de los modelos, con respecto a los de eje horizontal). La baja eficiencia no menoscaba las ventajas de estos aerogeneradores ya que el combustible es la corriente de aire y por tanto es gratuita.
- En algunos casos requieren un sistema de arranque conectado a la red.
- Los aerogeneradores de gran tamaño requieren cables tensores y estructuras de refuerzo para su estabilidad.

Puesto que la principal desventaja de estas máquinas es la baja eficiencia y en algunos casos la necesidad de un sistema de arranque (asociado a un consumo de energía), estudiar el comportamiento del flujo a través de los perfiles del rotor utilizando herramientas de Mecánica de Fluidos Computacional resulta interesante debido a que dan una aproximación razonable y se consiguen resultados en periodos de tiempo asumibles según la capacidad computacional que se posea para realizar el estudio.

## RECURSOS EÓLICOS.

El estudio realizado sigue el método por Carrillo [1] en Galicia, Carrasco [2] en el noroeste de México o Shu [3] en Hong Kong.

La AEMET contiene datos de libre acceso público sobre los registros obtenidos en las diferentes estaciones meteorológicas distribuidas por todo el país desde 1920, y en algunos casos, hasta la actualidad. Para el presente estudio, se han elegido 4 emplazamientos de Castilla y León, de los cuáles se procesarán los datos proporcionados por AEMET [4] con el propósito de graficar, visualizar y comparar la distribución anual y acumulada de la velocidad en cada uno de ellos a lo largo de un determinado año.

En la tabla 1 se muestran las ubicaciones exactas de las estaciones meteorológicas escogidas.

Tabla 1. Emplazamientos escogidos para el estudio de los recursos eólicos.

EMPLAZAMIENTOS ESTUDIADOS	Nombre	Provincia	Altitud	Latitud	Longitud	Inicio Datos	Fin Datos
	ARANDA DE DUERO	BURGOS	790 m.	41°39'57''N	03°44'34''W	16/04/2002	02/02/2019
	BENAVENTE	ZAMORA	715 m.	42°00'39''N	05°40'00''W	17/12/1988	02/02/2019
	OLMEDO	VALLADOLID	740 m.	41°19'33''N	04°41'13''W	12/09/1991	10/12/2017
	VALLADOLID AEROPUERTO	VALLADOLID	846 m.	41°42'43''N	04°51'20''W	01/11/1936	02/02/2019

La distribución acumulada, figura 1, se obtiene con el número de días con velocidades medias del viento menor o igual que la velocidad de referencia.

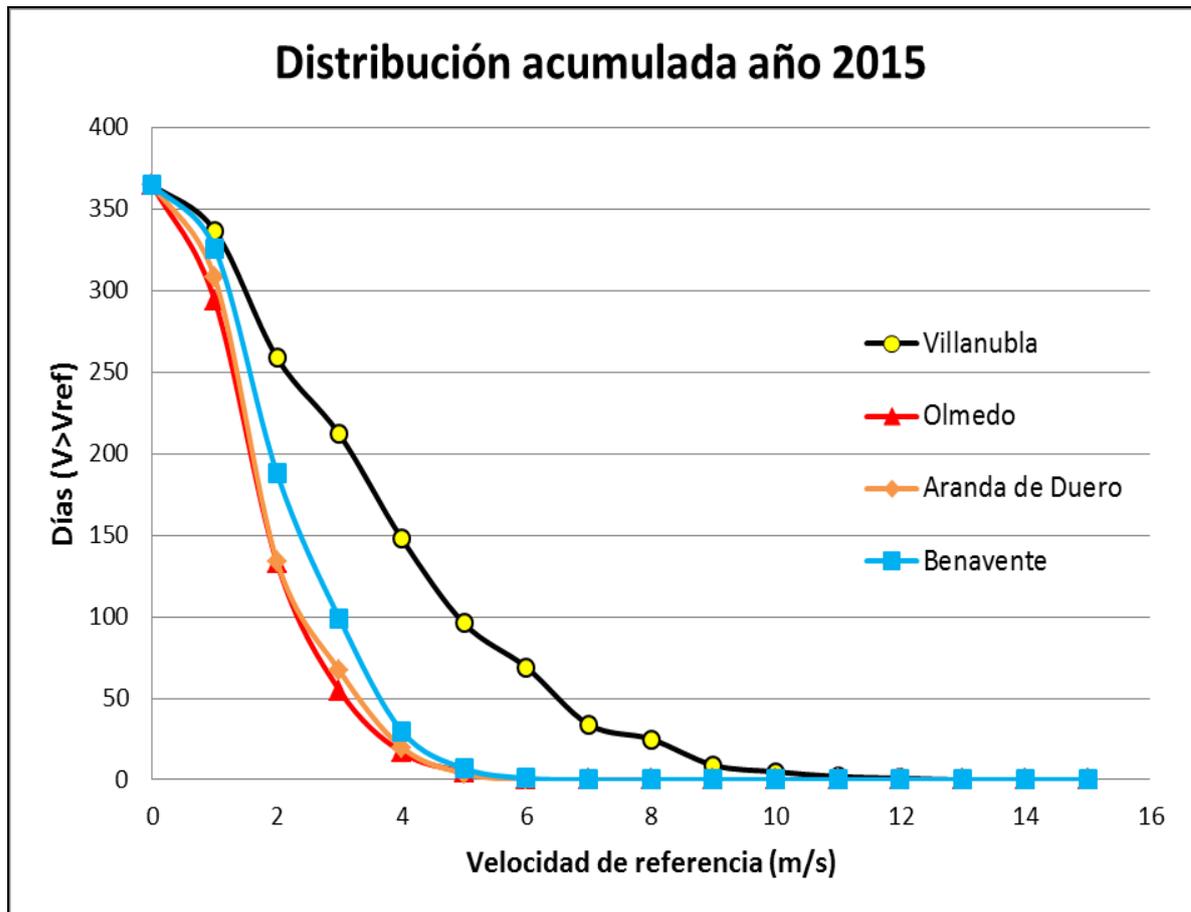


Figura 1. Comparativa de la distribución acumulada en el año 2015 de los 4 emplazamientos escogidos.

Por un lado, en la figura 1 se puede observar que, para los registros obtenidos en Olmedo, Aranda de Duero y Benavente, existen muy pocos días con vientos superiores a los 3 m/s, unos 50-60 días en Olmedo y Aranda respectivamente y en torno a unos 100 en Benavente, con el consiguiente problema de no asegurar un arranque. Para asegurarse del arranque, tiene que haber vientos iguales o superiores a los 4 m/s y que así comiencen a producir los aerogeneradores, en el supuesto caso de que los hubiera en estos emplazamientos. El problema está en que esta condición meteorológica no llegaría ni a un 14% de probabilidad a lo largo de un año (es decir, únicamente 50 días aproximadamente de los 365 que tiene un año). Sin embargo, en el caso de Villanubla ocurre todo lo contrario, pudiéndose estimar que aproximadamente habrá unos 150 días al año en los que se podrá extraer energía.

## POTENCIAL EÓLICO.

A parte de ser beneficioso económicamente o no, tendrá que ser sobretodo rentable en producción de energía, que es el principal fin de levantar este tipo de instalaciones. Pero para llegar a contabilizar esa energía producida, previamente se tendrá que adquirir la potencia disponible que se puede extraer del viento. La Potencia disponible en la corriente del viento depende de la velocidad del viento elevada al cubo y del área del aerogenerador. La energía generada será la potencia multiplicada por un rendimiento (en torno al 40%) y el número de horas que puede funcionar el aerogenerador por existir velocidades del viento superiores al mínimo para el arranque e inferiores al máximo que garantice la integridad física de la turbina eólica.

Tabla 2. MWh totales en un año dependiendo del tamaño del rotor a partir de los datos de la AEMET

Diámetros	Suma anual (MWh)
5 m.	4,144
27 m.	120,846
54 m.	483,382
80 m.	1060,922
132 m.	2888,360
220 m.	8023,221

El análisis de ésta, es la tabla 2, a mayor área barrida por las palas del aerogenerador, mayor es la energía eléctrica generada. Sin embargo, a diferencia que en la energía teórica, la diferencia de producción entre los diámetros de 80 y 132 siendo esta última energía casi tres veces superior a la del rotor de menor tamaño.

## ABASTECIMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA A LOS CIUDADANOS.

Europa [5] recoge los datos del consumo medio (MWh) por persona en Europa en el año 2016. La media europea de dicho consumo a lo largo un año es de 1584 kWh. Sin embargo, hay países como Finlandia o Suecia que superan con bastantes estas cifras, llegando a superar los 4 MWh al año. En el caso de España, el consumo medio por persona es cercano a la media europea, situándose en los 1500 kWh al año.

En la tabla 3, se muestran el número de habitantes que son abastecidos de electricidad por un aerogenerador o por 20 aerogeneradores (cifra tomada al azar para hacer una comparativa), a partir de la energía extraída experimentalmente en un año.

Se puede observar en la tabla 3 que, con un solo aerogenerador de pequeñas dimensiones, los ciudadanos que pueden ser abastecidos por la energía generada son escasas. Por el contrario, con un aerogenerador de 132 m. de diámetro del rotor, ya se puede abastecer a más de 1900 consumidores, cantidad más que de sobra para dar suministro a un pueblo en el que la población no sea excesivamente elevada. Sin embargo, si se tiene un conjunto de 20 aerogeneradores, el número de habitantes que son abastecidos aumenta considerablemente, pudiendo suministrar electricidad a un municipio de más de 38.000 residentes con aerogeneradores de 132 m., como puede ser un municipio del tamaño de Laguna de Duero o Arroyo de la Encomienda o superior.

Tabla 3. Número de ciudadanos abastecidos de electricidad gracias a un aerogenerador o a 20 aerogeneradores.

<b>Diámetros</b>	<b>Suma anual (MWh)</b>	<b>Nº habitantes (1 Aerog.)</b>	<b>Nº habitantes (20 Aerog.)</b>
5 m.	4,144	3	55
27 m.	120,846	81	1611
54 m.	483,382	322	6445
80 m.	1060,922	707	14146
132 m.	2888,360	1926	38511
220 m.	8023,221	5349	106976

## ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA.

El almacenamiento de la energía eólica es un aspecto fundamental que se debe someter a estudio ya que su combustible, el viento, es una fuente muy variable e intermitente. Esto provoca que durante los períodos de baja velocidad del viento pueda coincidir con los periodos de tasas de energía pico en la red. Mientras que habrá momentos en los que exista una alta generación de electricidad por parte de los aerogeneradores en los que la demanda sea insuficiente, y por tanto, se estaría perdiendo una gran cantidad de energía limpia que luego deberá ser compensada con tecnologías convencionales provocando un mayor impacto medioambiental.

Además, la energía eólica se ha convertido en un motivo de gran preocupación ya que provoca una gran cantidad de oscilaciones en el sistema durante los periodos de intermitencia del viento.

El almacenamiento de la energía en baterías ion-litio está dentro del grupo de los sistemas eléctricos y electroquímicos, y aunque no sean a gran escala, tienen una función muy importante dentro del ámbito de la autosuficiencia energética.

Las baterías de ion-litio son sistemas de almacenamiento maduro para aplicaciones electrónicas de consumo, además, son líderes en el sector automovilístico en la parte de coches híbridos y eléctricos. Abarcan un amplio rango en la capacidad de acumulación de la energía, existiendo baterías con poca capacidad y otras que son capaces de acumular hasta un megavatio de potencia.

Generalmente, las baterías de litio se componen de dos electrodos y un electrolito orgánico. Por un lado, el cátodo de los electrodos está hecho de óxido de litio metálico, mientras que el ánodo es una célula de carbono grafitica. Por otro lado, el electrolito puede ser una solución no acuosa hecha de un disolvente orgánico y una sal de litio disuelta o un polímero sólido. El conjunto de estos componentes recibe el nombre de celda y para formar una batería solo basta con la unión de varias de estas celdas.

El funcionamiento de estas baterías es el siguiente:

Durante la fase de carga de la batería, los iones de litio se desprenden del cátodo, dirigiéndose hacia el ánodo, por medio del electrolito. Además, los electrones fluyen de un extremo al otro, haciéndolo a través de un circuito externo. Finalmente, en el ánodo, los electrones se recombinan de nuevo con los iones. Una vez que el flujo de iones por el electrolito sea inexistente, se tendrá constancia de que la batería está totalmente cargada. Por el contrario, para la fase de descarga, se realizará el mismo proceso pero a la inversa. Areatecnologia [6].

Las ventajas de estas baterías son las siguientes:

- Alta densidad de energía (160–200 Wh / kg).
- Tiempo de respuesta rápido (milisegundos).
- Baja tasa de autodescarga.
- Alta eficiencia (97%).

Por otro lado, los inconvenientes son estos:

- Vida útil dependiente de la temperatura.

- Profundidad de descarga dependiente de la temperatura.
- Coste elevado.
- Necesidad de un sistema que controle el estado de salud de la batería, proporcionando condiciones de trabajo óptimas (Protección contra sobrecalentamiento, la baja temperatura, la sobrecarga y la descarga).

## SEGUNDA VIDA DE LAS BATERÍAS DE LOS COCHES ELÉCTRICOS.

En los últimos años, el número de vehículos eléctricos ha aumentado significativamente con el propósito de hacer frente al calentamiento global y la contaminación ambiental gracias a ser considerados los mejores sustitutos de los vehículos tradicionales.

Por su alta eficiencia, su alta energía específica y su larga vida útil, las baterías que normalmente se instalan en este tipo de coches, son las baterías de ion-litio como se explicaba anteriormente. En función del tipo de vehículo, la capacidad de acumulación variará, siendo estas de unos 15 a 20 kWh para los coches híbridos y de hasta unos 50 kWh para vehículos completamente eléctricos. Sin embargo, el coste de las baterías todavía representa una proporción significativa de los precios de dichos coches.

El problema reside en que cuando la batería de un coche eléctrico comience a funcionar por debajo del 80% de su capacidad normal, se tendrá que sustituir por una nueva, ya que se considera que en ese estado no es capaz de cumplir con los requisitos necesarios para el funcionamiento óptimo de estos coches.

A pesar del sufrimiento al que son sometidas estas baterías durante los primeros años de vida debido a las temperaturas extremas, la cantidad de ciclos de carga parciales que realizan al cabo de un año y de los distintos niveles de carga, después de su retirada de los vehículos, estas baterías siguen teniendo mucha vida útil aunque su uso estará destinado a actividades que requieran menor nivel de exigencia, como estudia y analiza Jiang [7]. Algunas de estas actividades pueden ser:

→ A pequeña escala: Pueden utilizarse como acumuladores de reserva o para beneficiarse de un menor gasto en la factura de la luz de los hogares.

→ A gran escala: Utilizadas para almacenar la energía procedente de los aerogeneradores en momentos valle, es decir, cuando la demanda es escasa o también para la regulación de la frecuencia en los sistemas de energía.

Para este último caso, empresas como la de Nissan con ayuda de The Mobility House, están estudiando la posibilidad de instalar un acumulador en Europa de 100 MWh utilizando más de 3300 baterías totalmente nuevas de 24 kWh o más de 5200 baterías que ya se encuentren en su segunda vida útil, según informa [8].

También [9] comunica que BMW disfruta ya de su propia instalación repleta de baterías tanto nuevas como usadas, además de contar con su propio aerogenerador con el que proporcionar energía eléctrica a la red alemana cuando esta sea necesaria.

## AGRADECIMIENTOS.

El presente trabajo está vinculado al proyecto “0422 TIMMIS EMPRENDEDURISMO\_2\_E, Innovación en el fomento del emprendimiento en el área transfronteriza hispanoportuguesa mediante la formación de equipos TIMMIS (Transfronterizos, Inclusivos, Multidisciplinares y Multiculturales con visión Internacional Sostenible), aprobado en la Convocatoria Interreg España-Portugal V-A 2014-2020 (Fondo Europeo de Desarrollo Regional)”.

## REFERENCIAS.

- [1] Carrillo C., Cidrás J., Díaz-Dorado E., Obando-Montaña A.F. (2014) “An Approach to Determine the Weibull Parameters for Wind Energy Analysis: The Case of Galicia (Spain)” *Energies*, 7, 2676-2700.
- [2] Carrasco-Díaz M., Rivas D., Orozco-Contreras M., Sánchez-Montante O. (2015) “An assessment of wind power potential along the coast of Tamaulipas, northeastern Mexico” *Renewable Energy*, 78, 295-305.
- [3] Shu Z.R., Li Q.S., Chan P.W. (2015) “Statistical analysis of wind characteristics and wind energy potential in Hong Kong” *Energy Conversion and Management* 101, 644–657
- [4] AEMET, (2018) <https://datosclima.es/>, última visita 15.05.2019

[5] Europa, (2019) <https://ec.europa.eu/> última visita 04.07.2019

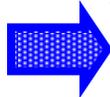
[6] Areatecnologia, (2019) <https://www.areatecnologia.com/>, última visita 30.06.2019

[7] Jiang Y., Jiang J., Zhang C., Zhang W., Gao Y., Li N. (2018) “State of health estimation of second-life LiFePO<sub>4</sub> batteries for energystorage applications” Journal of Cleaner Production 205, 754-762.

[8] Motor, (2019) <https://www.motor.es/>, última visita 01.07.2019

[9] Omicrono, (2019) <https://omicrono.elespanol.com/>, última visita 30.06.2019

(Ir al inicio del Capítulo)



(Ir al Índice)

