

Tiempo y clima: análisis de vientos

Ariel Scagliotti y David Margarit***

El tiempo es la herramienta fundamental a partir de la cual se puede realizar una descripción metodológica para el análisis de series de datos meteorológicos. La observación de los parámetros meteorológicos cambia radicalmente con la escala temporal. Si hablamos de tiempo, lo hacemos para determinar los parámetros meteorológicos de un lugar determinado en un momento determinado. Si hablamos de clima, estamos hablando del tiempo promedio (o sea del promedio y variabilidad de los parámetros meteorológicos) medidos en un lapso temporal no menor a 30 años.

Este trabajo en particular se centra en el análisis de series temporales de entre 3 años y 20 años de datos de intensidad y dirección del viento, para estudios preliminares de tiempo y clima. Se utilizaron datos provenientes del Parque Eólico “Tierra del Diablo”, en Bahía Blanca, y de la estación del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en el aeropuerto Comandante Espora ubicado a unos 12 km del parque. Una de las cosas fundamentales a analizar para instalar y sostener un parque eólico es el viento (su intensidad

* Profesor universitario en Física. Estudiante del Doctorado en Ciencia y Tecnología del Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento. Becario Doctoral – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet).

** Profesor universitario en Física. Estudiante del Doctorado en Ciencia y Tecnología del Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento. Investigador – docente del Área de Física – Instituto de Ciencias – Universidad Nacional de General Sarmiento. Becario Doctoral – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet).

y dirección). El parque cuenta con tres torres meteorológicas que registran intensidad y dirección del viento a diferentes alturas y temperatura cerca del suelo, y el aeropuerto con una torre que mide intensidad y dirección del viento a 10 m de altura.

Análisis de calidad de datos

En primera instancia, se hizo un análisis de calidad de los datos. Los intervalos de tiempos medidos por las torres del parque eólico son de 10 minutos, desde 2008 a 2010, lo que da una cantidad de 160.000 datos por torre. Por otro lado, hay aproximadamente 180.000 datos del SMN, registrados durante 20 años (1991 a 2010) cada una hora. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM),¹ se debe realizar una serie de pruebas estadísticas en busca de registros inexistentes o fallidos (fechas sin datos, registros repetidos o desordenados).

Análisis de tiempo meteorológico

Una vez constatada la calidad de la serie, se pueden verificar, a partir de los datos, diferentes fenómenos. Por ejemplo, el viento suele tener un ciclo anual, pero varía en diferentes lugares. En la gráfica de la figura 1 (a) se observa que hay mayor intensidad de viento durante el verano, y menor durante otoño y primavera. También se aprecia que la intensidad del viento cambia con la altura (mientras a menor altura sea medido, será menor su intensidad, debido a la rugosidad del terreno).

1 http://www.wmo.int/pages/about/opplan_es.html

Figura 1 a y b

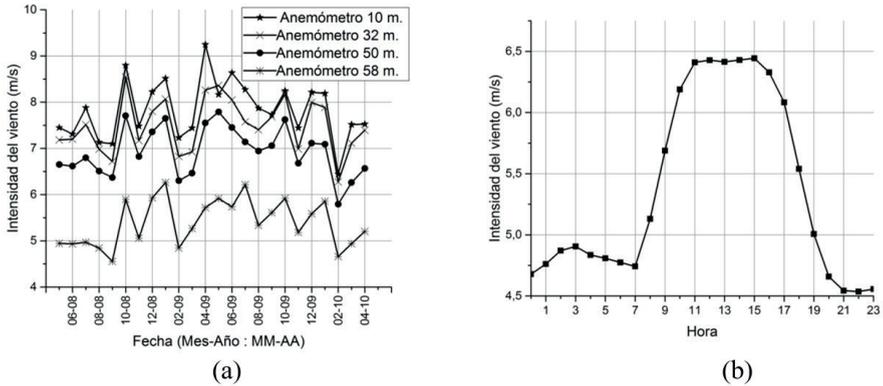


Figura 1. (a) Intensidad del viento media en función de los meses calendario para dos anemómetros del parque eólico ubicados a 57,8 m y 49,75 m de altura. (b) Intensidad del viento media calculada de los datos de anemómetro ubicado a 10 m de altura en el parque eólico en función de las horas del día.

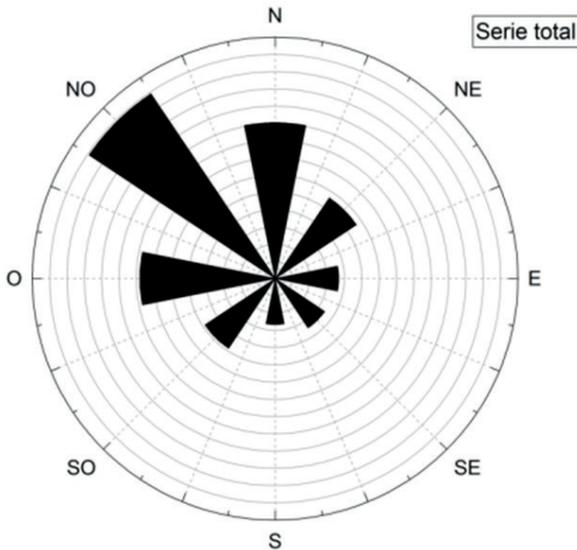
Fuente: elaboración propia.

También se puede estudiar la existencia de un ciclo diario. En la figura 1 (b) se ven mayores intensidades de viento durante horas de la tarde y las menores durante la noche, mientras que a la madrugada tiende a crecer.

Se puede ver, mediante el análisis previo, que el viento aumenta o disminuye su intensidad de forma periódica a escala diaria y anual. Esto es relevante a la hora de desarrollar actividades que dependan de la presencia de viento y su intensidad, como lo es el funcionamiento de los aerogeneradores del parque eólico en cuestión.

Un factor fundamental a ser investigado es la dirección hacia dónde apuntar los aerogeneradores. Para ello, resulta necesario realizar un análisis de la dirección del viento, cuyos resultados se condensan en una *Rosa de los Vientos*, que codifica las direcciones cardinales con grados del sistema sexagesimal, siendo 0° la dirección Norte.

Figura 2. Rosa de los vientos con la totalidad de datos de anemómetro de parque eólico

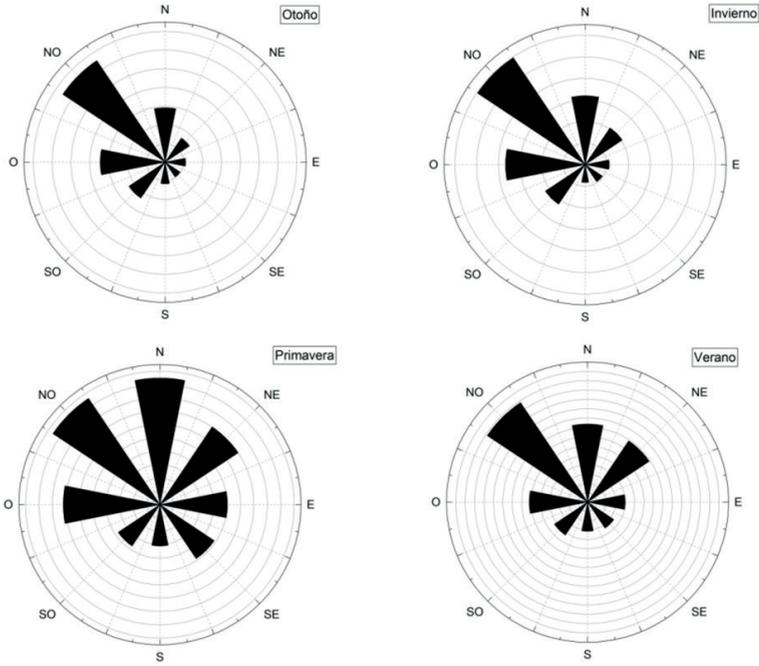


Fuente: elaboración propia.

La rosa de la figura 2 indica que la mayor cantidad de casos de dirección del viento se dan desde el NO (noroeste), es decir, que se podría recomendar apuntar los aerogeneradores en esa dirección. No obstante, resulta necesario analizar la existencia de un ciclo diario y anual de la dirección del viento.

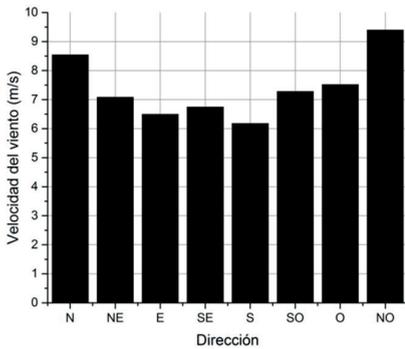
En la figura 3 se observa que la dirección prevalente sigue siendo el NO, aunque la forma de la rosa de los vientos cambia con la estación del año. También lo hace durante el día. Otra cuestión importante a definir es si las máximas intensidades de viento coinciden con la dirección prevalente.

Figura 3. Rosas de los vientos estacionales



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Velocidad media en función de la dirección del viento con datos de anemómetro y veleta del parque eólico



Fuente: elaboración propia.

Se ve en la figura 4 que las mayores intensidades de viento se dan en la dirección NO, aunque también hay intensidades considerables en otras direcciones, como en la dirección N (Norte). Por ello, hay que analizar muchos factores antes de decidir hacia dónde direccionar los rotores de los aerogeneradores (especialmente, porque se obtienen resultados diferentes de acuerdo con la escala temporal que se considere).

Análisis climatológico

La variabilidad natural de parámetros meteorológicos observada durante períodos de tiempos prolongados, la conocemos como variabilidad climática. Para un análisis climatológico preliminar, se utilizaron datos del Aeropuerto Comandante Espora. La cantidad de datos no es suficiente para un análisis climatológico completo, aunque se pueden deducir algunas tendencias y características de la serie.

En reiteradas ocasiones se pueden observar series en las que la información no es clara, resulta “ruidosa”. El procedimiento que se realizó para suavizarla es el de “Promedio Móvil”, lo que resulta de tomar intervalos fijos de tiempo en la serie y hacer promedios de ellos. La elección de los intervalos para el hacer el promedio móvil es mediante el primer cero de auto-correlación (figura 5 a), allí es donde la serie comienza a perder información y no se la puede contrastar consigo misma.

Figura 5 a y b

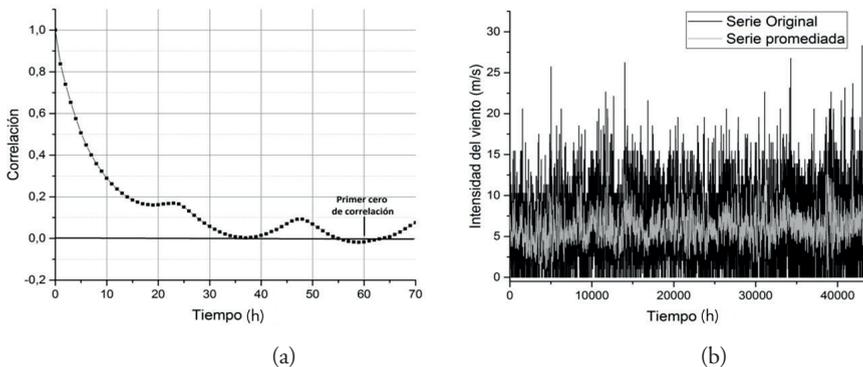


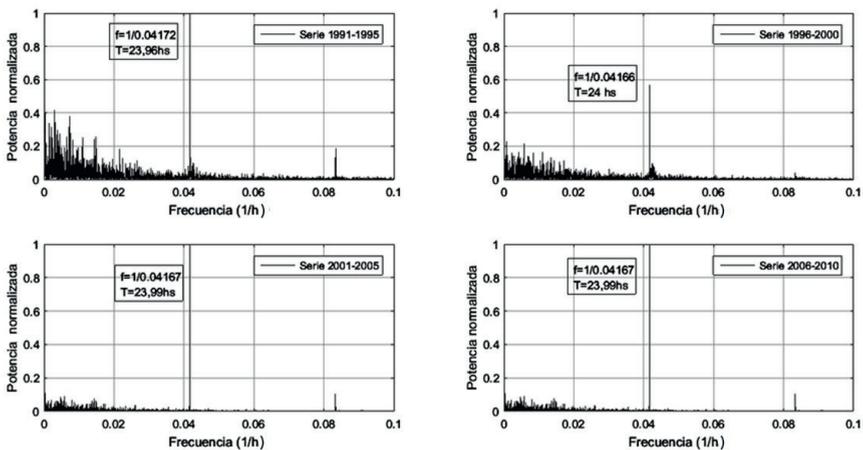
Figura 5. (a) Autocorrelación de la serie. (b) Gráfica de la serie de intensidad original y la serie con promedio móvil en función del tiempo de la serie completa.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 5 (b) se pueden observar los resultados de haber aplicado el método de promedio móvil. La serie en gris oscuro, la original, es bastante ruidosa, y la promediada en gris claro (de menor amplitud) presenta menor variabilidad. Por supuesto, que al “limpiar” la serie se pierde cierta información, por lo que, dependiendo del fin, se trabajará con la serie original o con la promediada.

Mediante un espectro de potencia (figura 6), podemos caracterizar frecuencias naturales de cualquier serie temporal. Es decir, detectar periodicidades en la serie. Se puede ver en los gráficos que la frecuencia más importante es de 24 h, un día, lo que indica que el ciclo diario es más marcado que cualquier otro. Por ello, a la hora de estimar la dirección, altura y demás parámetros para los aerogeneradores, se debe darle más importancia a cómo varía la dirección e intensidad del viento durante un día, que durante todo el año.

Figura 6. Espectros de potencia de la serie para diferentes rangos de años

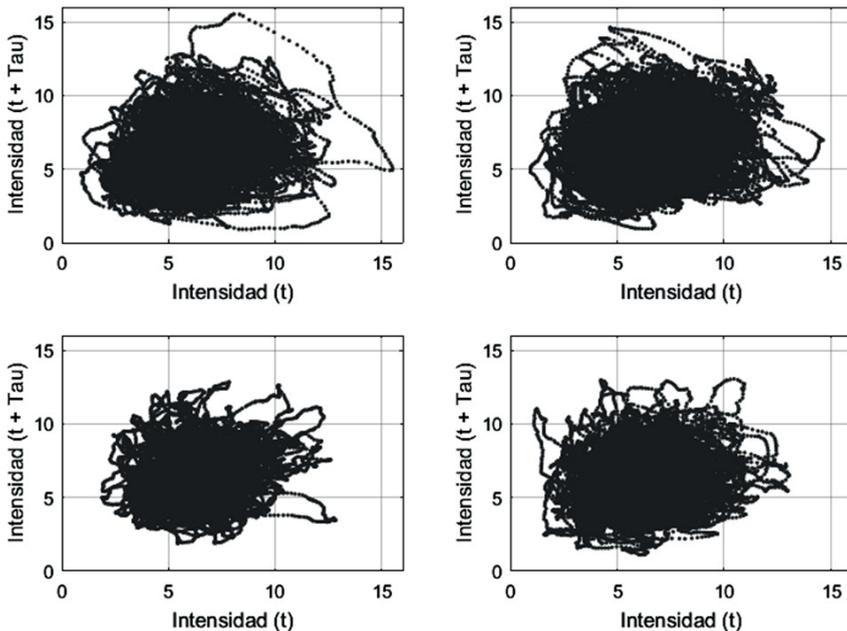


Fuente: elaboración propia.

La reconstrucción del espacio de fases es otro método que arroja cierta información. Se la realiza a partir de graficar la serie contra sí misma desfasada un tiempo “Tau” (que es el mismo cero de correlación mencionado anteriormente). De esta manera, se indica si existe algún punto en torno al cual se mueve la serie, y la variabilidad que existe en torno a ese punto buscando el centro geométrico del espacio de fases. Esto resulta útil para detectar variabilidades anómalas en la serie, ya sea por errores de instrumentos o codificación o por

una eventualidad climática particular. La reconstrucción para el espacio de fases con la serie promediada nos muestra un espacio de fases más restringido pero más claro respecto a los valores y cómo se comporta el sistema. La reconstrucción del espacio de fases (figura 7) se lo hizo para series en intervalos de 5 años (1991-1995, 1996-2000, 2001-2005 y 2006-2010) con la intención de ver si existe o no variabilidad.

Figura 7. Reconstrucción del espacio de fases de la serie (arriba izquierda: 1991-1995; arriba derecha: 1996-2000; abajo izquierda: 2001-2005 y abajo derecha: 2006-2010)

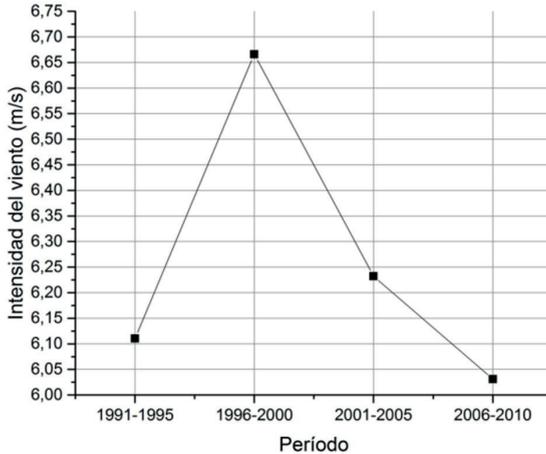


Fuente: elaboración propia.

En la figura 8, mediante la búsqueda de los valores a partir de la reconstrucción del espacio de fases, se puede ver que existe una variabilidad negativa respecto a la intensidad del viento, sostenida en los últimos intervalos de años. Esto también se ha detectado en otros lugares, pero hacen falta mayores estudios

para confirmarlo. Esto puede ser muy negativo para la industria eólica y también puede significar un cambio climático más acentuado en los lugares donde disminuya la intensidad del viento.

Figura 8. Intensidad media del viento en función de los períodos 1991-1995, 1996-2000, 2001-2005 y 2006-2010 de los años calendario



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La escala temporal en la que se trabaja es muy importante en meteorología y en el análisis de señales en general, no solo para determinar qué tipos de fenómenos estamos analizando, sino también para interpretar los resultados. De hecho, resulta muy importante contar con una cantidad considerable de datos de varios años de mediciones para poder determinar con certeza que los resultados obtenidos no son una eventualidad del período analizado sino características climáticas de la zona en particular y para poder detectar variabilidades que poseen años de periodicidad.

La intensidad del viento posee ciclos anuales y diarios, y resulta fundamental considerar ambos para el análisis.

La dirección del viento también posee ciclos anuales y diarios (generalmente, una rotación ciclónica o anticiclónica dependiendo del hemisferio). No solo basta determinar la dirección prevalente del viento, sino también sus ciclos diarios y anuales y la distribución de intensidades por dirección.

Las herramientas de análisis de señales cuentan como parámetro transversal al tiempo. En estos casos estamos buscando frecuencias fundamentales, comparar la serie entre sí desfasada un cierto tiempo y determinar la variabilidad en el tiempo de la magnitud en torno a un punto.

Bibliografía

- Bisgaard, Søren y Kulahci, Murat (2011). *Time Series Analysis and Forecasting by Example*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Hamilton, James (1994). *Time Series Analysis*. Princeton: Princeton University Press.
- Municipalidad de Bahía Blanca (2007). PIM, Programa Integral de Monitoreo. Polo petroquímico y área portuaria del distrito de Bahía Blanca. 7ª Auditoría.
- Palese Claudia; Lassig, Jorge; Cogliati, Marisa y Bastanski, Marcelo (2000). “Wind Energy and Wind Power in North Patagonia, Argentina”. *Wind Engineering*, vol. 24, n° 5, pp. 361-377.
- Palutikof, Jean; Kelly, P. M.; Davies, Trevor y Halliday, Jim (1987). “Impacts of Spatial and Temporal Windspeed Variability on Wind Energy Output”. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, vol. 26, n° 9, pp. 1124-1133.
- Shumway, Robert y Stoffer, David (2011). *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. Nueva York: Springer Texts in Statistics.