

REQUERIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE CURVAS DE POTENCIA EN AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA PARA CARGA DE BATERÍAS - DISEÑO DE SU IMPLEMENTACIÓN.

R.B.Oliva^{1,2}, R. Vallejos².

⁽¹⁾ Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral UNPA

Lisandro de la Torre 1070 - 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21, email: micro-en@unpa.edu.ar

⁽²⁾ LyR Ingeniería, Río Gallegos - Santa Cruz

RESUMEN: El presente trabajo expone los requerimientos para la evaluación de curvas de potencia de aerogeneradores de imán permanente y baja potencia, orientados a la carga de baterías en sitios aislados. Básicamente, dichas curvas -específicas para cada modelo de molino- describen en forma aproximada la Potencia eléctrica (o Coeficiente de Potencia) del aerogenerador en función de la velocidad del viento. Aunque suponen una medición precisa de potencia e intensidad de viento y su posterior tratamiento estadístico, requieren además de la medición de temperatura, presión atmosférica, dirección del viento y estado. Se analizan los requerimientos impuestos por normativas y metodologías habituales de medición, que no tienen el grado de consenso del que gozan los métodos de medición de curva de potencia para aerogeneradores grandes con conexión a red. Asimismo, se analiza un protocolo de medición que se encuentra en estadio de implementación para el Centro Regional de Energía Eólica (CREE de Rawson, Chubut) en el marco del PERMER/BM (Proyecto de Electrificación Rural con Energías Renovables, Banco Mundial), a través de sistemas de almacenamiento de datos específicos.

Palabras clave: energía eólica, mediciones, adquisición de datos, normas internacionales.

INTRODUCCION

La medición de las curvas de potencia de generadores eólicos proporciona una herramienta de gran importancia para el fabricante, usuario o proyectista de sistemas de energía eléctrica a partir del viento. Básicamente, es lo que describe la capacidad de producción de potencia del equipo en función de la velocidad de viento y resultará única para cada modelo de aerogenerador producido. Es una herramienta de venta habitual de los fabricantes de aerogeneradores de gran tamaño para conexión a red, para los cuales la normativa es muy concreta (IEC, 2005) y la certificación internacional de estas curvas es realizada a nivel mundial por un número reducido de laboratorios y entes técnicos como el Germanischer Lloyd y DEWI en Alemania, RISO en Dinamarca y NREL en Estados Unidos. Para éstos equipos se supone que la red acepta toda la potencia que el equipo pueda generar, condición válida para redes fuertes en condiciones normales. En éste rango de potencia el creciente mercado mundial, la gran inversión inicial involucrada en cada proyecto y la feroz competencia entre fabricantes impulsó desde fines de la década del '80 el desarrollo de estándares rigurosos con instrumental de alta precisión, que permiten una exhaustiva comparación entre equipos. En el caso de los aerogeneradores de menor tamaño, típicamente de imanes permanentes y utilizados para carga de baterías, el panorama ha sido menos claro por diversas razones: no ha habido un incentivo fuerte a la estandarización porque el mercado es mucho más reducido, las inversiones menores y las ganancias comparativamente bajas. Como agravante, la medición de curvas es más compleja ya que no existe la red para "aceptar" toda la potencia generada, y la potencia producida será además función del estado de carga de las baterías. Sin embargo, es posible lograr, sobre todo a partir de la publicación de los nuevos criterios de la IEC (IEC, 2005) en su Anexo H para pequeños aerogeneradores, una medición de la curva de potencia con metodologías repetibles a un costo moderado, haciendo la salvedad en los aspectos en que no es posible aplicar completamente la norma.

FUNDAMENTOS DE LA MEDICION DE CURVAS DE POTENCIA

La relación básica que existe entre la producción de potencia real de una máquina eólica y la intensidad del viento, puede expresarse a través de:

$$P = \frac{1}{2} \rho S \eta C_p V^3 \quad (1)$$

donde ρ es la densidad del aire (nominalmente 1.225kg/m^3), S es la superficie barrida por el rotor del aerogenerador, η es el rendimiento del generador (habitualmente constante) y transmisión mecánica, C_p el coeficiente aerodinámico adimensional de potencia del rotor (dependiente del viento y de la velocidad de giro), V la intensidad del viento en metros por segundo y P la potencia en kW. Además de la relación cúbica con la intensidad del viento, y suponiendo S y η constantes, la forma de la curva $P(V)$ depende sobre todo del coeficiente C_p y en forma no tan pronunciada de las variaciones de la densidad del aire con temperatura y presión atmosférica. Esta última relación puede escribirse de ésta manera:

$$\rho = 100 * \frac{B}{RT} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (2)$$

donde B es la presión atmosférica en hPa, T es la temperatura en K y R la constante de gas del aire seco equivalente a 287,05 J/kgK. El coeficiente de ajuste 100 proviene del uso de las unidades indicadas.

De acuerdo a lo visto, una medición de la curva $P(V)$ deberá tomar en cuenta el registro de intensidad de viento con un anemómetro, la potencia eléctrica producida, la temperatura y presión barométrica. Debido a la interferencia de la torre de medición meteorológica, se incluye asimismo un sensor de dirección (Veleta). Otros sensores utilizados para mejorar el registro de la curva son los de giro (RPM) y estado del aerogenerador, y el de precipitación (se evitan los registros que ocurren con lluvia o nieve). Además se agregan en caso de aerogeneradores grandes, más de un anemómetro a distintas alturas, según se muestra en Figura 1 (izq). La medición de dicha curva en generadores pequeños para carga de baterías (Figura 1, der.) es distinta, aunque muchos de los elementos son comunes, y el procesamiento estadístico es similar. Se reducen los requerimientos de múltiples alturas, y se utilizan reguladores de tensión para limitar el voltaje de la batería.

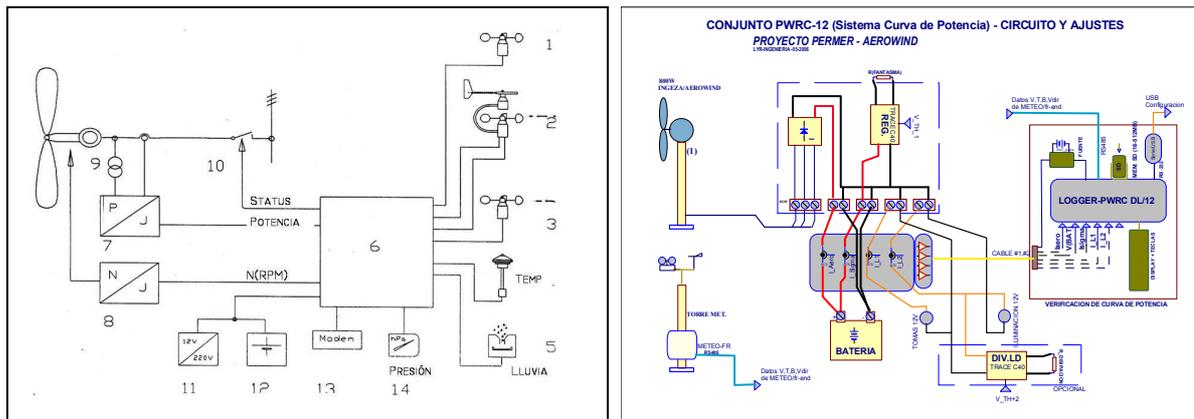


Figura 1: Diagrama de una medición clásica de curva de potencia, para aerogenerador conectado a red (fuente: DEWI, Alemania), y diagrama propuesto para medición sobre pequeños aerogeneradores.

METODOLOGIA PROPUESTA

La metodología propuesta para pequeños aerogeneradores se basa en mediciones sobre sistemas de 12V, aerogeneradores tripala de imán permanente de 600W nominales a 12m/s, que cuentan con un rectificador trifásico convencional, y un regulador Xantrex/Trace C40 conectado en modalidad *Diversion-Load* (Carga fantasma), cuyo esquema puede observarse en la Figura 1, derecha. El sistema se basa en mediciones de corriente y tensión para realizar un cómputo de la potencia producida por el aerogenerador, mientras simultáneamente recibe datos meteorológicos vía una interfase RS485 de una estación externa ubicada al pie de una torre de medición, a unos 10m de la torre del aerogenerador. Dichas magnitudes son muestreadas a 0,5Hz y los valores se almacenan como promedios, máximos, mínimos y desvío standard cada 1 minuto en el Logger PWRC, utilizando tarjetas de memoria Flash extraíbles de formato SD. El período de 1 minuto ya había sido sugerido en (ITPower, 1998) y (Gipe, 2000), y ha sido incluido en el Anexo H de IEC 61400-12-1 (IEC, 2005). La estación meteorológica Meteo/FrEnd utiliza sensores NRG (Anemómetro Max #40 y veleta 200P), más sensores semiconductores de presión atmosférica y temperatura externa, cuyas mediciones son serializadas y enviadas al logger principal.

Las normas citadas requieren las siguientes correcciones a los datos crudos que se vayan obteniendo de potencia y velocidad de viento. A) Las zonas en que la torre del aerogenerador interfiere con el anemómetro/veleta, deben ser descartadas. B) los valores de densidad de aire deben corregirse y los datos normalizarse a una densidad de referencia, y para máquinas con control por furling o plegado como las utilizadas en las licitaciones del PERMER, se adopta el criterio de normalización de velocidades de viento, utilizado en (Forsyth y Huskey, 2001). El cálculo de la densidad promedio se realiza dentro del equipo PWRC, aunque la normalización se realiza como post-procesamiento dentro de la base de datos de la PC.

Por otro lado, el estado de carga (SOC / "State Of Charge") del banco de baterías se vincula, entre otras cosas, con la tensión que presentan las mismas, y en un sistema típico la tensión varía constantemente. La performance de los aerogeneradores es parcialmente función de la tensión de baterías, tendiendo a mejorar con menor tensión (Gipe, 2000). Para los generadores de imán permanente, la velocidad de giro es variable y la velocidad de viento de "cut-in" es menor si la tensión de baterías es menor. Por lo tanto, hay un consenso general en que la tensión de baterías debe ser mantenida aproximadamente constante durante las pruebas de performance: (ITPower, 1998) sugiere la medición completa de la curva a dos niveles de tensión de referencia para considerar los efectos de baterías plenamente cargadas y con descarga fuerte. Esto ha quedado como optativo en el Anexo H de IEC61400-12-1 (IEC, 2005), con niveles de tensión levemente distintos, pero siguiendo el criterio de (CREE, 2006) se ha adoptado para el sistema propuesto. Los niveles de tensión superiores se ajustarán con el mismo regulador Xantrex existente, para valores por encima del umbral, y serán seleccionados por software los que queden en la banda de tensiones admitidas.

Dado que la medición se basará en el método de los bins o casillas según (IEC, 2005), el equipo PWRC llevará un registro de la completitud de la prueba según los criterios del Inciso (n), Anexo H de la misma, que se basa la cobertura hasta un mínimo de mediciones en las casillas de potencia. El sistema en su etapa de posprocesamiento, a través del Software DataLogger (Figura 2, izq.) agrupa los resultados de viento normalizado y potencia (Pares V_s, P_i) por cada bin i , de acuerdo a su valor de V_s , obteniendo dentro de cada bin una cantidad n_i de pares V_{ij}, P_{ij} , $n_i > 30$. El resultado de promediar los valores dentro de cada bin “ i ”, a través de la fórmula:

$$V_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} V_{ij} \quad P_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} P_{ij} \quad (3)$$

Esto nos proporciona el par “ i ” de la tabla $P(V_i)$, que puede construirse en forma tabular o de gráfico, y además normalizarse para hallar la curva de $C_p(V)$, graficar los pares con su rango de variación u obtener un “scatter plot” de puntos medidos, que se incluirán como parte del reporte.

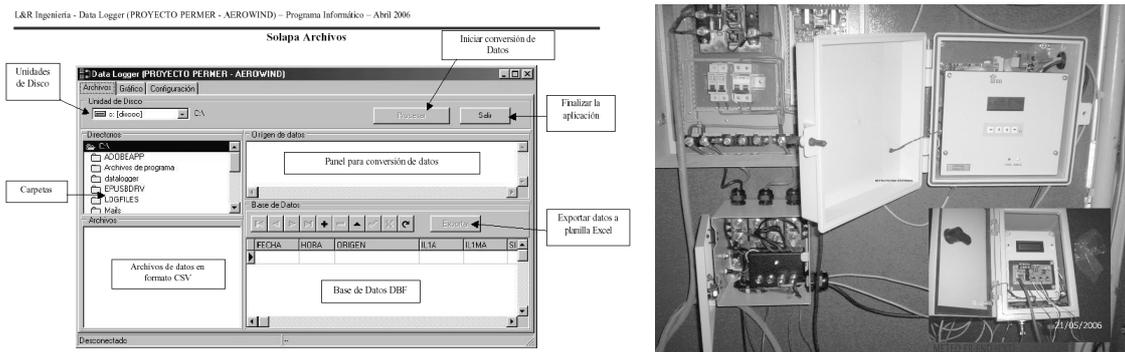


Figura 2: Software DataLogger v1.22 (izq) y vista del prototipo PWRC en ensayo (der.)

CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS

La medición de curvas de potencia para pequeños aerogeneradores requiere equipamiento y condiciones especiales que difieren de las de los aerogeneradores convencionales, y resulta importante para el desarrollo armónico de la industria local a efectos de uniformizar los parámetros de comparación de equipos. Se han analizado las normativas y se encuentra en etapa de desarrollo un sistema propuesto que pretende cubrir esta necesidad. Los autores agradecen especialmente al Dr. Héctor Mattio y a todo su equipo del CREE (Centro Regional de Energía Eólica) de Rawson, y a la firma Aerowind S.A. por su cooperación permanente para llevar adelante el presente trabajo.

REFERENCIAS

- CREE (2006). Especificación del Centro Regional de Energía Eolica (CREE) respecto a Metodologías de Medición para Licitación PERMER – Julio 2006.
- Forsyth, T. (2001). Wind Turbine Generator System – Power Performance Test Plan for the Whisper H40. NREL-NWTC (National Renewable Energy Laboratory / National Wind Test Center) Boulder, CO, USA.
- Forsyth, T. y Huskey, A. (2001). Wind Turbine Generator System – Power Performance Test Report for the Whisper H40. NREL-NWTC (National Renewable Energy Laboratory / National Wind Test Center) Boulder, CO, USA.
- Frandsen, S. y Pedersen, B.M. (1990). Recommended Practices for Wind Turbine Testing – Power Performance Testing. – 2. Edition IEA-RISO Draft Standard.
- Gipe, P. (2000). Testing the Power Curves of Small Wind Turbines, www.windworks.org.
- IEC (2005). Wind Turbines –Part 12-1 Power Performance Measurements of electricity producing wind turbines – International Standard 61400-12-1, IEC (International Electrotechnical Commission) Geneva, Suiza.
- ITPower (1998). Standardising Performance Claims for Wind Turbine Systems - Draft Methodology. Publicación interna ITP/97573/98603
- Mattio, H. y Guerrero, C. (1995). Evaluación del rendimiento de Sistemas Conversores de Energía Eólica (SCEE). Centro Regional de Energía Eólica, Rawson, Chubut.

ABSTRACT

This paper presents an overview of the special requirements involved in power-curve measurement for small battery-charging wind turbines, using suggested methodologies and current IEC standards, with a discussion of their possible adaption to local conditions. Also work in progress on a logging system (PWRC) and associated software, capable of carrying out the statistical work and generating a standard report of power-curve in repeatable conditions is shown, together with a roadmap of future development on similar systems.

Keywords: wind energy, power curve measurement, data acquisition.