

## PLATAFORMA DE ENSAYO PARA PEQUEÑOS AEROGENERADORES

G. Martín (\*), J. Duzdevich(\*), R. Oliva (\*\*),

(\* ) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - Neuquén

(\*\*) LyR Ingeniería + Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

- 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21, email: [micro-en@unpa.edu.ar](mailto:micro-en@unpa.edu.ar)

**RESUMEN:** El presente trabajo presenta los avances en un sistema de verificación de curva de potencia para pequeños aerogeneradores de fabricación nacional. El mismo se desarrolla por iniciativa del centro Neuquén del INTI como parte de una estrategia para impulsar la implementación de sistemas eólicos de baja potencia de producción argentina, agrupar a los múltiples fabricantes nacionales de aerogeneradores (mas de 15, en su mayoría PYMES), y acordar metodologías comunes de evaluación y medición en consonancia con estándares internacionales como el IEC 61400-12-1 e iniciativas de etiquetado de equipos como la IEA Task 27 “Consumer Labeling of Small Wind Turbines”.

### Palabras clave:

energía eólica, medición de curva de potencia, mediciones de potencia, mediciones de viento, campo de pruebas

### INTRODUCCION

Los sistemas eólicos de baja potencia cumplen una función de importancia creciente en el suministro de electricidad para sitios aislados, sobre todo en lo que se refiere a sistemas de carga de baterías. En la Argentina existe un mercado relativamente reducido aunque en plena expansión, y una interesante oferta de fabricantes locales de equipos, algunos de los cuales han cumplido cuatro décadas de fabricación de aerogeneradores en el rango de 0,5 a 10kW de potencia eléctrica. Al igual que muchas de las iniciativas industriales a este nivel resultan esfuerzos aislados, que tradicionalmente han carecido de soporte o apoyo del estado. El INTI con el foco en el desarrollo del país a través de la industrialización a nivel local, ha avanzado en remediar esta situación a través de un trabajo iniciado en 2010 con un relevamiento de productores, visitas a las plantas de fabricación, realización de un reporte del estado de situación (Martín y Duzdevich, 2010; Martín y Duzdevich, 2011a) y a inicios de 2011 unas jornadas que reunieron a fabricantes en el INTI en Buenos Aires (Martín y Duzdevich, 2011b), apostando a generar vínculos, acordar estrategias de acción y puesta en valor de los productos, como así también acordar criterios de ensayo y verificación de curva de potencia en consonancia con normativas internacionales.

En este marco surge, a través de un acuerdo entre el INTI-Neuquén y el municipio de Cutral-Co, la posibilidad de constituir un predio de ensayo para hasta 4 equipos en simultaneo en las afueras de esta ciudad neuquina (Figuras 1,2), que cuenta con el recurso de los fuertes vientos patagónicos y experiencias con su propio parque eólico desde 1994, en que se instaló una máquina Micon de 400kW por iniciativa de la cooperativa local COPELCO.

El objetivo principal del espacio de pruebas del INTI es dar comienzo a un proceso de desarrollo de mejora continua para todos los fabricantes de aerogeneradores de baja potencia, enfatizando en garantizar la calidad de producto a los usuarios de este tipo de sistemas de generación.



Figura 1 - Ubicación del Centro de Pruebas Cutral-Co

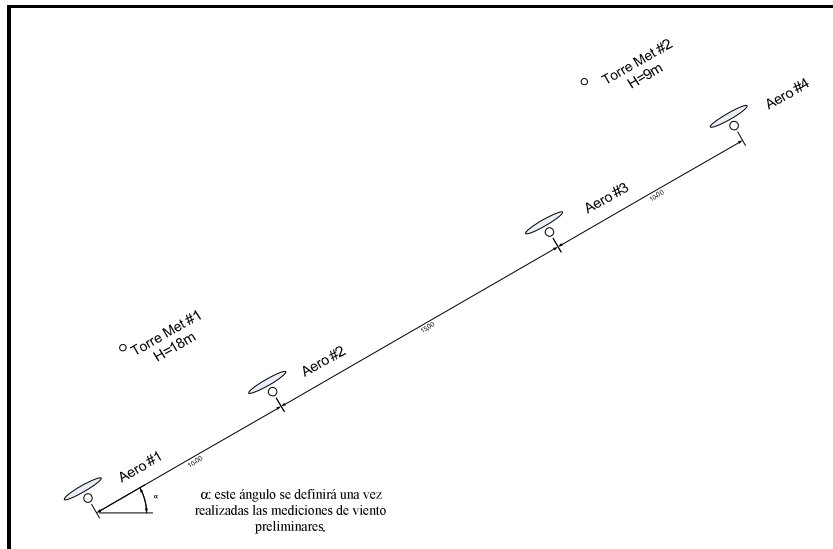


Figura 2 – Diagrama tentativo de la distribución.

### OBJETIVOS Y DESARROLLO

Los sistemas de medición de curva de potencia para aerogeneradores en red han tenido un desarrollo considerable a nivel internacional desde inicios de los '90 debido al creciente mercado de equipos y a la magnitud económica que ha tomado esta industria. Basta decir que en 2010 se instalaron cerca de 38GW de molinos a nivel mundial (la mitad en China) para alcanzar un total de potencia instalada de 198GW, constituyendo una parte importante de los 211.000 millones de dólares invertidos en energía renovable durante el pasado año (REN21\_2010). En la Figura 3 se puede apreciar la estructura de un sistema típico de medición de curva de potencia para aerogeneradores conectados a la red.

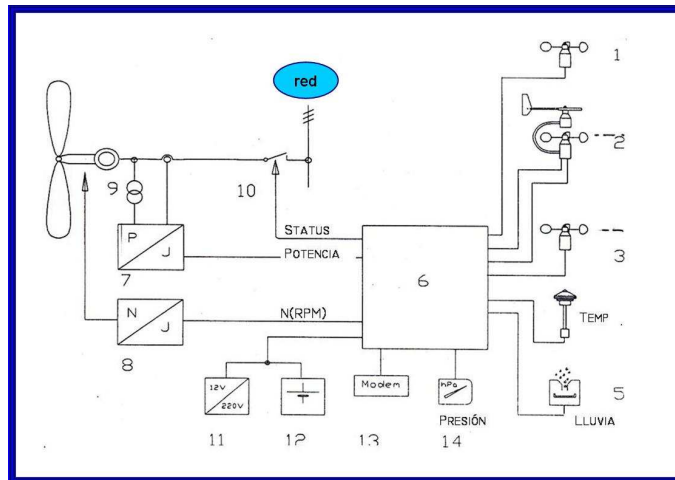


Figura 3 – Sistema para medición de curvas de potencia de aerogeneradores (gent. DEWI)

Estos sistemas de medición se utilizan para determinar la curva característica del aerogenerador. La conocida 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  $\rho$  es la densidad del aire (nominalmente  $1.225 \text{ kg/m}^3$ ),  $S$  es la superficie barrida por el rotor del aerogenerador,  $\eta$  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  $\eta$  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 3.

Los procedimientos para determinar la curva de potencia para máquinas conectadas a red están especificados en (IEC\_61400-12-1,2005), utilizan el método estadístico de los “bins” y se basan en la suposición de que la red absorbe toda la potencia eléctrica que el aerogenerador puede producir, asemejándose bastante a la condición normal de operación de estos equipos. Esta suposición simplifica considerablemente la metodología para determinar la curva de potencia. En el caso de máquinas más pequeñas conectadas a un banco de baterías, el nivel de carga de las mismas condiciona la cantidad de potencia que pueden tomar del viento y esto complica el procedimiento requerido para determinar de curva de potencia (Oliva y Vallejos, 2006). Asimismo, a raíz de que el mercado mundial de sistemas eólicos de baja potencia es varios órdenes de magnitud menor que el de máquinas conectadas a red, y que su desarrollo ha sido comparativamente escaso, ha resultado que la promulgación de estándares para máquinas eólicas pequeñas (Oliva y Alborno,2003) ha tenido un ritmo mucho mas lento. En el caso de (IEC\_61400-12-1,2005), el ensayo de máquinas de baja potencia se incluyó como “Anexo H” y hasta hace poco su tratamiento presentaba algunos puntos oscuros que se han ido aclarando a través de ensayos y adopción por entes nacionales (ej . AWEA 9.1, 2009,BWEA 2008).

### DESCRIPCION DEL SISTEMA PROPUESTO

Un detalle de la distribución preliminar de cada estación puede verse en la Figura 4, y la distribución en el emplazamiento de los equipos puede verse en la Figura 5. El sistema tiene como componentes fundamentales, de arriba hacia abajo en la Figura 5 las unidades METEO que realizan la medición de viento, temperatura y presión atmosférica, las unidades PWRC/2 que toman esos datos y los integran con las mediciones de potencia del aerogenerador correspondiente, el banco de baterías, la unidad Panel PC que reúne los datos y configura la regulación de la carga, y los reguladores de carga con sus resistencias de disipación. Una red Ethernet vinculará los equipos y permitirá el acceso controlado al estado individual de cada ensayo por Internet. Se incluye también una estación de referencia para la medición de datos de viento con calibración Measnet (Ref..) a 2 alturas, comunicada con la unidad Panel PC.

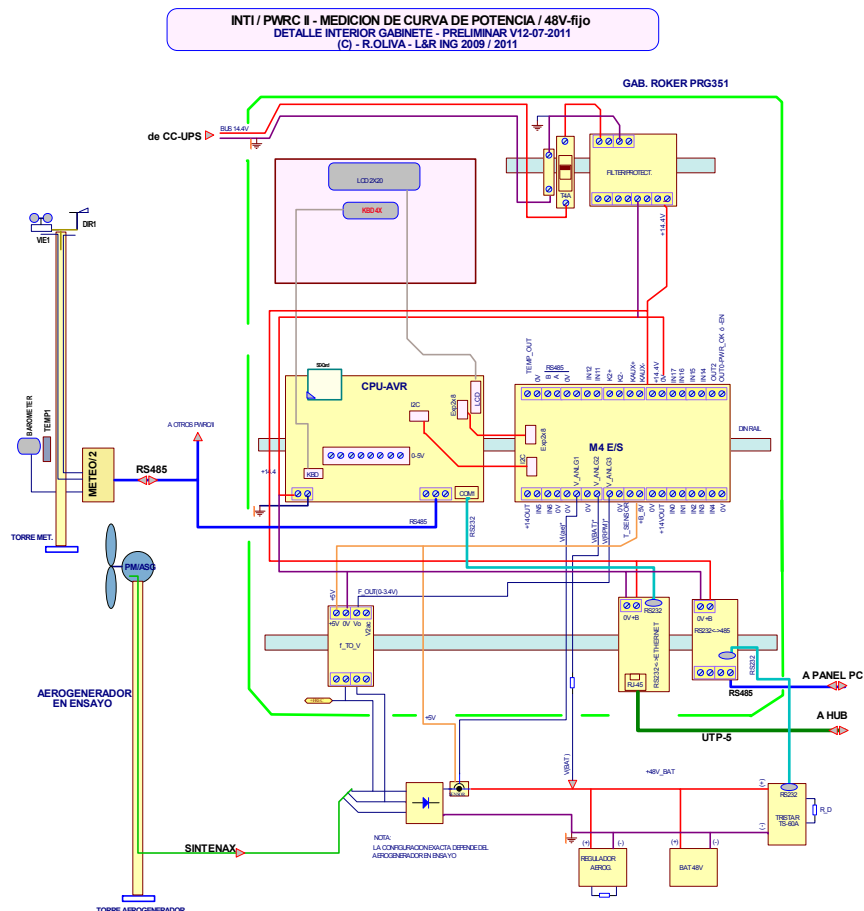


Figura 4 – Distribución interior de uno de los puestos del Sistema de medición

La disposición de las torres y equipos será tal que los cuatro aerogeneradores bajo ensayo se ubicarán en una línea perpendicular a la dirección predominante de viento (Figuras 2 y 5), y cada una de las torres anemométricas (una de ellas de 9 m de altura y la otra de 18m, albergando la estación de referencia además de los sensores METEO) enviará sus datos a las unidades PWRC/2 de dos aerogeneradores.

Tanto los equipos PWRC/2 como METEO son evolución de los primeros PWRC que fueron desarrollados a partir de 2005 por L&R Ingeniería para el programa piloto PERMER en Chubut (Oliva y Vallejos, 2006), bajo directivas establecidas por el CREE (Centro Regional de Energía Eólica, Rawson - Chubut) en su momento para este programa que involucró instalación de equipos para verificación de curva de potencia en aerogeneradores de 12V en las zonas de Pocitos de Quichaura y Costa de Norquín (Oliva, Cortez y Jones, 2008). Se han reemplazado las unidades CPU importadas por placas CL2bm1 de fabricación nacional que se vienen ensayando con buenos resultados desde 2009, y cuentan con almacenamiento en tarjetas de memoria flash tipo SD de 2GB.

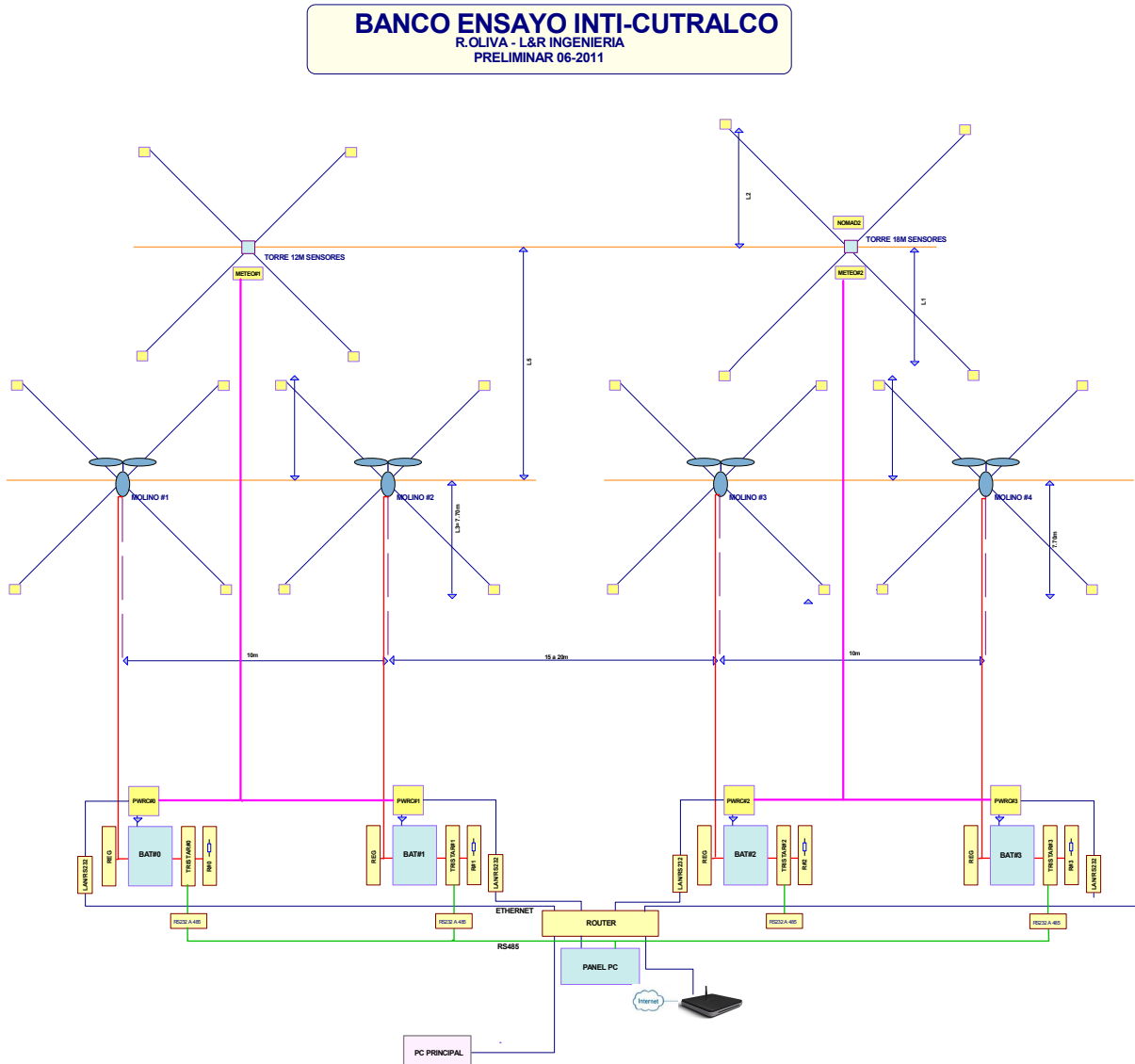


Figura 5 –Distribución tentativa del equipamiento para el Sistema de medición

## CONCLUSIONES

Se han presentado los avances de esta iniciativa del INTI para llevar adelante una serie de pruebas sobre pequeñas máquinas eólicas de fabricación nacional, tendiendo a iniciar un proceso de certificación y etiquetado de equipos que fomente su adopción masiva como solución para sistemas energéticos renovables para emplazamientos aislados y facilite la exportación de los mismos. La iniciativa busca establecer reglas de juego claras y vinculación científico-técnica con organismos similares a nivel internacional. Se espera que a fines de 2011 se puedan comenzar las pruebas sobre los primeros cuatro aerogeneradores acordados con los fabricantes, y que los resultados fortalezcan el mercado incipiente de pequeños molinos de fabricación local.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Municipio de Cutral-Co en Neuquén, a las autoridades del INTI, y de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

## REFERENCIAS

- IEC 61400-12-1 (2005) "Wind Turbines – Part 12-1 Power Performance Measurements of electricity producing wind turbines" – International Standard, IEC (International Electrotechnical Commission), Geneva, Suiza.
- AWEA 9.1 (2009) American Wind Energy Association (2009). AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard - Standard 9.1.
- BWEA (2008) British Wind Energy Association -2008. BWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard
- REN21\_2010 (2011) – Renewables 2011 Global Status Report – REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century ([www.ren21.net](http://www.ren21.net)))
- Martín, G. y Duzdevich, J.P. (2010) "Estudio metódico del grupo de proveedores de aerogeneradores de fabricación nacional: 1er Informe de Avance" Informe Laboratorio Energía Eólica INTI Neuquén. Inédito.
- Martín, G. y Duzdevich, J.P. (2011) "Estudio metódico del grupo de proveedores de aerogeneradores de fabricación nacional, 2º Informe de avance: Entrevistas fabricantes nacionales de aerogeneradores" Informe Laboratorio Energía Eólica INTI Neuquén. Inédito.
- Martín, G. y Duzdevich, J.P.. (2011) "Actas del 1º Encuentro de Fabricantes Nacionales de Aerogeneradores de Baja Potencia". Inédito.
- Oliva, R. y Vallejos, R. (2006) "REQUERIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE CURVAS DE POTENCIA EN AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA PARA CARGA DE BATERÍAS - DISEÑO DE SU IMPLEMENTACIÓN" ASADES 2006 / Comunicación; ISSN 0329-5184; vol 10 pp 6.05-6.07.
- Oliva, R., Albornoz, C (2003) "Operation and Two-year production data report of a wind-powered rural school in South Patagonia", Proceedings of 2nd World Wind Energy Congress, Cape Town, S.A., 23-26 November 2003.
- Oliva, R.; Triñanes, P.; Lescano, J (2007) "Sistemas Eólicos e Híbridos – Mediciones y Simulaciones teniendo en Cuenta la Variabilidad del Recurso en Patagonia"; ASADES 2007 / AVERMA; ISSN 0329-5184; vol 11; p629. San Luis; Octubre 2007.
- R.Oliva, N.Cortez, R. D. Jones (2008) "PROCESAMIENTO DE MEDICIONES DE POTENCIA ELECTRICA EN PEQUEÑOS SISTEMAS EÓLICOS DOMICILIARIOS" ASADES 2008 / AVERMA; ISSN 0329-5184; vol 13; p6-35

## ABSTRACT

This work presents the concept of a test site to be set up by INTI (National Institute for Industrial Technology in Argentina) for small battery-charging wind turbines, including a Power Curve verification system for these small wind turbines based on recommendations of Annex H of the IEC61400-1-12 (2005) standard for small battery-charging wind turbines. Main objective of the system is the construction of a power vs. wind-speed curve, using the method of bins as described in the IEC standard. Up to four wind turbines will be set up for simultaneous testing at INTI's facilities which are to be set up in Cutral-Co (Neuquén Province, Argentina), in region of strong winds to the north of Patagonia. The initiative is part of a wider program to support the growing local industry of small wind turbines and provide not only a level-field for testing and labeling, but also an incentive for quality assurance and reliability.

**Keywords:** wind energy, power-curve measurements, hybrid power systems, test site