

ADAPTACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN PARA ENSAYOS DE CURVA DE POTENCIA EN PEQUEÑAS MÁQUINAS EOLICAS EN CONEXIÓN A RED

R.Oliva¹, A. Zappa², M. Amadio³, C. Wild Cañon⁴

(1) Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y L&R Ingeniería - (2,3,4) Laboratorio de Energía Eólica – Unidad Técnica Energía Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - Neuquén
L.Rivera y Gregores, 9400 Río Gallegos - Santa Cruz, Argentina TE 02966 442317/19 int 21, email: roliva@uarg.unpa.edu.ar

Recibido 14/08/19, aceptado 23/10/19

RESUMEN: El presente trabajo presenta los trabajos de adaptación de sensores y software para ensayo de curva de potencia de aerogeneradores de baja potencia, en sus configuraciones para suministro directo a red, según la metodología definida por la norma IEC 61400-12, anexo H. Recientemente, dicho suministro ha sido legalmente encuadrado con la publicación de la reglamentación de la Ley 27424 de Generación Distribuida. Las mediciones mostradas se realizaron en el Laboratorio de Ensayos de Aerogeneradores del INTI en la ciudad de Cutral-Có (Neuquén). El aerogenerador, cuyos resultados se exponen, es uno de los equipos de fabricación nacional que están siendo ensayados por INTI en el marco de un programa nacional de fortalecimiento sectorial. Se presentan las modificaciones realizadas, mediciones eléctricas y atmosféricas entre agosto y diciembre de 2018.

Palabras clave: energía eólica, registrador, mediciones, adquisición de datos

INTRODUCCIÓN

La utilización de la energía eólica, a pesar de la creciente competencia de los sistemas solares fotovoltaicos, continúa teniendo una importancia económica destacada, sobre todo en zonas con buen recurso de viento. Varios de los fabricantes argentinos que producen equipos tradicionales para carga de batería y punto aislado ofrecen actualmente versiones para conexión a red, sin almacenamiento. Se han debido realizar desde fines de 2017 modificaciones en los equipos de medición PWRC2 para este tipo de mediciones, realizando una serie de evaluaciones de costo y adaptación de sensores teniendo en cuenta el tipo de inversor, tensión de trabajo y potencia de los equipos.

Un primer conjunto de sensores contemplaba el agregado de un amplificador de aislación en la entrada de alta tensión, en principio con inversores ABB de 2,5 kW (rango de tensión 90 a 500 Vcc) y Omnik de 1,5 kW (60 a 400 Vcc). Esto modificaba el circuito de entrada para medición de estas tensiones y potencias, contemplando la posibilidad de que haya conexión de corriente continua con negativos flotantes logrando una aislación galvánica (utilizando un sensor AD202) y a la vez mantener una alta linealidad y precisión en las mediciones (Figura 1).

¹ Área Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y L&R Ingeniería

² INTI – Unidad Técnica de Energía –Ruta Prov.7, km5, Mercado Concentrador Neuquén –CP 8300-Neuquén

³ INTI – Unidad Técnica de Energía - Neuquén

⁴ INTI – Unidad Técnica de Energía - Neuquén

El software contemplaba una posición HiVolt (sin baterías) en la cual los sensores de corriente se ajustaras adecuadamente para diferenciarlos de la posición normal en carga de baterías.

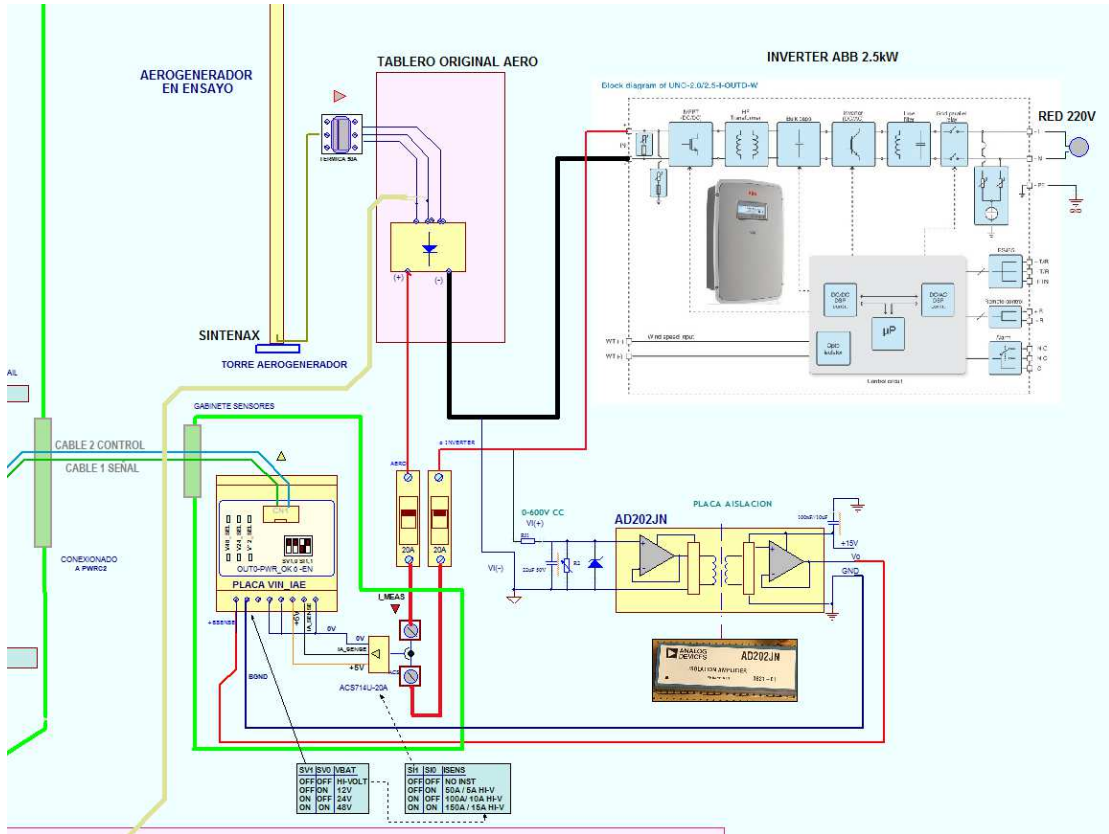


Figura 1 – Primera iteración en modificaciones propuestas a mediciones de potencia con PWRC2 en conexión a red – 09-2017

Un conjunto alternativo que cuenta con mejores características de aislación galvánica, resulta cuando se utilizan sensores de efecto Hall integrados (transmisores) tipo Riel DIN, con capacidad de conversión de tensión continua de 0-600 VCC de entrada a un rango de 1 a 5 Vcc de salida, compatible directamente con las entradas actuales del PWRC2. Asimismo, se emplean sensores de corriente de efecto Hall encapsulados que permiten distintos rangos de corriente continua, entre 0-5 A, 0-10 A, y 0-15 A. Finalmente, para la conversión de tensión continua se utilizaron transmisores de 0-600 VCC, modelo TDVH 660 (YHDC,2017), y para corriente sensores de corriente de efecto Hall en el rango de corriente continua 0-20 A, modelo TDAH. En la Figura 3 se muestra el conexionado típico de estos sensores. En la Figura 3 se muestra el esquema del tablero con dichas incorporaciones.

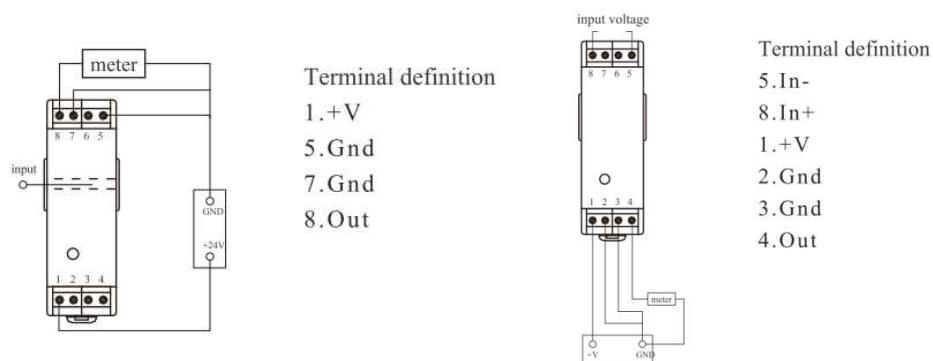


Figura 2 – Conexionado (izq.) sensor YHDC TDAH 0-20A y (der) sensor YHDC TDVH 0-660V.

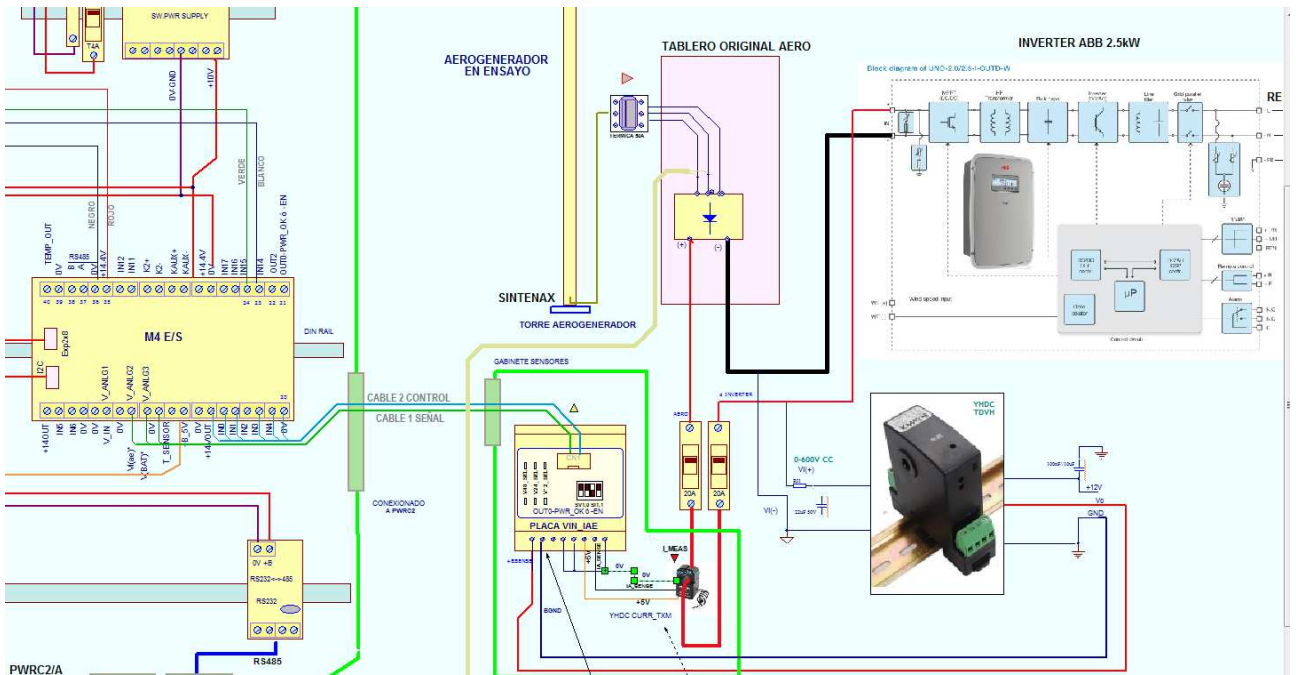


Figura 3 – Mediciones PWRC2 en conexión a red con sensores comerciales integrados de Efecto Hall

IMPLEMENTACION DE LAS MODIFICACIONES

Durante 2017 se adquirieron los sensores para ensayos (Figura 4). Estos sensores cuentan con una aislación galvánica de 3 kV (50Hz, 1 min), una exactitud de 1% (TDVH) y 0.5% (TDAH) y un alinealidad máxima de 0.2% en ambos modelos.



Figura 4 – Sensores YHDC de corriente (20 A)(izq.) y de tensión (600 V) integrados de Efecto Hall

Se comenzó a trabajar en una versión PWRC2-HV que modificaba el circuito de entrada de señales aunque manteniendo el cableado desde el módulo principal PWRC2, indicado en Figura 5 como Cable 1 (señal) y Cable 2 (control). Se modificó una placa original *Vin-Iae* (similar a las utilizadas para medición referida a tierra en sistemas con batería) que se monta en un gabinete junto con los módulos TDVH-600 y TDAH-20, de forma de hacer un bypass tanto de los divisores resistivos (utilizados para los modelos con batería) como del regulador interno de 5 V (se alimenta directamente a los sensores desde un suministro de 12 Vcc). Se mantiene el circuito de *switches* de configuración aunque para la posición prototipo (todos los *switches* en 0) el software considera la opción inicial requerida de HV con un sensor de 20 A.

Se realizó un ensayo del circuito de PWRC2-HV con un emulador (Figura 6), a efectos de adaptar el software para la lectura de los registros de tensión y corriente y cómputo de potencia, con los nuevos parámetros correspondientes a conexión a red. Para permitir el trabajo en especificación de los sensores YHDC, se aumenta con un ajuste interno la tensión de trabajo de la fuente convertora de 24 Vcc (suministro externo, vía UPS-CC) a 12 Vcc (tensión actual 10.5 Vcc). Se realizó la calibración de los sensores con una fuente de tensión de 300V cc y una de corriente capaz de entregar 18 A en CC.

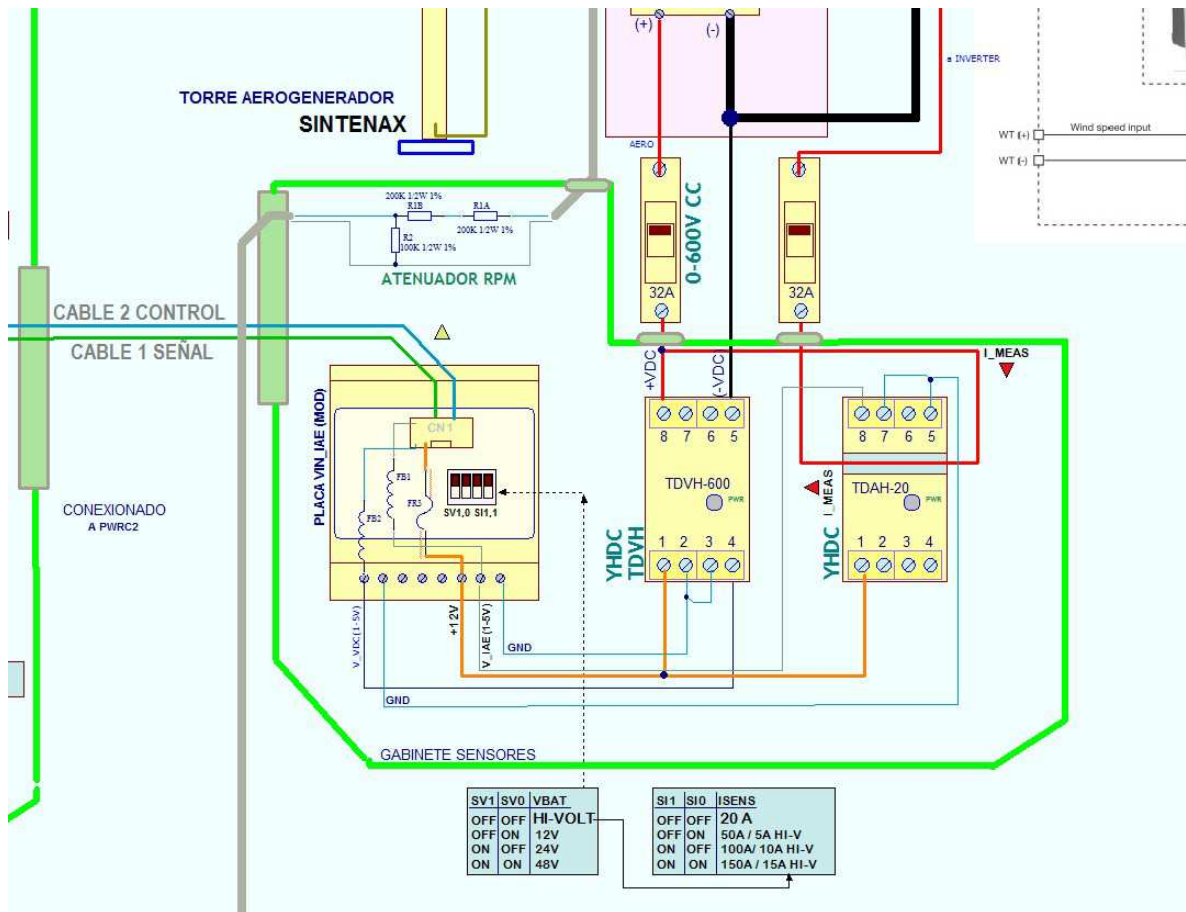


Figura 5 – Circuito de entrada ampliado para PWRC2-HV con sensores YHDC de tensión y corriente, placa *VinIae* modificada y atenuador para RPM. La tensión interna de la fuente del PWRC2 debe ajustarse de 10.5 a 12 Vcc.

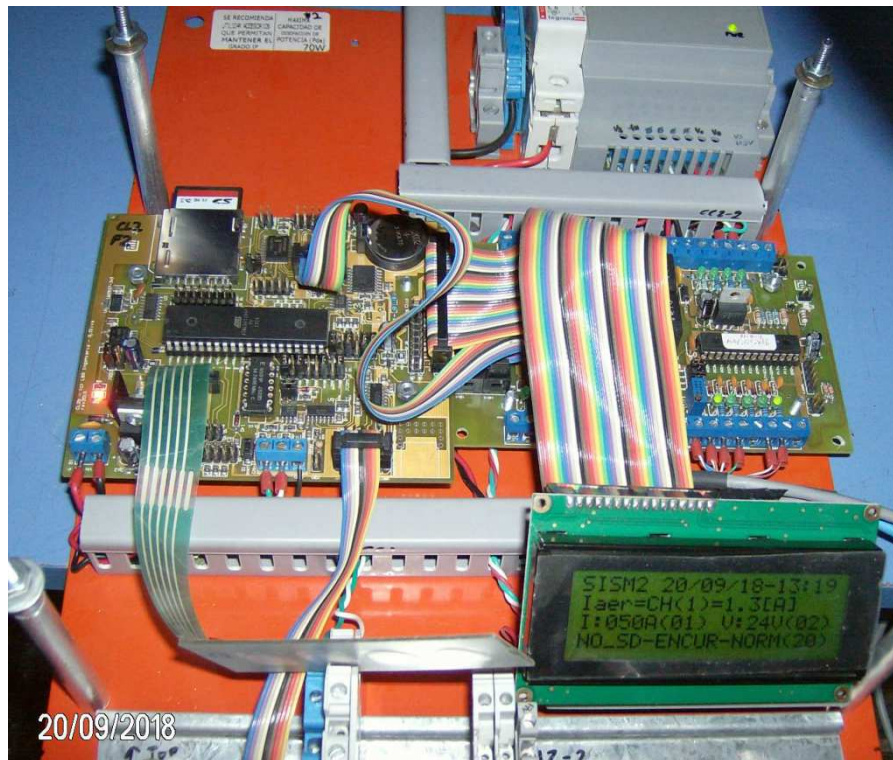


Figura 6 – Ensayo del PWRC2-HV a través de un emulador

MODIFICACIONES AL FIRMWARE Y ENSAYOS

A fines de 2018 se implementó la versión PWRC2-HV para lo cual se trabajó sobre la última versión activa del Firmware PWRC2 (v9e). La versión resultante v9G supone la conexión de los cables PWRC2, (Cable 1 (señal) y Cable 2 (control)) al nuevo módulo que aloja la placa *Vin-Iae* modificada en un gabinete junto con los módulos TDVH-600 y TDAH-20. Se mantiene el circuito de *switches* de configuración aunque para la posición prototipo (todos los *switches* en 0) el firmware v9G considerará la opción inicial requerida de HV con un sensor de 20 A. En la Figura 7 se muestra la conexión realizada a inicios de noviembre por el equipo de operación, luego de haber realizado la actualización del Firmware de la Estación 3.

Las modificaciones principales al Firmware en v9G se refieren a la corrección de referencias del *Display* identificando versión, ítems del Menú principal, y de la rutina *Configurar_Canales()*. Se modifican algunos de los valores leídos desde la EEPROM y se aceptan los rangos de constantes para los sensores YHDC. Finalmente, se aumenta la resolución de *Iaer* en *display* de 00.0 a 00.00, debido a menor rango de corriente.

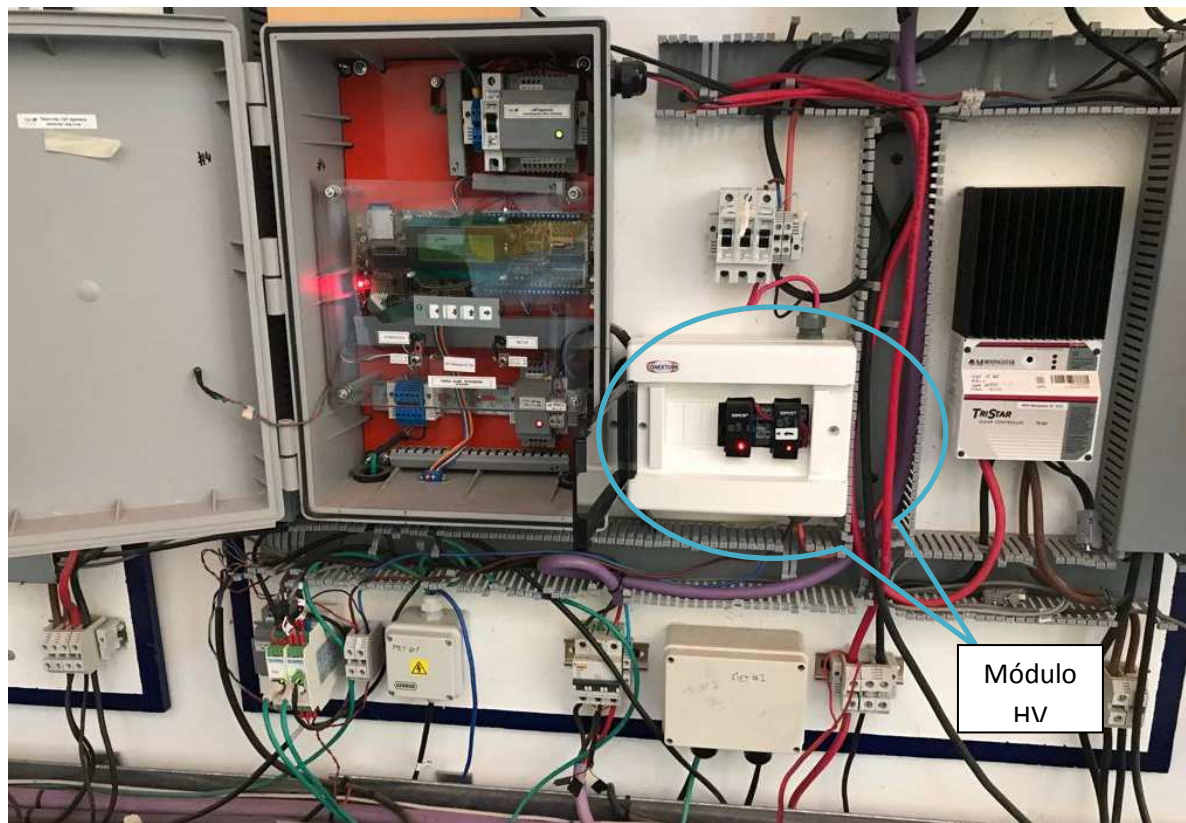


Figura 7a,b – (a) Ensayo de PWRC2 existente con módulo HV nuevo conectado, INTI CCo, 07-11-2018 , y (b) detalle del Display, todavía con indicación errónea de temperatura desde METEO 2

PRIMEROS ENSAYOS PWRC2-HV EN CAMPO DE PRUEBAS INTI – CUTRAL-CÓ.

Los primeros resultados de ensayos consistieron de archivos en que se combinaba el archivo .CSV generado por el PWRC2-HV con una columna de potencia de CA de salida desde el inversor ABB conectado a red, medida a través de un instrumento Fluke 435. Salvo las pérdidas del inversor, estas lecturas deberían ser muy similares. En la Figura 8 (izq) se muestra la conexión del Instrumento Fluke al lado del PWRC2, y con vista (hacia atrás) del Inversor ABB-Wind que conecta la salida del aerogenerador en ensayo a la red. Los sensores de potencia de red se muestran en la Figura 8(der). En la Figura 9 se muestran los datos registrados de potencia de salida para un aerogenerador de 1500 W nominales. Los mismos, coordinados en promedios de un minuto del día 2/11/2018 por momentos presentan valores de potencia que excede los 1200 W. En el gráfico superior se aprecia potencia CC (del PWRC2-HV, oscuro), y la Potencia de salida en CA registrada por el instrumento Fluke (líneas

amarillas). En gráfico inferior valores de viento medio y normalizado. Se aprecia que las potencias de CC son en general levemente superiores a las de CA, algo esperable debido a las reducidas pérdidas del inversor ABB (rendimiento cercano al 95%).

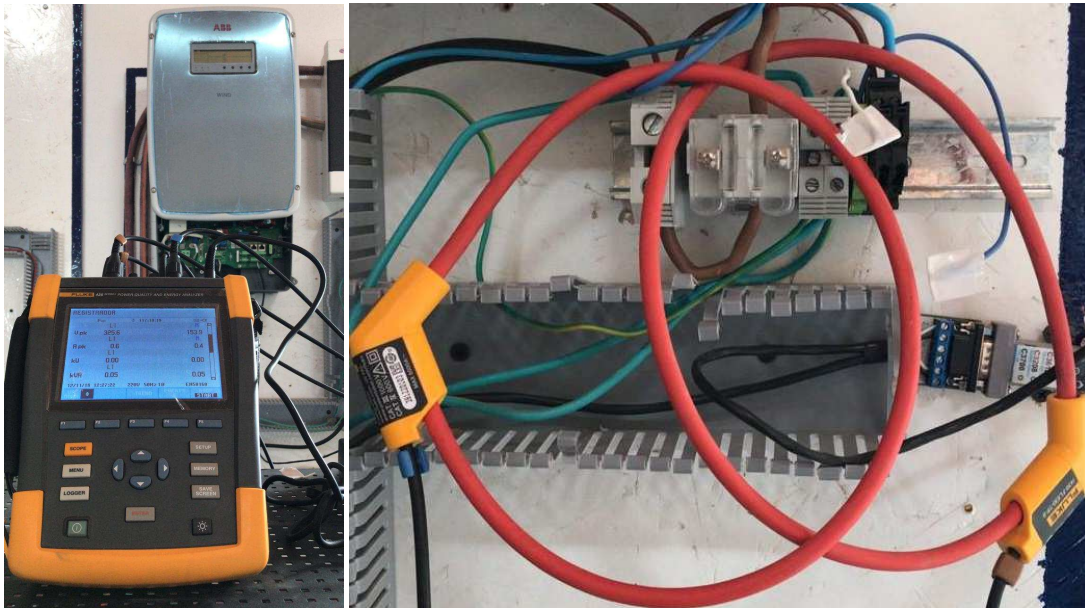


Figura 8 – Conexión del Instrumento Fluke 435 a la salida del Inversor ABB, coordinado con el PWRC2-HV (Fotos J.P.Duzdevich)

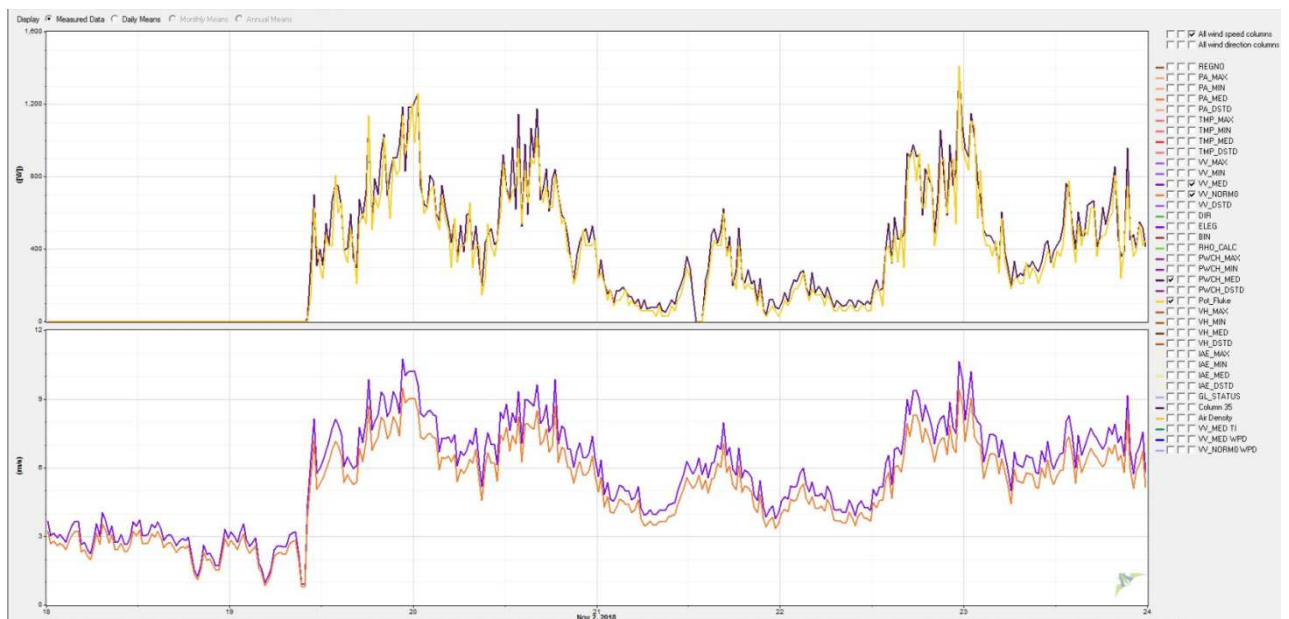


Figura 9 – Secuencia de datos medidos, noviembre 2 de 2018. En gráfico superior potencia CC (del PWRC2-HV, oscuro), y Potencia Fluke (amarillo). En gráfico inferior valores de viento medio y normalizado. Promedios cada 1 min, bases de tiempo sincronizadas entre Fluke 435 y PWRC2-HV

En la Figura 10 se muestran capturas de los días 2 al 5 de noviembre de 2018, en que se observan además los registros de tensión y corriente continua de los sensores YHDC, promediados a 1 minuto. Sobre todo durante el día 4/11 se registraron promedios sostenidos de viento por encima de 15 m/s, y la potencia entregada por el aerogenerador se acercó a los 2000 W durante buena parte del día.

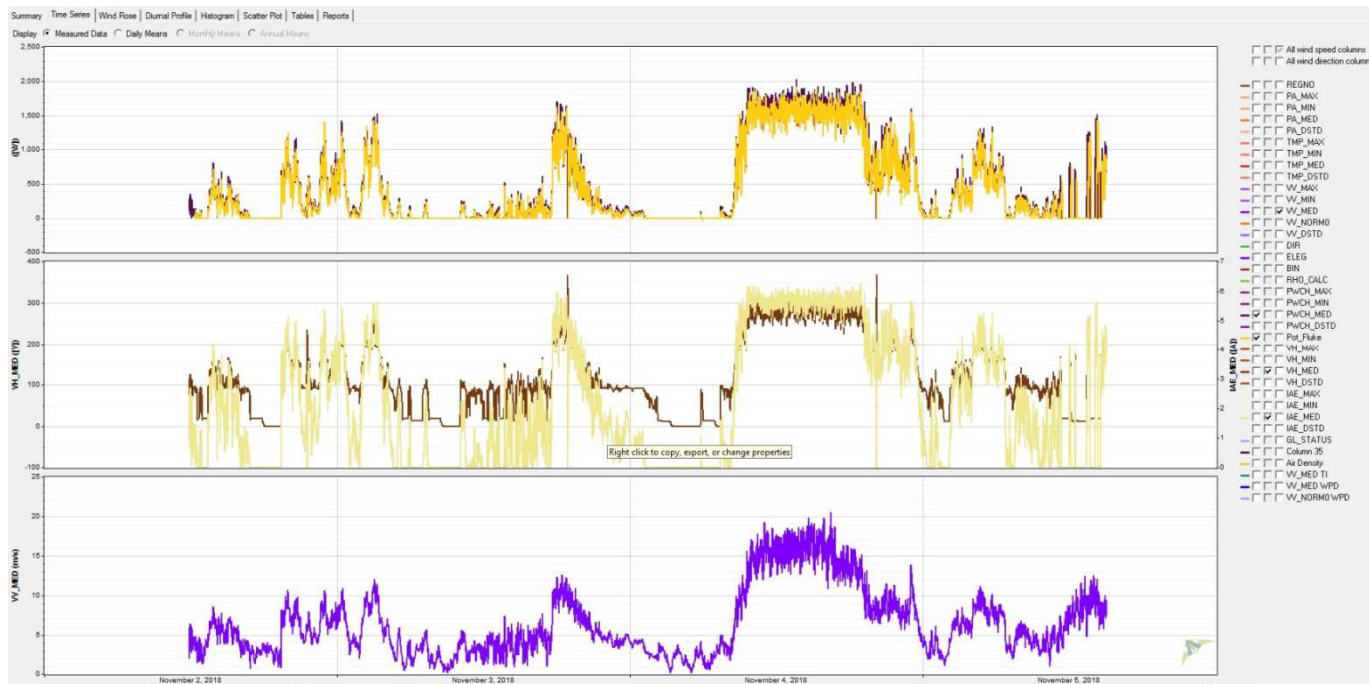


Figura 10 – Secuencia de datos medidos, noviembre 2 a noviembre 5 de 2018. En gráfico superior potencia CC (del PWRC2-HV, oscuro), y Potencia Fluke (amarillo). En gráfico medio tensión y corriente CC, sensores YHDC. En el inferior valores de viento medio, promedios cada 1 min, bases de tiempo sincronizadas entre Fluke 435 y PWRC2-HV

CONCLUSIONES

Se ha podido adaptar y ensayar un sistema de medición para equipos de eólica de baja potencia en conexión a red. Sobre la base de un equipo existente y en funcionamiento para ensayos de curva de potencia de pequeños aerogeneradores con conexión a baterías, según la metodología definida por la norma IEC 61400-12, anexo H, se agregaron los sensores para medición de mayores niveles de tensión con aislación galvánica adecuada. Se han presentado algunas de las modificaciones realizadas, incluyendo las alternativas de sensores estudiadas y la elección final, como así también algunas modificaciones realizadas al firmware de los equipos. Asimismo se muestran las primeras mediciones realizadas en el Laboratorio de Ensayos de Aerogeneradores del INTI en la ciudad de Cutral-Có (Neuquén), con una conexión monofásica a la red a través de un inversor ABB-Wind, impulsado por un aerogenerador de fabricación nacional. Dicho equipo está siendo ensayado por INTI en el marco de un programa nacional de fortalecimiento sectorial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen tanto a la Universidad Nacional de la Patagonia Austral como al INTI Neuquén por la cooperación en el desarrollo del equipo y la verificación de las mediciones.

REFERENCIAS

AEA - UNPA (2018) <https://www.uarg.unpa.edu.ar/index.php/institucional/institutos/11-instituto-ita>

LyR Ing. (2018) <http://www.lyringenieria.com.ar/language/es/>

Ley 27424 de Generación Distribuida (2018) <https://www.argentina.gob.ar/energia/generacion-distribuida>

OpenDLog (2016) R.B.Oliva, "An open power curve measurement system implementation for small wind systems" 10th Anniversary WindMobile Conference LTETT - Projet "Windmobile" en Lycée Technique d'Ettelbruck L-9080 Ettelbruck - Luxembourg - Marzo 2016
[http://cloud.windmobile.site/index.php/s/LvhggMMWfIAInNM/download?path=%2F&files=OpenDLogger\(Short15min\)ROliva_atLTETT_Luxembourg03-2016_v5.pdf](http://cloud.windmobile.site/index.php/s/LvhggMMWfIAInNM/download?path=%2F&files=OpenDLogger(Short15min)ROliva_atLTETT_Luxembourg03-2016_v5.pdf)

Modbus, (2014) Modbus.org: <http://www.modbus.org/specs.php>

Windographer, (2018) <https://www.windographer.com/>

ABSTRACT

This work shows the adaption of measurement equipment and first results aimed at power-curve evaluation of a grid-connected small wind turbine (SWT). The measurement process follows the recommendations contained in the IEC 61400-12, Annex H intended for low-scale wind power equipment. The PWRC2 measurement systems were originally installed in 2012 exclusively for battery charging SWTs. Special higher voltage isolated sensors and firmware modifications were required to allow the systems to measure grid-connected turbines. Measurements were performed at the Small Wind Turbine Test Laboratory owned by INTI near the city of Cutral-Có in the Neuquén province of Argentina. The wind turbine is a 1.5 kW unit manufactured by a company located in Mendoza, Argentina. The first results presented use data logged from Fluke reference units to compare with values acquired by the PWRC2 measurement systems, and show an interesting potential for this kind of equipment, considering the recent legal framework (Law 27424) enforced to support distributed generation using renewable energy sources in Argentina.

Keywords: testing, wind energy, measurement, small wind turbines