

## **MEDICIONES DE INTENSIDAD Y DIRECCION DE VIENTO EN DOS EMPLAZAMIENTOS DE PUERTO SAN JULIAN**

**J. F. González<sup>1</sup>, R. Oliva<sup>2</sup>, G. Cárdenas<sup>3</sup>, N. Cortez<sup>4</sup>**

Area Energías Alternativas, Unidad Académica San Julián Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), y Unidad Académica Río Gallegos (UNPA) Santa Cruz  
email: rafael.beltran.oliva@gmail.com

*Recibido 12/08/16, aceptado 08/10/16*

**RESUMEN:** Desde el año 2007, la comunidad de Puerto San Julián dio inicio a las mediciones y estudios requeridos para la incorporación de energía eólica tanto en sistemas de media y gran potencia con enlace al Sistema Interconectado Nacional como en sistemas diésel-eólicos para suministro eléctrico en redes aisladas, su zona de influencia. En 2008 se concretó a través de la Fundación Agencia de Desarrollo de PSJ (FADPSJ) la adquisición de equipamiento para medición del recurso en un lugar cercano al centro poblado, alturas adecuadas (40,50 y 60 m) para instalación de máquinas de 0.5 a 1.5MW de potencia, con posibilidad de utilización para sistemas de menor potencia, o híbridos diésel-eólico. Lamentablemente, si bien la estación opera todavía sufre de significativos problemas por falta de mantenimiento adecuado. Paralelamente, en 2011 se inició un relevamiento detallado de posibles sitios de instalación, incluyendo factores técnicos, socioeconómicos y de legislación, a través de lo cual se plantearon el diseño de una planta piloto, que por diversos factores aún no se completó. Asimismo, el Area Energías Alternativas de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral instaló desde 2013 un sistema de baja potencia, con equipamiento de medición asociado inaugurado en 2014 para el relevamiento de sistemas de baja potencia. En este trabajo se muestran los resultados de ambas estaciones de viento y se busca poner en valor la importancia del recurso para el desarrollo futuro de la zona.

**Palabras clave:** energía eólica, sistema de medición, calibración, datos comparativos, software.

### **INTRODUCCIÓN**

Dado el reconocido recurso eólico en la región Patagónica Austral, con condiciones climáticas severas y zonas extensas sin electrificar, la evaluación sistemática del mismo es importante tanto para proyectos de alta potencia (aerogeneradores en red) como para el suministro eléctrico en sitios aislados. Sobre todo en estos últimos, la provisión de eléctrica reviste una importancia creciente desde los puntos de vista demográfico, social y geopolítico y se recurre a pequeños aerogeneradores habitualmente de fabricación nacional ( $P_n < 5$  kW) que deben trabajar en forma autónoma, garantizando eficiencia en las duras condiciones de operación en la región (Oliva, 2012).

---

<sup>1</sup> Area Energías Alternativas, Unidad Académica San Julián. Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA-UASJ)

<sup>2</sup> Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA-UARG) y L&R Ingeniería

<sup>3</sup> Becario de Proyecto y Alumno Energías Renovables, UASJ - Universidad Nacional de la Patagonia Austral

<sup>4</sup> Departamento de Física, y Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA-UARG).

Puerto San Julián es una región privilegiada que abarca un corredor de fuertes vientos con densidad de potencia superior a los 2000 W/m<sup>2</sup> a 50m de altura, ya identificado a partir de 1986 por el Dr. Vicente Barros en su Atlas Eólico del Sur Argentino (Barros, 1986). Para los equipos de gran potencia (1 MW o más), es importante el estudio del recurso en el emplazamiento o zonas cercanas para la correcta evaluación de clase de intensidad, según (IEC, 2005), y su clase de turbulencia, lo cual permite proyectar instalaciones confiables. Asimismo debe realizarse un adecuado estudio de las características de los aspectos técnicos de la instalación (Oliva y otros, 2009) así como de las características y conexión con la red (Ramos Millán y otros, 2012). En lo que respecta a sitios aislados, para rango de potencias del orden del kilovatio existen desde principios de la década de los '90 varios fabricantes en Argentina de equipos para carga de baterías y suministro aislado, como así también equipos de origen extranjero. Se ha buscado el constante mejoramiento de los equipos de fabricación local a través de iniciativas como las del INTI en su campo de pruebas de Cutral-Có, Neuquén (Martín y otros, 2012). Los resultados han sido variados y algunos de los equipos que se comercializan siguen presentando problemas de confiabilidad, por no estar adaptados a las condiciones ambientales de la región, especialmente a los fuertes vientos a los que son expuestos. Por esto también un conocimiento del régimen y un adecuado tratamiento estadístico del mismo es de suma importancia.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE AMBOS SISTEMAS

### *Sistema de medición hasta 60 m para equipos en red:*

El sistema instalado en 2008 por la FADPSJ consistió de un conjunto NRG-Now XD con un Data Logger Symphonie, 6 sensores anemométricos calibrados NRG Max#40, 2 medidores de dirección NRG #200P, ubicados a 60, 50 y 40m de altura, sensores de Temperatura y Presión Atmosférica, una torre NRG de tubos de acero de 10", bases, anclajes y sistema de izaje más una baliza reglamentaria a LED con suministro de 220V. En la ubicación de la torre de medición se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: a) Sector libre de obstáculos prominentes y con buen promedio de viento s/mediciones SMN- UNPA y estimación SIG Eolico b) Cercanía de la ciudad de San Julián, por tratarse de experiencia piloto, y en lo posible en terrenos municipales c) Cercanía con zona de instalación de red 132kV San Julián - G.Gregores. Esta cercanía facilitaba la acometida en caso de instalación de un proyecto eólico Piloto cercano a la comunidad de PSJ.

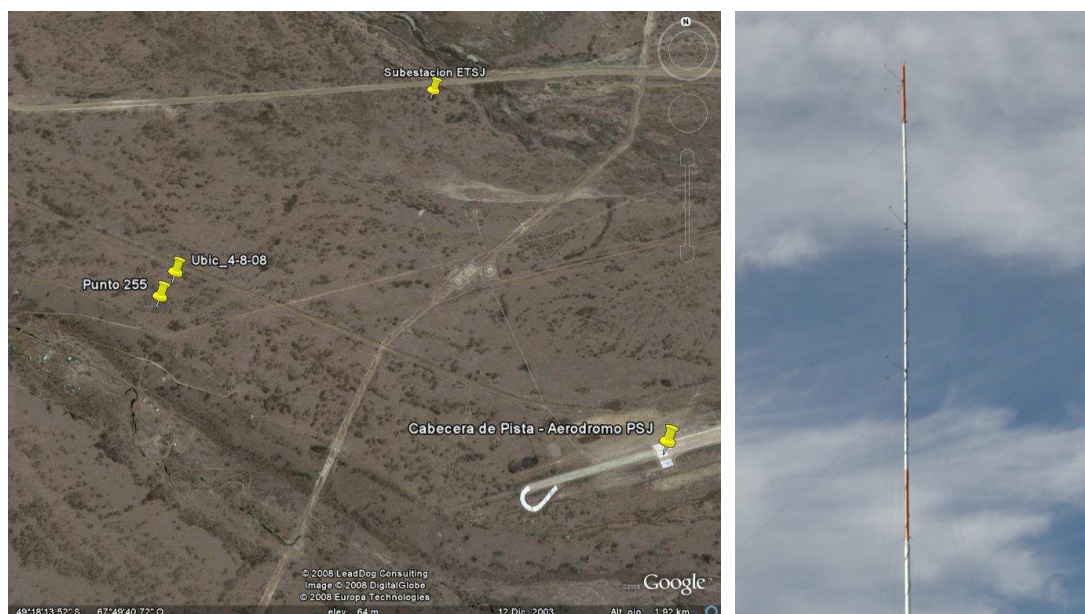


Figura 1: Mapa de zona, vista de la Torre en emplazamiento definitivo (11-2008) .

Después de la evaluación de diversas alternativas, se definió la elección del sitio definitivo. En la Figura 1 se aprecian las ubicaciones del punto Ubic\_4-8-08, Cabecera de pista (258) y Estación Transformadora ETSJ a construir (2008). La Ubicación del emplazamiento y distancia respecto al centro urbano en su instalación definitiva [14-11-2008. P272 / Ubic\_4-8-08] es: (Figura 2)

S 49° 18' 15.3''  
W 67° 50' 08.7''  
H = 67m snm

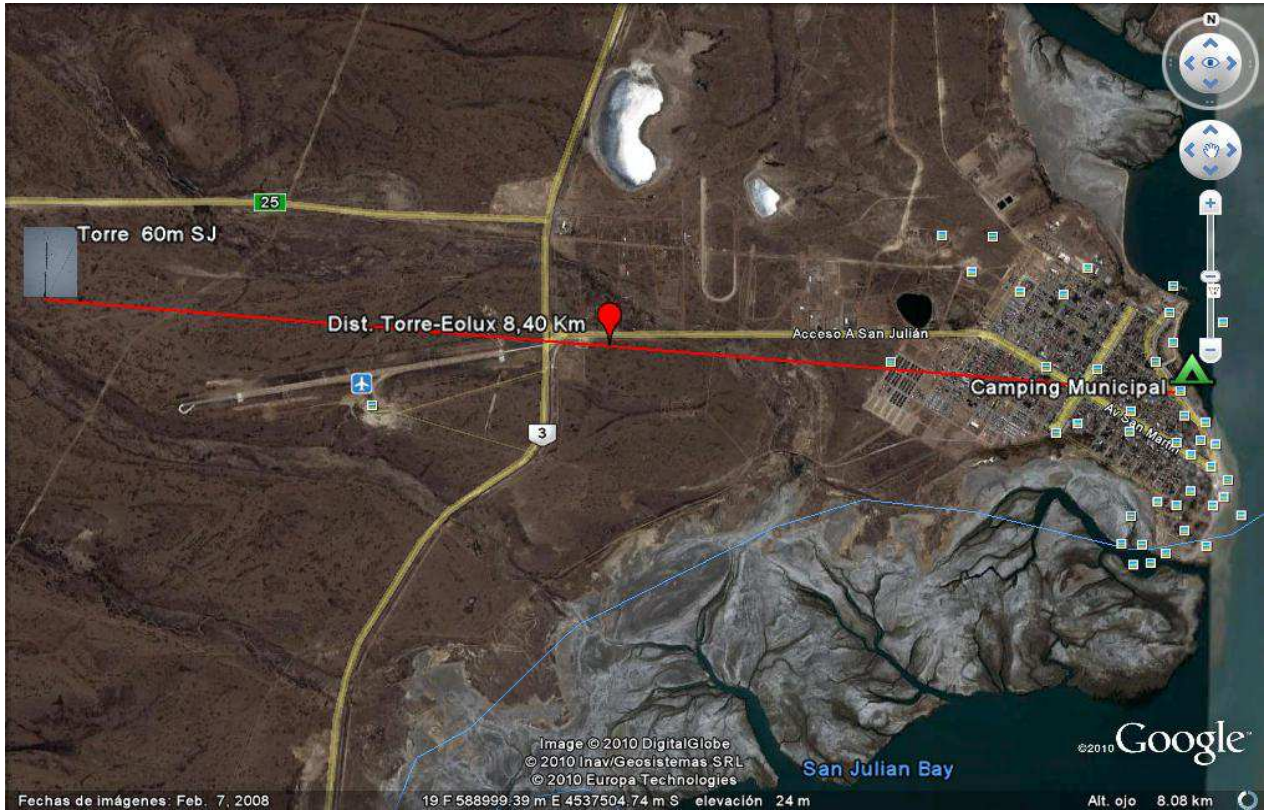


Figura 2: Ubicación de la torre de medición y distancia al centro urbano (11-2008).



Figura 3: Estación Symphonie NRG y vista de sensores.

El sistema fue donado por la FADPSJ al Municipio de San Julián, pese a lo cual no se cumplieron con los mantenimientos requeridos y a lo largo de 8 años los sensores se fueron dañando reduciendo la utilidad del sistema.

### *Sistema de medición para equipos aislados (Torre 12m)*

Paralelamente, se buscó la instalación de un sistema de baja potencia orientado a sitios aislados. Después de un primer intento frustrado entre 2008 y 2012 con equipos a préstamo, con apoyo financiero de la Universidad se pudo instalar en junio de 2013 un sistema Eolux de 1 kW y 24 V, y posteriormente un refugio, el cableado y elementos para un sistema de medición asociado (Figuras 4, 5 y 6).



*Figura 4: Sistema eólico, refugio y tareas de instalación de los cables en Chacra UASJ-UNPA*



*Figura 5: Instalación del boom con sensores de viento instalados e invernadero UNPA de fondo*

En el mes de noviembre de 2014 se concluyó con la obra del refugio y la construcción del galpón donde va instalado el banco de baterías, el inversor y el sistema de medición y el día 23 de noviembre se concluyó la instalación de dicho sistema eólico. (Figura 6)



*Figura 6: Tablero instalado 11-2014 con componentes de medición, Inversor QMax y rectificador*

El sistema de medición instalado se denomina SISMED\_SJ24 desarrollado por AEA (AEA, 2016) y L&R Ingeniería (LyR, 2016), y cuenta con un módulo para medición de viento (METEO), cuyos sensores permiten medir intensidad y dirección de viento, y temperatura exterior. Dicho módulo se ubica al pie de la torre (Figura 7 der.) y se comunica a través de una interfase RS485 con el módulo central SISMED\_SJ24. Los promedios de 1 minuto de viento, temperatura, potencia y tensión de

banco son almacenados en una tarjeta SD en formato .CSV, legible a través de planillas de cálculo. El banco de baterías (Foto 7-izq) es de 24 V / 200 Ah originalmente provisto por el fabricante del aerogenerador tuvo una serie de problemas y debió ser reemplazado.



Figura 7: Banco de baterías en Chacra UASJ y unidad METEO.

En la Figura 8 se observan datos iniciales de 3 días en diciembre 2014, del sistema en operación. Se observa que los vientos fuertes (hasta 14 m/s aquí, abajo) coinciden con las direcciones del oeste (cerca de 270°), y que la tensión de la batería se regula correctamente hasta 28,5V aprox. como máximo. La corriente del aerogenerador llega a superar los 28 A en este gráfico y se han registrado otros picos de 36 A en algunos casos, lo cual también es correcto para un sistema como este aunque por encima de la capacidad ideal del banco instalado. Posteriormente, se realizó una actualización del firmware del SISMED\_SJ24 para soportar medida y estadísticas de RPM, y tensión / corriente de línea (Vac, Iac RMS) producida por el Inversor QMax instalado.

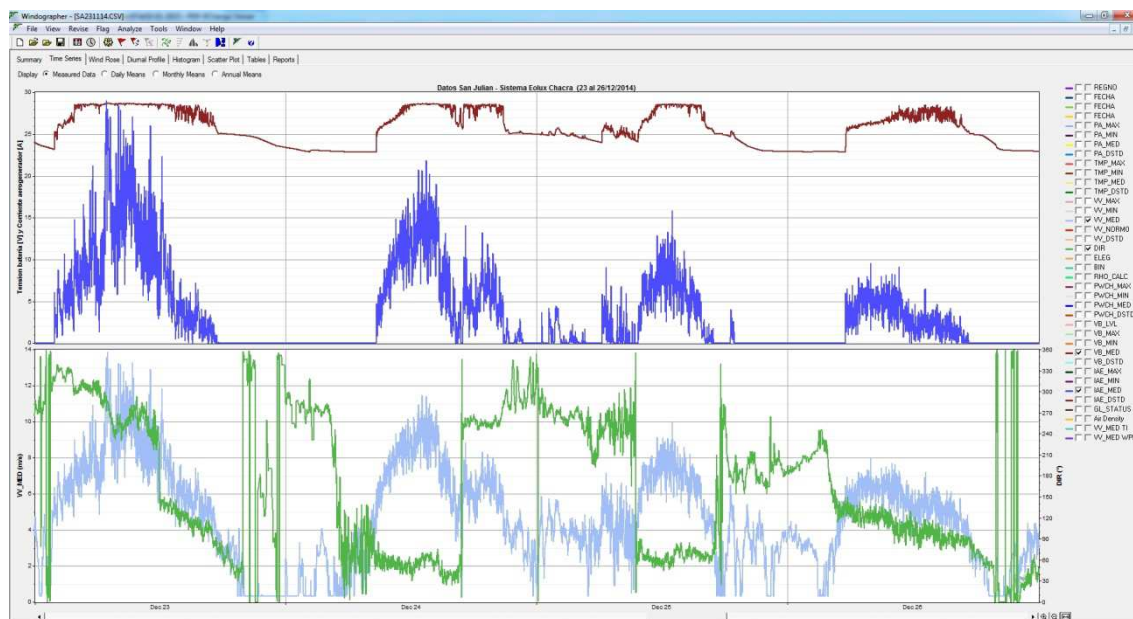


Figura 8: Datos Leídos Diciembre 2014 - Sistema UASJ con medición SISMED\_SJ24.

## MEDICIONES DE VIENTO DE AMBOS SISTEMAS

### Sistema de medición Symphonie NRG – Municipio SJ

El procedimiento de lecturas –descarga de la tarjeta Flash MMC a una notebook PC, y reinscripción de la misma luego de chequeo operativo- se realiza periódicamente desde 2008, a través de la tarea desarrollada por el equipo del Ing. J.F. González en San Julián. El procedimiento de descarga de datos se realizó regularmente, y se verifica el estado de las cajas del logger y del sistema de balizamiento.

Por tratarse de una torre abatible de 60 m de altura, la reparación de sensores involucra el desarme de la torre, (no está prevista una escalera para el acceso manual), lo cual es un procedimiento costoso. Desde mayo de 2009 en que se tiene sin medición un canal dañado en mayo 2009 / anemómetro NRG Max#40C, altura 60m, canal 2 (ó B) de la estación NRG Symphonie, persisten además otras fallas como el corrimiento de dirección del soporte de sensores a nivel 60m, por efecto de la virulencia del viento, lo cual provocó mediciones de dirección distorsionadas y probable interferencia en las mediciones de intensidad a 60m de altura.

En la Figura 9 pueden observarse las medias diarias para los 6 sensores de viento a las distintas alturas en los primeros meses de mediciones (2008-2009), no se observan grandes desviaciones sino los incrementos previsibles con la altura y los meses de verano de vientos más intensos.

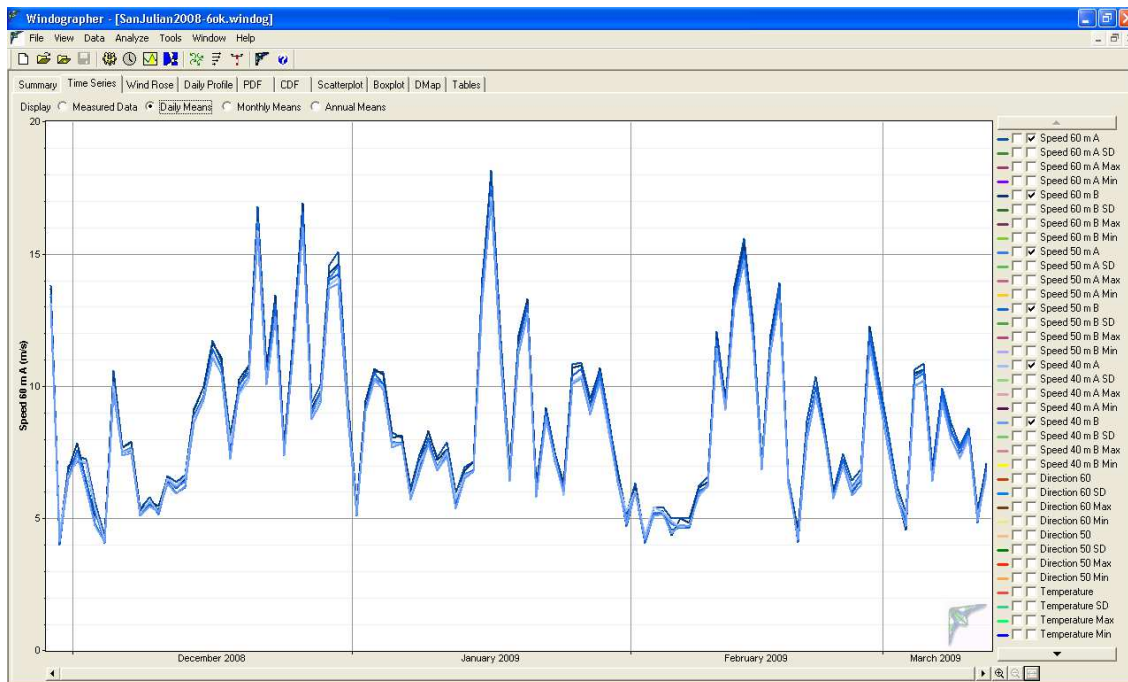


Figura 9 – Medias diarias para los 6 sensores de viento entre noviembre y marzo

En la Figura 10, se observa una compilación realizada de los promedios mensuales de intensidad de viento de los 6 canales, a lo largo del período noviembre de 2008 a Marzo de 2016. Se observa que a partir del daño del sensor en canal 2 mencionado, en mayo de 2009 (ráfaga de 145 km/h aprox.) se fueron dando las pérdidas de distintos canales, hasta llegar a inicios de 2015 con 3 canales, y a 2016 con un solo canal activo (60m, A) que como veremos mide en forma reducida aparentemente. Si bien los datos han sido utilizados exitosamente en diversas publicaciones (Palese y otros, 2013) (Ramos Millán y otros, 2012) y la operación a lo largo de ese período a cargo de la UNPA-UASJ ha sido meritoria, resulta de suma importancia poder reactivar los mismos, en una operación de recomposición y mantenimiento general de la torre.

#### *Análisis de los datos de viento en SJ de acuerdo a las condiciones de la IEC-61400-1 (2005)*

La normativa IEC 61400-1 (IEC61400-1,2005) especifica fundamentalmente los requerimientos de diseño para asegurar la integridad de las turbinas eólicas, en lo que se refiere a la ingeniería requerida para que el equipo esté protegido contra daños por las condiciones externas a la que está expuesto a lo largo de su vida útil. Se ocupa de todos los subsistemas de la turbina eólica incluyendo control, protecciones, aspectos mecánicos y de soporte estructural. Además requiere la especificación de las condiciones ambientales, eléctricas (referidas a su conexión a red) y de suelo a la que estará expuesta. Dentro de las condiciones ambientales, se divide en condiciones de viento y otras condiciones

ambientales, y también se especifican condiciones normales y extremas. Las condiciones normales involucran las cargas mecánicas recurrentes, mientras que las extremas se consideran condiciones de excepción pero con posibilidad de ocurrencia. Los casos de diseño deben incluir combinaciones de estas condiciones externas con distintos modos de operación del equipo.

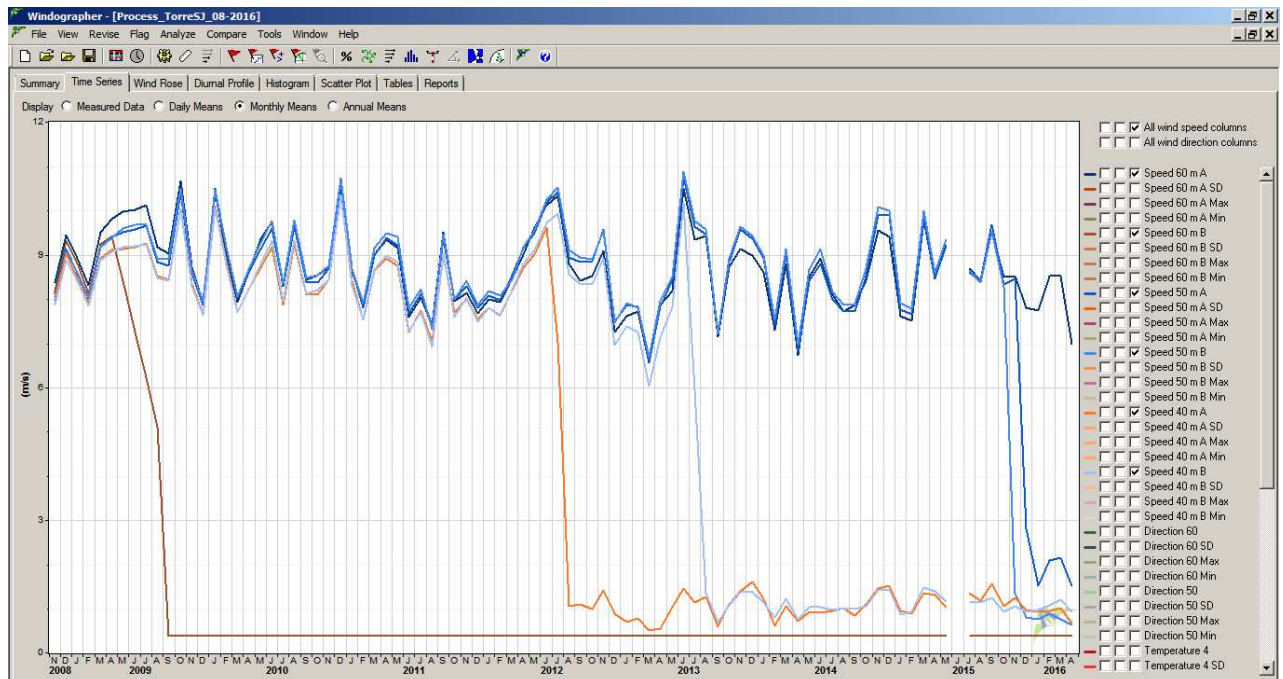


Figura 10: Datos Leídos Estación NRG – Medias mensuales a distintas alturas -Procesamiento a lo largo del período 2008-2016

La caracterización de las mediciones tomadas en San Julián, permite de acuerdo a esta normativa definir algunos requerimientos en futuros equipos a instalar. La clasificación de turbinas en clases de acuerdo al ítem 6.2 de (IEC61400-1,2005) se define en función de parámetros de velocidad de viento y turbulencia. La Velocidad de Referencia o  $V_{ref}$  es un parámetro básico para definir la clasificación. Una turbina diseñada con una velocidad  $V_{ref}$ , implica que por construcción debería soportar climas para los cuales el promedio de viento extremo de 10 minutos con una recurrencia de 50 años, a la altura de la góndola, es menor o igual a  $V_{ref}$ . Para la clasificación de turbulencia se utiliza el parámetro adimensional  $I_{ref}$  (también llamado  $TI$ ), derivado del cociente entre el desvío estándar y la velocidad media, pero cuya expresión depende de las condiciones de análisis. En la Figura 11 se reproduce la tabla de clasificación que establece la norma IEC mencionada.

- Wind turbine classes are defined in 61400-1 and intended to cover most possible sites

Wind turbine class		I	II	III	S
$V_{ref}$	(m/s)	50	42,5	37.5	Values specified by the designer
A	$I_{ref}$ (-)	0,16			
B	$I_{ref}$ (-)	0,14			
C	$I_{ref}$ (-)	0,12			

Figura 11: Tabla de clasificación de turbinas de acuerdo a IEC61400-1-2005

El análisis de vientos extremos debe hacerse sobre un período extendido, en lo posible de 20 años, aunque esto raramente es posible en la práctica. Debido a la complejidad de modelización de estos parámetros, se utilizan habitualmente aproximaciones o herramientas contenidas en los paquetes de software específico (Windographer demo, 2016). En el caso de San Julián para el período 2008-2011 se estimó la velocidad de referencia a 60 m de altura de peor caso en  $V_{ref} = 41.937$  m/s con variaciones de acuerdo al método elegido, según se indica en la Figura 12, esto es una primera aproximación. En la Figura 13 se muestra el cálculo de  $TI=I_{ref}$  para el mismo sitio.

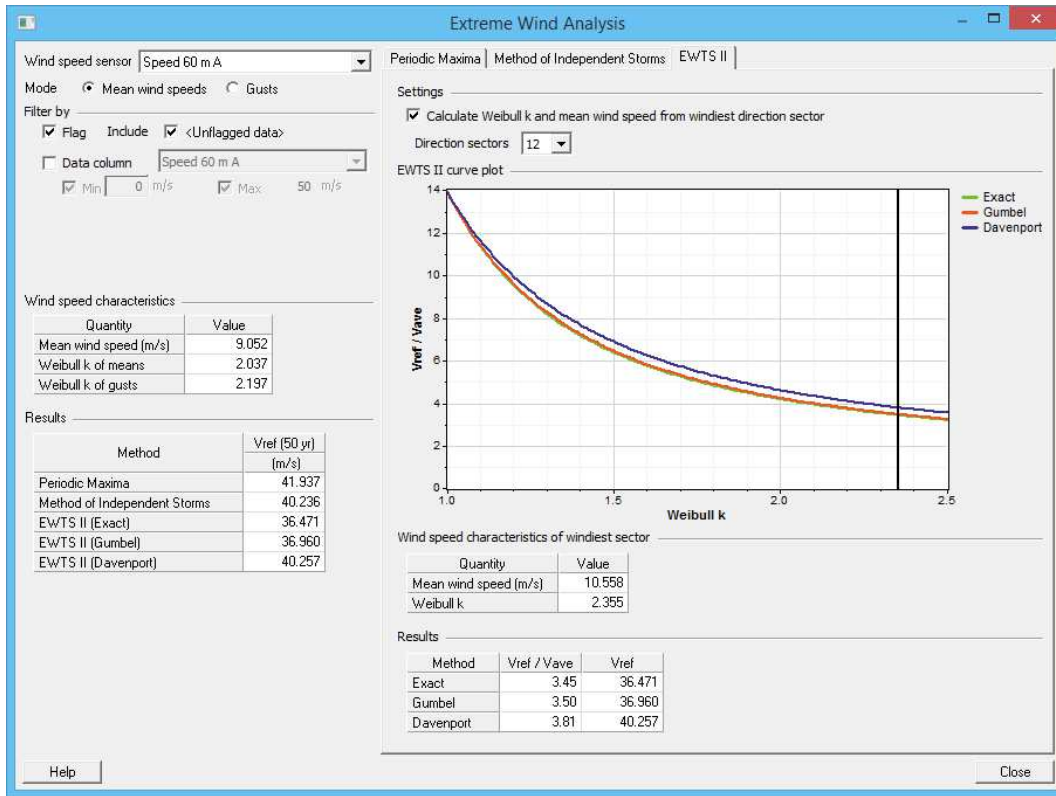


Figura 12: Cálculo de  $V_{ref}$  en período 2008-2011 para emplazamiento SJulian – Windographer demo

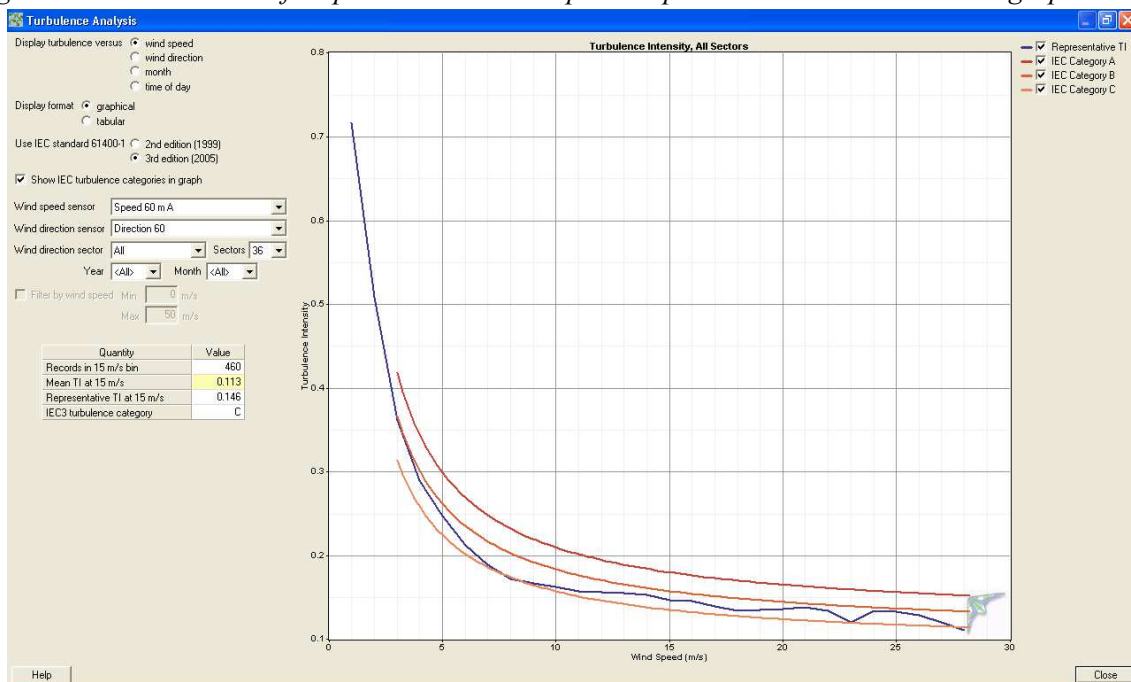


Figura 13 – Análisis de turbulencia. El sitio clasifica como de baja Turbulencia categoría C según IEC 61400-1- 3ra – Windographer demo.



Con estos valores, la máquina elegida entraría (si fuera ése el emplazamiento) en una clase IIC, aunque por un margen muy reducido. En la Figura 14 se muestran los efectos de sombra de la torre, muy acotados en los sectores de mayor intensidad de viento (240 a 300°), computados con la misma herramienta de software. La orientación de los sensores y la torre durante la instalación (realizada por ERA/NRG) siguió la recomendación orientaciones de IEC61400 en cuanto a sensores montados en torre tubular.

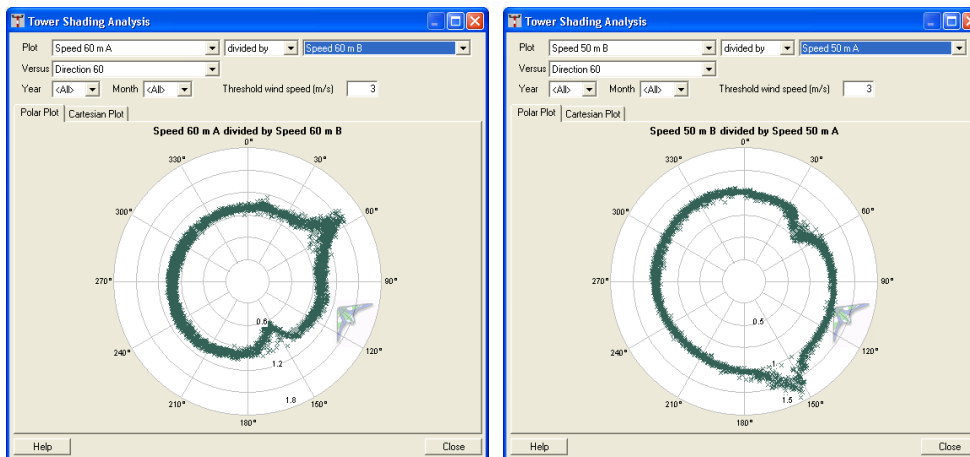


Figura 14– Análisis de efecto sombra de la torre a 60 y 50m

#### Sistema de medición SISMED-SJ24 UNPA/UASJ

A través del Proyecto de Investigación 29D/057 y recursos aportados por la UASJ, se pudieron agregar al sistema de medición diversos componentes que permiten su operación, aunque se han tenido algunas dificultades. En la Figura 15 se aprecian las medias de valores diarios medidos por el

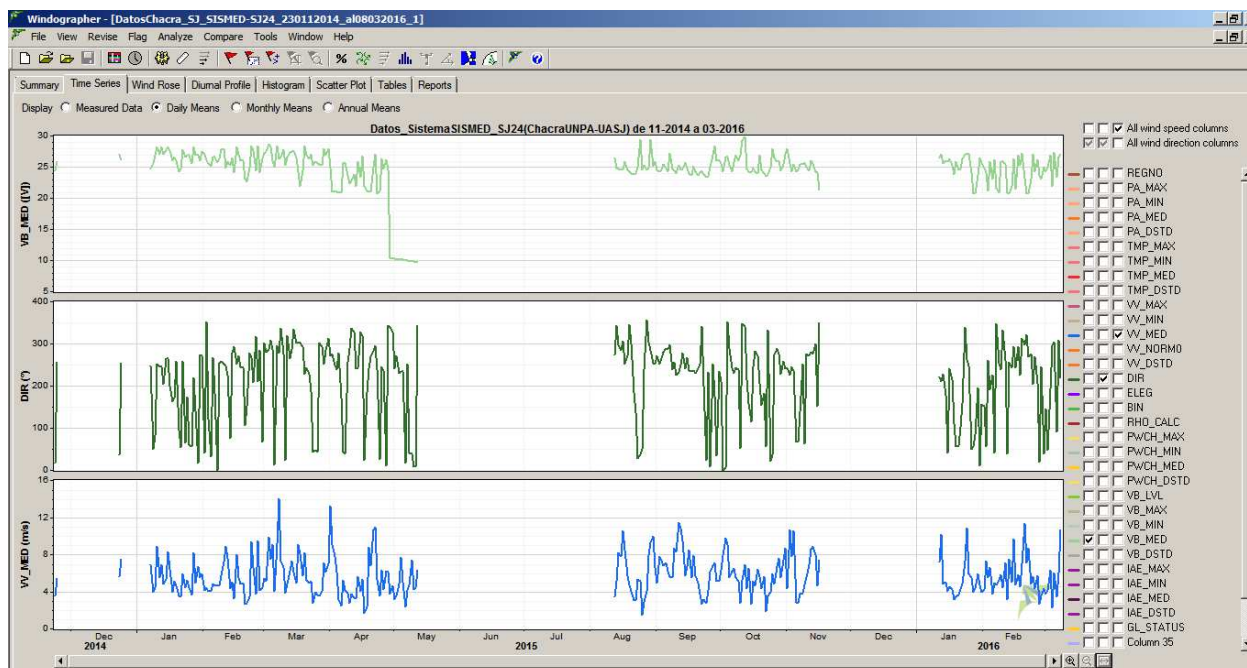


Figura 15: Datos Leídos SISMED\_SJ24 desde diciembre 2014 – Medias diarias de tensión de batería (Arriba), dirección de viento (medio) e intensidad de viento a 9 m de altura (abajo)

equipo SISMED\_SJ24 desde diciembre 2014 – En el gráfico superior las medias diarias de tensión de batería (nominal 24V), al medio la dirección de viento (a 8 m) , y abajo la intensidad de viento a 9 m de altura. El equipo ha tenido varias fallas (12-2014; 05-2015; 11-2015) relacionadas con las baterías fundamentalmente, pero funciona en forma satisfactoria actualmente.

### Lecturas combinadas:

A través del software mencionado se realizó una combinación en un período (enero 2015 a mayo 2015) en que ambas estaciones funcionaban sin problemas, la mayor con 3 sensores (1 a 60, dos a 50m) y la pequeña con un sensor a 9m. Ambas mediciones se promediaron a 10 minutos. Además se incluyen las medidas de dirección a 50 m y a 8 m de altura. Todos son sensores NRG #40 con calibración, aunque por la serie y los años se sospecha que el canal de 60 m mide “a menos”. En la Figura 16 se puede observar los resultados del período, donde se observa un correcto desempeño y un coeficiente normal de ajuste potencial en altura de 0.221. Las mediciones a mayor altura son consistentemente mayores que a 9 metros (aunque la de 60 m debiera ser ligeramente superior a las otras). El patrón de dirección sigue la distribución esperable.

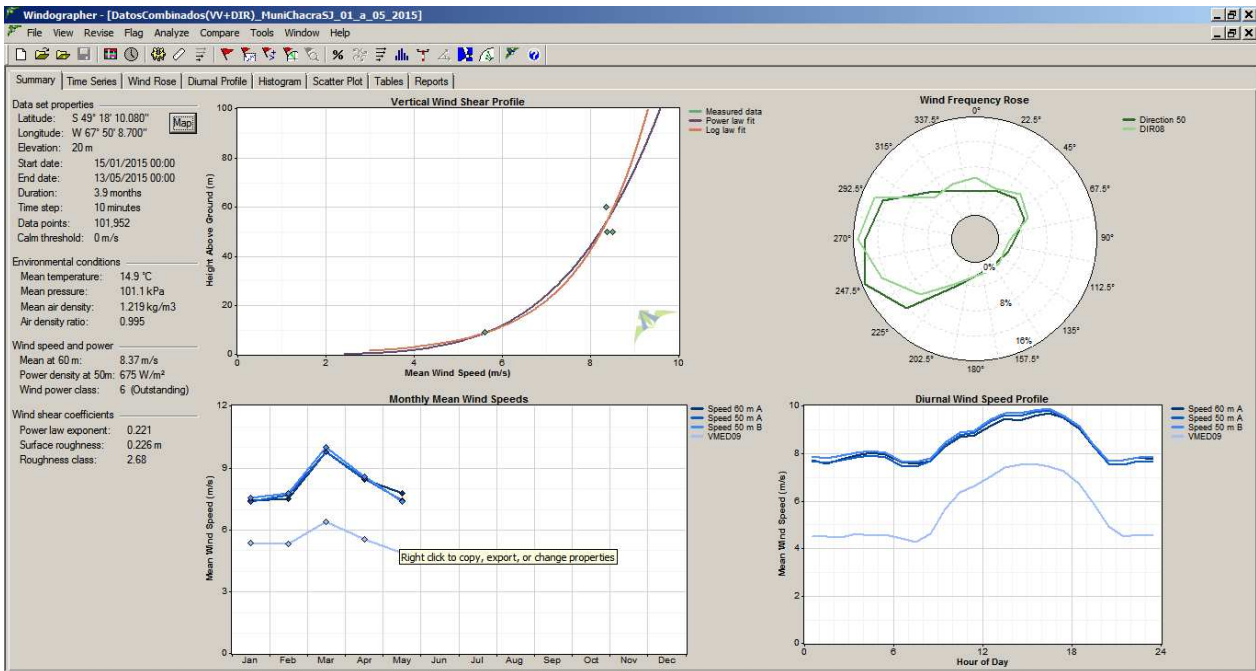


Figura 16: Combinación de datos leídos NRG y SISMED\_SJ24 desde enero a mayo de 2015 – se muestra perfil diario y rosa de viento de ambas estaciones

En las Figuras 17 y 18 se observan series de tiempo de intensidad de viento (m/s) para ambas estaciones. La Figura 17 muestra la evolución de las medias diarias en el período enero a mayo de 2015, donde se observa consistentemente la menor medición de las lecturas a baja altura del SISMED-SJ24, pero con un patrón similar debido a la cercanía geográfica de ambas estaciones (aprox. 8km). En la Figura 18 se observa el detalle para pocos días, en mediciones de promedios. Los de 1 minuto del SISMED-SJ24 son llevados por software a promedios de 10 minutos, que es lo que registra la estación Symphonie de FADPSJ / Municipio SJ.

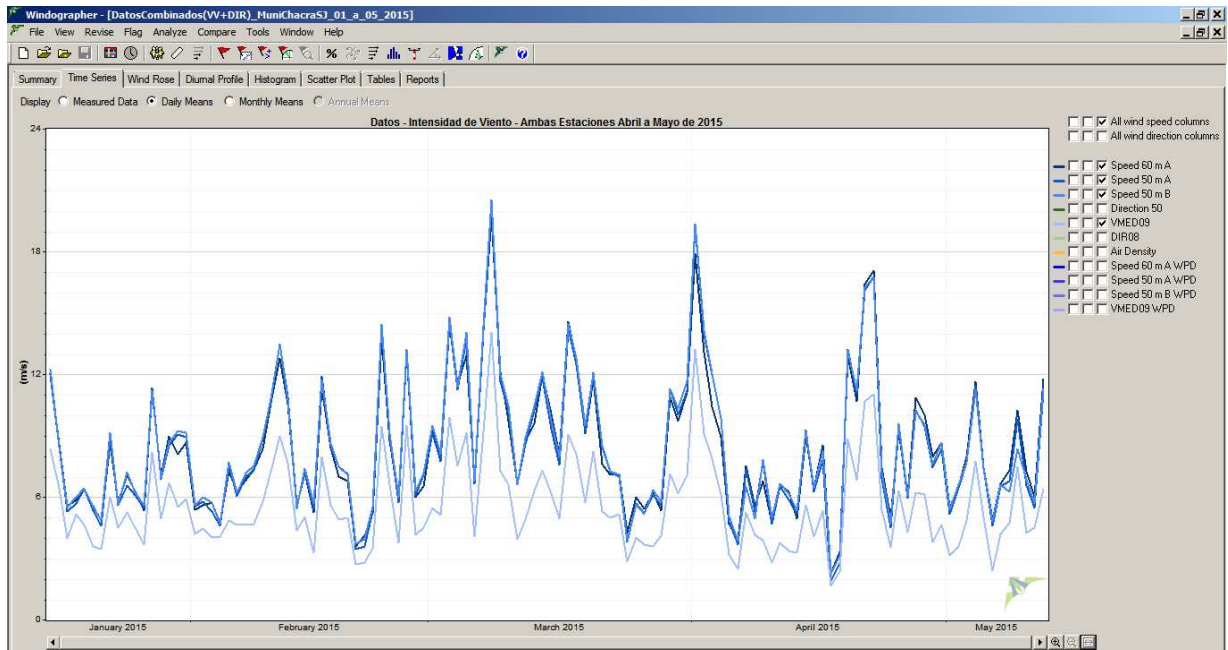


Figura 17: Combinación de datos leídos NRG y SISMED\_SJ24 – serie de tiempo de medias diarias de intensidad desde enero a mayo de 2015. Las medidas inferiores corresponden a 9 m de altura.

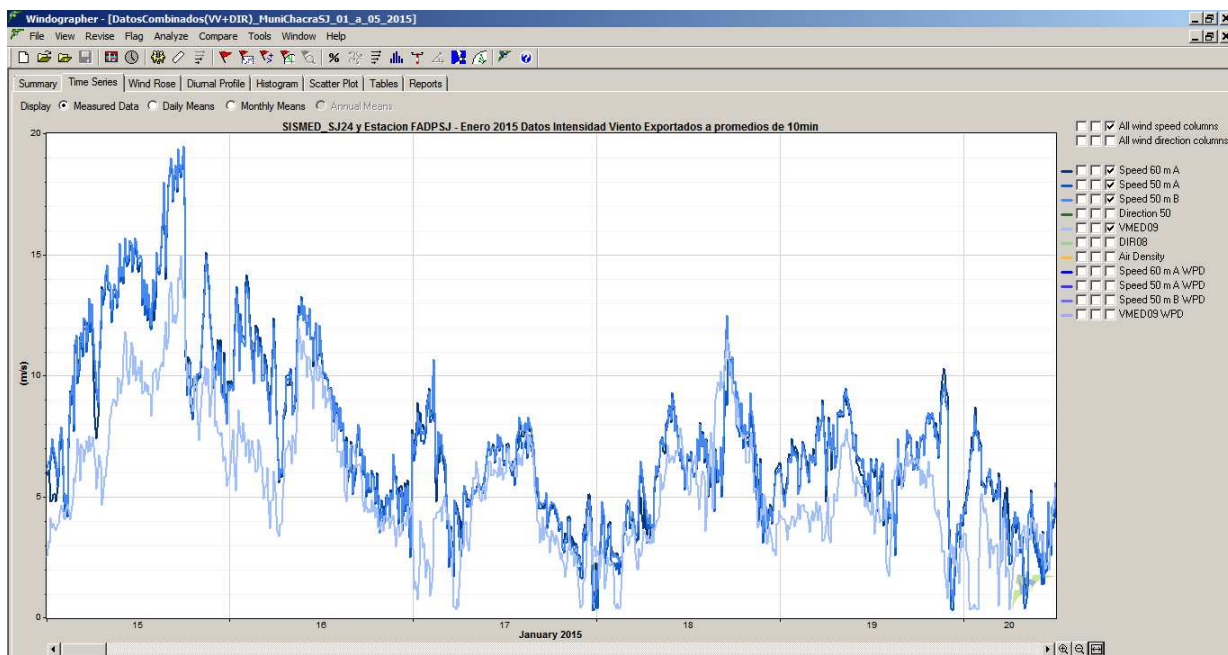


Figura 18: Combinación de datos leídos NRG y SISMED\_SJ24 – serie de tiempo de medias cada 10 minutos de intensidad de 5 días de enero 2015. Las medidas inferiores corresponden a 9 m de altura.

## CONCLUSIONES

Se ha buscado estudiar el recurso eólico en una zona muy favorable como es Puerto San Julián para el desarrollo de este tipo de energía renovable. Se compararon las mediciones de dos estaciones, una a gran altura (60 m) funcionando desde 2008 y la otra de menor escala (9 m) funcionando desde 2014, orientadas a aplicaciones distintas pero con sensores similares. Para la de gran altura se realizó un cómputo preliminar de parámetros de clasificación según IEC 61400-1. Se muestran los resultados a través de gráficos, a partir de un sistema de medición comparativa utilizando un software estándar y se estudian los efectos y la concordancia de ambas lecturas.

## REFERENCIAS

Oliva, R.; Lescano, J.; Triñanes, P.; González, J.F. ; Mattio, H. (2009) "Consideraciones de diseño para un Parque Eólico piloto en Puerto San Julián, Santa Cruz" Universidad Nacional de la Patagonia Austral y Centro Regional de Energía Eólica – Publicado en ASADES 2009 / AVERMA; ISSN 0329-5184; vol 13; Río Cuarto, noviembre 2009.

Barros, V.(1986) "Atlas del Potencial Eólico del Sur Argentino", CONICET, Centro Regional de Energía Eólica, y Centro Nacional Patagónico , Rawson, Chubut

FADPSJ, (2008) -Informe del Proyecto E655/07Bis1 PET 28 "Instalación de torre y equipamiento tecnológico asociado para planta piloto de medición del recurso eólico en Puerto San Julián." Fundación Agencia de Desarrollo Puerto San Julián (FADPSJ) y Fondo de Innovación Tecnológica Sector Energía (FITSE) Subsecretaria de Estudios y Prospectiva - MINCYT (2008).

A. Ramos Millán (\*), P. Reina Peral(\*), E.Conde Lázaro(\*), R.Oliva (\*\*), J.Lescano (\*\*), J. González(\*\*\*) (2012) "ANÁLISIS DE REDES ELÉCTRICAS MEDIANTE SOFTWARE PSS/E PARA INSERCIÓN DE ENERGÍA EÓLICA EN PUERTO SAN JULIÁN", , (\*) Escuela de Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (\*\*) Área Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) (\*\*\*) Unidad Académica San Julián, Universidad Nacional, publicado en AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - Vol. 16, 2012 - ISSN 0329-5184 – pp6.57-6.64

G. Martín (\*), J. Duzdevich(\*), R. Oliva (\*\*) (2012) "INSTALACIÓN Y AVANCES EN PLATAFORMA DE ENSAYO PARA PEQUEÑOS AEROGENERADORES" (\*) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - Neuquén (\*\*) LyR Ingeniería + Área Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), publicado en AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - Vol. 16, 2012 - ISSN 0329-5184 – pp6.89-6.96

Oliva, R. (2012) "Estación meteorológica de construcción modular orientada a la prospección eólica en Argentina", Tesis - Maestría en Energías Renovables, Universidad Nacional de Salta, defendida 10-2014.

C. Palese, R. Oliva y J. Lassig (2013) MAPEO EÓLICO DE PUERTO SAN JULIÁN, PROVINCIA DE SANTA CRUZ - Informe Final PROYECTO PICTO CIN II 2010-0085 y PROYECTO 04/I178 UNCo, Universidad Nacional del Comahue.

IEC61400-1 (2005) International Electrotechnical Commission, International Standard IEC 61400-1 / 2005-2008 «Wind turbines – Part 1: Design requirements» [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

Windographer demo (2016) <http://www.windographer.com>

L&R Ingeniería (2016) <http://www.lyringenieria.com.ar>

AEA - UNPA (2016) [http://ita.uargadmin.uarg.unpa.edu.ar/ITA/?page\\_id=120](http://ita.uargadmin.uarg.unpa.edu.ar/ITA/?page_id=120)

## ABSTRACT

This paper presents results of wind measurements performed on two installations in the region of San Julián in South Patagonia. One of the stations is a commercial NRG Symphonie measuring at 40 to 60 m height, and the other one is a research station for small wind power, using NRG sensors as well. The effective results, good averages and a series of implementation issues are discussed, as well as the maintenance requirements to keep the measurements working for future projects.

**Keywords:** wind energy, measurement, wind power, software