

EVALUACIÓN DE CURVA DE POTENCIA EN PLATAFORMA DE ENSAYO PARA AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA

A. Zappa¹, R. Oliva², J. Duzdevich¹, G. Martín¹,
Laboratorio de Energía Eólica – Unidad Técnica Energía
Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - Neuquén
Ruta Prov.7, km5, Mercado Concentrador Neuquén –CP 8300-Neuquén
TE 0299 4894849 int 33, email: labeolica@inti.gob.ar

Recibido 15/08/13, Aceptado 23/09/13

RESUMEN: El presente trabajo expone los resultados del ensayo de curva de potencia de un aerogenerador de baja potencia, en configuración para carga de baterías, según la metodología definida por la norma IEC 61400-12, anexo H. Las mediciones implicadas en este ensayo se realizaron entre mayo y agosto de 2013 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 curvas de potencia para tres niveles de carga de banco de baterías, la energía anual producida y la intensidad de turbulencia, entre otras mediciones realizadas durante el periodo en el que se extendieron las pruebas.

Palabras clave: energía eólica, aerogenerador, baja potencia, curva de potencia, energía anual producida.

INTRODUCCION

El propósito de este trabajo consiste en exponer los resultados obtenidos a través de la metodología definida en IEC 61400-12 (2005), y su anexo H, para la determinación de la curva de potencia de un aerogenerador.

Las mediciones requeridas para este propósito se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Aerogeneradores de Baja Potencia del INTI, situado en la ciudad de Cutral-Có, provincia de Neuquén. Estas pruebas de desempeño forman parte de un programa de fortalecimiento sectorial del INTI para la industria nacional de aerogeneradores de baja potencia. Las áreas de trabajo de este programa abarcan distintos aspectos, tales como el diseño, la comercialización y la producción de bienes. Por otra parte, el INTI busca construir una referencia técnica en la eólica de baja potencia a nivel nacional, brindando garantías a los usuarios y promoviendo el uso de este tipo de sistemas de generación.

El laboratorio tuvo por objetivo inicial la estandarización del ensayo de aerogeneradores nacionales para brindar a los potenciales usuarios elementos ciertos de comparación entre los distintos equipos. Adicionalmente, se han analizado aspectos de funcionamiento y seguridad de los equipos, más allá de los previstos en la normativa de ensayo, lo que ha permitido la sugerencia de mejoras a los fabricantes.

CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO

Las instalaciones del laboratorio constan de un predio de 5000 m² con cerramiento perimetral y un edificio de 120 m² que alberga los equipos necesarios, zonas de talleres y oficinas. Se dispone de capacidad para evaluar hasta cuatro aerogeneradores en simultáneo montados en torres rebatibles independientes a 9 m de altura. Asimismo cuenta con dos torres meteorológicas con mediciones a 9 y 18 m. La potencia máxima admisible actualmente es de 10 kW y se ha configurado para el ensayo de sistemas eólicos en configuración de carga de baterías.

El sistema de medición consta de un módulo de medición de las variables meteorológicas, uno de variables eléctricas y de un sistema de adquisición de datos que sincroniza, pre-procesa y almacena los datos obtenidos a partir de los distintos sensores. El módulo meteorológico consta de una torre reticulada con un anemómetro, una veleta, un termómetro y un barómetro, todos montados según lo previsto en el anexo G de la norma IEC 61400-12.

Dado que el sistema eólico se ensaya en configuración de carga de baterías, el módulo de variables eléctricas requiere de un banco de resistencias de disipación de energía, un regulador para configurar la tensión de prueba y un banco de baterías para sostener esta tensión al nivel definido para cada etapa del ensayo.

El sistema adquisición de datos tiene capacidad para sincronizar los datos medidos, tanto los eléctricos como los meteorológicos. A su vez realiza los procesos estadísticos preliminares para la conformación de bases de datos que serán insumo para la obtención de los resultados previstos en la norma.

¹Unidad Técnica Energía. INTI Neuquén

²LyR Ingeniería + Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

La disposición de cada aerogenerador y de cada instrumento en el sitio, y posteriormente, el procesamiento de los datos requiere del cumplimiento de ciertos criterios fijados en la norma, que abarcan aspectos topográficos, de dimensionamiento y de posición de los equipos y obstáculos.

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Las variables requeridas para la obtención de la curva de potencia son: velocidad y dirección de viento a la altura del eje del rotor, presión y temperatura ambiente y potencia eléctrica generada. El sistema de medición del laboratorio toma una muestra por segundo de cada una de estas variables y a partir de éstas obtiene los valores mínimo, máximo, promedio y desvío estándar para cada minuto.

El sistema de medición efectúa mediciones de corriente y tensión para realizar un cómputo de la potencia producida por el aerogenerador, mientras simultáneamente recibe datos meteorológicos de las torres correspondientes.

Los datos obtenidos a partir de los módulos eléctrico y meteorológico son procesados para determinar su elegibilidad. Para la definición de la curva de potencia se emplean solo aquellos datos en los que el viento incidente sobre el aerogenerador o la torre meteorológica no haya sufrido obstrucciones por parte de ningún objeto circundante. Para garantizar esto, se excluyen para cada puesto de ensayo, las direcciones en las que el flujo de aire haya sido perturbado. Este procedimiento se realiza siguiendo los lineamientos definidos en el Anexo A de la norma IEC 61400-12 (2005).

Los datos son tomados a una frecuencia de 1Hz y antes de ser almacenados, en la etapa de pre procesamiento se obtienen los valores máximo, mínimo, promedio y desvío estándar. Estos datos minutales se presentan como “scatter plots” en la sección resultados.

Adicionalmente, se requiere una corrección en los valores de densidad de aire, obtenida a partir de las lecturas de presión y temperatura, para la normalización a una densidad de referencia. Finalmente, para el caso de turbinas de baja potencia con control por furling, se realiza una normalización de la velocidad según la siguiente expresión:

$$V_n = V_{1min} \cdot \left(\frac{\rho_{1min}}{\rho_o} \right)^{1/3} \quad (1)$$

Donde

V_n es la velocidad normalizada.

V_{1min} es la velocidad promedio en el período de medición de un minuto.

ρ_o es la densidad de referencia a nivel del mar, 1,225 kg/m³

Los datos registrados para cada velocidad de viento son posteriormente clasificados empleando el método de “bins”. Este método clasifica todos los valores de velocidad en intervalos de un ancho variable. Para cada bin se realiza un promedio de los valores obtenidos de potencia eléctrica.

Por otro lado, el estado de carga 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. Según lo establecido en el anexo H de la norma la tensión de ensayo debe mantenerse en un rango predeterminado y la curva de potencia debe realizarse a los tres niveles de tensión indicados.

En la etapa de post procesamiento se agrupan los resultados de viento normalizado y potencia (Pares V_i , P_i) por cada bin i , de acuerdo a su valor de V_n , obteniendo dentro de cada bin una cantidad n_i de pares V_{ij} , P_{ij} , requiriéndose $n_i > 10$. El resultado de promediar los valores dentro de cada bin “ i ”, a través de las fórmulas:

$$V_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} V_{ij}$$

$$P_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} P_{ij}$$

Esto nos proporciona el par “ i ”, de la tabla $P(V_i)$, que puede construirse en forma tabular o de gráfico.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las mediciones para el ensayo a tensión nominal de 50,6 V, se presentan en la figura siguiente, conformando la “nube de puntos” correspondiente a la base de datos almacenada, donde por cada minuto de datos válidos se obtiene un valor de potencia promedio minatural, máxima, mínima y desvío estándar.

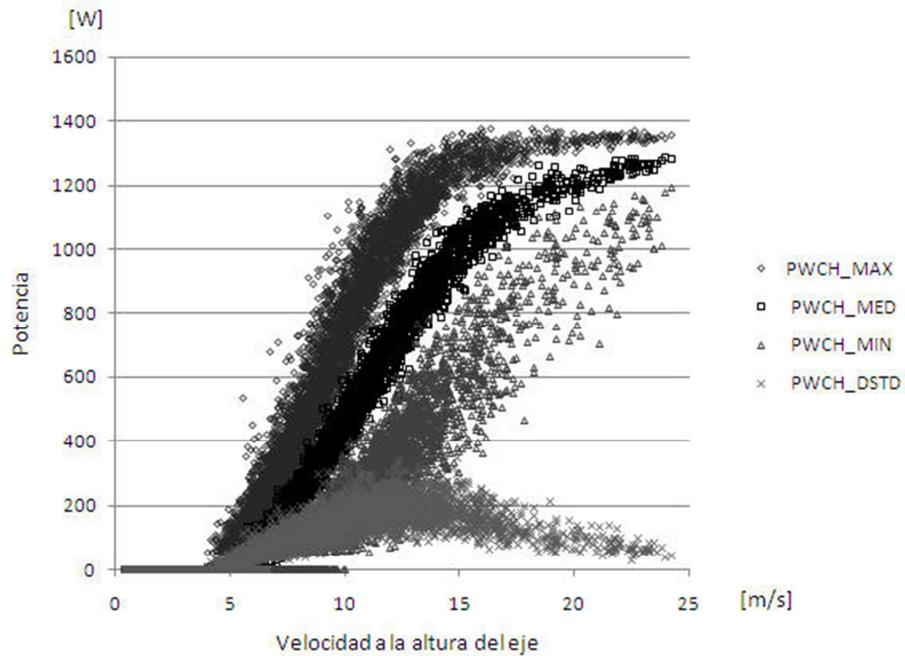


Figura 1: Nube de puntos de valores medios, mínimos, máximos y desvío estándar de potencia minatural.

Con los datos medidos se determina la intensidad de turbulencia, como el cociente entre el desvío estándar de la velocidad sobre el promedio de la velocidad en el minuto.

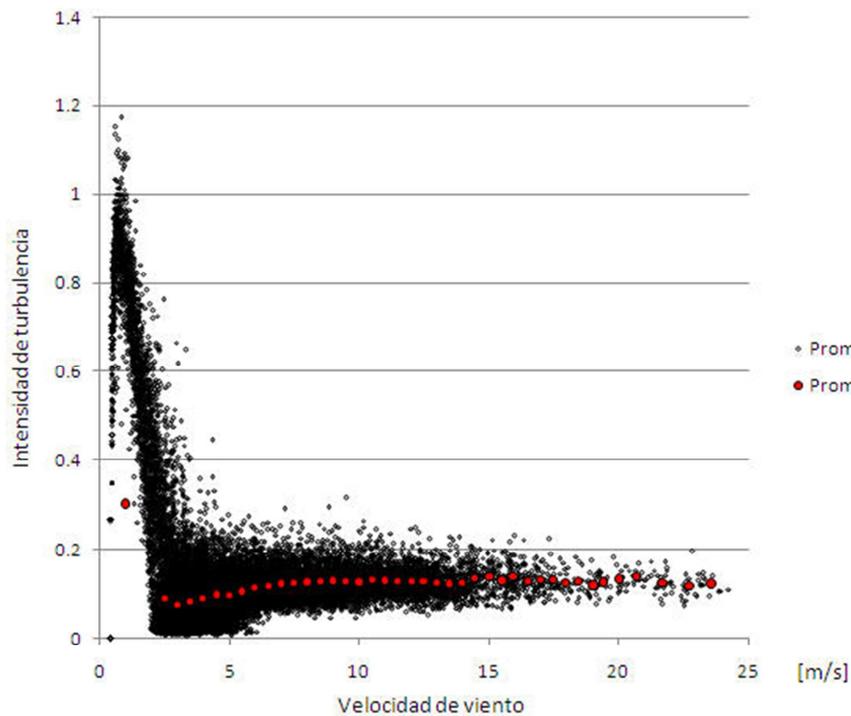


Figura 2: Intensidad de turbulencia. Promedios minatural y por BIN.

Las dispersiones de la velocidad de viento y de intensidad de turbulencia se obtienen discriminando estos valores con la dirección del viento, presentándose en los siguientes gráficos respectivamente.

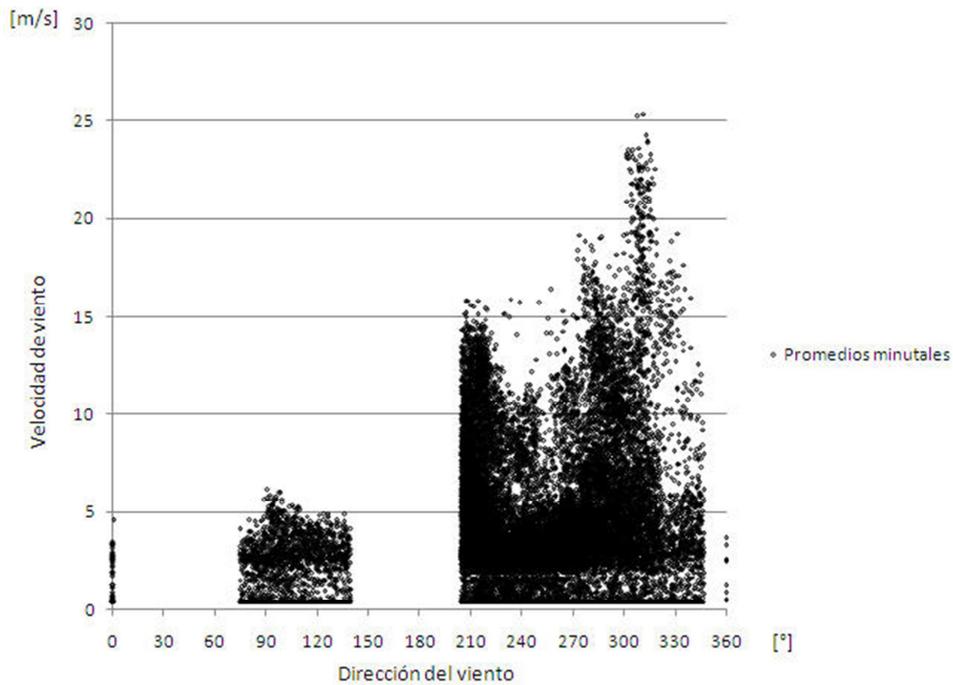


Figura 3: *Dispersión de velocidad por dirección.*

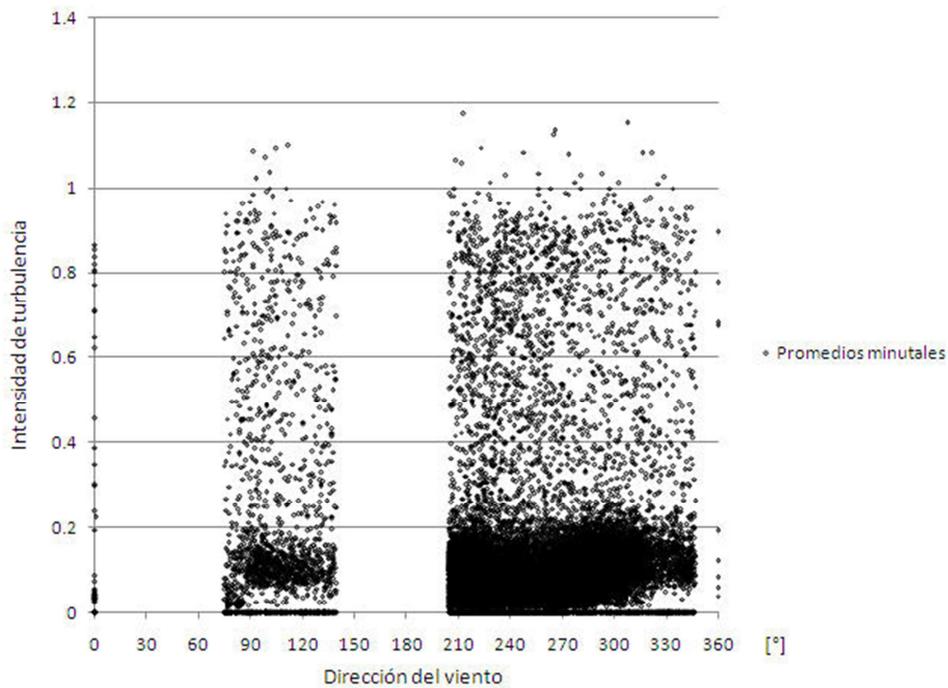


Figura 4: *Dispersión de la intensidad de turbulencia por dirección.*

Luego de la etapa de post procesamiento, se obtiene la curva de potencia característica para el nivel de tensión configurado del ensayo. Esta curva de potencia incluye una estimación de las incertidumbres de tipo A y B, donde las de tipo A corresponden a las propias de la magnitud que se mide y las de tipo B las correspondientes al sistema de medición. Para el tipo de aerogenerador ensayado se debe realizar la normalización sobre la velocidad de viento para una densidad de referencia a nivel del mar de $1,225 \text{ kg/m}^3$, y a una densidad de referencia igual al promedio de la correspondiente al sitio de ensayo durante el período de medición.

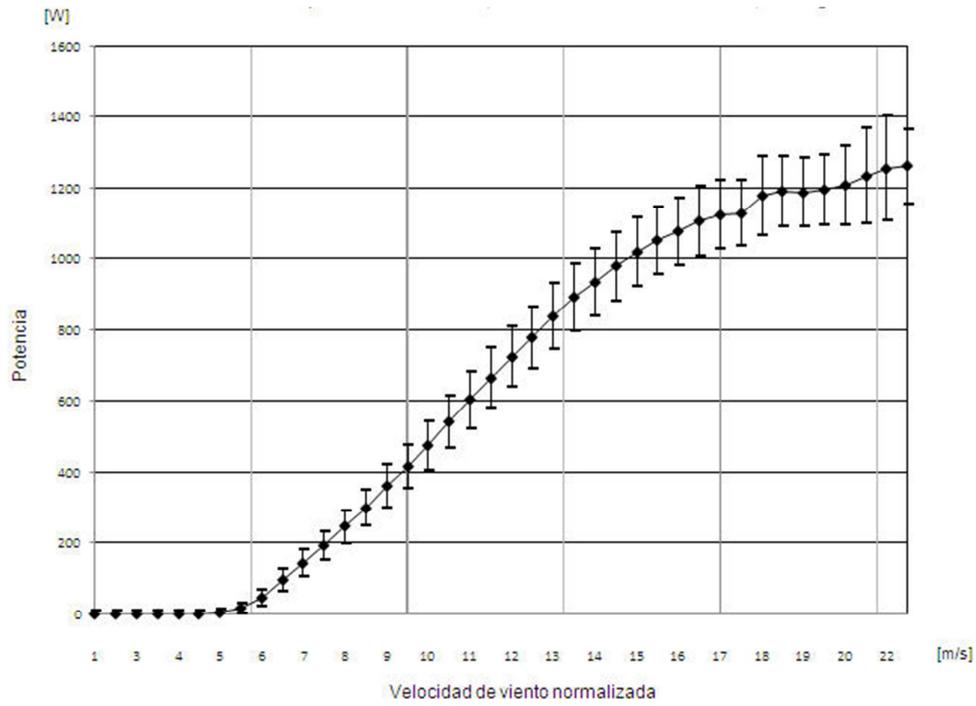


Figura 5: Curva de potencia normalizada para una densidad de $1,225 \text{ kg/m}^3$ e incertidumbres de medición.

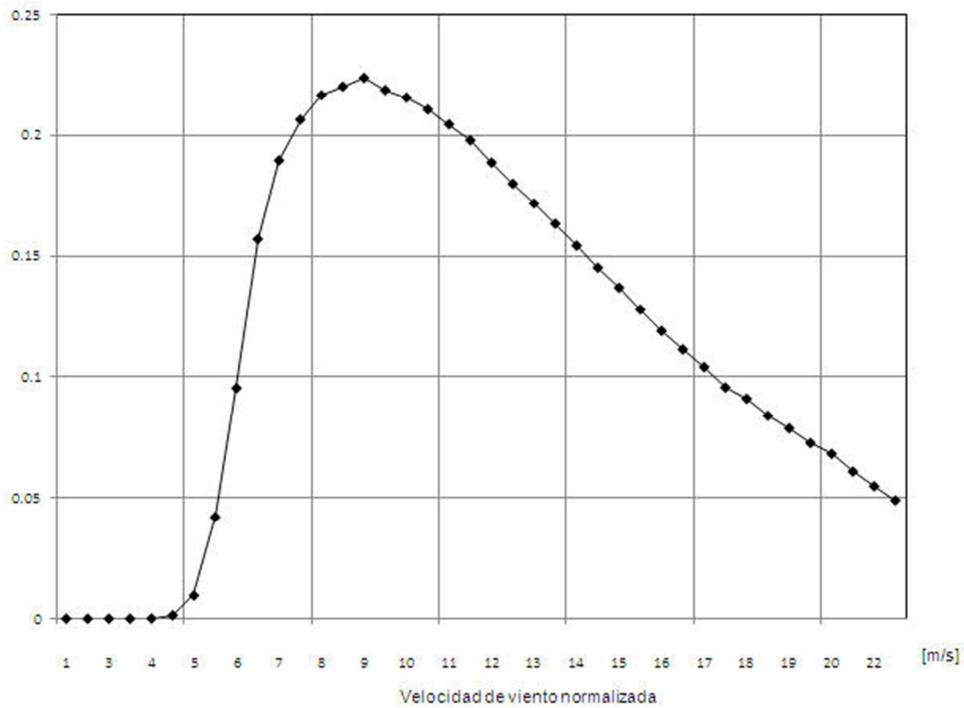


Figura 6: Coeficiente de potencia C_p para una densidad de $1,225 \text{ kg/m}^3$.

En la tabla siguiente se presenta la curva de potencia anterior indicándose los valores de incertidumbres, cantidad de muestras registradas y valores del coeficiente de potencia obtenido.

CURVA DE POTENCIA MEDIDA							
Densidad de referencia: 1.225 kg/m ³							
BIN N°	Velocidad de viento a la altura del eje [m/s]	Potencia obtenida [W]	C _p	N° sets de datos (1 min. prom.)	Categoría A	Categoría B	Incerteza combinada
					Incertidumbre s _i [W]	Incertidumbre u _i [W]	Incertidumbre u _{ci} [W]
0	0.99	0.00	0.0000	4424	0.00	11.06	11.06
1	2.52	0.00	0.0000	2480	0.00	11.06	11.06
2	2.99	0.00	0.0000	2692	0.00	11.06	11.06
3	3.48	0.00	0.0000	1975	0.00	11.06	11.06
4	3.98	0.01	0.0001	1430	0.01	11.06	11.06
5	4.49	0.28	0.0014	1150	0.05	11.09	11.09
6	4.98	2.63	0.0096	1051	0.21	11.34	11.34
7	5.50	15.50	0.0420	830	0.63	13.76	13.77
8	5.98	45.30	0.0953	685	1.11	21.60	21.63
9	6.49	95.44	0.1567	609	1.11	32.35	32.37
10	6.99	144.02	0.1893	511	1.31	36.21	36.23
11	7.49	192.61	0.2061	411	1.42	40.29	40.32
12	7.99	245.73	0.2163	400	1.61	46.13	46.16
13	8.50	299.94	0.2199	335	1.96	51.14	51.18
14	8.99	361.53	0.2235	319	2.33	59.55	59.59
15	9.49	415.17	0.2185	337	2.16	60.26	60.30
16	9.97	475.01	0.2153	338	2.31	68.45	68.49
17	10.50	541.07	0.2103	264	2.66	74.07	74.11
18	10.99	603.27	0.2042	250	2.79	78.55	78.60
19	11.49	666.09	0.1976	225	3.41	83.61	83.68
20	12.00	724.67	0.1884	230	3.17	84.35	84.41
21	12.49	778.29	0.1796	205	3.38	87.48	87.54
22	13.00	837.51	0.1714	179	3.52	93.09	93.16
23	13.49	890.30	0.1630	139	3.80	94.40	94.48
24	13.97	933.23	0.1539	118	4.66	93.19	93.30
25	14.49	979.56	0.1449	62	6.28	96.13	96.33
26	14.97	1018.84	0.1366	60	7.22	96.94	97.21
27	15.48	1052.55	0.1275	80	4.42	95.76	95.86
28	15.98	1076.24	0.1187	42	6.34	94.23	94.44
29	16.48	1105.96	0.1111	45	5.98	97.89	98.08
30	16.95	1124.63	0.1039	22	7.85	95.97	96.29
31	17.45	1129.66	0.0955	19	7.37	93.55	93.84
32	18.00	1179.09	0.0909	14	10.46	111.01	111.50
33	18.55	1191.27	0.0839	25	7.52	97.64	97.93
34	18.93	1187.18	0.0787	10	6.73	96.69	96.92
35	19.49	1195.83	0.0726	12	10.85	98.91	99.51
36	19.97	1206.95	0.0681	11	6.08	110.07	110.24
37	20.90	1233.56	0.0608	26	3.62	135.01	135.06
38	21.77	1255.95	0.0547	19	3.84	146.35	146.40
39	22.63	1260.97	0.0489	14	2.61	104.88	104.91

Tabla 1: Curva de potencia medida normalizada para una densidad de 1,225 kg/m³.

La energía anual producida (EAP) se estima según los lineamientos de la norma y se presenta en forma tabular donde se indica la estimación de velocidad media anual, la EAP para esa media, la incertidumbre en el valor estimado y la EAP extrapolada. Esta última representa una estimación calculada extrapolando la curva de potencia hasta una velocidad de viento de 25 m/s, y en la cual se toma como valor de potencia el obtenido para la mayor velocidad de viento medida.

Estimación de producción anual de energía, EAP (database A)					
Densidad de referencia: 1,225 kg/m ³					
Velocidad de viento máxima 25 m/s					
(extrapolación por potencia constante desde el último bin)					
Promedio de velocidad anual de viento a la altura del eje (Rayleigh)	EAP-medida (curva de potencia medida)	Incertidumbre en EAP	Incertidumbre en EAP	EAP-extrapolada (curva de potencia extrapolada)	
[m/s]	[kWh]	[kWh]	%	[kWh]	
4	309	130	41.93%	309	COMPLETO
5	769	193	25.05%	769	COMPLETO
6	1387	263	18.94%	1388	COMPLETO
7	2095	333	15.89%	2097	COMPLETO
8	2818	398	14.11%	2833	COMPLETO
9	3491	454	13.01%	3539	COMPLETO
10	4061	500	12.30%	4169	COMPLETO
11	4499	533	11.85%	4689	COMPLETO

Tabla 2: Estimación de la producción anual de energía para una densidad de 1,225 kg/m³.

Similarmente a los resultados obtenidos para la densidad de referencia a nivel del mar, se obtienen los resultados normalizando la velocidad de viento para la densidad de promedio de la prueba.

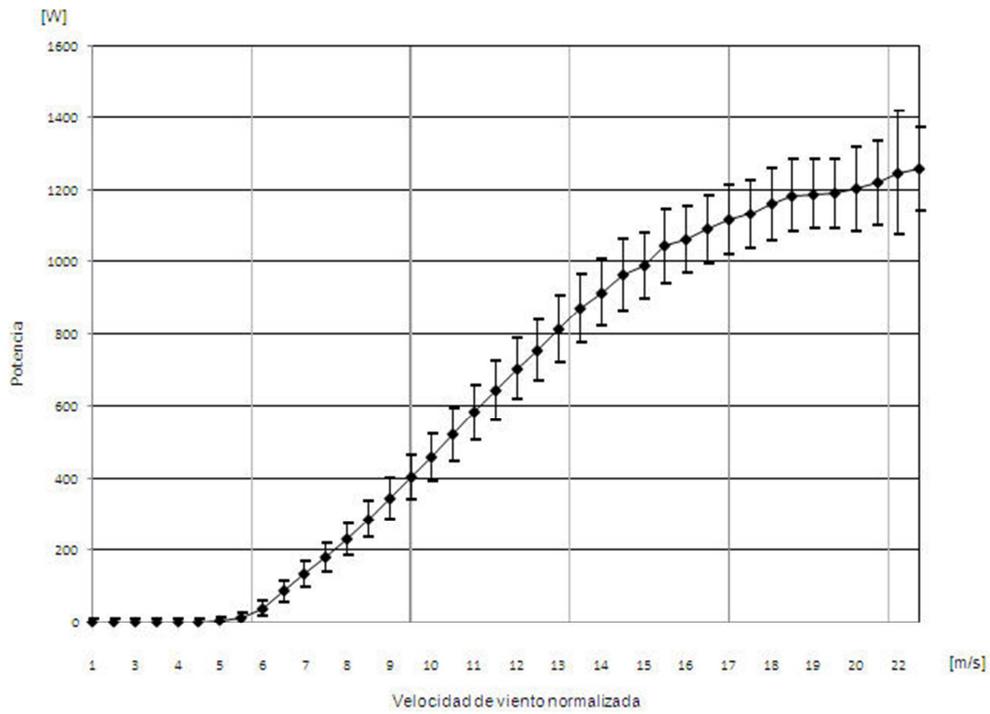


Figura 7: Curva de potencia normalizada para la densidad del sitio, $1,1675 \text{ kg/m}^3$ e incertidumbres de medición.

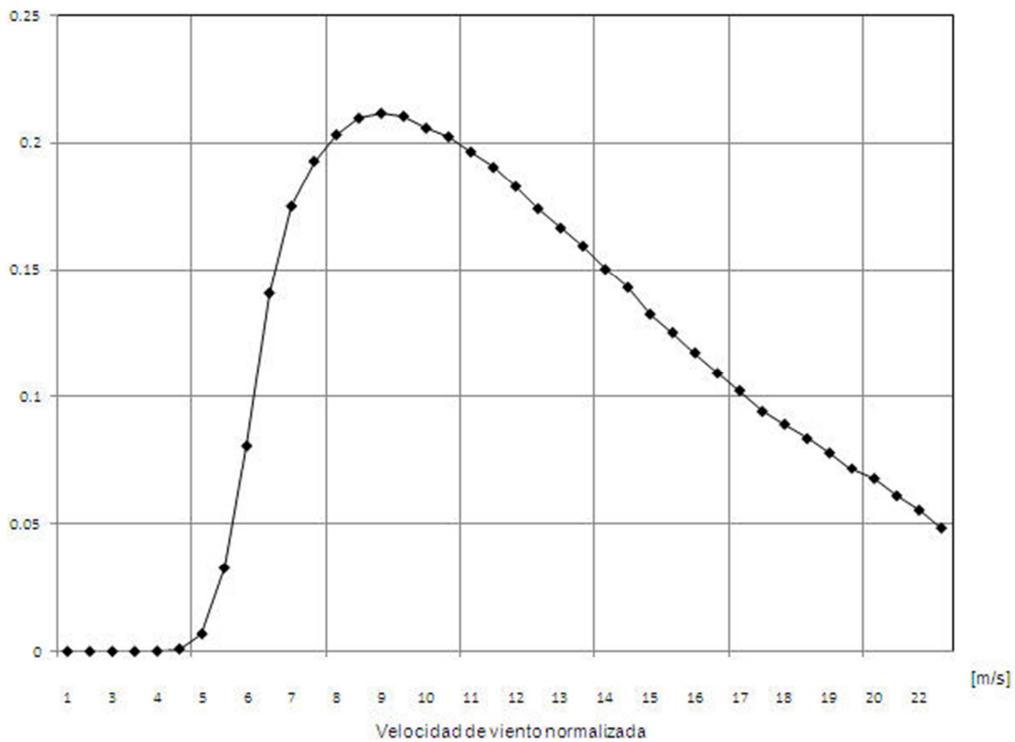


Figura 8: Coeficiente de potencia C_p para una densidad de $1,1675 \text{ kg/m}^3$.

La tabla de datos correspondiente a estas curvas y la EAP a densidad de referencia del sitio se presentan a continuación.

CURVA DE POTENCIA MEDIDA							
Densidad de referencia: 1.1675 kg/m ³					Categoría A	Categoría B	Incerteza combinada
BIN N°	Velocidad de viento a la altura del eje [m/s]	Potencia obtenida [W]	C _p	N° sets de datos (1 min. prom.)	Incertidumbre s _i [W]	Incertidumbre u _i [W]	Incertidumbre u _{ci} [W]
0	0.98	0.00	0.0000	4309	0.00	11.06	11.06
1	2.52	0.00	0.0000	2374	0.00	11.06	11.06
2	3.00	0.00	0.0000	2668	0.00	11.06	11.06
3	3.48	0.00	0.0000	2013	0.00	11.06	11.06
4	3.98	0.01	0.0001	1509	0.01	11.06	11.06
5	4.50	0.19	0.0009	1103	0.04	11.08	11.08
6	4.99	1.89	0.0068	1082	0.16	11.25	11.25
7	5.50	12.05	0.0325	842	0.54	12.98	12.99
8	5.99	38.62	0.0810	700	1.01	19.97	20.00
9	6.50	85.83	0.1407	599	1.21	30.82	30.85
10	6.99	132.95	0.1751	521	1.31	35.22	35.24
11	7.49	180.39	0.1930	444	1.44	38.82	38.85
12	8.01	232.30	0.2034	387	1.53	44.25	44.28
13	8.49	285.83	0.2098	341	1.89	50.80	50.84
14	9.00	343.70	0.2117	328	2.33	56.05	56.10
15	9.51	402.03	0.2105	323	2.03	61.42	61.45
16	9.99	456.97	0.2059	338	2.35	64.84	64.88
17	10.50	520.84	0.2025	273	2.76	73.16	73.22
18	11.00	582.84	0.1967	255	2.88	76.58	76.64
19	11.49	643.51	0.1906	229	3.20	81.60	81.67
20	12.01	704.18	0.1830	215	3.60	84.48	84.56
21	12.48	753.48	0.1742	219	3.24	84.45	84.52
22	13.00	813.04	0.1665	185	3.49	91.73	91.80
23	13.49	869.54	0.1594	152	3.80	95.55	95.63
24	13.99	913.92	0.1502	131	4.17	91.91	92.01
25	14.47	963.40	0.1430	83	6.02	98.48	98.67
26	14.97	989.69	0.1325	57	7.25	89.70	90.00
27	15.52	1042.70	0.1253	74	5.00	102.59	102.71
28	15.96	1061.71	0.1175	56	5.78	92.79	92.97
29	16.48	1089.17	0.1093	43	5.91	95.83	96.01
30	16.99	1116.53	0.1025	38	6.04	97.95	98.14
31	17.53	1129.95	0.0944	17	9.64	94.55	95.04
32	18.00	1159.20	0.0894	16	11.52	102.31	102.96
33	18.52	1183.23	0.0838	14	6.21	100.57	100.76
34	18.97	1188.38	0.0782	23	8.16	96.78	97.12
35	19.52	1188.85	0.07	9	10.54	96.56	97.13
36	19.97	1202.19	0.0679	13	8.24	116.75	117.04
37	20.77	1218.23	0.0611	17	4.32	116.86	116.94
38	21.62	1246.67	0.0555	25	3.55	171.92	171.96
39	22.69	1258.40	0.0485	21	2.42	115.27	115.30

Tabla 3: Curva de potencia medida normalizada para una densidad de 1,1675 kg/m³.

Estimación de producción anual de energía, EAP (database A)					
Densidad de referencia: 1,1675 kg/m ³					
Velocidad de viento máxima 25 m/s					
(extrapolación por potencia constante desde el último bin)					
Promedio de velocidad anual de viento a la altura del eje (Rayleigh)	EAP-medida (curva de potencia medida)	Incertidumbre en EAP	Incertidumbre en EAP	EAP-extrapolada (curva de potencia extrapolada)	
[m/s]	[kWh]	[kWh]	%	[kWh]	
4	287	127	44.10%	287	COMPLETO
5	725	187	25.82%	725	COMPLETO
6	1323	256	19.34%	1323	COMPLETO
7	2013	325	16.15%	2015	COMPLETO
8	2724	390	14.30%	2738	COMPLETO
9	3390	447	13.17%	3436	COMPLETO
10	3958	493	12.46%	4061	COMPLETO
11	4397	528	12.00%	4581	COMPLETO

Tabla 4: Estimación de la producción anual de energía para una densidad de 1,1675 kg/m³.

Para el ensayo de aerogeneradores conectados a bancos de baterías, la norma solicita realizar la medición de la curva de potencia para distintos niveles de tensión, debido a que la eficiencia de los generadores es variable con el nivel de ésta. El gráfico siguiente presenta las mediciones obtenidas para los tres niveles sugeridos por la norma.

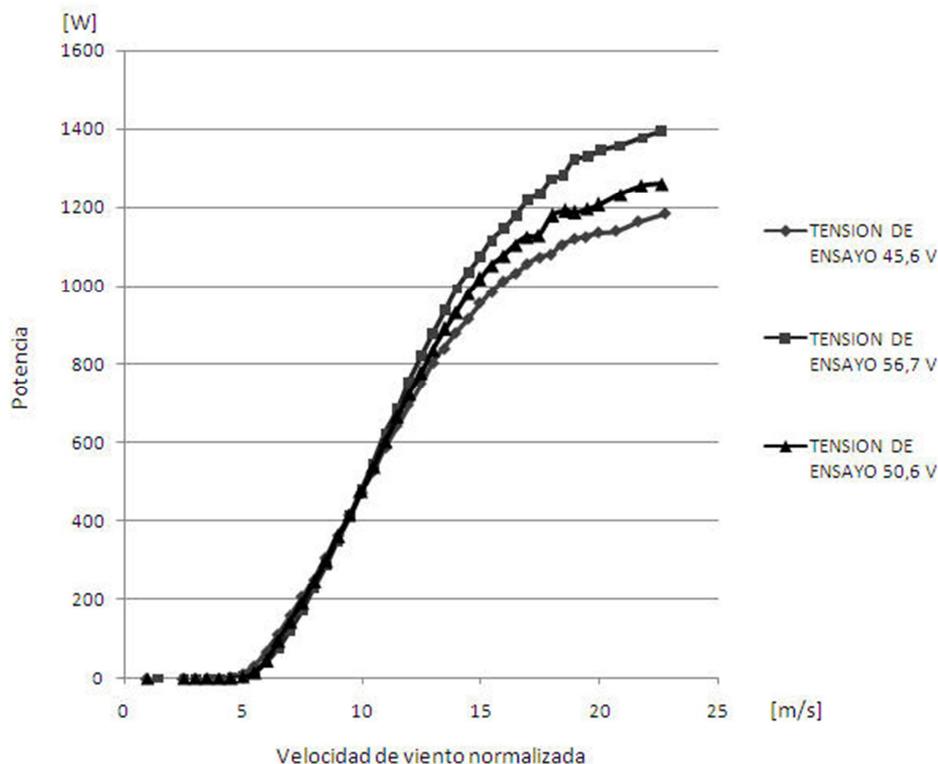


Figura 9: Curva de potencia para tres niveles de tensión de banco de baterías.

CONCLUSIONES

Se han presentado los resultados obtenidos en el ensayo de curva de potencia de un aerogenerador para un caso real, de un aerogenerador nacional, medido en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Aerogeneradores de Baja Potencia del INTI.

Las curvas y tablas presentadas permiten una evaluación de las características de funcionamiento de manera comparable y muestran un rendimiento regular del aerogenerador bajo ensayo.

Los resultados han sido obtenidos en conformidad con IEC 61400-12 y su anexo H.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Municipio de Cutral-Co en Neuquén, a los fabricantes nacionales de aerogeneradores de baja potencia, a los trabajadores y autoridades del INTI, y de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

REFERENCIAS:

Gupta, S.V. (2012) "Measurement Uncertainties: Physical Parameters and Calibration of Instruments" Springer-Verlag Berlin, ISBN 978-3-642-20988-8

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

G104-A2LA (2002), "Guide for Estimation of Measurement Uncertainty In Testing" by Thomas M. Adams, American Association for Laboratory Accreditation, 5301 Buckeystown Pike, Frederick, MD 21704, USA

ISO/IEC Guide 98-1 (2009), "Uncertainty of measurement -- Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement", International Organization for Standardization (ISO), 1st Ed 1993, Geneva, Suiza.

ISO5725 (1994) "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions" International Organization for Standardization (ISO), 1st Ed 1986, Geneva, Suiza.

ISO/IEC Guide 99 (2007) "International vocabulary of metrology -- Basic and general concepts and associated terms (VIM)" International Organization for Standardization (ISO), 1st Ed 1993, Geneva, Suiza. VIM [ISO/IEC Guide 99, (2007)]

NIST_TN1297 (1994) NIST Technical Note 1297 " Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results" by Barry N. Taylor and Chris E. Kuyatt - Physics Laboratory - National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-0001, USA

Martín G., Duzdevich J., Oliva R. (2011). Plataforma de ensayo para pequeños aerogeneradores. Asades 2011 / Averma; issn 0329-5184; vol.15 pp 6.105–6.112.

Measuring Network of Wind Energy Institutes MEASNET (2009) (a)-Power Performance Measurement Procedure, Versión 5, Diciembre 2009

Measuring Network of Wind Energy Institutes MEASNET (2009) (b)-. Anemometer Calibration Procedure, Versión 2, Octubre 2009,

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.

American Wind Energy Association (2009). AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard - Standard 9.1.

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))

Martín G. y Duzdevich, J. (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. (2011)(a) "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. (2011)(b) "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, South Africa, 23-26 November 2003.

Oliva R., Cortez N., Jones R. (2008) "Procesamiento de mediciones de potencia eléctrica en pequeños sistemas eólicos domiciliarios" ASADES 2008 / AVERMA; ISSN 0329-5184; vol 13; p6-35

Small Wind Association of Testers SWAT (2012). 1º International SWAT Conference. Actas de la conferencia. Abril 24-26, Ithaca, Nueva York.

Small Wind Association of Testers SWAT (2013). 2º International SWAT Conference. Actas de la conferencia. Abril 22-24, Soria, España.

Rohatgi, J. Nelson, V. (1994) "Wind Characteristics – An Analysis for the Generation of Wind Power" – Cap. 10. Alternative Energy Institute – West Texas A&M University, ISBN 0-8087-1478-3 – Burgess Publishing EEUU

ABSTRACT: This paper presents the results of power curve measurements of a battery charging small wind turbine. The measurement method used is defined by IEC 61400-12, Annex H standard. The testing process was performed between May and August 2013 in INTI Wind Energy Laboratory, in Cutral-Có city. The wind turbine under test, is one of the several Argentinian devices being tested by INTI, under a national sectorial supporting program. Power curve for three different battery bank voltages, turbulence intensity, annual energy production, among other testing results are shown throughout this work.

Keywords: wind energy, small wind turbine, power curve, annual energy production.