

ENERGIA EOLICA DE BAJA POTENCIA

Departamento de Energías
Renovables
INTI Patagonia Norte

8 de Octubre de 2019

Suma valor a un país de ideas



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial

INTI



Ministerio de
Producción y Trabajo
Presidencia
de la Nación

CONTENIDOS DE LA PRESENTACION

1

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

- ¿Qué es el INTI?
- Situación sectorial de Argentina.

2

Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

- Laboratorio de energía eólica
- Ensayo de Curva de Potencia IEC 61400-12-H
- Ensayo de Emisiones Sonoras IEC 61400-11-F
- Ensayo de Duración IEC 61400-2
- Etiquetado de Producto IEC 61400-2

3

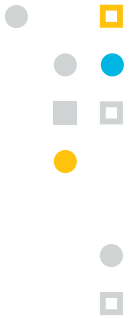
Actividades de Intervención Sectorial

- Proyectos asociativos de diseño.
- Certificación de Instaladores de Aerogeneradores Nivel 1

4

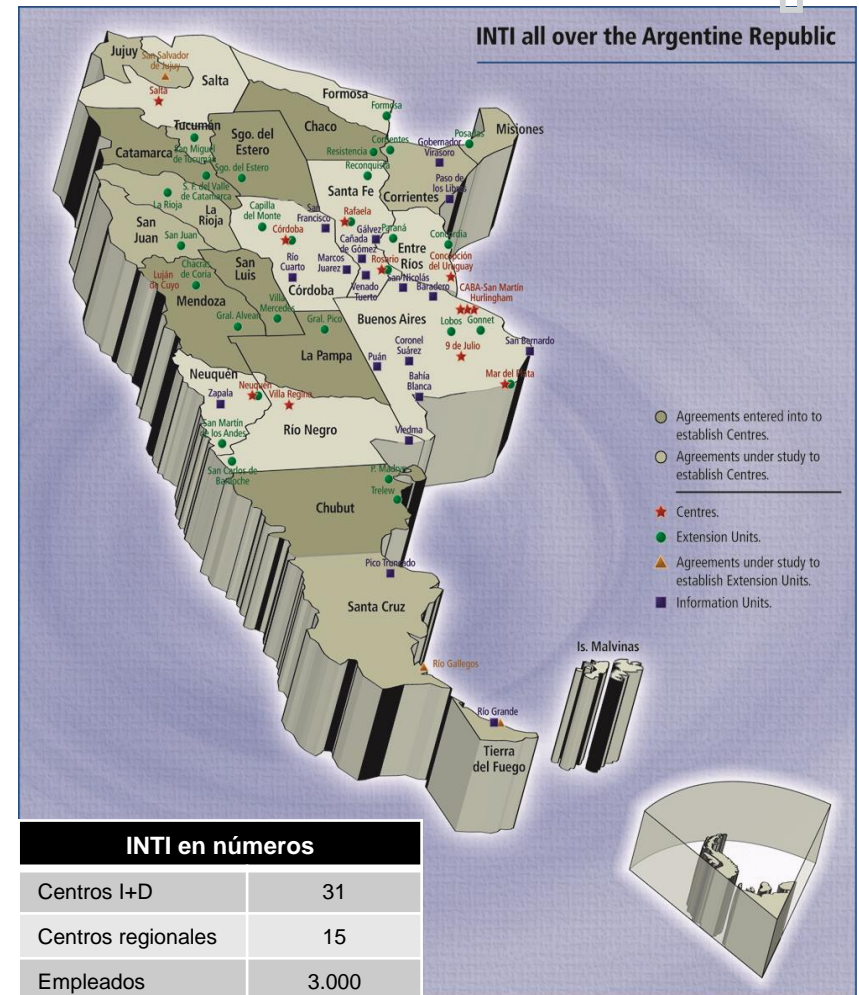
Actividades del laboratorio y Eranet-Lac

- Asistencia técnica en desarrollo de producto
- SWTOMP - WP3



1 Instituto Nacional de Tecnología Industrial

- Instituto Nacional de Metrología
- Referente técnico para la implementación de certificación de productos y regulaciones de calidad en la industria y el comercio.
- Fortalecer la integración entre la comunidad y el sector productivo, a través de la mejora de las capacidades industriales de los distintos actores.
- Asistencia para la mejora de la productividad de la industria

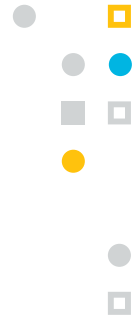


1 Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Situación sectorial de Argentina

Ejes: ¿Por qué energía eólica de baja potencia?

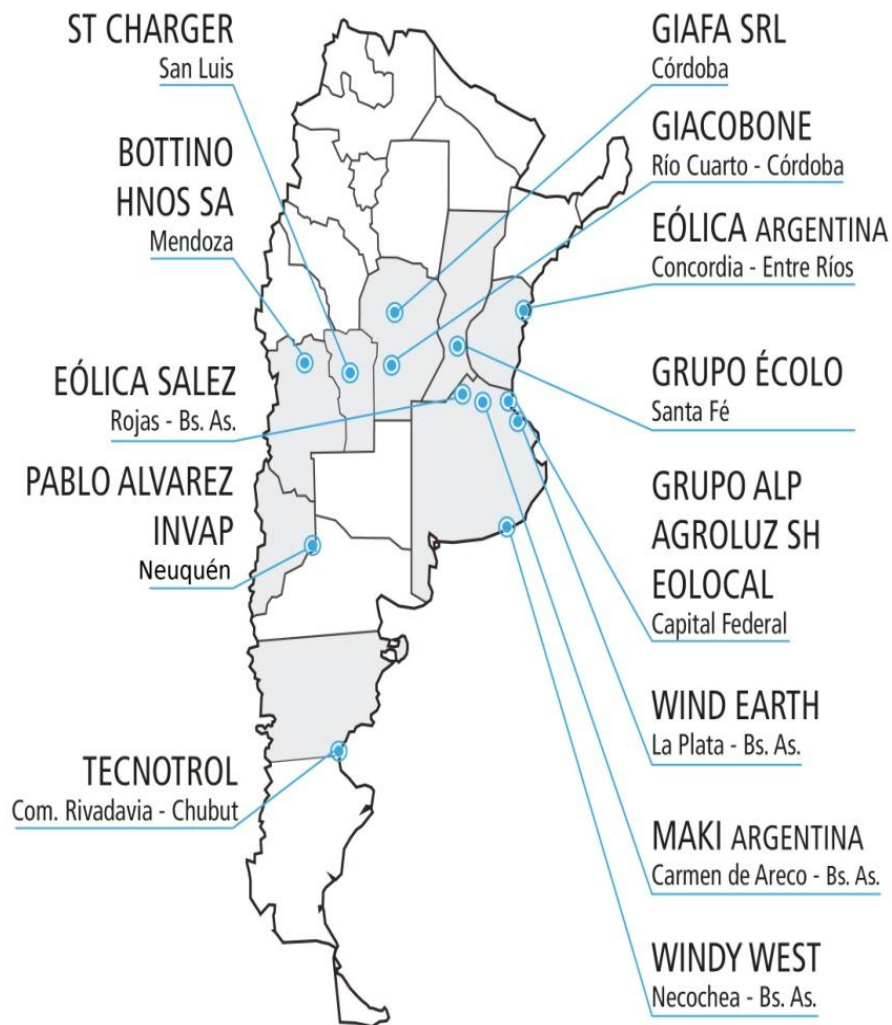
1. Propiciar la generación distribuida de energía eléctrica a partir de la energía eólica.
2. Permitir el agregado de valor de productos locales en sitios alejados de la red eléctrica.
3. Fortalecer a los actores de la cadena de valor de la generación eólica de baja potencia.
4. Mejorar las condiciones de acceso de los usuarios a esta tecnología.
 - Brindar herramientas de selección de equipos para los usuarios de esta tecnología
 - Elevar la calidad de los productos ofrecidos por fabricantes nacionales
5. Realizar instalaciones demostrativas de sistemas de generación eólicos de baja potencia.
6. Generar los antecedentes para una normativa que regule la interconexión a la red.



1 Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Situación sectorial de Argentina

Padrón de fabricantes de aerogeneradores de baja potencia

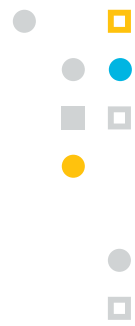


1

EMPRESA	Web	Ciudad	Provincia	Potencia ofrecida
Invap	www.invap.com.ar	Neuquén	Neuquén	4,5 kW
Grupo ALP	www.alpgroup.com.ar	CABA		1,1 kW
Giacobone	www.giacobone.com	Río Cuarto	Córdoba	800 W / 1 kW / 1,2 kW
Pablo Alvarez		Neuquén	Neuquén	1,8 kW / 10 kW
Staco SRL	www.stcharger.com	Merlo	San Luis	600 W / 1100 W
Windearth	www.windearth.com.ar	La Plata	Buenos Aires	800 W
Pampaco SA	www.pampaco.com.ar	La Plata	Buenos Aires	800 W
Giafa SRL	www.giafa.com.ar	Córdoba	Córdoba	2 kW
Eólica Salez	eolicasalez.blogspot.com	Rojas	Buenos Aires	400 W / 800 W
Eólica Argentina	eolicaargentinasrl.com.ar	Concordia	Entre Ríos	500 W / 750 W / 1,5 kW / 3 kW
Maki Argentina	www.makiargentina.com.ar	Cármén de Areco	Buenos Aires	500 W / 600 W / 1 kW / 1,5 kW / 2,2 kW / 3 kW / 6 kW
Agroluz SH	www.agroluz.com.ar	Caba		2 kW
Electromecánica Bottino Hnos. S.A.	htwww.ebhsa.com.ar	San Martín	Mendoza	1,5 kW
Windy West S.A.	www.windywest.com.ar	Necochea	Buenos Aires	150 W / 900 W / 10 kW
Tecnotrol S.R.L.	www.tecnotrol.com	Comodoro Rivadavia	Chubut	400 W / 800 W / 1,5 kW
H2Systems	h2systemseolica.blogspot.com.ar	La Plata	Buenos Aires	10 kW
Eolocal	www.eolocal.com.ar	Caba		700 W
Grupo Ecolo	www.grupoecolo.com.ar	Santa Fé	Santa Fé	1,5 kW / 2,5 kW

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Laboratorio de energía eólica



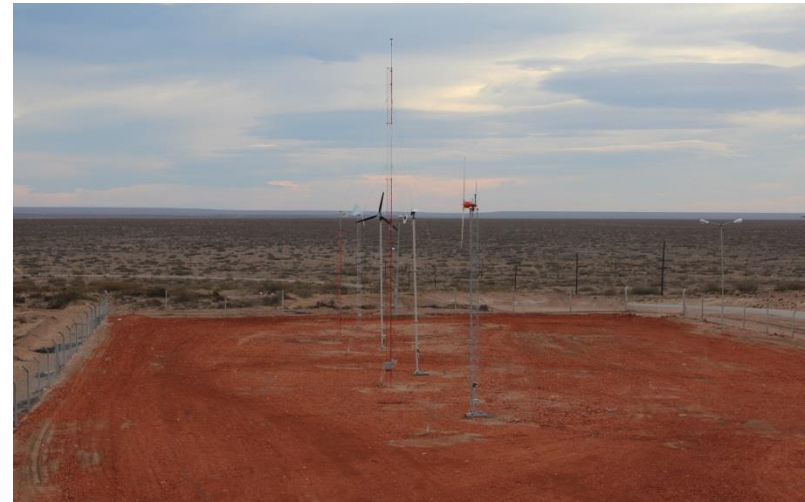
Convenio



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Laboratorio de energía eólica

Especificaciones	
Puestos de ensayo	4
Configuración	Aislado. Carga de baterías
Rango Potencia	500 W - 10 kW
Torres Metereológicas	12m - 18m
Logger Referencia	Nomad 2 SecondWind



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de Curva de Potencia IEC 61400-12-H

Las variables requeridas para la obtención de la curva de potencia son:

- Velocidad de viento
- Dirección
- Presión
- Temperatura
- Potencia eléctrica generada

La frecuencia de muestreo de estas es de 1 Hz.

En el adquisidor de datos se realiza el computo de los promedios minutales.

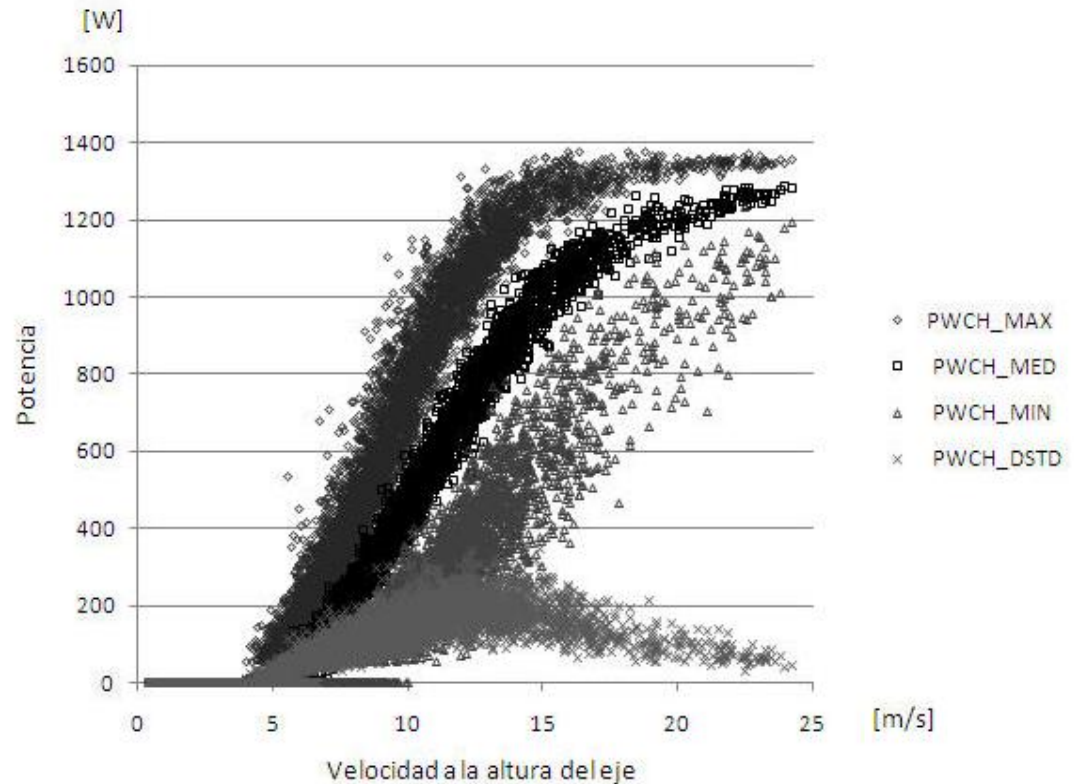
Se almacenan además los valores máximo, mínimo y desvío estándar de estas magnitudes.

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de Curva de Potencia IEC 61400-12-H

Scatter Plot o “nube de puntos” correspondiente a un ensayo a tensión media de 50,4 V.

Por cada minuto de datos válidos se obtiene un valor de potencia promedio minutil, máxima, mínima y desvío estándar.

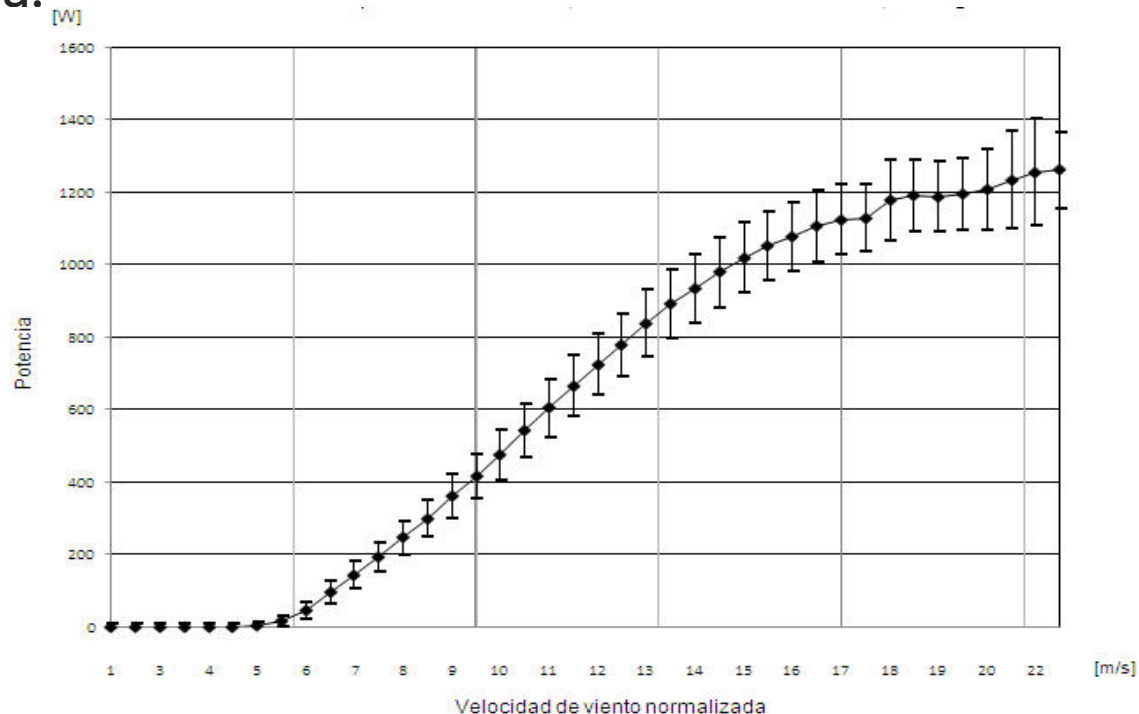


2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de Curva de Potencia IEC 61400-12-H

Promediando los valores medidos para cada velocidad de viento se obtiene la curva de potencia.

Para aerogeneradores de orientación pasiva 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.

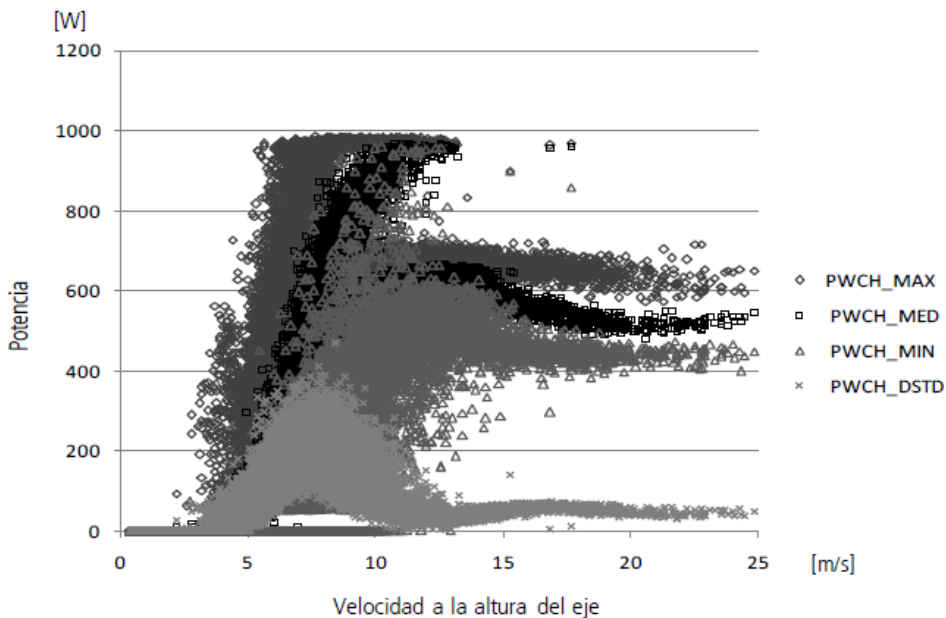
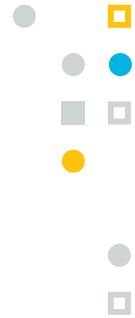


Curva de potencia normalizada para densidad a nivel del mar: $1,225 \text{ kg/m}^3$

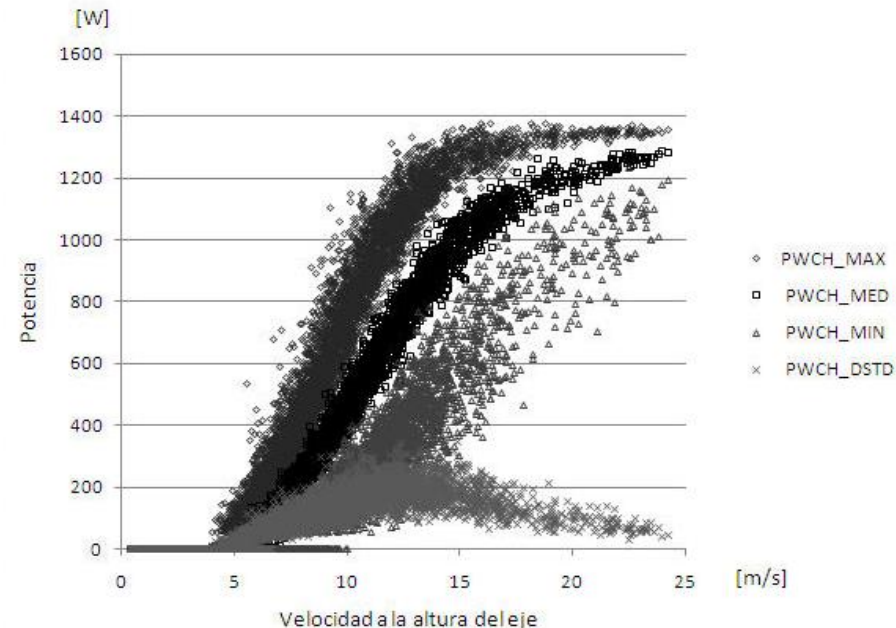
2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de Curva de Potencia IEC 61400-12-H

Con los resultados obtenidos pueden realizarse comparaciones de características de equipos, permitiendo al usuario una selección adecuada de acuerdo a las particularidades del recurso disponible.



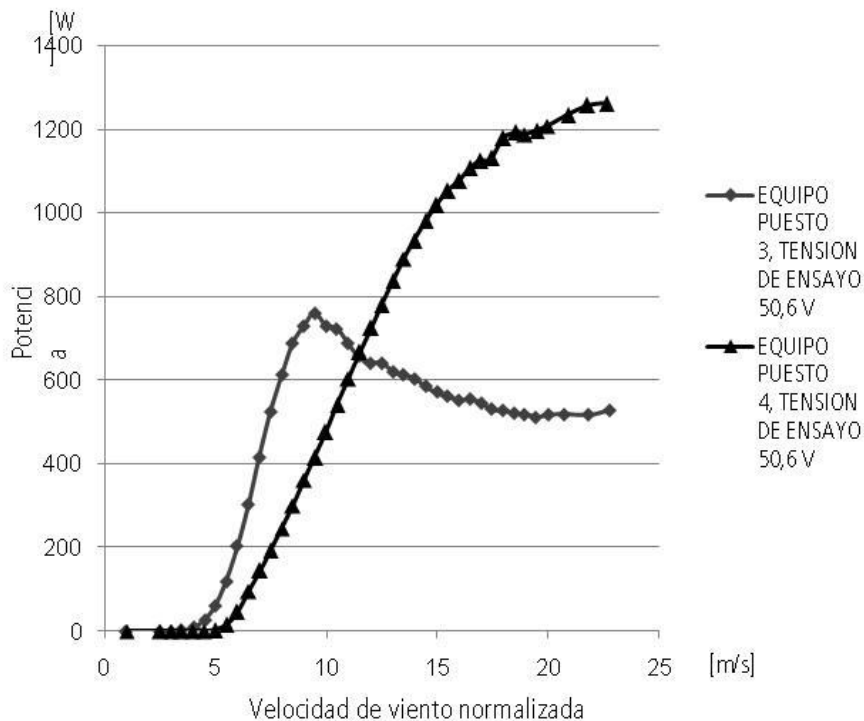
Aerogenerador de 1,1 kW de potencia nominal a 12 m/s. Diámetro de rotor 3,3 m. Ensayado en puesto de ensayo #3.



Aerogenerador de 1,2 kW de potencia nominal a 12 m/s. Diámetro de rotor 2,15 m. Ensayado en puesto de ensayo #4.

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Comparando las curvas de potencia dos equipos de modulo de potencia similar, se observan características de diseño diferenciadas.



Estimación de producción anual de energía, EAP		
Densidad de referencia: 1,225 kg/m ³		
Velocidad de viento máxima 25 m/s		
(Base de datos A)		
Promedio de velocidad anual de viento a la altura del eje (Rayleigh) [m/s]	EAP-medida (curva de potencia medida) [kWh]	Incertidumbre en EAP [kWh]
4	867	178
5	1658	255
6	2398	311
7	2990	348
8	3424	369
9	3713	380
10	3878	382
11	3942	378

EAP equipo ensayado en puesto #3.

Estimación de producción anual de energía, EAP		
Densidad de referencia: 1,225 kg/m ³		
Velocidad de viento máxima 25 m/s		
(Base de datos A)		
Promedio de velocidad anual de viento a la altura del eje (Rayleigh) [m/s]	EAP-medida (curva de potencia medida) [kWh]	Incertidumbre en EAP [kWh]
4	309	106
5	769	162
6	1387	222
7	2095	280
8	2818	331
9	3491	374
10	4061	406
11	4499	428

EAP equipo ensayado en puesto #4.

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de Curva de Potencia IEC 61400-12-H

Un resumen de los resultados puede obtenerse en:

www.inti.gov.ar/neuquen

Ensayo de curva de potencia IVS4500
Laboratorio de Energía Eólica

ANEXO A: Resumen de resultados de ensayo (información pública)

Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada

Número de informe: I-NQN 380/13
Emisión informe: 27/12/2013
Norma de referencia: IEC-61400-12
Potencia nominal declarada: 4500 W
Diámetro de rotor: 4,5 m
Altura de eje: 9,5 m
Inicio de ensayo a nivel de tensión medio: 16/08/2013
Fin de ensayo a nivel de tensión medio: 18/09/2013
Nivel de tensión medio: 50,4 V (2,52 V)
Cantidad de horas recolectadas: 532
Mayor Bin completo: 20,75 m/s
Completó el ensayo: sí
Densidad del aire promedio durante la prueba: 1,1564 kg/m³
Configuración del sistema: generación aislada de la red, en baterías a 48 V.
Sistema de regulación de carga de baterías: TSC48

Figura 17. Curva de potencia e incertidumbre de medición

Informe N° 380/13 I-NQN
OT N° 107-2212

Ensayo de curva de potencia IVS4500
Laboratorio de Energía Eólica

CURVA DE POTENCIA IVS 4500
Densidad de referencia: 1,225 kg/m³

Bin N°	Velocidad de viento a la altura del eje [m/s]	Potencia obtenida [W]	C _p
0	0,87	0,00	0,0000
1	2,50	0,01	0,0001
2	3,00	0,09	0,0003
3	3,50	1,22	0,0029
4	4,00	11,06	0,0177
5	4,50	53,74	0,0605
6	5,00	149,96	0,1234
7	5,49	270,84	0,1681
8	5,99	412,35	0,1973
9	6,49	577,04	0,2167
10	6,99	740,75	0,2230
11	7,49	908,59	0,2221
12	7,98	1112,41	0,2249
13	8,49	1333,72	0,2234
14	8,99	1556,71	0,2201
15	9,49	1839,18	0,2212
16	9,99	2084,44	0,2146
17	10,50	2336,32	0,2073
18	11,00	2544,43	0,1965
19	11,50	2774,60	0,1875
20	12,00	2960,74	0,1772
21	12,49	3138,58	0,1654
22	12,99	3276,32	0,1533
23	13,50	3413,98	0,1426
24	13,99	3489,53	0,1308
25	14,49	3575,33	0,1206
26	14,98	3667,26	0,1125
27	15,49	3764,70	0,1040
28	15,99	3810,98	0,0957
29	16,47	3839,92	0,0882
30	16,98	3966,27	0,0832
31	17,52	3993,01	0,0762
32	18,01	4034,46	0,0709
33	18,49	4069,26	0,0661
34	18,96	4121,83	0,0620
35	19,48	4164,95	0,06
36	19,90	4281,20	0,0558
37	20,70	4348,40	0,0503

Figura 18. Coeficiente de potencia

Estimación de producción anual de energía, EAP
Densidad de referencia: 1,225 kg/m³
Velocidad de viento máxima 25 m/s
(Base de datos A)

Promedio de velocidad anual de viento a la altura del eje (Rayleigh) [m/s]	EAP-medida (curva de potencia medida) [kWh]	Incertidumbre en EAP [kWh]
4	1794	388
5	3826	610
6	6345	833
7	9032	1032
8	11584	1195
9	13753	1317
10	15399	1397
11	16492	1440

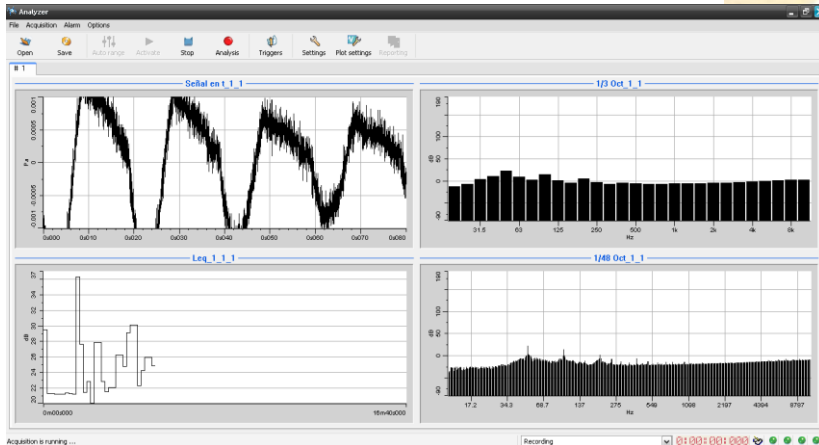
Analizó e Informó

Informe N° 380/13 I-NQN
OT N° 107-2212

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

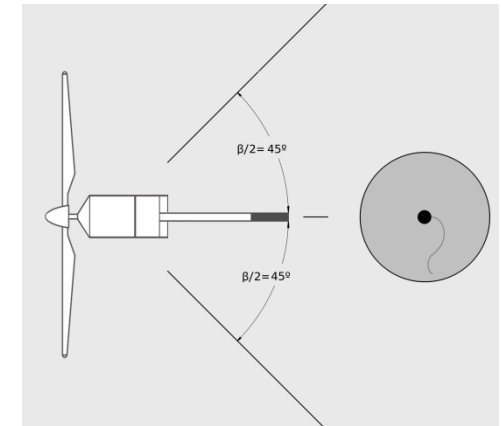
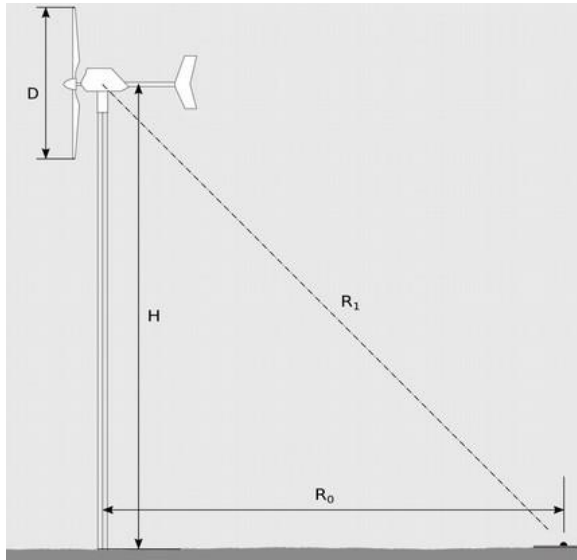
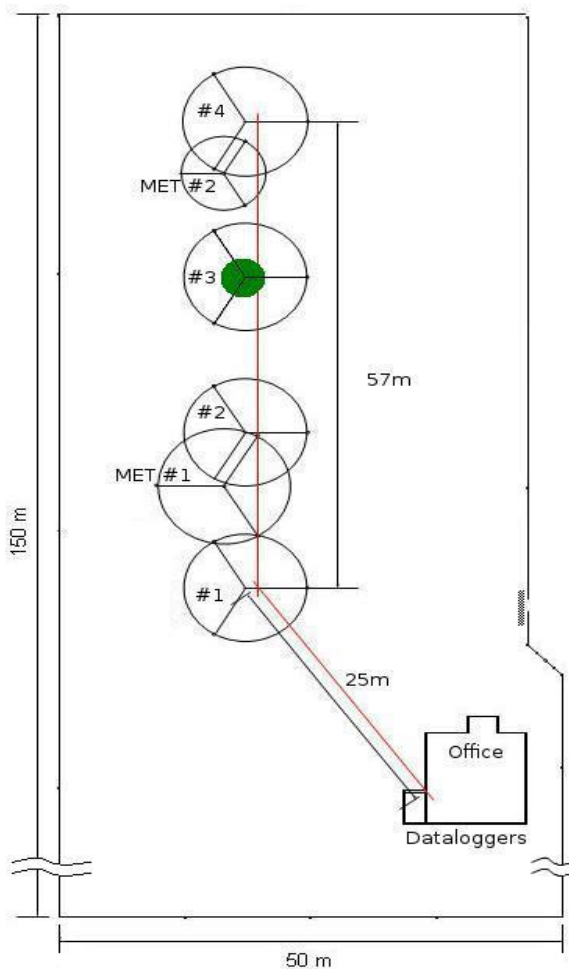
Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

Decibelímetro para caracterizar las emisiones de sonoras.
La marca-modelo equipo: 01dB-Metravib, Solo Black-Edition Tipo 1
Tiene un rango de linealidad: 20-137 dB, y análisis de banda angosta



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F



Yaw u orientación del aerogenerador

Especificaciones del Aerogenerador:

Diámetro del rotor: 3.41m

Potencia nominal: 1500W

Velocidad nominal: 525 (200-650RPM)

Área del rotor: 8,6m²

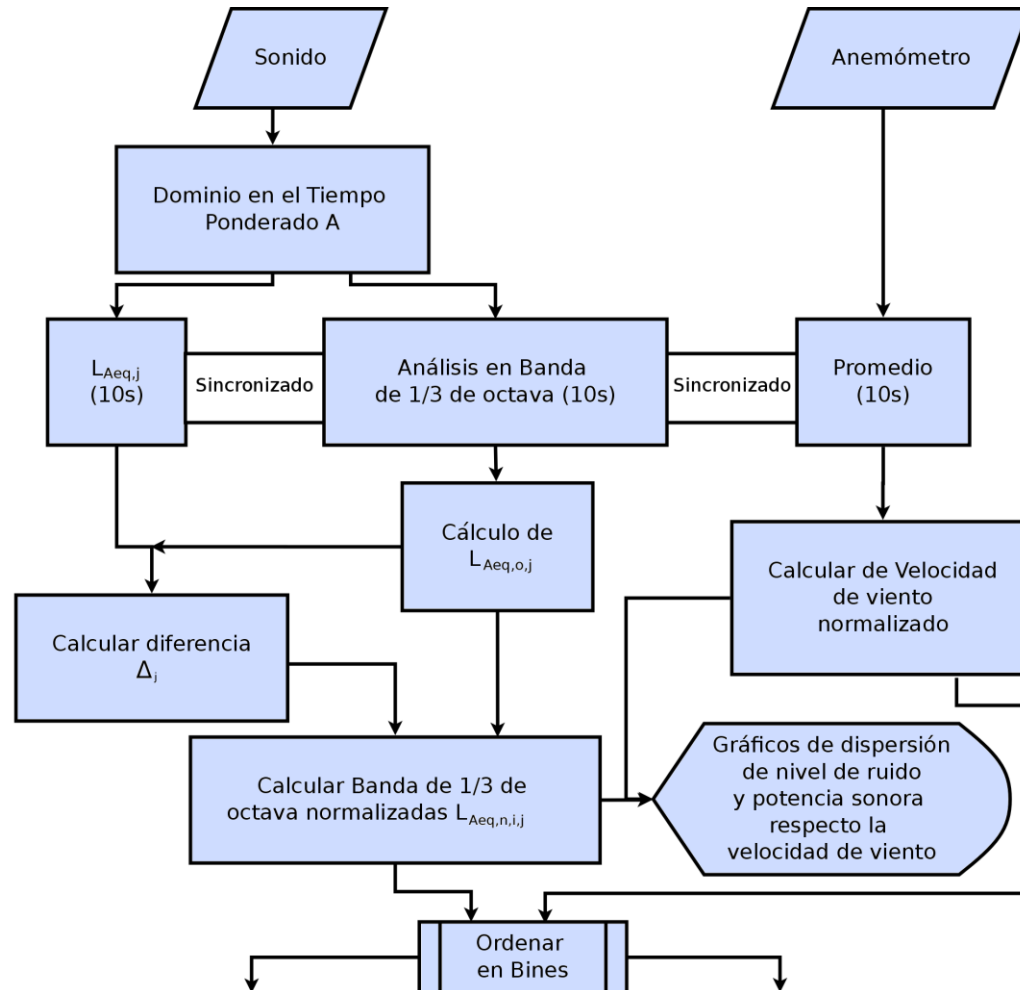
Número de aspas: 3

Altura del cubo: 12 m

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

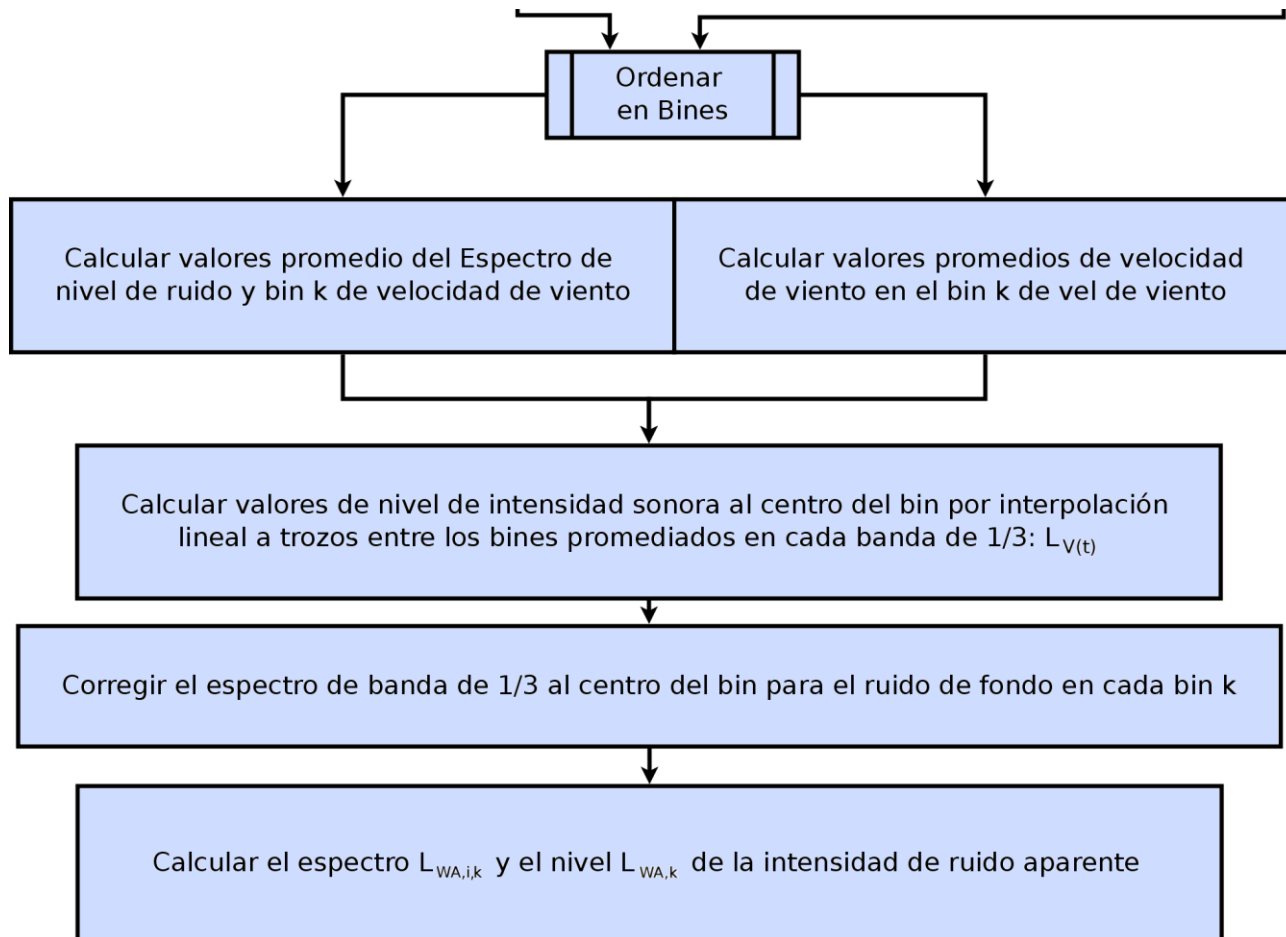
Procesamiento de datos
Flujograma



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

Procesamiento de datos
Flujograma



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

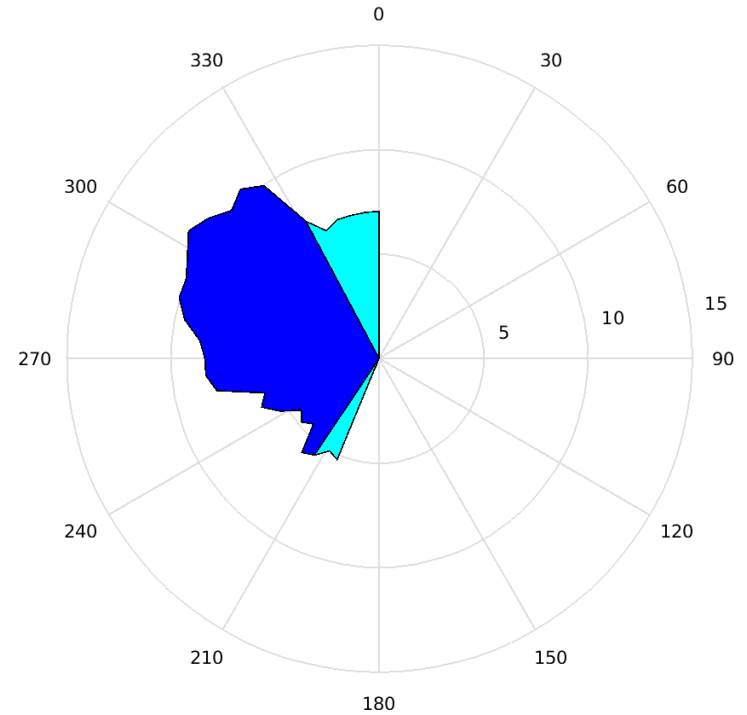
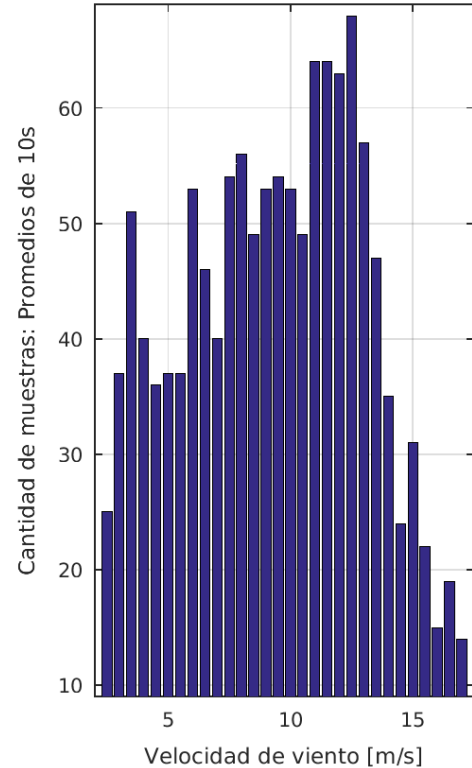
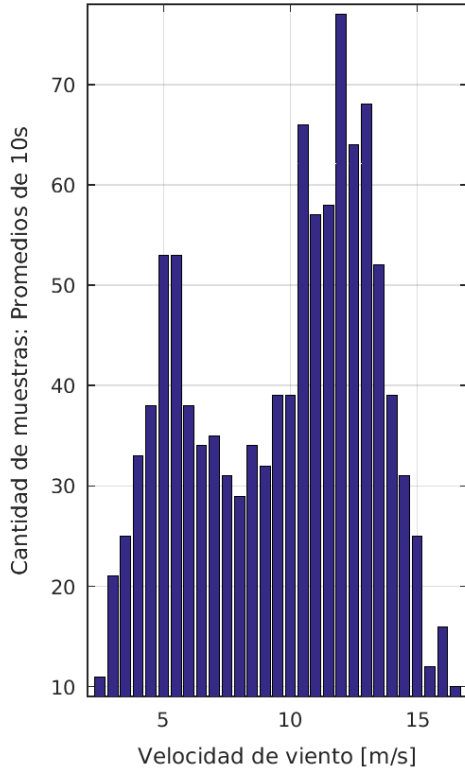
Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

Histograma

Rosa de vientos

Muestras por Bin para el Ruido de Fondo

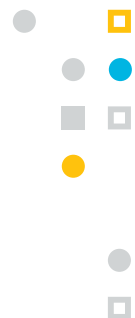
Muestras por Bin para el Ruido Total



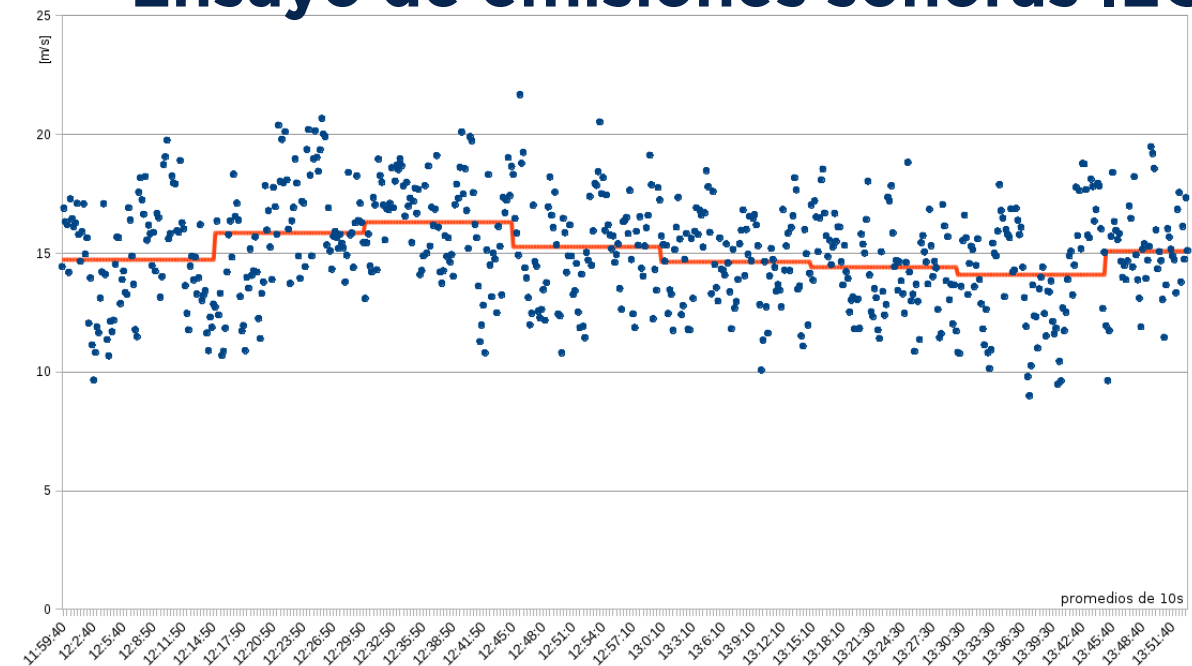
Velocidad de viento durante la medición

La altura del eje del rotor (cubo) es la misma que la altura de anemómetro.

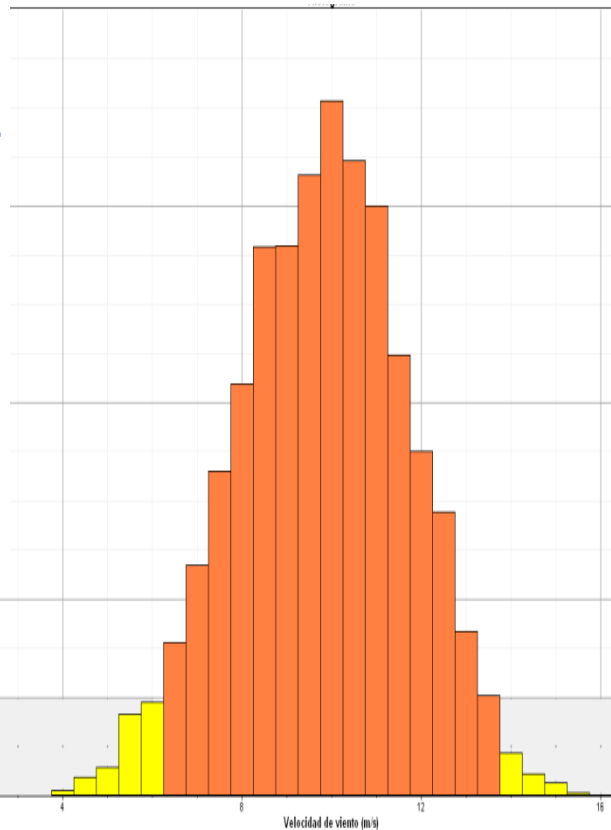
2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia



Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F



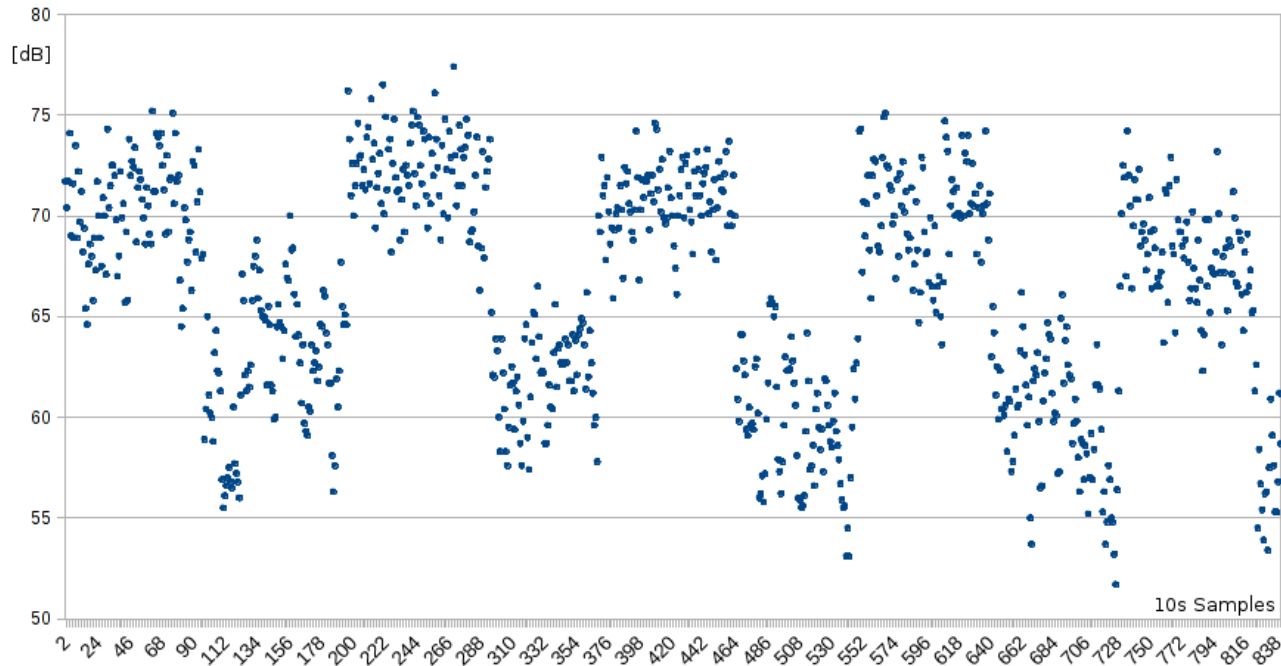
Velocidad de viento y su promedio de 15 min –
2 horas 05 minutos de medición



Velocidad de viento durante la medición

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

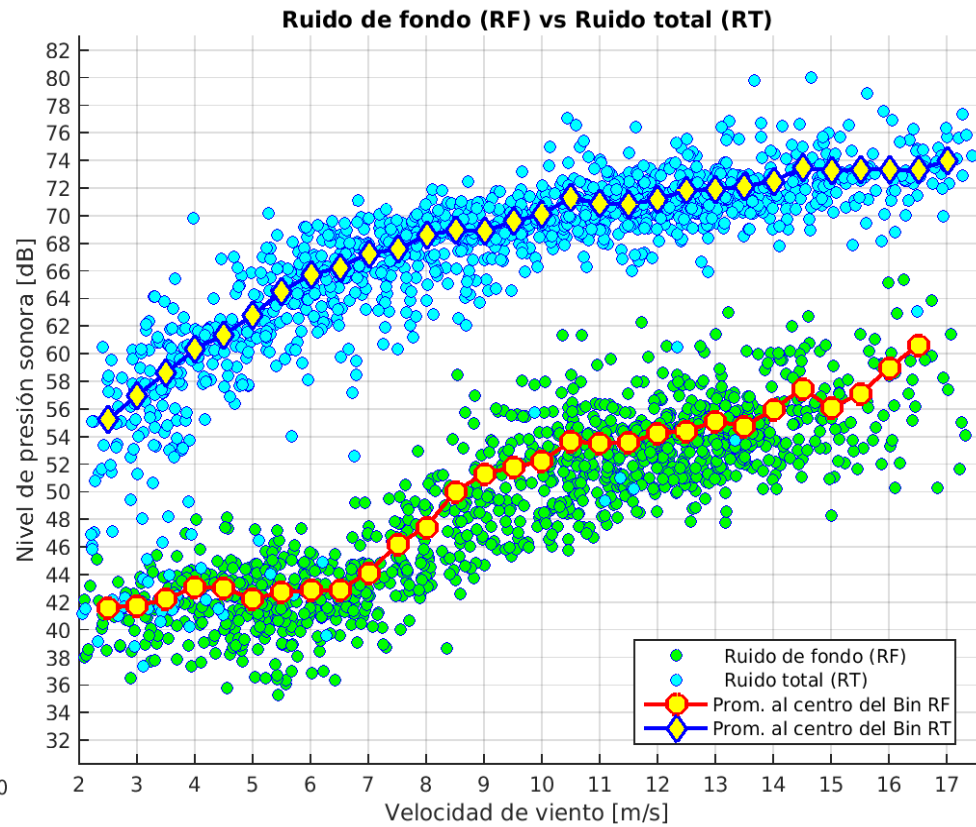
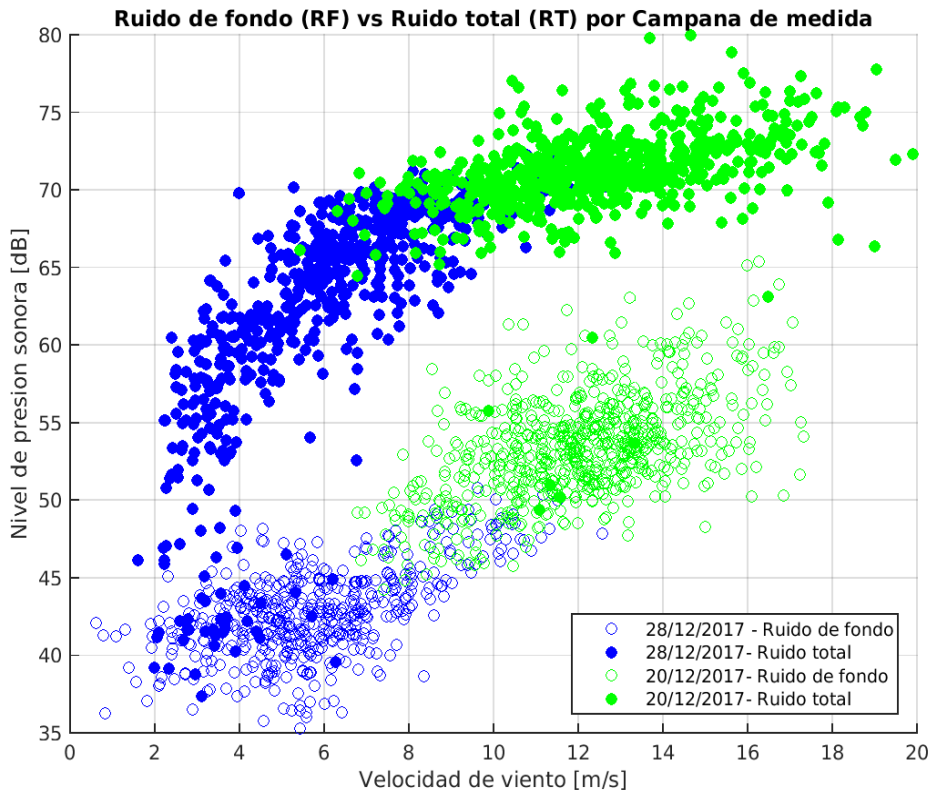
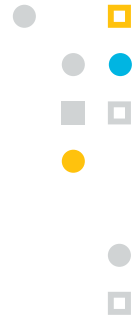


Muestras durante 2 horas 05 minutos de medición – con control de eventos.

Periodos de encendido-apagado del aerogenerador cada 15 min

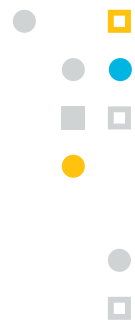
2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

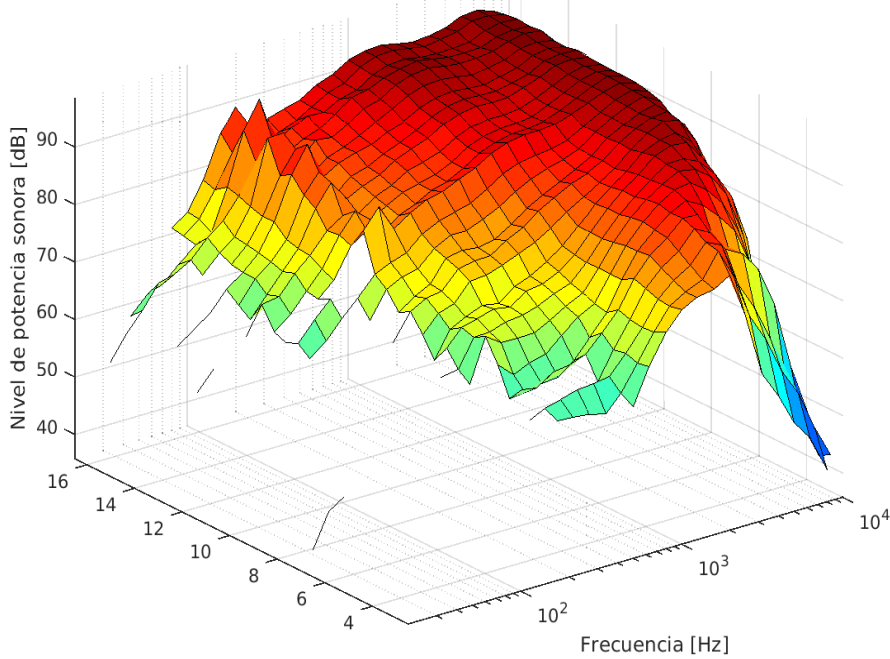


2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

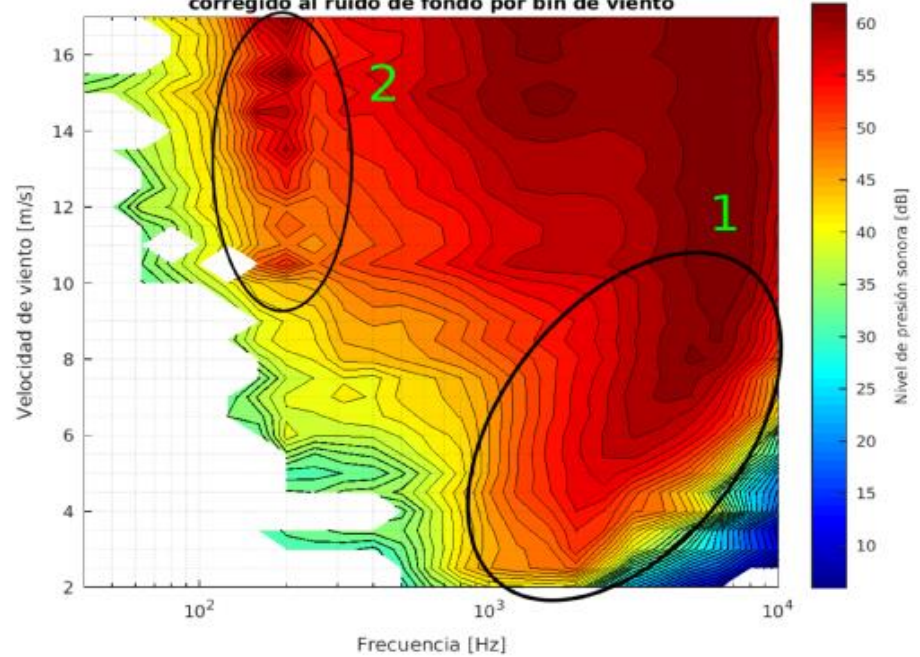


Espectro de banda de 1/3 Corregido al ruido de fondo por bin de viento



Velocidad de viento [m/s]

Curvas de nivel del espectro de banda de 1/3 corregido al ruido de fondo por bin de viento

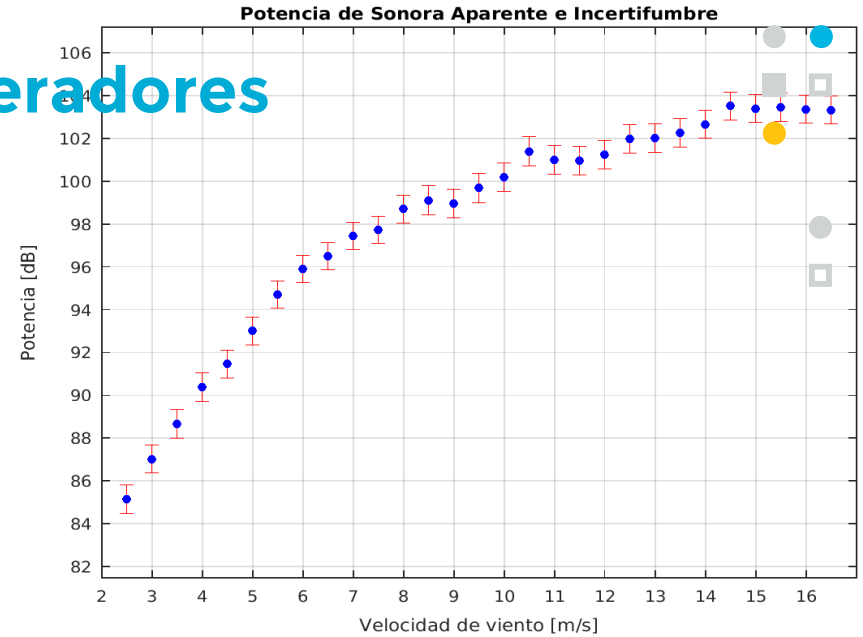
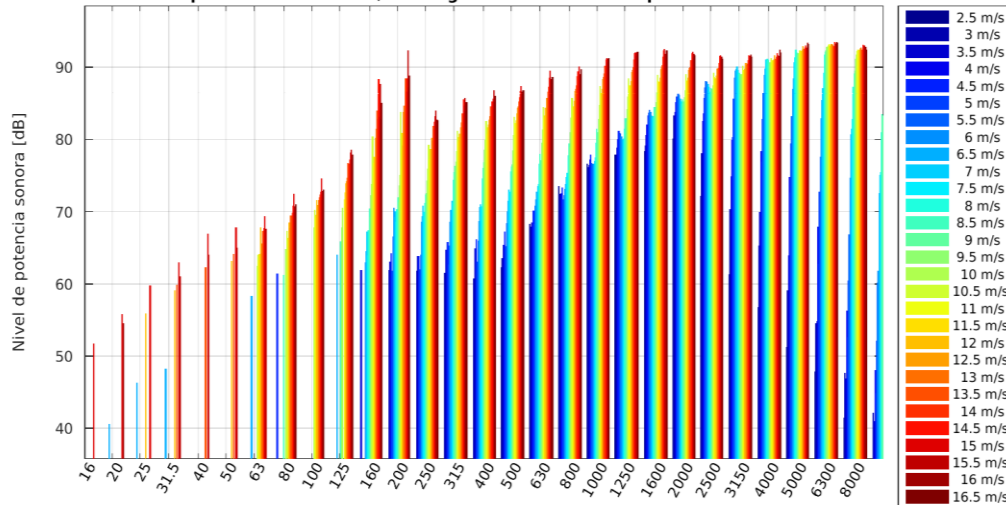


2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia

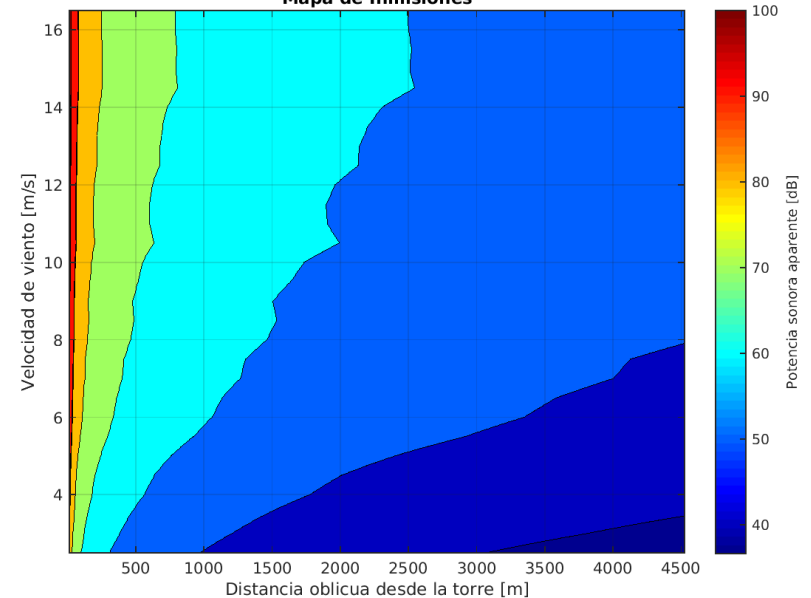
Ensayo de emisiones sonoras IEC 61400-11-F

Los gráficos y sus respectivas tablas son reportados en el informe de ensayo

Espectro de banda de 1/3 Corregido al ruido de fondo por bin de viento



Mapa de Inmisiones



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia - Ensayo de duración IEC 61400-2

El aerogenerador habrá pasado el ensayo de duración cuando haya obtenido:

Operación fiable durante el período de ensayo.

- Al menos 6 meses de operación.
- Al menos 2500 h de producción de energía con vientos de cualquier velocidad.
- Al menos 250 h de producción de energía con vientos de $1,2 V_{ave}$ y superiores.
- Al menos 25 h de producción de energía con vientos de $1,8 V_{ave}$ y superiores.

Operación fiable:

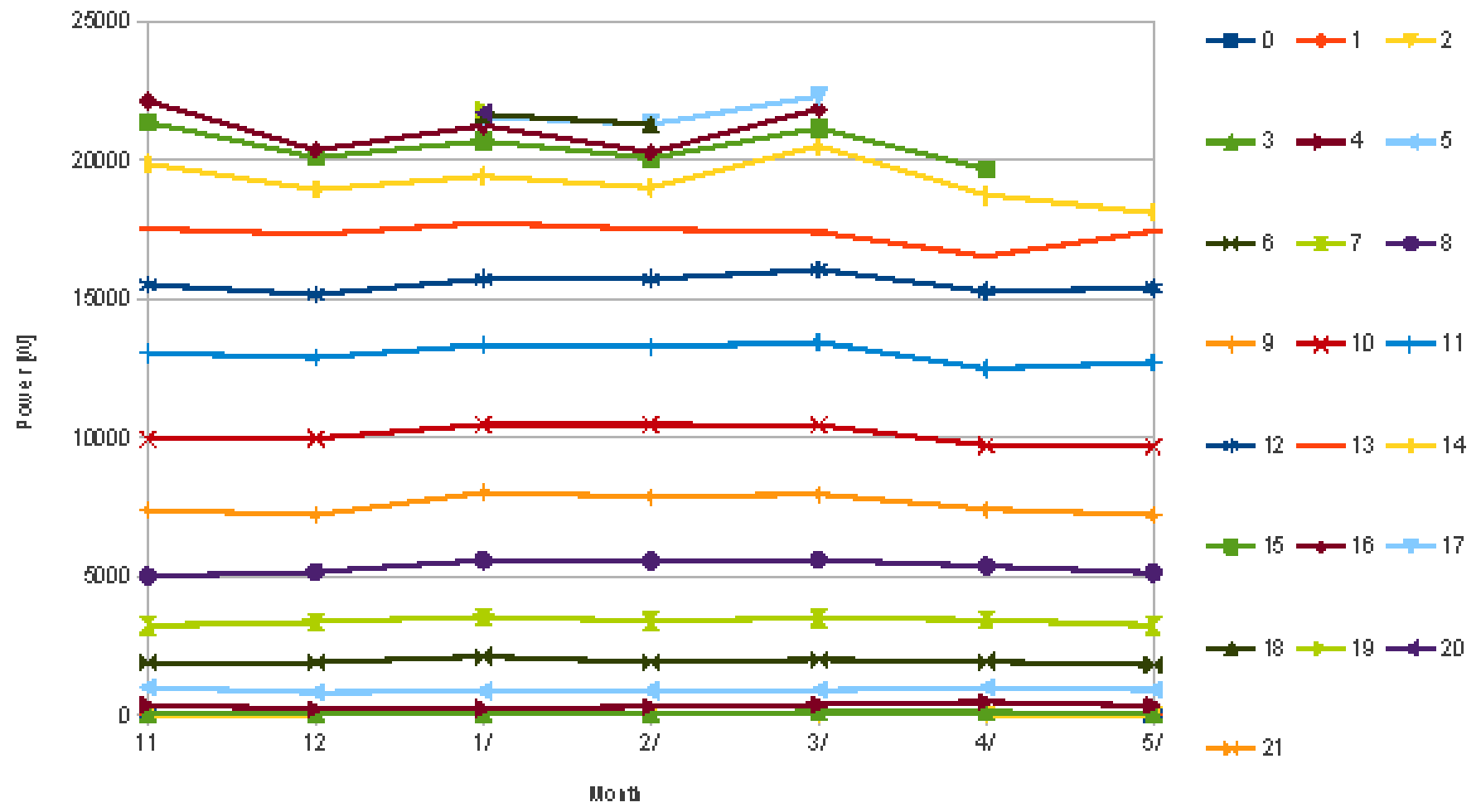
- Fracción de tiempo de operación de al menos 90%.
- No ocurrencia de fallos graves ni en la turbina ni en los componentes del sistema de la turbina.
- Inexistencia de desgastes, corrosiones, o daños significativos en los componentes de la turbina.
- Inexistencia de degradaciones significativas de la producción de potencia a velocidades de viento comparables.

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia - Ensayo de duración IEC 61400-2

Para cada mes del ensayo de duración, los niveles de potencia deben estar bineados por velocidades de viento.

Para cada velocidad de viento, se debe realizar un gráfico con los niveles de potencia bineados en función del tiempo. Si aparece una tendencia clara , entonces se debe realizar una investigación para determinar la causa.

2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia - Ensayo de duración IEC 61400-2



2 Desempeño de Aerogeneradores de Baja Potencia – Etiquetado de producto IEC 61400-2

International Energy Agency (IEA) – Task 27

- Prácticas recomendadas para la evaluación de SWT
- Implementación de una etiqueta para el usuario

La etiqueta resume los resultados de tres pruebas:

- Test de duración – IEC61400-2
- Test de performance de potencia – IEC61400-12-1 (Anexo H)
- Test de emisiones sonoras – IEC61400-11 (Anexo F)

Resultados de Ensayo	
Fabricante	Fabricante
Modelo	Modelo
Energía anual de referencia <small>a velocidad media del viento de 5 m/s. La producción real puede variar dependiendo de las condiciones del sitio</small>	### kWh/año
Nivel de potencia del Sonido <small>a 5 m/s</small>	## dB(A)
Clase del ensayo <small>(L1V o S para casos especiales)</small>	II
Ensayado por	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
Fecha de publicación <small>(Año-Mes-Día)</small>	2018-10-13

Para mayor información visite www.inti.gob.ar/neuquen

3 Actividades de Intervención Sectorial

Proyecto asociativos de diseño - 2013-2015

Sistema de comunicación Sectorial - Objetivos

- Propiciar la **comunicación homogénea** de los fabricantes nacionales de aerogeneradores de baja potencia.
- Establecer **estándares de información** sobre energía eólica según los distintos tipos de usuarios.
- Difundir **buenas prácticas para la instalación** de aerogeneradores de baja potencia.
- Generar una **herramienta de comunicación sectorial** a través de una plataforma virtual que permita:
 - **Afianzar el vínculo usuario-fabricante**, de forma que la experiencia de uso de los primeros sea parte del proceso de diseño de los segundos.
 - **La divulgación de información** relacionada con el sector, principalmente, la referida a cuestiones de **seguridad** y recomendaciones de localización y tipo de equipamiento que resulta más apropiado para cada **localización** y **requerimiento de energía eléctrica**.



3 **Actividades de Intervención Sectorial**

Certificación de instaladores de aerogeneradores de baja potencia

Basado en IRAM - ISO/IEC 17024

Reconocimiento formal de los conocimientos teóricos sobre un oficio/profesión y especialmente la APTITUD y HABILIDAD para aplicarlos en el desempeño laboral

Características del proceso

- Voluntario
- Basado en Protocolo de certificación consensuado
- Confirmación escrita
- Temporal
- No incluye capacitación previa
- Independiente de intereses de sectoriales

3 Actividades de Intervención Sectorial

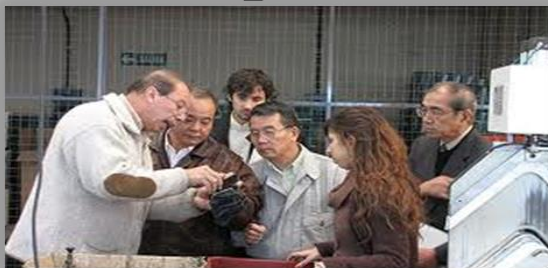
Certificación de instaladores de aerogeneradores de baja potencia

Proceso de Certificación de Personas

Qué organismos intervienen?

ORGANISMO DE
CERTIFICACIÓN

ORGANISMO DE
CALIFICACIÓN
AUTORIZADO



COMITÉ TÉCNICO
ASESOR

3 Actividades de Intervención Sectorial

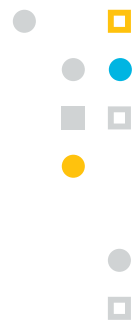
Certificación de instaladores de aerogeneradores de baja potencia

Nivel 1 - Alcance

Instalación de equipos que funcionan de manera aislada (no se encuentran interconectados)

Los parámetros de limitación son:

- Superficie de trabajo inferior a los 40 m² de rotor
- Potencia eléctrica inferior a 10 kW
- Equipos que no se instalan sobre edificaciones
- Equipos que no se encuentran interconectados



3 Actividades de Intervención Sectorial

Certificación de instaladores de aerogeneradores de baja potencia

Tareas propias de un instalador

- Transporte de equipamiento
- Montaje
- Puesta en marcha y prueba
- Mantenimiento de la instalación

3 **Actividades de Intervención Sectorial**

Certificación de instaladores de aerogeneradores de baja potencia

Conclusiones y propuestas de continuidad

- **Mantenimiento y ampliación de la implementación de ISO 17025 (2015-2019)**
- **Manual de prácticas recomendadas para instaladores. (2015)**
- **Certificación aptitudes laborales: inicio de evaluaciones. (2016-2019)**
- **Medición de parámetros de desempeño de generadores eléctricos. (2019)**
- **Medición de curva de potencia de aerogeneradores interconectados a la red. (2018-2019)**

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

Medición de orientación

Se observó que en equipos con regulación por furling, el ángulo de desorientación puede ser excesivamente pronunciado.

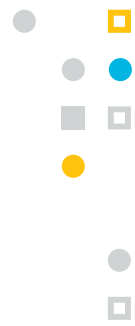
Se requirió realizar mediciones para cuantificar el fenómeno para luego proponer mejoras.

Para ello se desarrolló un “encoder”, con código gray absoluto y sensores infrarrojos, almacenando datos en un logger desarrollado en arduino. Frecuencia de medición y almacenamiento de datos de 1 Hz.

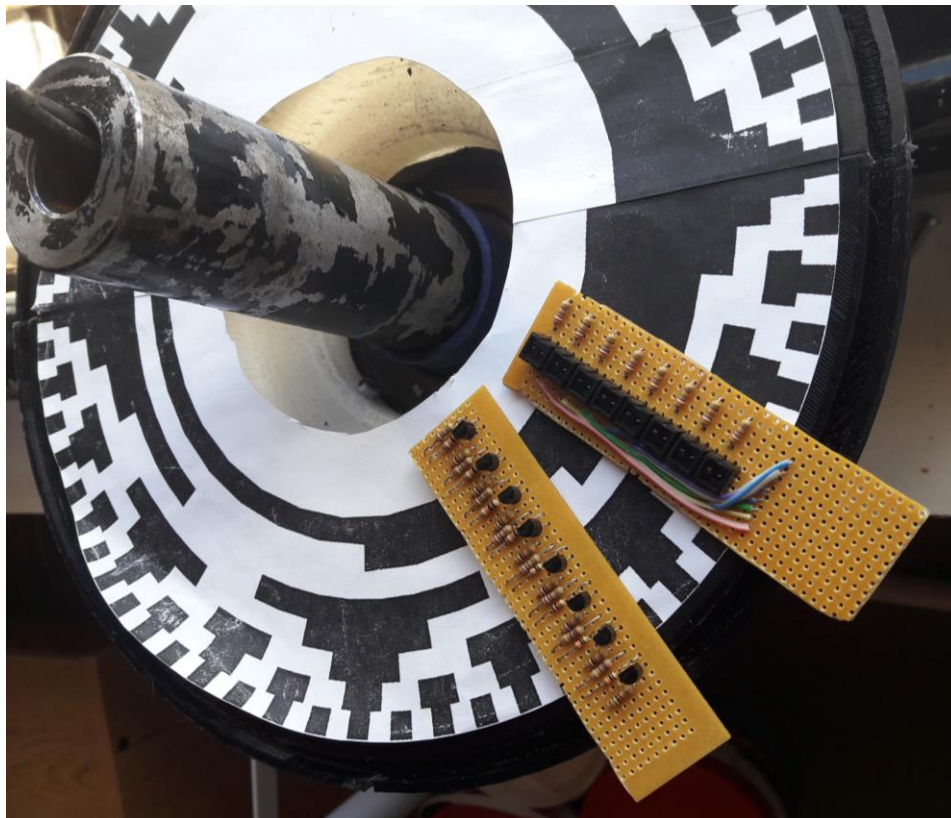


4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto



Medición de orientación

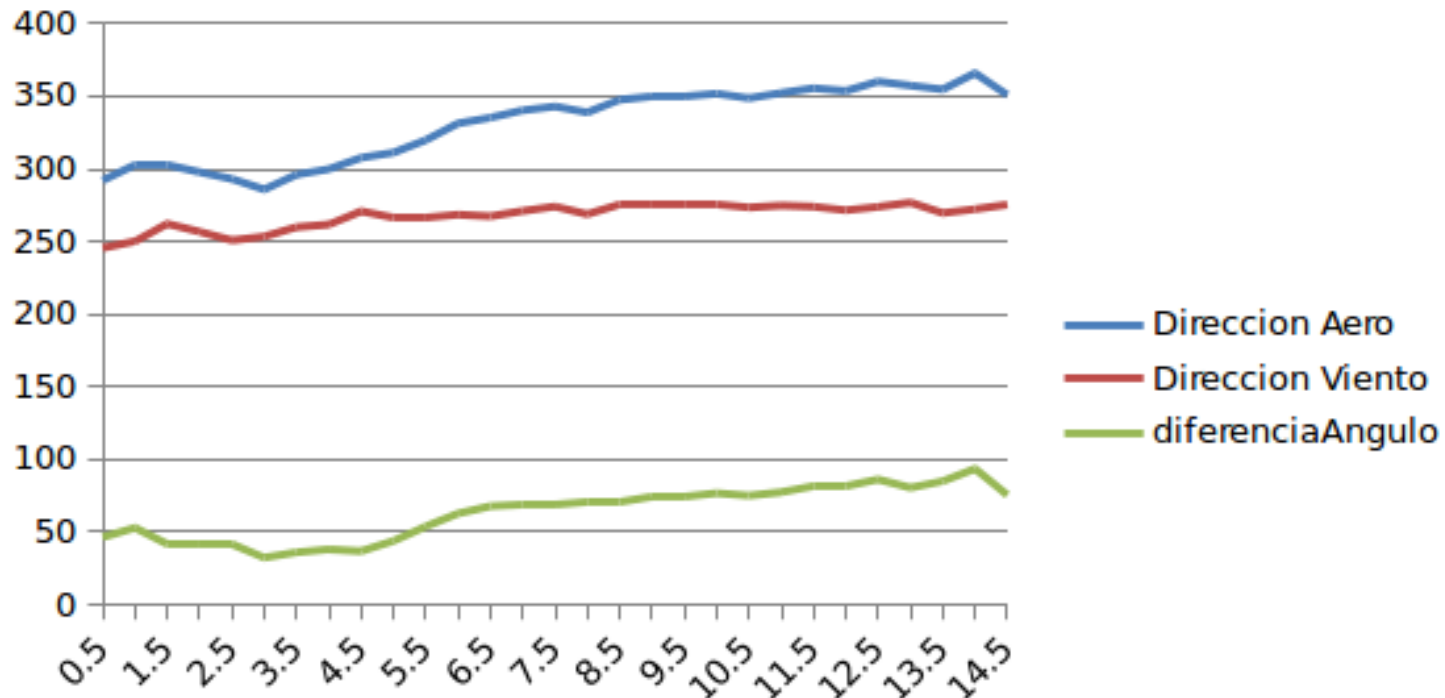


4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

Medición de orientación

Se cuantificó la desorientación, se observa que es muy pronunciada desde velocidades de viento bajas. Aumenta con velocidades de viento altas debido al quiebre de la cola o activación del furling.



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

Reducción de emisiones sonoras

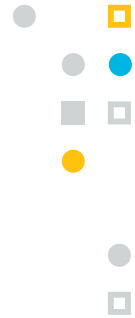
Esta asistencia se desarrolla sobre un equipo de 1,5 kW al cual se le detectan dos zonas donde el equipo genera ruido de una manera pronunciada.

- Mediante mediciones se observa que el sonido por debajo de los 12 m/s de velocidad de viento es de alta frecuencia, con frecuencias desde los 2 kHz y superiores a medida que la velocidad de viento aumenta.

- Para velocidades de viento superiores el sonido producido es de baja frecuencia de 200 Hz aproximadamente.

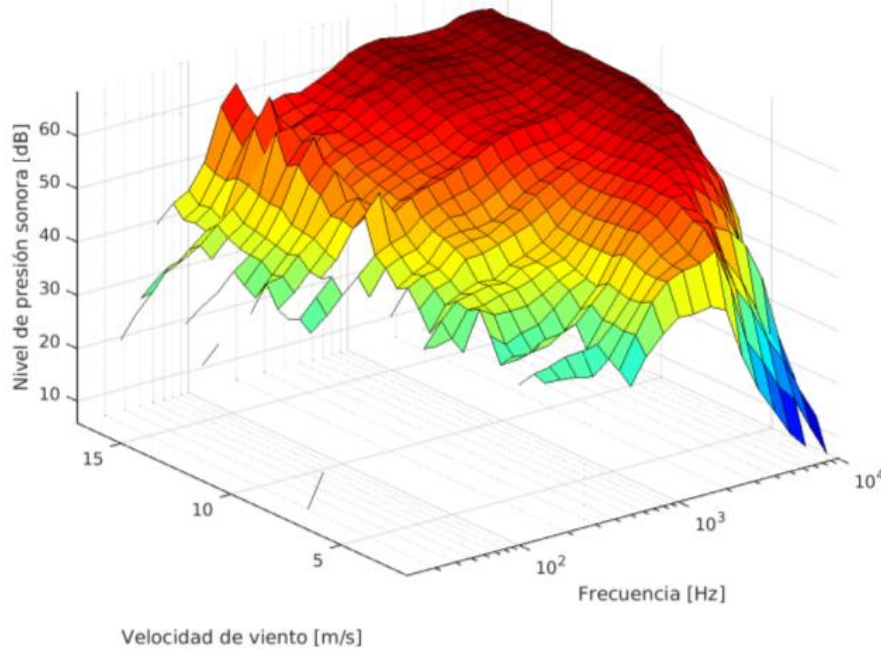
4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

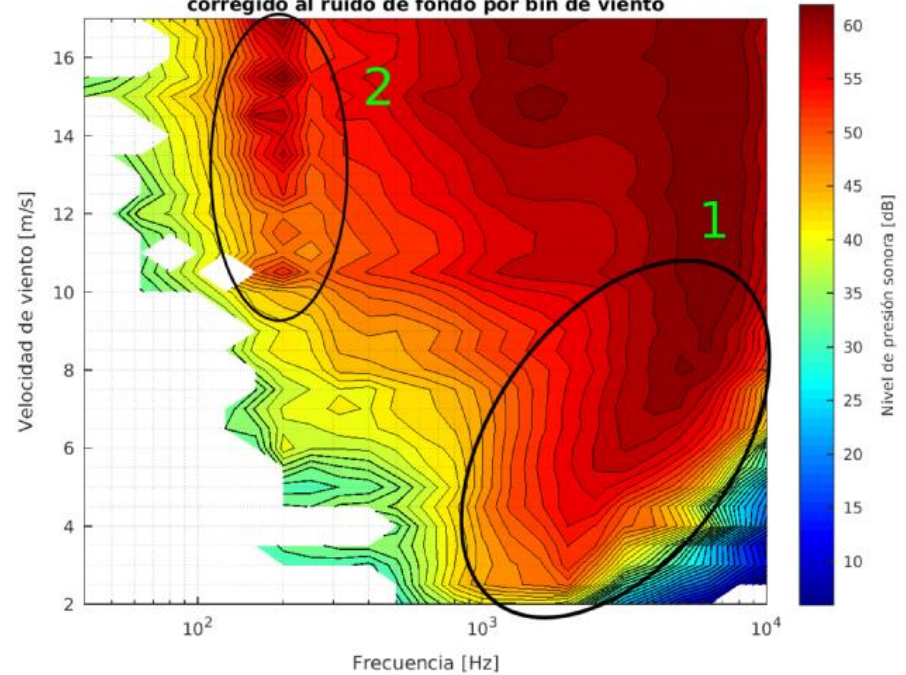


Reducción de emisiones sonoras

Espectro de banda de 1/3 Corregido al ruido de fondo por bin de viento



Curvas de nivel del espectro de banda de 1/3 corregido al ruido de fondo por bin de viento



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

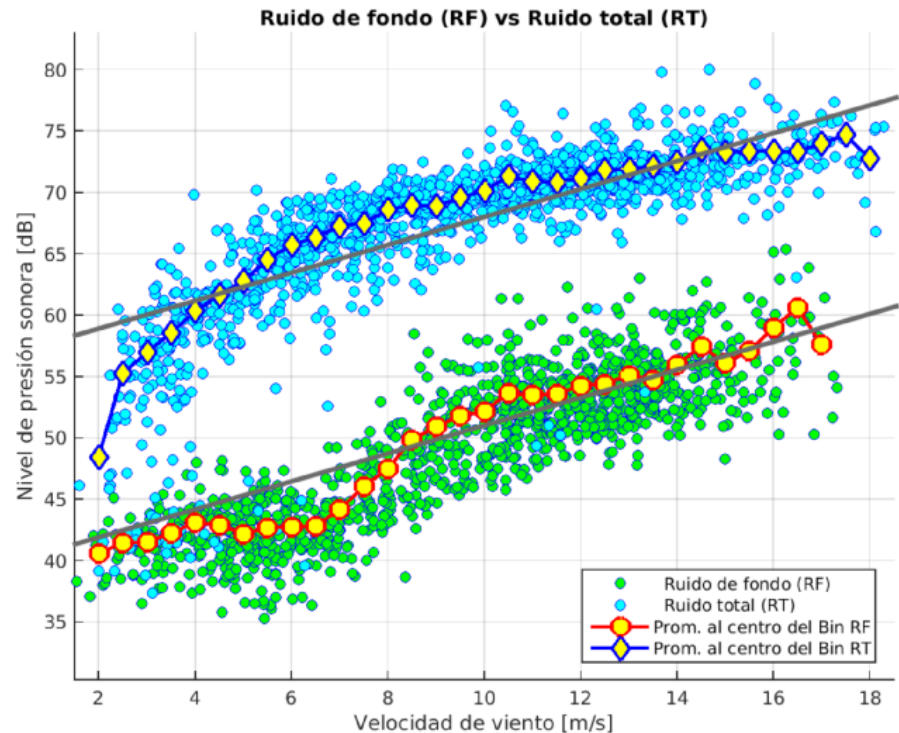
Asistencia técnica en desarrollo de producto

Reducción de emisiones sonoras

Para dar una explicación al espectro de ruido medido se utilizó un trabajo realizado en por NASA y cuya publicación es posible obtener de:

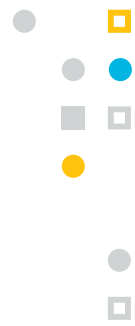
(<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19890016302.pdf>)

Aquí se proponen distintos modelos para los mecanismos de generación de ruido en los perfiles y da distintas correlaciones para poder estimar el nivel de presión sonora para cada uno de ellos..

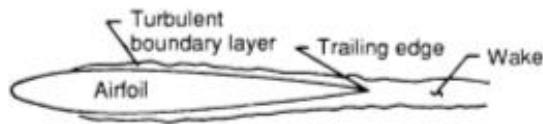


4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

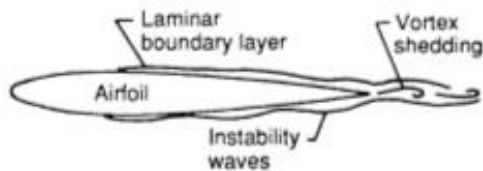
Asistencia técnica en desarrollo de producto



Reducción de emisiones sonoras



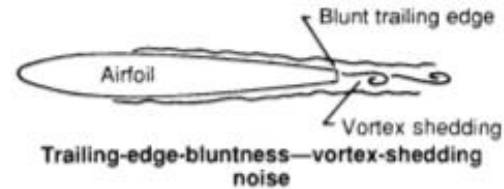
Turbulent-boundary-layer—trailing-edge noise



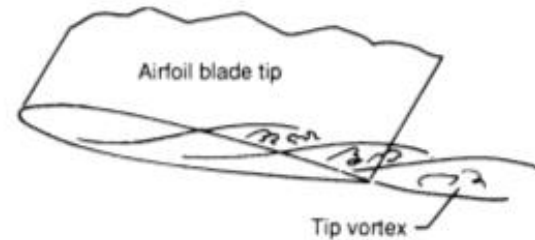
Laminar-boundary-layer—vortex-shedding noise



Separation-stall noise



Trailing-edge-bluntness—vortex-shedding noise



Tip vortex formation noise

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

Reducción de emisiones sonoras

Los mecanismos propuestos son:

- 1) **Turbulent Boundary Layer Trailing Edge Noise:** en este mecanismo los remolinos que se producen dentro de la capa límite turbulenta al pasar por el borde de fuga provocan el ruido. Este mecanismo se produce a un número de Reynolds alto, superior a los 500.000. De las mediciones de rpm y velocidad de viento realizadas al aerogenerador y de la cuerda de punta de pala se estimó un Reynolds de 300.000. Por este motivo este mecanismo no se tiene en cuenta.
- 2) **Laminar Boundary Layer Vortex Shedding Noise:** en este mecanismo la capa límite laminar sufre inestabilidades que al pasar por el borde de fuga provoca que se desprendan pequeños vórtices, produciendo ruido. Este mecanismo se da a bajos números de Reynolds, como el número de Reynolds estimado es bajo este mecanismo es considerado.

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

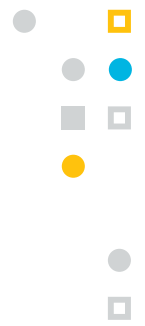
Asistencia técnica en desarrollo de producto

Reducción de emisiones sonoras

- 3) Separation Stall Noise:** el sonido es debido a la separación de la capa límite, generando vórtices de gran tamaño. Este mecanismo ocurre a gran velocidad de viento, produciendo un sonido de baja frecuencia. Esto explicaría los picos que aparecen a baja frecuencia en el espectro medido al separarse la capa límite por el furleo del equipo.
- 4) Trailing Edge Bluntness Vortex Shedding Noise:** si el espesor del borde de fuga es mas grande que el espesor de la capa límite en este punto, se producen pequeños vórtices que se desprenden del mismo generando ruido.
- 5) Tip Vortex Formation Noise:** la diferencia de presión entre los dos lados del perfil produce que en la punta de la pala se desprenda un vórtice que al pasar por el borde de fuga se produzca ruido.

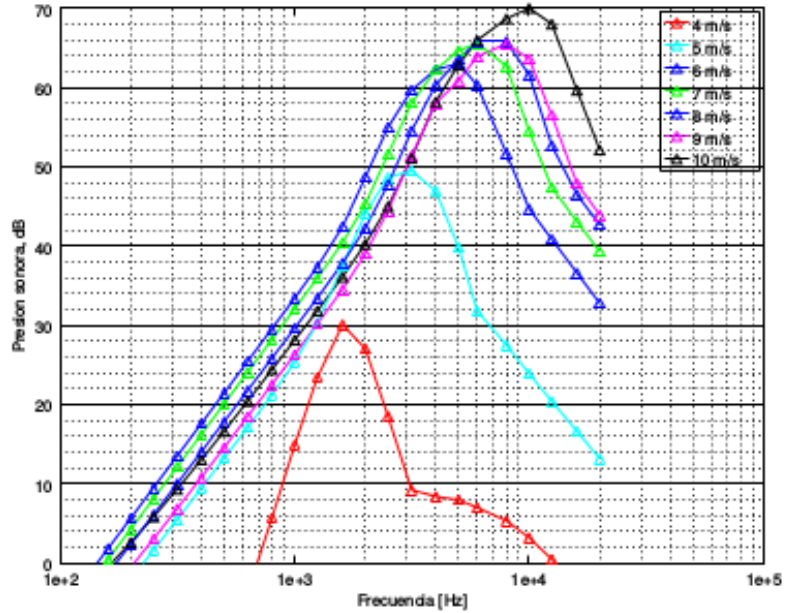
4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

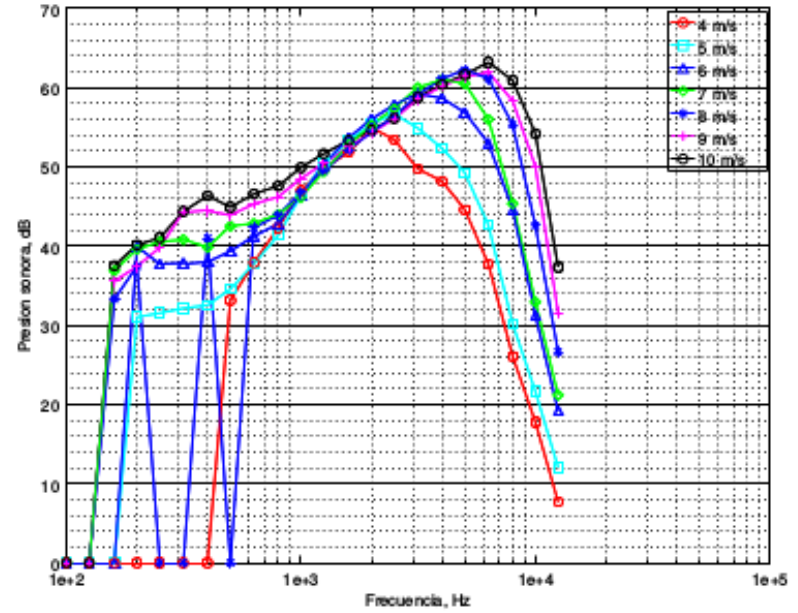


Reducción de emisiones sonoras

Se utilizaron las ecuaciones propuestas para la estimación del ruido generado y se comparó con los valores del ruido total medido.



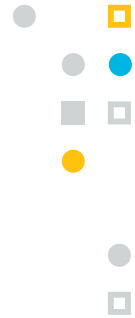
(a) Ruido estimado de aerogenerador



(b) Medición de ruido del aerogenerador (ruido total - ruido de fondo)

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

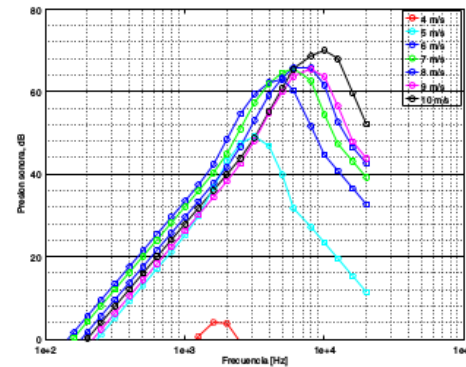
Asistencia técnica en desarrollo de producto



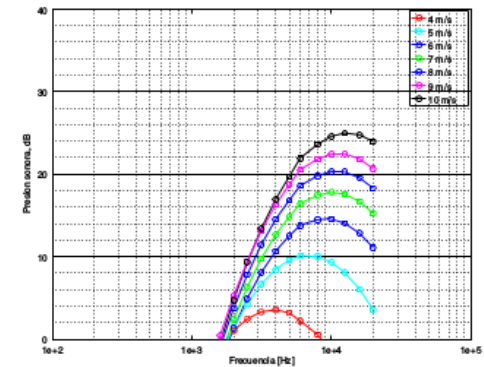
Reducción de emisiones sonoras

Se estimó que los tres mecanismos que mayor aporte realizan a la producción de ruido eran:

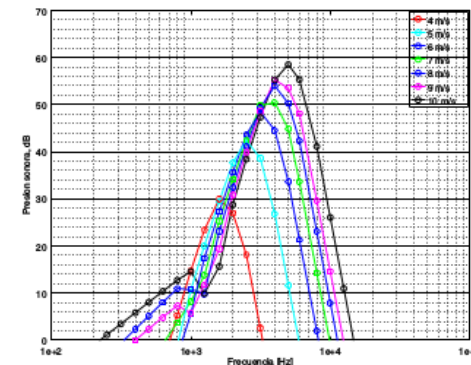
- El producido por la capa límite laminar que se desarrolla sobre el intrados de la pala para bajos números de Reynolds.
- El ruido producido por el espesor del borde de fuga.
- El ruido producido por la punta de pala.



(a) Laminar Boundary Layer Vortex Shedding Noise



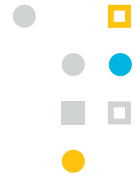
(b) Tip Vortex Formation Noise



(c) Trailing Edge Bluntness Vortex Shedding Noise

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

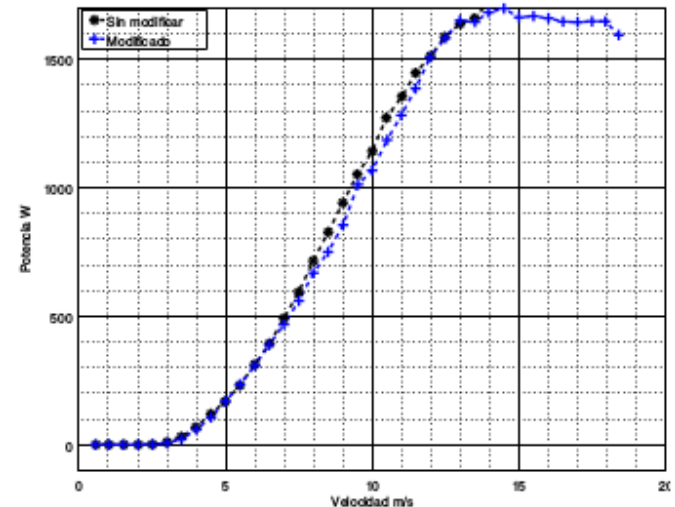
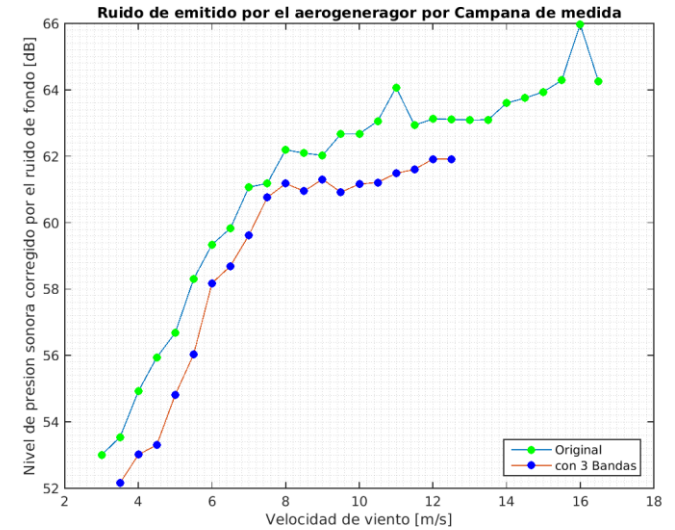
Asistencia técnica en desarrollo de producto



Reducción de emisiones sonoras

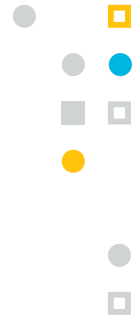
Reducción del ruido producido por la capa límite laminar.

La atenuación de este tipo de ruido se logra volviendo turbulenta la capa límite laminar.



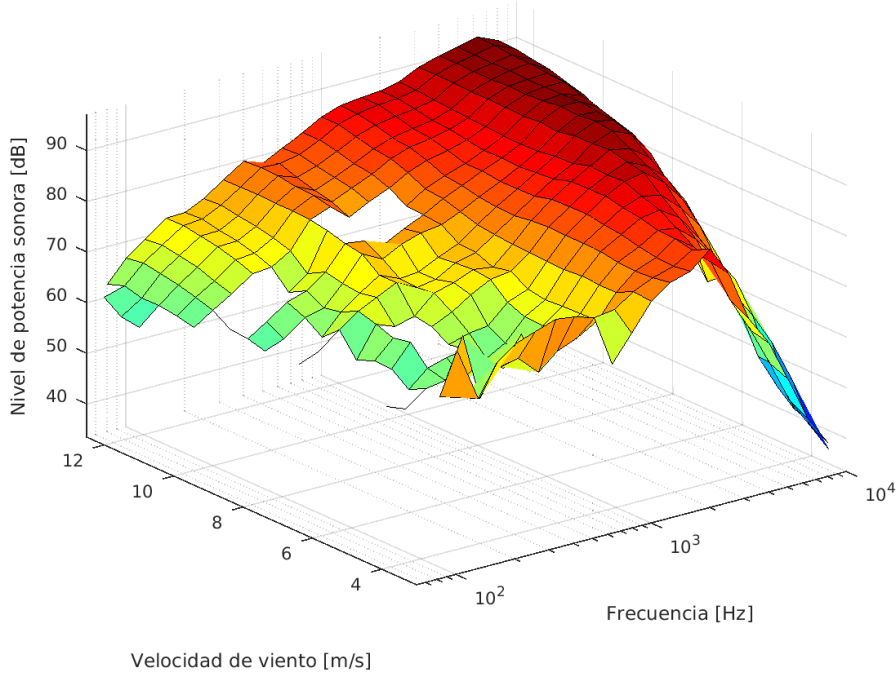
4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

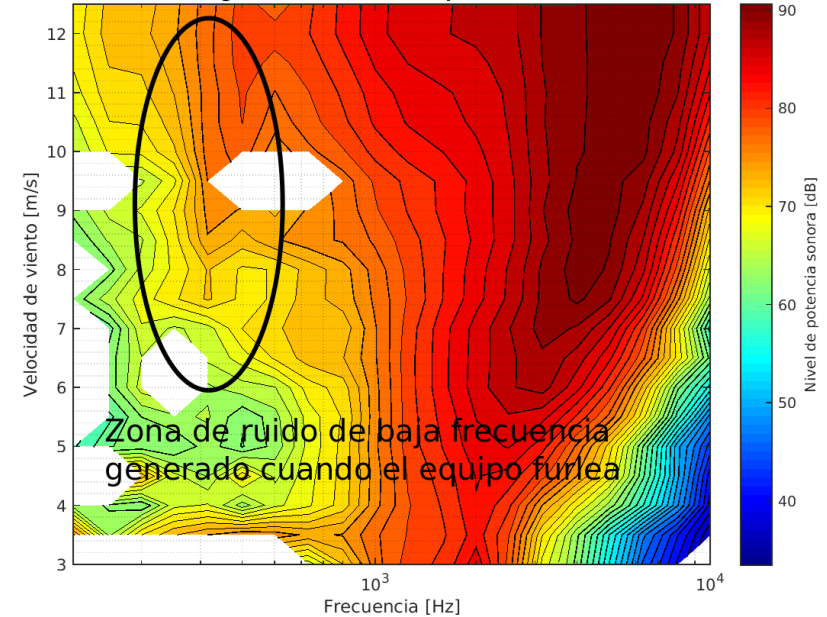


Reducción de emisiones sonoras

Espectro de banda de 1/3 Corregido al ruido de fondo por bin de viento



Curvas de nivel del espectro de banda de 1/3 corregido al ruido de fondo por bin de viento



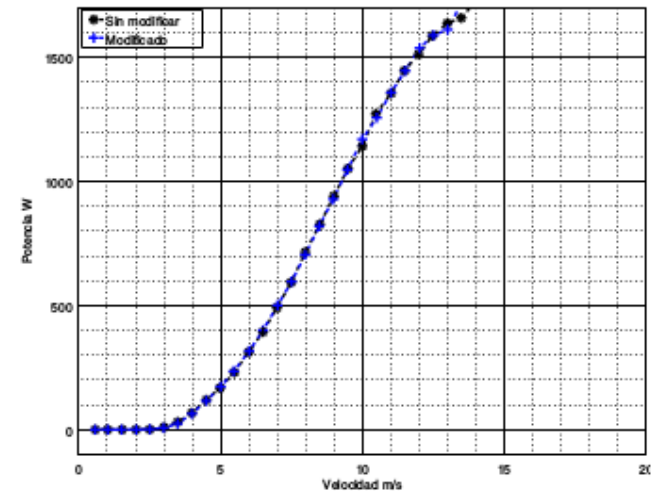
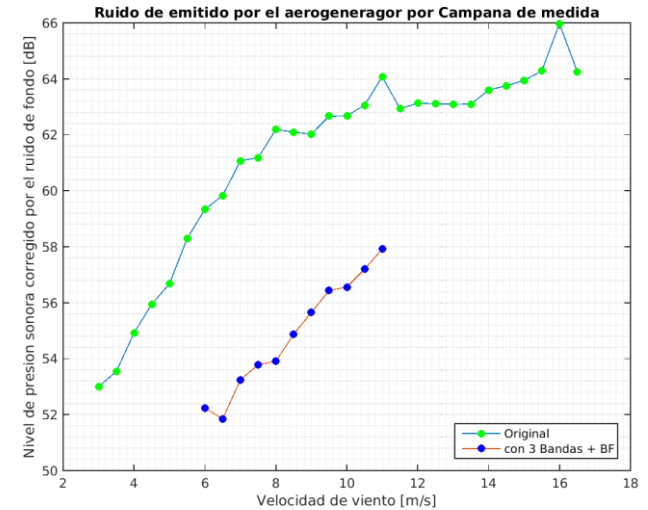
4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

Reducción de emisiones sonoras

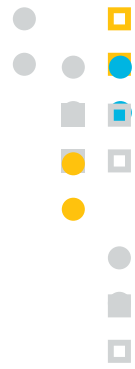
Reducción del ruido producido por el espesor del borde de fuga.

Se tiene que lograr que el espesor del borde de fuga sea más pequeño que el espesor de la capa límite en este



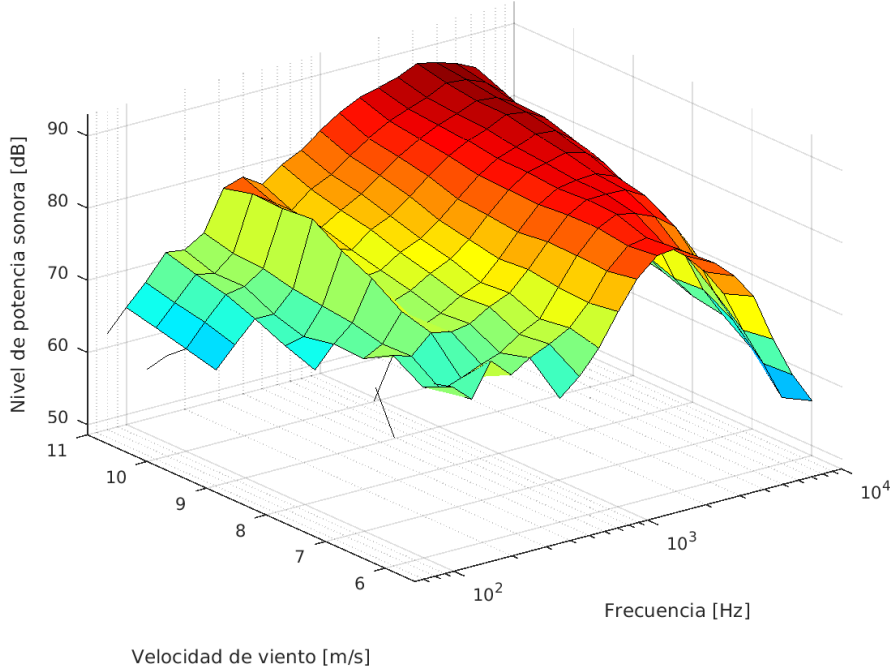
4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

Asistencia técnica en desarrollo de producto

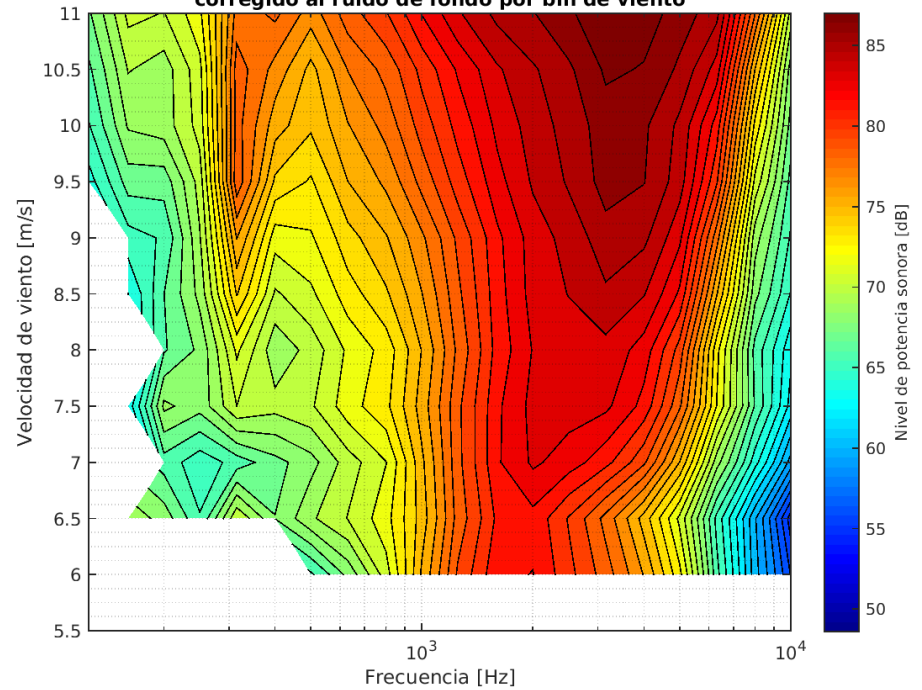


Reducción de emisiones sonoras

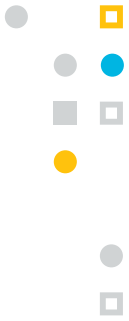
Espectro de banda de 1/3 Corregido al ruido de fondo por bin de viento



Curvas de nivel del espectro de banda de 1/3 corregido al ruido de fondo por bin de viento



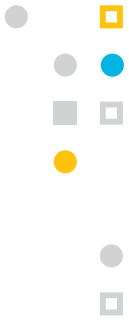
4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3



Uno de los equipos ensayados en el programa de fortalecimiento a fabricantes argentinos de aerogeneradores de baja potencia fue Eolocal, al cual se le ensayo el equipo AG700 de 24 V para uso aislado de la red eléctrica.

Mediante el proyecto SWTOMP “Small Wind Turbines and Market Promotion”, se consideró trabajar con Eolocal para realizar las adaptaciones a condiciones extremas de funcionamiento indicadas en el proyecto.

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

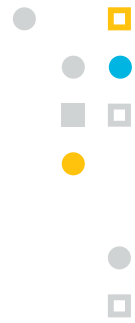


Las actividades realizadas sobre el equipo consisten en una revisión de los componentes estructurales luego de un funcionamiento prolongado (16 meses de mediciones), en configuración de baja tensión, 24V.

El fabricante propuso continuar con las mediciones para un equipo de inyección a la red. Envió un estator bobinado para funcionar en el rango de tensión de entrada de un inversor de red marca Omnik SOL-1-TL2-M. Este posee un rango de funcionamiento de 60 a 450V de entrada.

4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

Al desarmar el equipo para reemplazar el estator, se observaron deterioros con un grado de avance pronunciado.



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

Para resolver la causa de este desgaste se considera que debe reforzarse la estructura del chasis.



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

SWTOMP WP3

- Especificaciones del diseño del generador desconocidos

- Valores medidos:

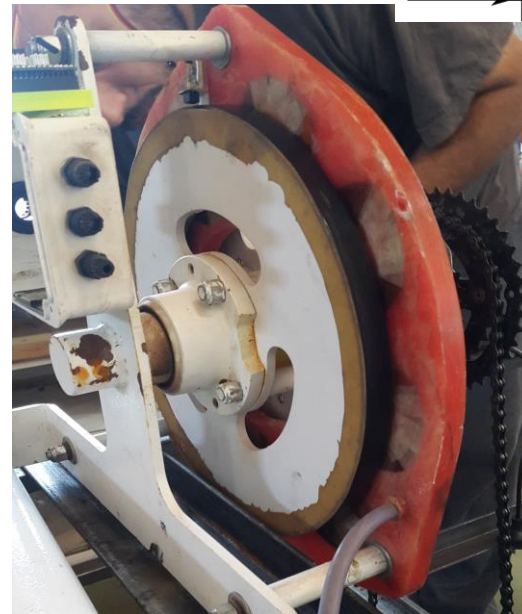
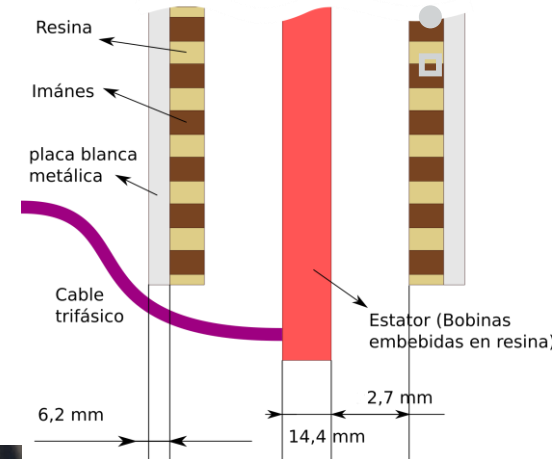
$$L1+L2 = 15,4\Omega + 55,3\text{mH} \quad L1||L2 + L3 = 11,6\Omega + 40,7\text{mH}$$

$$L2+L3 = 15,5\Omega + 55,7\text{mH} \quad L2||L1 + L3 = 11,6\Omega + 41,7\text{mH}$$

$$L1+L3 = 15,5\Omega + 54,6\text{mH} \quad L3||L2 + L1 = 11,6\Omega + 41,0\text{mH}$$

- Valores medidos:

El generador tiene 6 pares de polos (12 polos) y de acuerdo a la medición, la conexión es en estrella, con resistencia por fase de 7.75Ω



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

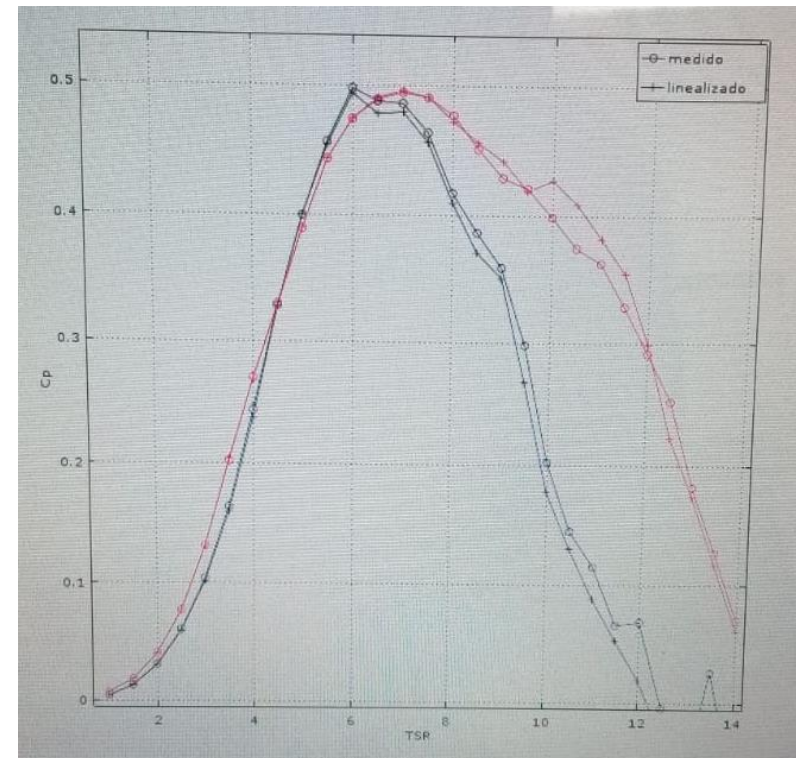
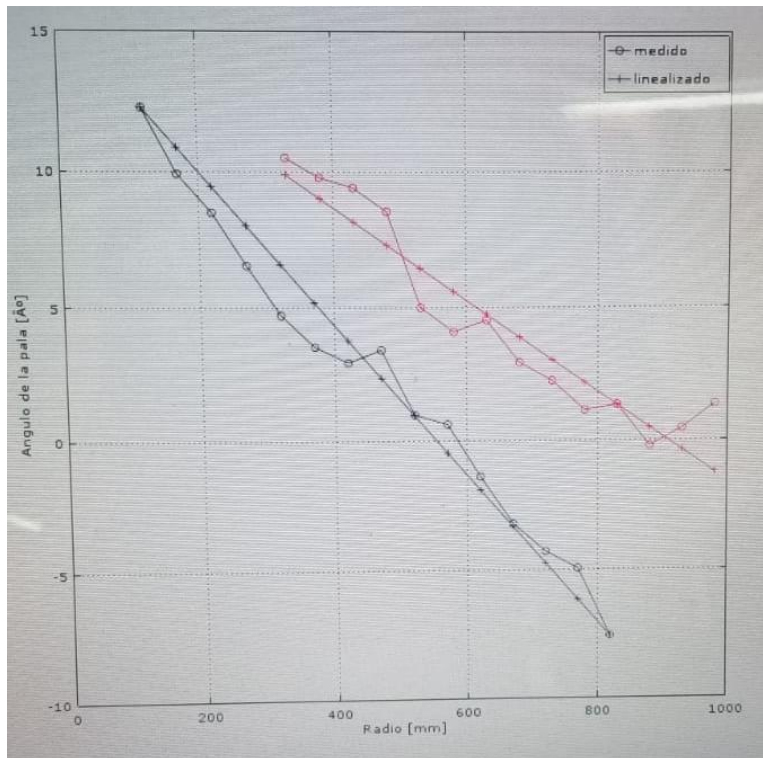


4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

SWTOMP WP3

Relevamiento geométrico a la pala de una aerogenerador de 1kW con inyección a la red

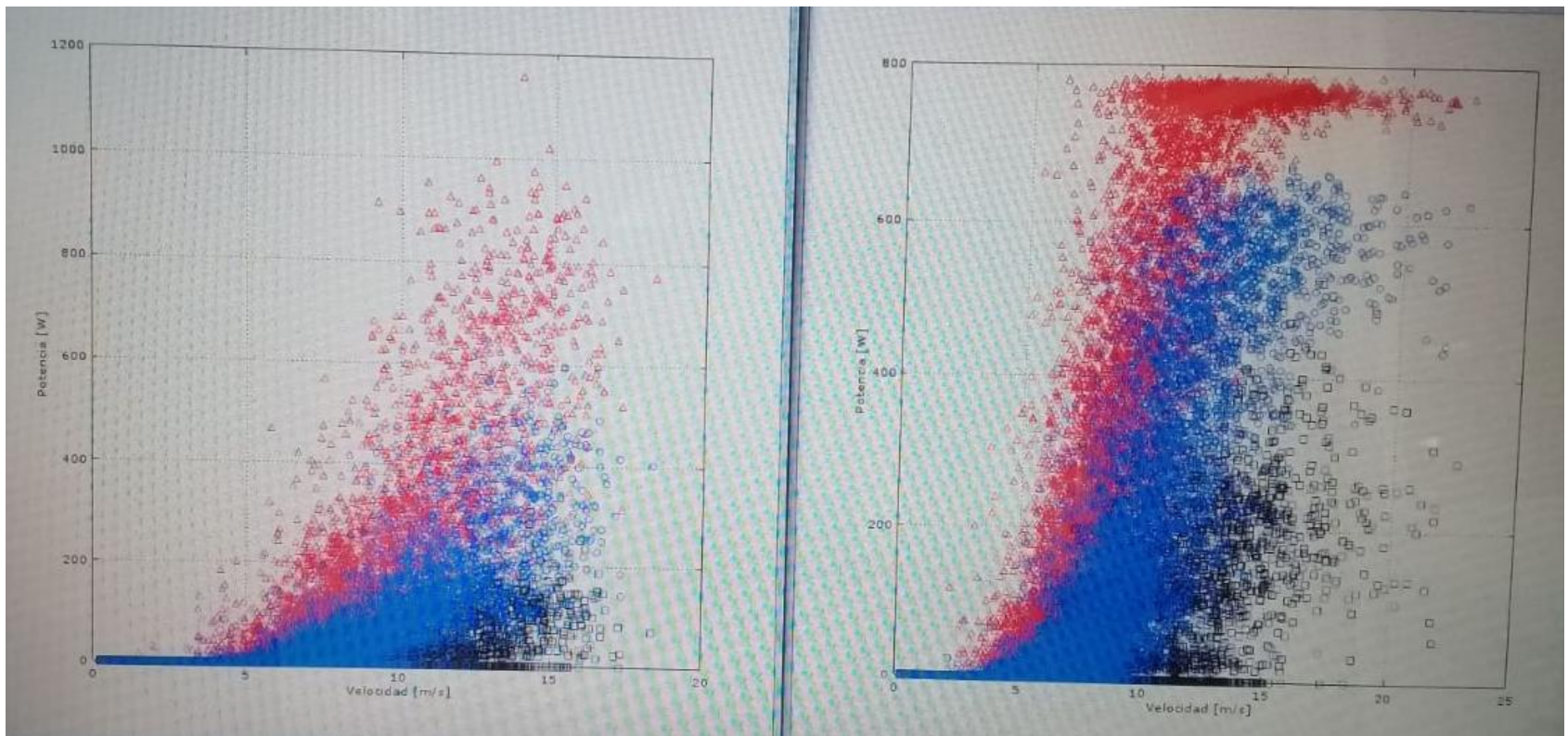
Oportunidades de mejora al diseño del paso de pala. En ocasión de cambio de rotor, se recibió uno con la mejora propuesta



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

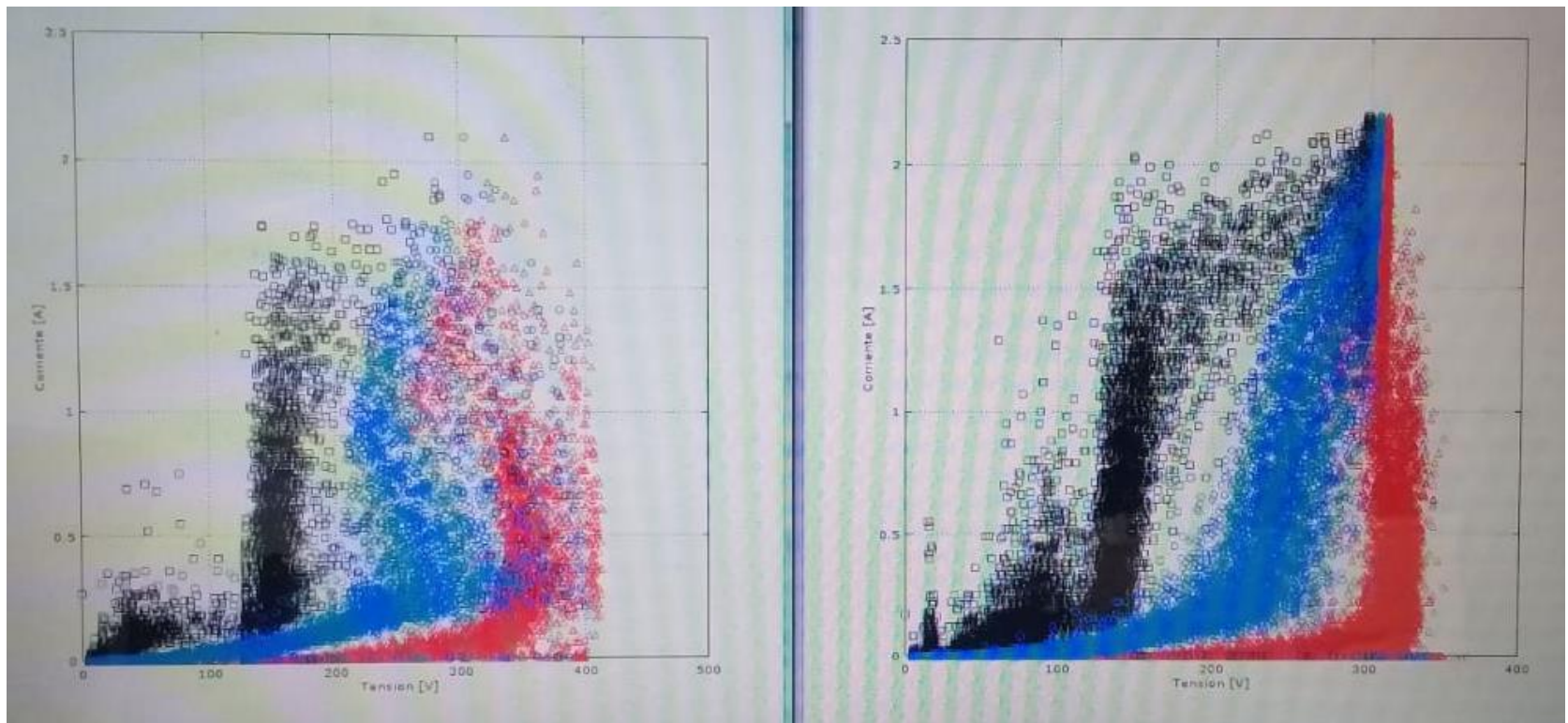


Mejora en respuesta en producción de potencia
Diferencia de Angulo de pitch y 10 cm adicionales de diámetro de rotor



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

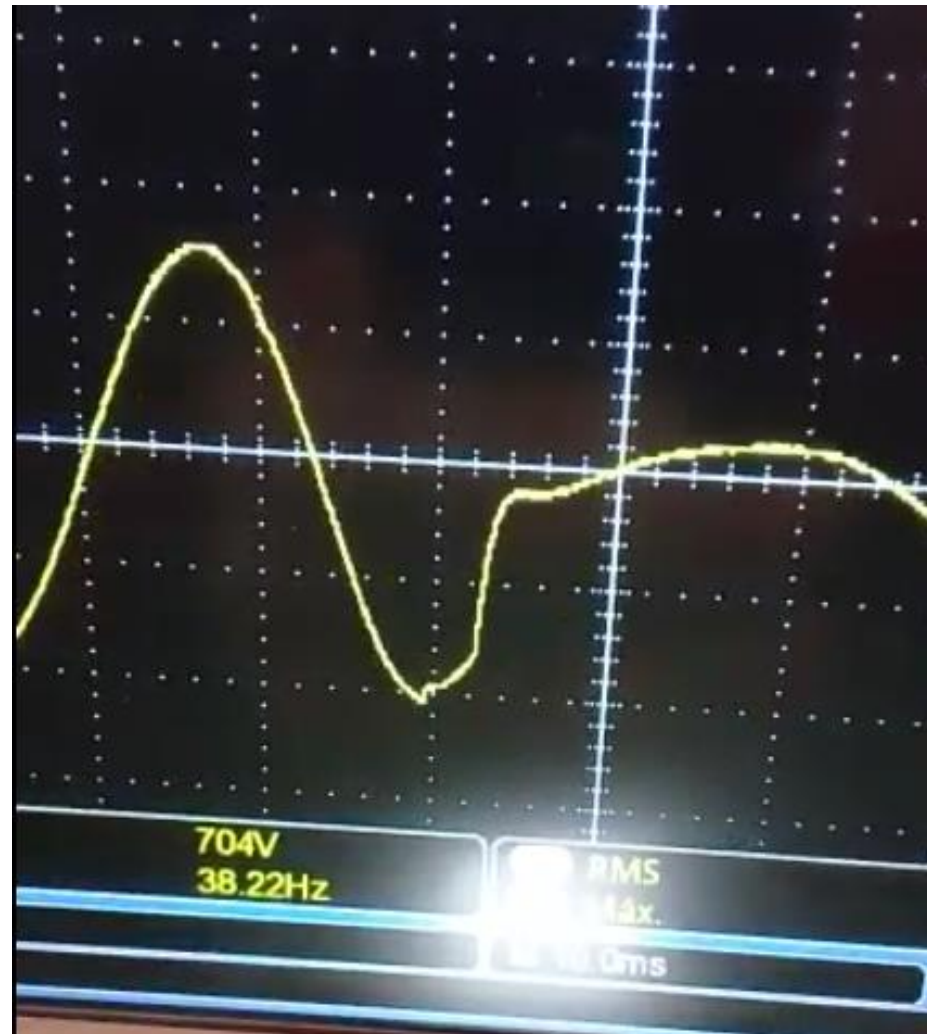
El equipo dispone un circuito de regulación por sobre tensión adaptable a al equipo de la firma Eolocal



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac SWTOMP WP3

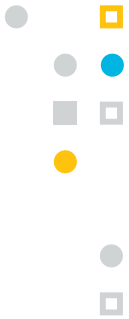
La activación de sistema de derivación es excesiva provocando cargas no controladas sobre el eje del generador.

Se propone implementar un método por conmutación de alta frecuencia para derivación por sobre-tensión



4 Actividades de Laboratorio y Eranet-Lac

SWTOMP WP3



Conclusiones y propuestas de continuidad

- Los aspectos detectados en otros SWT en desarrollo, serán aplicados a la maquina utilizada para el proyecto SWTOMP.
- La temática del proyecto muestra las particularidades del desarrollo de una SWT.
- Las maquinas comerciales certificadas, o ensayadas bajo normativa internacional, ya han pasado por un proceso de desarrollo.
- La componente de desarrollo local de una SWT es alta respecto a otras tecnologías, permitiendo generar valor agregado local.

Muchas gracias



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Ministerio de
Producción y Trabajo
Presidencia
de la Nación

Suma valor a un país de ideas