



# GENERADORES EÓLICOS

*Guía de divulgación*

GENERADORES  
EÓLICOS

*Guía de divulgación*



# ÍNDICE

1 Beneficios de la energía eólica de baja potencia PÁG. 04

2 Aerogeneradores de baja potencia PÁG. 08

3 Qué necesito saber PÁG. 14

4 Dónde conviene instalarlo PÁG. 20

5 Relato de experiencias PÁG. 24

6 Listado de fabricantes PÁG. 26

7 Referencias y fuentes consultadas PÁG. 27

El contenido de esta publicación es orientativo. El diseño o implementación de un sistema de energía eólica, como su seguridad y funcionamiento, deben ser definidos para cada caso particular con el asesoramiento de un técnico especialista.

La presente publicación fue posible gracias al aporte del Programa de Proyectos Asociativos de Diseño 2013 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, del que fueron parte las siguientes personas, empresas e instituciones:

Agroluz, ALP Group S.A., Electromecánica Bottino Hnos. S.A., Eólica Argentina S.R.L., Giacobone Juan César, Giafa S.R.L., H2Systems S.A., Invap Ingeniería S.A., Salez Oscar Vicente, Pablo Alvarez, Staco S.R.L., Technotrol S.R.L., Windearth S.R.L., Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

I.S.B.N. en trámite



# 1 BENEFICIOS DE LA ENERGÍA EÓLICA DE BAJA POTENCIA



## 1.1 BENEFICIOS SOCIO AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

### Introducción

El presente documento se enmarca en un trabajo conjunto que se está llevando adelante entre el Instituto Nacional de Tecnología Industrial y fabricantes nacionales de generadores eólicos de baja potencia, con el objetivo de potenciar la utilización de esta energía en el país. En este sentido, es importante destacar que en los últimos años se ha desarrollado en Argentina una amplia red de proveedores para adquirir, instalar y mantener generadores eólicos de baja potencia. Dicho desarrollo se ha alcanzado con un alto grado de sustitución de importaciones y de manera distribuida en todo el territorio nacional, lo que facilita el acceso a los usuarios.

Los fabricantes de generadores eólicos de baja potencia se encuentran comprometidos a trabajar en la mejora de la calidad de sus productos. Este compromiso contempla —entre otros alcances— la realización de ensayos en el Laboratorio de Energía Eólica del INTI — Cultral C6, en el marco de un Programa de Fortalecimiento Sectorial. Los resultados de estos análisis se publican a través del sitio [www.inti.gov.ar/neuquen](http://www.inti.gov.ar/neuquen).

La guía pone el foco de atención en los generadores eólicos de baja potencia (también conocidos como aerogeneradores, molinillos para electricidad, aerocargadores, molinos de viento, entre otros), diseñados para captar la

energía disponible del viento y transformarla en electricidad. Por su practicidad y costos competitivos estos dispositivos resultan una excelente alternativa para proveer energía para pequeños consumos en hogares y establecimientos ubicados en sitios sin acceso a la red eléctrica.

### Beneficios socio ambientales y económicos

La ventaja principal de las instalaciones eólicas de baja potencia es que se aprovecha la energía del viento, un recurso inagotable, gratuito y disponible en varias regiones del país; que permite evitar el uso de combustibles fósiles (con sus respectivos costos y complejidades de abastecimiento) y la emisión de gases de efecto invernadero ( $CO_2$ ). Asimismo tiene un impacto visual y medioambiental sustancialmente nulo, lo que presenta una ventaja respecto a las energías convencionales.

Es importante destacar que los generadores eólicos son máquinas muy distintas a los molinos mecánicos para obtener agua, aunque la fuente de energía primaria en ambos casos es el viento. La diferencia entre ellos es que el molino convierte la energía del viento en energía mecánica a través de un dispositivo de bombeo de agua, mientras que el generador eólico, convierte la energía del viento en electricidad.





## 1.2 AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA

### Aplicaciones

Los aerogeneradores tienen diversas aplicaciones. Entre las más importantes se pueden mencionar el suministro de energía para:

1. Hogares aislados de la red eléctrica
2. Ahorro de electricidad en hogares conectados a la red eléctrica
3. Reducción de consumo en edificios inteligentes
4. Herramientas eléctricas livianas en sitios aislados de la red eléctrica
5. Embarcaciones de recreación
6. Prevención de corrosión en cañerías de petróleo
7. Bombeo de agua mediante electrobombas
8. Sistemas de comunicación y monitoreo autónomos en áreas turísticas y naturales

Para el abastecimiento de energía en sitios aislados de la red, se prefieren artefactos eléctricos que utilicen corriente continua en 12 V, 24 V, 48 V. Sin embargo, a través de un inversor de corriente, es posible abastecer consumos de 220 V o 380 V en corriente alterna.

Existe una oferta importante de productos y servicios nacionales para la instalación de aerogeneradores. Estos servicios comienzan con el estudio y la determinación de la factibilidad de la instalación —tomando en cuenta las características de la zona, la disponibilidad de vientos y accesibilidad a la red eléctrica— y luego con la puesta en marcha del sistema de generación eólica de baja potencia. Técnicos especializados se encargan de asesorar acerca del tipo de sistema a instalar y continúan prestando sus servicios a lo largo de toda la vida útil del equipamiento instalado.

La generación de energía de manera racionalmente distribuida en función de la demanda, evita la instalación de los tendidos eléctricos

y las pérdidas que se producen durante el transporte de energía eléctrica.

Los usuarios que se abastecen de energía eléctrica a partir de fuentes renovables logran mayor eficiencia en sus consumos, dado que optimizan el uso energía disponible. De manera creciente, los usuarios de energía eléctrica tradicional toman mayor conciencia y compromiso en pos de un cambio hacia hábitos de consumo más sustentables.



### UNIDADES DE MEDIDA UTILIZADAS

|                        |       |                                       |                   |
|------------------------|-------|---------------------------------------|-------------------|
| Hora                   | [h]   | Unidad de tiempo                      |                   |
| Metro por segundo      | [m/s] | Unidad de velocidad                   |                   |
| Voltio                 | [V]   | Unidad de tensión o voltaje           | $V = W / A$       |
| Amperio                | [A]   | Unidad de corriente eléctrica         | $A = W / V$       |
| Amperio-Hora           | [Ah]  | Unidad de la capacidad de una batería | $Ah = A \times h$ |
| Vatio o Watt           | [W]   | Unidad de la potencia eléctrica       | $W = A \times V$  |
| Vatio-Hora o Watt-Hora | [Wh]  | Unidad de energía eléctrica           | $Wh = W \times h$ |

### PRINCIPALES FÓRMULAS

En el caso de corriente continua:

$$\text{Potencia [W]} = \text{Voltaje [V]} \times \text{Corriente [A]}$$

$$\text{Energía [Wh]} = \text{Potencia [W]} \times \text{Tiempo [h]}$$

$$\text{Eficiencia [\%]} = 100 \times \text{Potencia de Salida [W]} / \text{Potencia de entrada [W]}$$

Velocidad del viento [m/s]. Se puede convertir [km/h] a [m/s] según la siguiente relación:

$$\text{Velocidad del viento } \left[ \frac{m}{s} \right] = \frac{\text{Velocidad del viento } \left[ \frac{km}{h} \right]}{3,6}$$

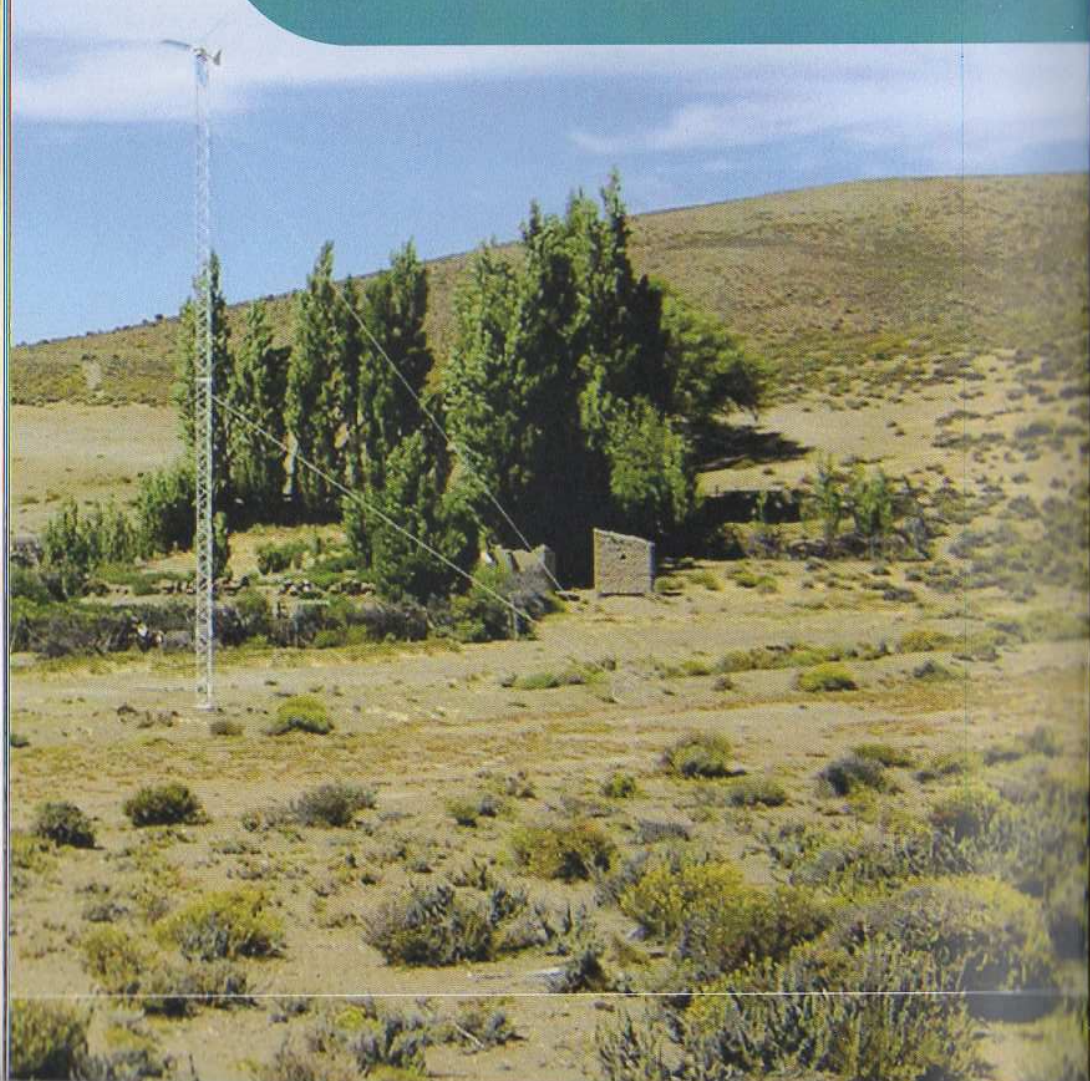
Potencia disponible en el viento [W] es la potencia disponible en el viento en un sitio de terminado. Se calcula según:

$$\text{Potencia} = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \times A \text{ [W]}$$

Donde  $\rho$  es la densidad del aire [kg/m<sup>3</sup>],  $v$  la velocidad del viento [m/s] y  $A$  el área en [m<sup>2</sup>].



## 2 AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA



### 2.1 MODELOS – POTENCIAS – USOS

Actualmente en Argentina existen 54 modelos de aerogeneradores distintos, con módulos de potencia que van desde los 150 W hasta los 10.000 W.

La mayoría de los equipos que se comercializan en nuestro país (ver capítulo 6), se utilizan para abastecer energía en hogares y en

emprendimientos productivos aislados de la red eléctrica, o para su aplicación directa sobre algún servicio como el bombeo de agua o la protección catódica en cañerías para prevenir la corrosión. Se prevé que en un futuro cercano los generadores eólicos puedan interconectarse a la red eléctrica domiciliaria, permitiendo generar un ahorro en la energía consumida de la red.

### 2.2 VIDA ÚTIL

La vida útil de un aerogenerador oscila entre los 15 y los 20 años, según su diseño, y en

condiciones de instalación y mantenimiento conforme a las indicaciones del fabricante.

### 2.3 FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES BÁSICOS

Un sistema de generación eólica se compone básicamente de las siguientes partes:

- Generador eólico
- Torre

- Transmisión de energía
- Sistema de control
- Almacenamiento. (Opcional)
- Conversión a 220 V. (Opcional)

#### 2.3.1

##### Generador eólico

El generador eólico, se compone de las siguientes partes:

**1. Rotor.** Según el diseño de cada equipo, puede estar compuesto por el cubo y dos o más aspas. Ver figura 2.2

**2. Generador eléctrico.** Es la máquina que convierte la energía mecánica asociada al giro del eje del rotor en energía eléctrica. Puede ser de tipo sincrónico (emplea generalmente imanes permanentes) o asíncrono (rotor jaula de ardilla).

**3. Veleta de orientación.** Diseñada para orientar al rotor de manera de exponerlo a la

dirección del viento en cada momento.

**4. Sistema de control del rotor.** Modifica las características aerodinámicas del aerogenerador para adecuarlo a la cantidad de viento en cada momento, ya sea modificando el ángulo de las aspas sobre su eje longitudinal o desviándolo de la orientación del viento por plegado de la veleta.

**5. Cajas multiplicadoras.** Sirven para adecuar la velocidad de giro del rotor a las necesidades del generador eléctrico.

**6. Soporte giratorio.** Permite el movimiento de orientación alrededor del eje de la torre.



**7. Freno manual.** Es un dispositivo que sirve para mantener detenido el rotor en determinadas situaciones, por ejemplo, para realizar mantenimiento sobre el aerogenerador, el tablero o las baterías.

**8. Sistema antitorsión de cables de bajada.** Compuesto por pistas y escobillas que permiten transmitir la energía evitando problemas

debidos al excesivo giro del equipo en un mismo sentido.

**9. Sistema de protección contra velocidades de viento excesivas.** Estos pueden ser por plegado de la veleta o cola, o por algún otro medio eléctrico, inercial o mecánico que prevenga la avería del equipo cuando el viento supera la máxima velocidad de funcionamiento.

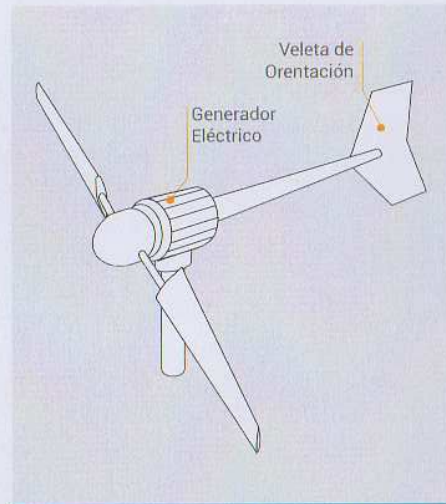


Fig. 2.1. Fuente: Mosconi, 2007

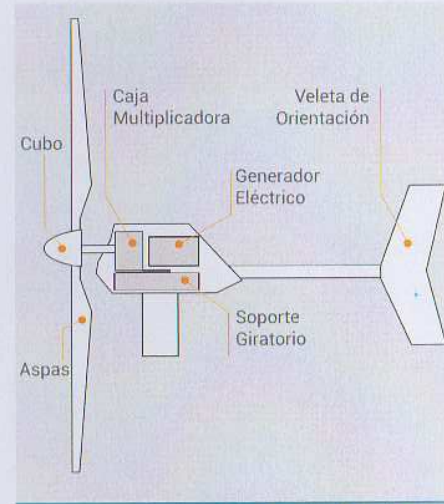


Fig 2.2. Fuente: Elaboración Propia

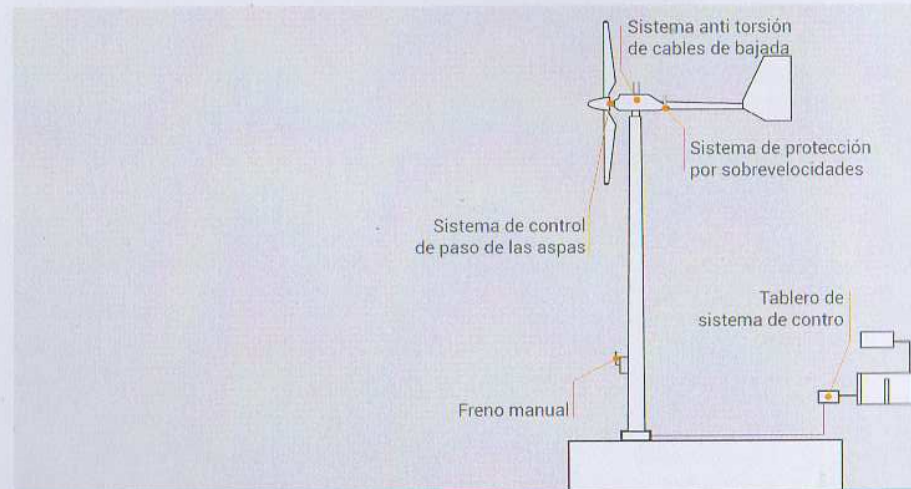


Fig 2.3. Fuente: elaboración propia

### 2.3.2 Torre

La torre se compone de los siguientes elementos:

**1. Torre.** Utilizada para elevar al aerogenerador exponiéndolo a vientos de mayor velocidad y menor turbulencia. Pueden ser: tubulares o reticuladas, con riendas o autoportantes (sin riendas).

**2. Base.** Fundación destinada a soportar al aerogenerador en la torre.

**3. Elementos de sujeción.** Muertos, riendas, herrajes.

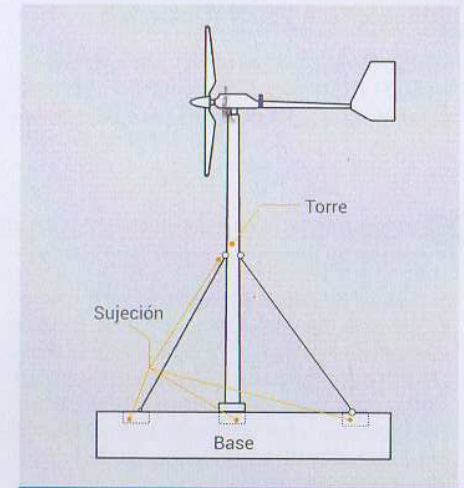


Fig 2.4. Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.3 Transmisión de energía

La transmisión de energía se realiza mediante cables generalmente subterráneos, para conducir la energía desde el generador eó-

lico hasta el tablero de control y banco de baterías. Esto comprende conectores, zanjeo, ductos, etc.

### 2.3.4 Sistema de control

El sistema de control transforma mediante un rectificador la corriente alterna en corriente continua y a través de un regulador de voltaje adecua el nivel de tensión al del banco de baterías. Cuando las baterías se encuentran

completamente cargadas, deriva la energía excedente a un banco de resistencias de disipación. Existen sistemas de control más complejos, cuyo detalle excede el alcance de esta guía.

### 2.3.5 Almacenamiento. (Opcional)

En aplicaciones aisladas de la red eléctrica, suelen utilizarse bancos de baterías para disponer de energía en los momentos en que el viento es insuficiente.

Típicamente se utilizan baterías de ciclo profundo, lo que las distingue de las baterías de automotores en la capacidad de sobrevivir a descargas profundas o numerosos ciclos de carga-descarga a lo largo de su vida útil.



### 2.3.6

#### Conversión a 220 V (Opcional)

Los artefactos eléctricos de uso habitual requieren alimentación eléctrica en 220 V de corriente alterna. Por este motivo se utiliza un

inversor que transforma la corriente continua del banco de baterías en corriente alterna de 220 V y 50 ciclos por segundo (Hz).

## 2.4 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

El objetivo de cualquier sistema de generación eólica es la alimentación de distintos tipos de artefactos eléctricos. El tipo de carga a abastecer por un generador eólico es bastante variado, como se ha mencionado anteriormente. Es importante tener en cuenta que la potencia máxima que un sistema eólico puede proporcionar dependerá de la velocidad de viento, y de la disponibilidad de un banco de baterías con la capacidad para proveer esa potencia. Pero quizás el factor más relevante en el diseño de un sistema eólico, es la energía que se espera que pueda entregar y si admitirá o no intervalos de interrupción de suministro. Normalmente se puede estimar la cantidad de días seguidos sin viento que puede haber en una zona, del mismo modo que se puede estimar la cantidad de días sin sol.

Los generadores eólicos pueden conectarse en conjunto con otras fuentes de energía formando parte de un sistema híbrido. Por ejemplo, en una zona con alta radiación solar y vientos frecuentes, se puede conectar paneles solares (fotovoltaicos) y generadores eólicos con el objetivo de cubrir las demandas de energía eléctrica en momentos en donde hay sol, pero no viento y viceversa. En el mismo sentido, los generadores eólicos pueden conectarse con grupos electrógenos alimentados con combustibles fósiles, evitando el consumo de estos combustibles en los momentos en que hay viento disponible. De esta manera, si se requiere de energía ininterrumpida es habitual instalar sistemas híbridos (como es el caso de los sistemas de comunicaciones, que se consideran un servicio crítico).

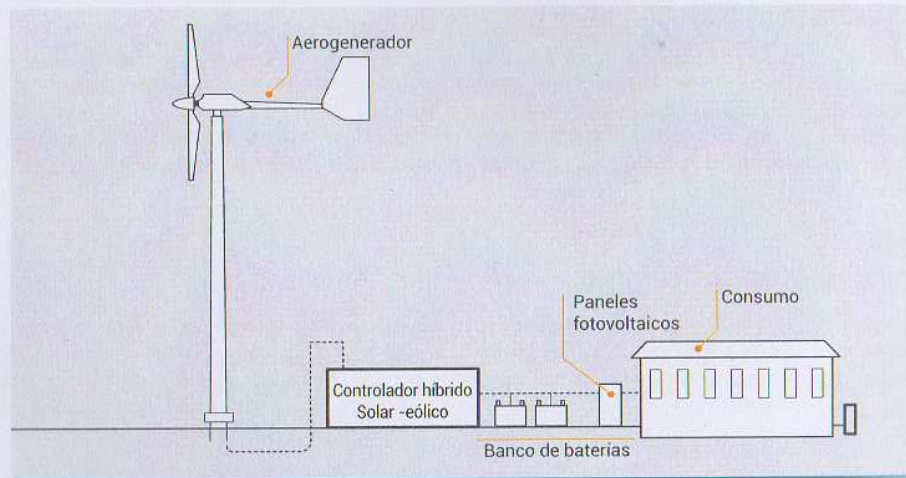


Fig 2.5. Fuente: elaboración propia

En el caso de los generadores eólicos interconectados a la red, la diferencia fundamental en la instalación radica en la ausencia de la acumulación en baterías, la incorporación de medidores adicionales y de protecciones

eléctricas para evitar que se genere energía cuando se interrumpe el suministro de la red (el funcionamiento en isla), entre otros problemas de seguridad.

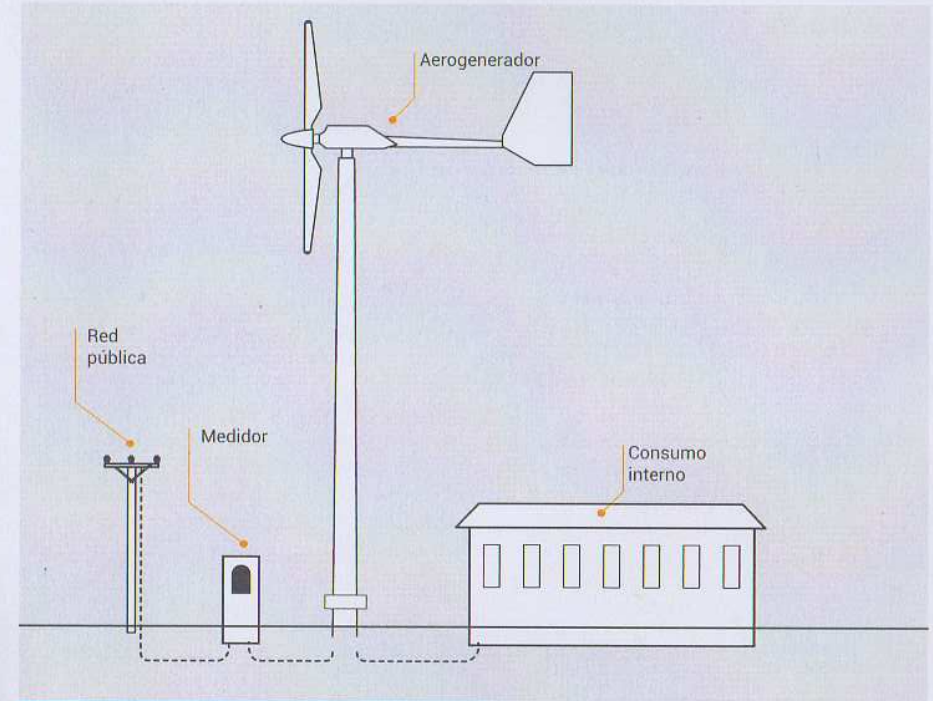


Fig. 2.6. Fuente: Mosconi 2007



# 3 QUÉ NECESITO SABER

## 3.1 PLANEAMIENTO

Pasos a seguir en la adquisición de un sistema de energía eólica de baja potencia:

1º Contar con una rosa de los vientos

2º Recabar información sobre:

- La intensidad y la orientación del viento en la zona
- El consumo de los artefactos eléctricos
- El espacio físico donde se desea instalar.

3º Contactar al fabricante o distribuidor.

4º Con la información recabada en el 2º paso, el fabricante va a sugerir el tipo de equipamiento (tanto el generador eólico como la batería) que mejor se adapte a la demanda de energía eléctrica.

Es importante considerar que los equipos tienen una producción energética en función del viento disponible de cada momento. De esta manera, al adquirir un generador eólico de una potencia determinada, no está garan-

tizada la disponibilidad de esa potencia durante el 100% del tiempo. Para complementar el consumo de electricidad con la capacidad del generador eólico se utilizan los bancos de baterías.

Para optimizar la inversión que requiere un generador eólico se recomienda racionalizar al máximo la demanda de energía. Esto puede hacerse de distintas maneras, por ejemplo:

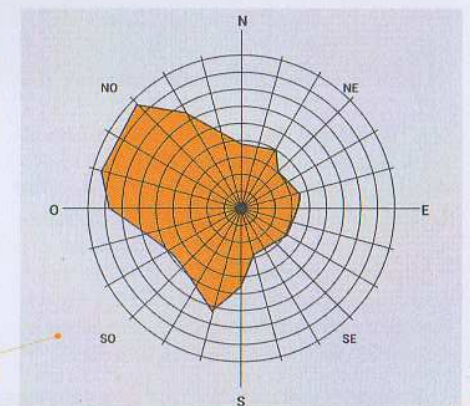
1. Reemplazar lámparas incandescentes por bajo consumo, tubos fluorescentes o LED.
2. Desconectar los artefactos cuando no están siendo usados (modo standby)
3. Elegir electrodomésticos de mayor eficiencia energética en el mercado (clase eficiencia energética A).
4. Si sólo se dispone de calefacción o refrigeración eléctrica, mejorar la aislación térmica de las edificaciones.

### Estimación de la demanda de energía eléctrica

El usuario puede comenzar estimando la demanda si tiene en cuenta los siguientes datos: cantidad y tipo de artefactos, potencia nominal, potencia máxima de consumo, horas de uso de cada artefacto por día. De esta manera se obtiene la información sobre la energía que se consumirá.

Como ejemplo se toma una vivienda familiar típica de cuatro personas, donde la tabla de consumos estimados es la siguiente:

La Rosa de los Vientos es un diagrama polar que indica la dirección e intensidad de los vientos predominantes.



Fuente: elaboración propia



| CANTIDAD | ARTEFACTO                             | POTENCIA NOMINAL CONSUMIDA [W] | POTENCIA MÁXIMA DEMANDADA [W] (A) | HORAS USO POR DÍA [H] (B) | ENERGÍA CONSUMIDA POR DÍA [WH] (A)X(B) |
|----------|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| 10       | Lámpara bajo consumo                  | 11                             | 11                                | 4                         | 440                                    |
| 1        | Televisor LED                         | 100                            | 100                               | 4                         | 400                                    |
| 1        | Heladera c/ freezer                   | 400                            | 1600                              | 6                         | 2400                                   |
| 1        | Notebook                              | 65                             | 65                                | 4                         | 260                                    |
| 1        | Herramienta chica (taladro o similar) | 120                            | 360                               | 1                         | 120                                    |
| 1        | Lavarropas                            | 1000                           | 3000                              | 1                         | 1000                                   |
| 10       | Cargador celular                      | 100                            | 100                               | 4                         | 400                                    |
|          | <b>TOTAL</b>                          | <b>1796</b>                    | <b>5236</b>                       |                           | <b>5020</b>                            |

Podrá encontrar otros consumos típicos y personalizar su tabla de consumos en [www.aerogenerar.com.ar](http://www.aerogenerar.com.ar)

La diferencia entre la potencia nominal y la potencia máxima se da en algunos artefactos, que tienen mayor consumo al ponerlos en marcha. Esto se especifica en la etiqueta del producto.

Según los datos indicados en la tabla, el caso analizado requerirá un sistema de generación eólica que abastezca:

Energía diaria: 5020 Wh/d

Potencia nominal: 1796 W

Potencia Máxima: 5236 W

Para abastecer de energía a los consumos detallados se demandaría una producción energética de **150.600 Wh/mes (150,6 kWh/mes) o aproximadamente 2000 kWh/año.**

Los fabricantes de aerogeneradores brindan a los futuros usuarios una tabla con la producción energética de cada equipo en sitios

con diferentes medias anuales de viento. A continuación se muestra una tabla típica.

| Estimación Energía Anual Producida (EAP)                                   |                               |
|--|-------------------------------|
| PROMEDIO DE VELOCIDAD ANUAL DE VIENTO A LA ALTURA DEL EJE (RAYLEIGH) [M/S] | ENERGÍA ANUAL PRODUCIDA [KWH] |
| 4  | 867                           |
| 5  | 1658                          |
| <b>6</b>   | <b>2398</b>                   |
| 7  | 2990                          |
| 8  | 3424                          |
| 9  | 3713                          |
| 10   | 3878                          |
| 11   | 3942                          |

Podrán encontrarse tablas de este tipo para los aerogeneradores ensayados por el INTI en la página [www.inti.gob.ar/neuquen](http://www.inti.gob.ar/neuquen).

En función de los datos obtenidos en la tabla anterior, se observa que para poder abastecer la energía calculada (2000 kWh/año), el aerogenerador deberá instalarse en una zona en la que la media anual sea igual o superior a 6 m/s. A la evaluación preliminar realizada resta agregar las consideraciones acerca del banco de baterías. Este componente se definirá a partir de la consideración de los días sin viento consecutivos que podrán darse en cada lugar. Por ejemplo, si se estima que en el sitio pueden existir periodos de 2 días consecutivos sin viento, el banco de baterías deberá ser capaz de almacenar una cantidad de energía suficiente como para abastecer los consumos de la casa durante esos 2 días. En la página [www.aerogenerar.com.ar](http://www.aerogenerar.com.ar) se encuentra disponible una herramienta para realizar este cálculo.

La decisión sobre el tipo y la cantidad de generadores eólicos a instalar en cada caso se define en función a la demanda, al costo total de la instalación y debe hacerse con el proveedor del sistema de generación eólica. La brecha entre la demanda y la energía capaz de entregar por el o los equipos puede ser cubierta empleando otras fuentes renovables o no renovables.

Los modelos de sistemas de generación eólica ofrecidos en el país, tienen un costo por kW instalado que ronda entre los 30.000 \$/kW y 50.000 \$/kW\*. En general se observa que, cuanto mayor sea la potencia del aerogenerador, menor será el costo por kW del sistema total.

\*Equivalente entre 2900 a 4800 litros de gasoil (Enero de 2015).

### 3.2 INSTALACIÓN

La instalación de un sistema de generación eólico de baja potencia abarca múltiples tareas de distintas especialidades. Estas tareas tienen que ser realizadas por personal capacitado. El INTI, en conjunto con los fabricantes nacionales de aerogeneradores de baja potencia, ha

elaborado Una guía de contenidos destinados a la instalación de aerogeneradores. Este documento se tomará como referencia para la capacitación y certificación de competencias de las personas que realizan instalaciones y mantenimiento de aerogeneradores de baja potencia.

Consultar la base de datos de instaladores disponible en [www.inti.gob.ar/neuquen](http://www.inti.gob.ar/neuquen) y [www.aerogenerar.com.ar](http://www.aerogenerar.com.ar)



### 3.3 USO Y MANTENIMIENTO

Las condiciones de uso y mantenimiento de los equipos estarán detalladas en el manual del usuario de cada modelo. Es importante que el usuario comprenda la diferencia entre

las actividades rutinarias de mantenimiento y aquellas que requieran la intervención de personal especializado.

### 3.4 SERVICIOS POST-VENTA

Todos los fabricantes ofrecen un servicio de asistencia técnica a los usuarios, relacionada con el funcionamiento y/o desempeño de los equipos instalados. Estos servicios consisten en:

1. Recambio de partes
2. Asesoramiento ante fallas y bajas de rendimiento

#### 3. Seguimiento de parámetros de funcionamiento

Es importante que antes de intervenir sobre cualquier parte de un equipo en funcionamiento, el usuario contacte al fabricante.

Antes de confirmar la compra de un generador eólico determinado, el futuro usuario puede registrarse en [www.aerogenerar.com.ar](http://www.aerogenerar.com.ar) y consultar a otros usuarios sobre la experiencia en el uso de un equipo en particular.

### 3.5 ¿QUÉ REQUISITOS DEBE SATISFACER UN AEROGENERADOR CONFIABLE?

1. Debe ser constructivamente apto para funcionar en el sitio donde se instalará. Para asegurarse de que sea así se debe contar con una declaración del fabricante que lo determine para un caso particular o un certificado de ensayo emitido por un laboratorio independiente que defina la clase del aerogenerador.

2. Tener una estimación de la energía que se podría generar en una zona de viento similar a la que se está evaluando.

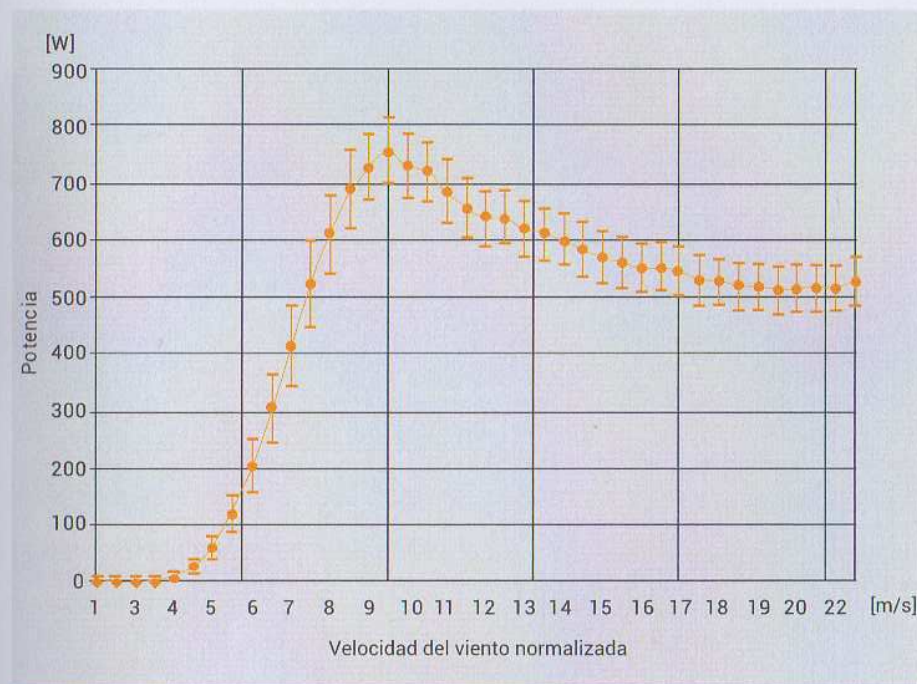
3. Tener una garantía clara y un servicio de asistencia de post-venta local.

Las características del viento determinan la clase de aerogenerador adecuado para las condiciones meteorológicas de un sitio en particular.

La clase se define con la velocidad media anual a la altura del rotor, la velocidad de las ráfagas extremas que puedan ocurrir en un periodo de 50 años, y la intensidad de turbulencia presente en el sitio.

La estimación de la energía anual producida se obtiene mediante los resultados de un ensayo de curva de potencia emitido por un

organismo independiente. Un ejemplo de estos ensayos se muestra en la siguiente figura.

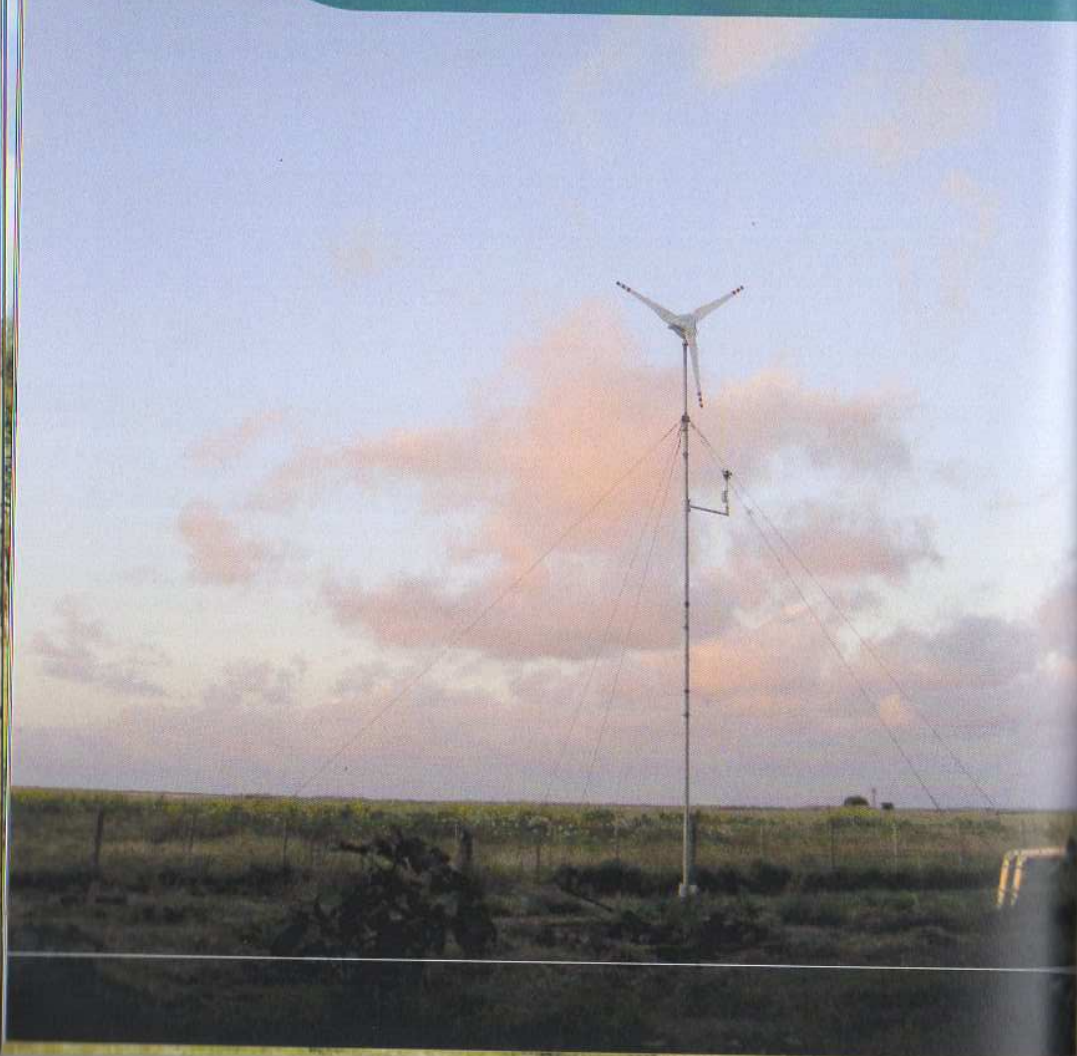


Con datos obtenidos de este ensayo es posible calcular una estimación de la cantidad de energía que el aerogenerador produciría

en un año, en lugares con distinta velocidad media anual de viento, como se mencionó en la tabla EAP.



## 4 DÓNDE CONVIENE INSTALARLO



Antes de instalar un aerogenerador se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Disponibilidad de viento. (ver 4.2)
2. Espacio libre de obstáculos (ver 4.3)
3. Verificar si las regulaciones locales permiten la instalación de aerogeneradores.
4. Tener en cuenta otras fuentes renovables que se podrían usar para darle mayor confiabilidad al sistema.

### 4.1 REQUERIMIENTO DE VIENTOS

La energía eléctrica que un generador eólico puede ofrecer depende —en gran medida— de la disponibilidad del viento en el sitio en el que se lo instala. Es por esta razón que la localización del aerogenerador se definirá, principalmente, de forma de maximizar el viento disponible.

Como se detallará en el apartador 4.3, las irregularidades del terreno, la distancia, las dimensiones de los obstáculos cercanos y la altura del rotor respecto del nivel del suelo afectan a la cantidad de viento aprovechable por un aerogenerador.

Los generadores eólicos de baja potencia funcionan dentro de un rango definido de velocidades de viento:

1. Comienzan a funcionar a partir de 2 a 4 m/s. A esta velocidad se la denomina velocidad de arranque o cut in.

2. Cuando el viento alcanza una velocidad a partir de la cual se excede la potencia del aerogenerador o existe un riesgo para la integridad del equipo, se activa automáticamente un mecanismo de protección. El tipo de protección depende de cada modelo, pero en términos generales todos modifican el área del rotor expuesta al viento, de forma de minimizar la potencia generada. Esta velocidad de protección se encuentra generalmente entre los 15-20 m/s.

Todos los modelos de aerogeneradores disponen de sistemas de frenado manual que permiten al usuario desconectar el equipo para la realización de mantenimiento o ante la ocurrencia de alguna falla.

### 4.2 ¿CÓMO SE ESTIMA EL VIENTO DE UN LUGAR?

La cantidad de viento en un sitio se estima a través del promedio de velocidades medidas en un año. Como regla general se define que la media anual debe superar los 5 m/s (18 km/h), para que tenga sentido la instalación de un aerogenerador de baja potencia.

En el caso de los generadores eólicos de baja potencia, el estudio previo del recurso eólico no resulta tan crítico como en los grandes parques eólicos, sin embargo es necesario

estimar el viento en cada zona para calcular la energía que se producirá en ese sitio, con un margen de error aceptable.

Es común cometer el error de tomar en cuenta percepciones personales para definir si un sitio es apto para instalar un sistema eólico. Por esta razón es importante no tomar decisiones apresuradas y tener en cuenta las siguientes técnicas de estimación, en orden de preferencia:



**1. Campañas de medición in situ:** para determinadas situaciones, sobre todo en las que se prevé la instalación de varios aerogeneradores, puede justificarse la colocación de una torre meteorológica en el lugar por un período de al menos un año.

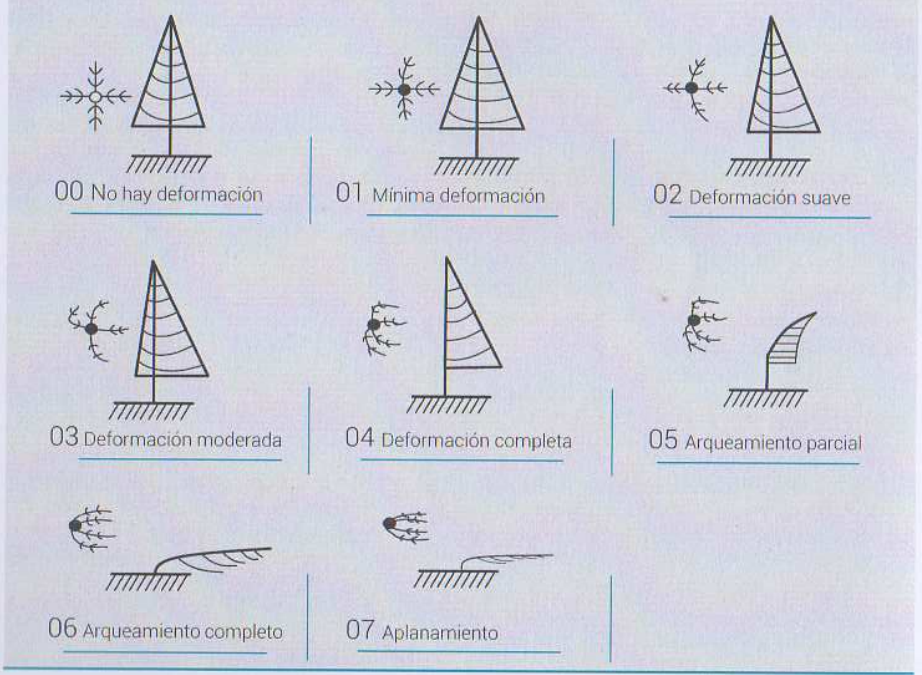
**2. Mapa Eólico Argentino:** el Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado por el Centro Regional de Energía Eólica de Chubut y el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, toma datos de diversas fuentes, obteniendo a través de un modelo, datos de viento para la localización de sistemas eólicos. Se puede acceder a esta información en [www.sigeolico.minplan.gov.ar](http://www.sigeolico.minplan.gov.ar), a partir de un simple registro.

**3. Información de vientos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN):** el SMN dispone de numerosas estaciones meteorológicas localizadas en varios puntos del país que miden presión, temperatura y velocidad de viento, disponibles en: [www.smn.gov.ar](http://www.smn.gov.ar).

**4. Mediciones de estaciones meteorológicas cercanas:** diversas actividades productivas, sobre todo las agropecuarias, emplean estaciones para monitorear condiciones climáticas.

**5.** Es posible la realización de estimaciones preliminares del viento disponible en una región a partir de una observación cuidadosa de la vegetación. Puede tomarse como referencia la siguiente tabla.

VIENTO PREDOMINANTE



| Índice de deformación     | 01  | 02  | 03  | 04  | 05  | 06  | 07 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Velocidad media anual m/s | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 10 |

Fuente: Generación Eólica - Curso a Distancia, UFLO. 2009 -

4.3 ¿CÓMO ELEGIR EL LUGAR ADECUADO? CONDICIONES GENERALES

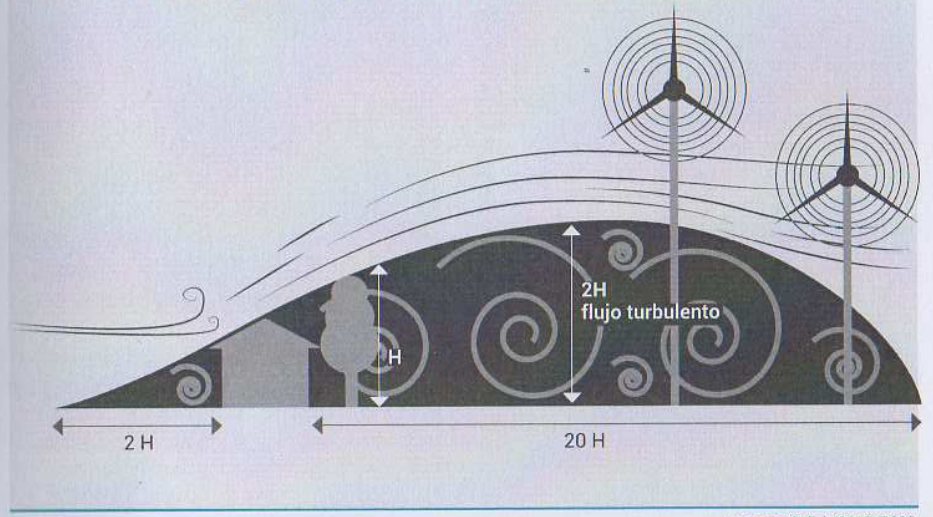
En términos generales el mejor rendimiento de un aerogenerador se logra en sitios des-campados y de buena altura. Todo obstáculo como árboles y construcciones provocan turbulencias que disminuyen la velocidad del viento.

Los montes, si se encuentran a más de 150 metros, no son considerados como obstáculos. Debe tenerse en cuenta, para la evaluación de

los obstáculos, el frente con mayor frecuencia de vientos y no aquel que presenta los vientos más fuertes. Un aerogenerador es muy útil cuando genera corriente constante aunque esta carga sea de bajo valor.

A continuación se muestra un esquema con criterios generales de localización en función de la presencia de obstáculos.

OBSTRUCCIÓN DEL VIENTO POR UN EDIFICIO O UN ÁRBOL DE ALTURA H



Fuente: Ehrlich, 2010. P.210.



## 5 RELATO DE EXPERIENCIAS

### GENERAL LAVALLE, BUENOS AIRES. FABRICANTE: EOLOCAL. GENERADOR EÓLICO DE 700 W.

Isaías y Federico lograron instalar un aerogenerador para suministrar energía eléctrica al puesto rural en el que vive Isaías, en un solo día de trabajo y con la ayuda de un manual de autoinstalación. Anteriormente realizaron cinco fundaciones sobre las que se apoya una torre y de donde se sujetan las riendas.

La instalación consistió en colocar la torre rebatible con sus respectivas riendas de acero, armar las aspás, montarlas al generador, y montar el timón y la cola. Se colocó grasa de litio en la punta de la torre y en el timón, y luego se montó el aerogenerador.

Antes de izarlo, se tendió un cable subterráneo a la casa y se amuró un tablero, para luego conectarlos a un banco de baterías.

Con la ayuda de una camioneta Isaías y Federico elevaron el aerogenerador. Quitaron el freno eléctrico, y el equipo comenzó a funcio-

nar. Por la noche Isaías encendió el televisor para ver el mundial de fútbol.



### DEPARTAMENTO DE MALARGÜE - MENDOZA FABRICANTE: ST CHARGER GENERADOR EÓLICO DE 600 W

En el año 2011 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) solicitó a ST Charger un aerogenerador para suministrar energía a la Estación Multiparamétrica en la base del Volcán Peteroa, en la cordillera de los Andes. Luego de varios encuentros, en marzo de 2012 se realizaron las instalaciones.

La zona sólo puede ser visitada durante unos pocos días al año, dado que las condiciones climáticas son hostiles. Tomando en cuenta este contexto, se desarrolló un equipo de alta durabilidad.

La alimentación de los sensores sismográficos, los transmisores satelitales y el resto de la instrumentación electrónica dependen en gran medida de la energía producida por el aerogenerador.



Después de más de dos años de uso, en condiciones severas y ausencia casi total de mantenimiento, el aerogenerador sigue funcionando con las mismas prestaciones del primer día.

### PUERTO SAN JULIÁN, SANTA CRUZ. FABRICANTE: WINDEARTH SRL. GENERADOR EÓLICO DE 5000 W.

En el año 1999 se fabricó e instaló un aerogenerador en el recorrido del gasoducto General San Martín, a la altura de Puerto San Julián en la provincia de Santa Cruz. Se incluyó un equipo de control de corriente y tensión (Choooper) con el cual se alimenta un sistema de protección catódica. De esta manera la energía producida por el aerogenerador previene la corrosión en las tuberías de gas.

Por otro lado, Windearth SRL ha fabricado e instalado varios aerogeneradores para distintas empresas petroleras.



### MALARGÜE, MENDOZA. FABRICANTE: ELECTROMECAÁNICA BOTTINO HNOS SA. GENERADOR EÓLICO 1500 W

En el año 2010 la Municipalidad de Malargüe, encargó a la Electromecánica Bottino un sistema de equipos que se instaló en el paraje Aguas Amargas. Dicho sistema se encuentra conformado por un generador eólico, pantallas solares y una pequeña planta purificadora de agua que consiste en una bomba electrosumergible, un dosificador electrónico de cloro y un caudalímetro. Este sistema permitió suministrar agua potable a más de cinco familias que viven en el paraje. La Municipalidad se encargó de instalar una red de cañerías que junto con el sistema satisfacen las demandas de abastecimiento de agua y energía hasta la actualidad.





## 6 LISTADO DE FABRICANTES

Agroluz // [www.agroluz.com.ar](http://www.agroluz.com.ar)

Electromecánica Bottino Hnos. SA // [www.ebhsa.com.ar/](http://www.ebhsa.com.ar/)

Eólica Argentina SRL // [www.eolicaargentinasrl.com.ar](http://www.eolicaargentinasrl.com.ar)

Eólica Salez // [www.eolicasalez.blogspot.com](http://www.eolicasalez.blogspot.com)

Eolocal // [www.eolocal.com.ar](http://www.eolocal.com.ar)

Giacobone - Eolux // [www.giacobone.com](http://www.giacobone.com)

Giafa SRL // [www.giafa.com.ar](http://www.giafa.com.ar)

Grupo ALP // [www.alpgroup.com.ar](http://www.alpgroup.com.ar)

Grupo Écolo // [www.grupoecolo.com](http://www.grupoecolo.com)

H2Systems // [www.h2systems.com.ar](http://www.h2systems.com.ar)

Invap Ingeniería SA // [www.invap.com.ar](http://www.invap.com.ar)

Pablo Alvarez // [palvar1965@yahoo.com.ar](mailto:palvar1965@yahoo.com.ar)

ST Charger // [www.stcharger.com](http://www.stcharger.com)

Tecnotrol SRL // [www.tecnotrol.com](http://www.tecnotrol.com)

Windearth // [www.windearth.com.ar](http://www.windearth.com.ar)

Consultas por actualizaciones: [www.aerogenerar.com.ar](http://www.aerogenerar.com.ar) y [www.inti.gob.ar/neuquen](http://www.inti.gob.ar/neuquen)

## 7 REFERENCIAS Y FUENTES CONSULTADAS

**EHRlich, Robert (2010):** "Renewable Energy: A First Course". Editorial CRC Press. EEUU.

**MOSCONI, Osvaldo Luis (2007):** "Energía Eólica para nivel Medio". Secretaría de Hidrocarburos y minería. Centro de Energías. Provincia de Chubut.

**UFLO, (2009). Generación Eólica - Curso a Distancia.** Universidad de Flores.

**ENERGY SAVING TRUST (2009).** 21 Dartmouth Street, London SW1H 9BP C01711. Energy Saving Trust July. E&OE. [www.energysavingtrust.org.uk](http://www.energysavingtrust.org.uk)

**PAD MINCYT (2014).** Aspectos generales para la instalación de un aerogenerador de baja potencia.

[www.inti.gob.ar/neuquen](http://www.inti.gob.ar/neuquen)