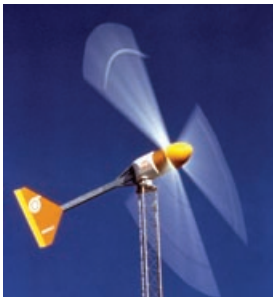
Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad

Una guía para consumidores en los EE.UU.



Departamento de Energía, EE.UU.

Departamento de Energía, EE.UU.
Energía Eficiencia y Energía Renovable
Brindándole un futuro próspero en el cual la energía es limpia, abundante, confiable y no costoso.

Sitio—Una casa habitación en Charlotte, Vermont
Capacidad—10 kilowatts
Fabricante—Bergey Windpower Company
Fotografía—Trudy Forsyth, NREL/PIX09123

Sitio—Proyecto de Energía Eólica de Wales, Wales, Alaska
Capacidad—0.1 MW, completado en el año 2000
Fabricante—Atlantic Orient Corporation
Desarrollador—Asociación Eléctrica Kotzebue
Fotografía—Steve Drouilhet, NREL/PIX09674

Capacidad—10 kilowatts
Fabricante—Bergey Windpower Company
Fotografía—Bergey Windpower Company, NREL/PIX02102

Sitio—Granja cercana a Wheeler, Texas
Capacidad—1 kilowatt
Fabricante—Southwest WindPower
Fotografía—Elliott Bayly

Sitio—Granja en el oeste de Kansas
Capacidad—10 kilowatts
Fabricante—Bergey Windpower Company
Fotografía—Warren Gretz, NREL/PIX09618

Sitio—Cabaña en South Park, Colorado
Capacidad—600 watts
Fabricante—Southwest WindPower
Fotografía—E. Mackenna, NREL/PIX04712

Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad

Una guía para consumidores en los EE.UU.

Introducción

¿Puedo usar energía eólica para generar electricidad en mi hogar? Esta pregunta es cada vez más frecuente por todo el país, y especialmente entre aquellas personas que buscan fuentes de energía accesibles y confiables.

Los sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad pueden contribuir significativamente a las necesidades de energía de nuestra nación. Aunque tengan el nombre de pequeñas, las turbinas eólicas son lo suficientemente grandes para proporcionar una parte importante de la energía requerida en los hogares promedio de los Estados Unidos pues generalmente las propiedades son de un acre o más de superficie (aproximadamente 21 millones de hogares están construidos una superficie de un acre o mayor), asimismo el 24% de la población del país vive en áreas rurales.

Un sistema eólico pequeño funcionará para usted si:

- Donde usted vive existe suficiente viento
- En su vecindario o área rural se permite la instalación de torres altas
- Cuenta con suficiente espacio
- Puede determinar cuanta energía necesita o quiere generar
- Es económicamente viable para usted.

El objetivo de esta guía es proporcionarle la información básica de los sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad, y ayudarle a tomar una decisión sobre si estos sistemas pueden ser funcionales para usted.

Bergey Windpower / PIX01476

Los propietarios de casas habitación, de ranchos y de pequeñas aplicaciones productivas pueden usar el viento para generar electricidad y reducir su facturación por este servicio. Este sistema interconectado a la red que se encuentra instalado en una casa habitación en Norman, Oklahoma reduce alrededor de 100 dólares al mes la facturación de electricidad.

Contenido

Introducción 1
Antes que nada ¿Cómo puedo hacer mi hogar más eficiente respecto al consumo de energía? 2
¿Es la energía eólica práctica para mis necesidades? 3
¿Cuál es el tamaño de turbina eólica que requiero? 4
¿Cuales son las partes básicas de un sistema eólico pequeño para generación de electricidad? 5
¿Cuánto cuesta un sistema de energía eólica? 7
¿Dónde puedo conseguir asistencia técnica para la instalación y el mantenimiento? 8
¿Cuanta energía generará mi sistema eólico? 9
¿Hay suficiente recurso eólico en mi localidad? 11
¿Cómo elegir el mejor sitio para instalar mi turbina eólica? 14
¿Puedo conectar mi turbina eólica a la red de suministro de la compañía eléctrica? 15
¿Puedo desconectarme de la red? 19
Glosario 21
Para mayor información 22

¿Por qué debería elegir a la energía eólica?

Porque los sistemas de energía eólica cuentan con una de las mejores relaciones costo/beneficio para aplicaciones de energías renovables en los hogares.

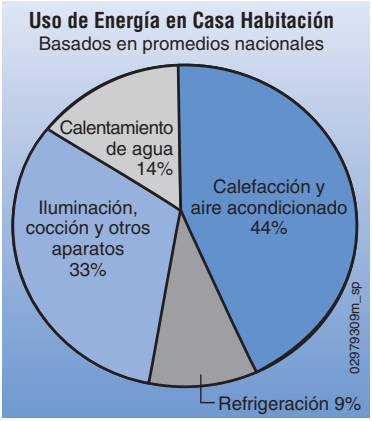
Dependiendo del recurso eólico una turbina eólica puede reducir la facturación eléctrica entre el 50 y el 90%, y ayudarle a evitar los altos costos de extender las redes de suministro a sitios remotos, prevenir interrupciones de energía y además no es contaminante.

¿Cómo funcionan las turbinas eólicas?

El viento se genera por un calentamiento irregular de la superficie terrestre por parte del sol. Las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual acciona un generador que produce energía eléctrica limpia. Actualmente, las turbinas eólicas son versátiles fuentes de electricidad. Sus alabes o "palas" tienen un diseño aerodinámico que les permite capturar la mayor cantidad de energía del viento, pues éste las hace rotar, accionando una flecha acoplada al generador y así obtener electricidad.

Antes que nada ¿Cómo puedo hacer mi hogar más eficiente respecto al consumo de energía?

Antes de elegir un sistema eólico para el hogar o actividad productiva, se debe considerar la reducción del consumo energético, implementando la eficiencia energética. Reducir su consumo de energía se verá reflejado significativamente en sus facturaciones, así como también el tamaño de los equipos de energía renovables que necesitará. Para implementar la eficiencia energética, debe usted considerar una visión completa de sus construcciones. Vea a su hogar como un sistema energético con partes interrelacionadas, las cuales trabajan en forma sinergética para contribuir a la eficiencia total del sistema. Desde el aislamiento de paredes hasta el uso de lámparas eficientes en los



La mayor parte de la facturación del consumo de energía eléctrica en el hogar es por la calefacción y el enfriamiento de espacios.

interiores, existen muchas maneras en las cuales se puede mejorar la eficiencia energética.

- Invirtiendo algunos cientos de dólares en aislamientos adecuados y productos de climatización, se pueden reducir sus necesidades de energía para enfriamiento y calefacción hasta en un 30%.
- Con un mantenimiento adecuado y mejora de sus sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, puede ahorrar dinero e incrementar su comodidad.
- Instale ventanas con doble vidrio, con aislamiento de aire y con recubrimiento de baja emisividad, para reducir las pérdidas de calor en climas fríos; y recubrimientos selectivos del espectro solar para reducir las ganancias de calor en climas calurosos.
- En lugares de uso intensivo puede reemplazar sus focos o bombillas incandescentes con lámparas fluorescentes compactas. Reemplazando el 25% de sus lámparas puede reducir su facturación hasta en un 50%.
- Cuando compre equipos busque aquellos que contengan la etiqueta ENERGY STAR®. Estos equipos han sido identificados por la Agencia de Protección al Medio Ambiente (U.S. Environmental Protection Agency)

y el Departamento de Energía (U.S. Department of Energy) como los equipos de más alta eficiencia energética en su categoría.

- Para Mayor Información acerca de como hacer su casa más eficiente, consulte "Ahorradores de Energía" en la sección Para Mayor Información.

¿Es la energía eólica práctica para mis necesidades?

Los sistemas eólicos pequeños para generación de electricidad pueden proporcionarle una fuente práctica y económica de electricidad, siempre y cuando:

- Su propiedad cuenta con un buen recurso eólico
- Su hogar o actividad productiva está ubicada en una área rural de al menos un acre de extensión
- Las cláusulas o normas de su localidad permiten la instalación de turbinas eólicas
- Su facturación promedio de electricidad por mes es de 150 dólares o más
- Su propiedad se encuentra en una área remota con dificultades para el acceso de la red de suministro de electricidad
- No le disgusta invertir a plazos largos.

Aspectos que debe tomar en cuenta en localidad

Antes de invertir en un sistema de energía eólica, debe tomar en cuenta posibles problemas que pudieran surgir. Por ejemplo, algunas jurisdicciones restringen la altura de estructuras en áreas residenciales, aunque frecuentemente es posible que existan excepciones. La mayoría de las leyes limitan esta altura a 35 pies. Usted puede conocer estas restricciones llamando a su inspector local de construcciones, al departamento de supervisores, o al de planeación. Ellos le pueden indicar si requiere obtener un permiso de construcción y proporcionarle una lista de requerimientos.

Adicionalmente, sus vecinos podrían objetar que su turbina eólica obstruye su visibilidad, o podría molestarles el ruido. La mayoría de los problemas de estética y de su localidad pueden ser sorteados proporcionando información objetiva de la energía eólica. Por ejemplo, el nivel de ruido de las turbinas eólicas residenciales modernas está entre los 52 y 55 decibelios. Esto significa que se puede distinguir el ruido de la turbina eólica únicamente si uno se lo propone y se concentra en hacerlo, así que una turbina eólica para aplicaciones domésticas no es más ruidosa que su refrigerador.

En Clover Valley, Minnesota, esta turbina eólica Whisper H175 de 3 kilowatts, se encuentra instalada en una torre de 50 pies, conectada a la red para compensar el suministro de energía de la red convencional.

World Power Technology / PIX07168

¿Cuál es el tamaño de turbina eólica que requiero?

El tamaño de turbina eólica que usted requiere depende del uso que vaya a hacer de ella. El rango de turbinas pequeñas se encuentra entre los 20 watts y los 100 kilowatts. Las más pequeñas o "micro" (de 20 a 500 watts) se emplean en una gran variedad de aplicaciones, tales como la carga de baterías para vehículos recreacionales y de veleros.

Las turbinas de 1 a 10 kilowatts pueden ser usadas para bombear agua. La energía eólica ha sido usada por siglos en esta aplicación y para la molienda de granos. Aunque los molinos de viento mecánicos aun son una opción sensiblemente de bajo costo para el bombeo de agua en zonas de poco viento, los granjeros y propietarios de ranchos han descubierto que el bombeo eoloeléctrico es más versátil y pueden bombear el doble de volumen de agua con la misma inversión inicial. Además, los molinos de viento tienen que ser colocados encima del pozo donde se extrae el agua, y por lo tanto no se puede aprovechar las mejores condiciones de viento de otros sitios.

Los sistemas eoloeléctricos pueden ser colocados donde se encuentra el mejor recurso del viento y conectarse al motor de una bomba mediante un cableado apropiado.

Elliott Bayly/PIX09681

En un rancho en Wheeler, Texas, esta turbina Whisper de 1 kW genera energía en corriente directa para el bombeo de agua, la cual es almacenada en tanques.

Las turbinas para aplicaciones residenciales pueden estar en el rango de los 400 watts y hasta los 100 kW (para cargas muy grandes), dependiendo de la cantidad de electricidad que se desee generar.

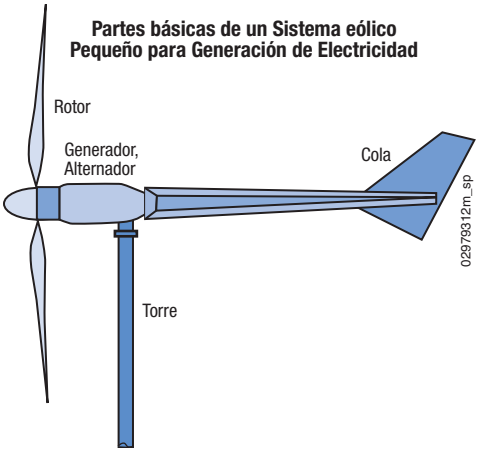
Para aplicaciones residenciales, es recomendable definir sus necesidades de energía para establecer el tamaño adecuado que usted requiere. Debido a que la eficiencia energética es más barata que la producción de energía, aplicando estas prácticas en su hogar seguramente obtendrá mejores resultados de costo / beneficio y como consecuencia requerirá una turbina de menor tamaño (consulte la sección: Antes que nada ¿Cómo puedo hacer mi hogar más eficiente respecto al consumo de energía?). Los fabricantes de turbinas eólicas pueden auxiliarlo a dimensionar el tamaño que usted requiere de acuerdo a sus consumos de electricidad y al recurso eólico de su localidad.

Un hogar típico consume aproximadamente 9,400 kilowatt-horas al año (cerca de 780 kWh por mes). Dependiendo de la velocidad promedio del viento en el área una turbina de potencia nominal de entre 5 y 10 kilowatts, podría hacer una contribución importante para esta demanda. Una turbina de 1.5 kilowatts podría cubrir las necesidades en un hogar que consuma alrededor de 300 kWh al mes en un sitio con una velocidad de 14 millas por hora (6.26 metros por segundo) de velocidad promedio anual. El fabricante puede proporcionarle una estimación de la generación de energía en función de éste parámetro. Asimismo, puede proporcionarle información acerca de la máxima velocidad de viento a que la turbina puede trabajar en forma segura. Aunque la mayoría de ellas cuentan con sistemas de control para evitar que gire a altas velocidades cuando existen vientos muy intensos y sufrir algún desperfecto.

Esta información, junto con la velocidad de viento del sitio y su consumo de energía le ayudarán a decidir cual es el tamaño de turbina eólica más adecuado a sus necesidades de electricidad.

¿Cuales son las partes básicas de un sistema eólico pequeño para generación de electricidad?

Estos sistemas por lo general están compuestos por un rotor, un generador o alternador montado en una estructura, una cola (usualmente), una torre, el cableado, y los componentes del "sistema de balance": controladores, inversores y las baterías. A través del giro de los alabes la turbina convierte la energía cinética del viento en un movimiento rotatorio que acciona el generador.



Turbina eólica

Actualmente, la mayoría de las turbinas fabricadas son de eje horizontal y son de las llamadas "corriente viento arriba" y cuentan con dos o tres alabes, los cuales por lo regular están fabricados con materiales compuestos, tales como fibra de vidrio.

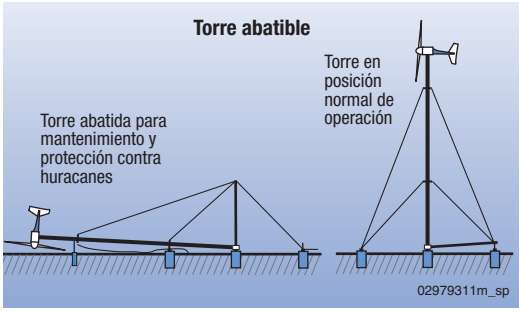
La cantidad de electricidad que una turbina puede generar, está determinada en una primera instancia, por el diámetro del rotor. Este parámetro define su "área de barrido" o la cantidad de viento que es interceptado por la turbina. La coraza de la turbina es la estructura en la cual el rotor, el generador y la cola se encuentran montados. La cola ayuda a mantener a la turbina siempre de frente (perpendicular) al viento.

Torre

Debido a que a mayores alturas el viento es más intenso, la turbina es montada en una torre, por lo general a mayor altura se produce una mayor cantidad de energía. La torre también evita las turbulencias de aire que podrían existir cerca del piso, debidas a obstrucciones como colinas, algunas construcciones y árboles. Por regla general se recomienda instalar la turbina en una torre, en la cual la parte inferior del rotor esté a una altura de 30 pies (9 metros) de cualquier obstáculo que se encuentre a una distancia de 300 pies (90 metros) de la torre. Relativamente inversiones menores en una torre más alta pueden resultar en tasas más altas de generación de energía. Por ejemplo, la diferencia de instalar una turbina a 100 pies (30.4 m), en vez de 60 pies (18.2 m) puede incrementar la inversión en un 10% pero la generación de energía se puede incrementar hasta en un 25%.

Básicamente existen dos tipos de torre: las autoportantes (soporte libre) y las retenidas, siendo estas las de mayor uso para usos residenciales. Estas torres son las más baratas y pueden consistir de secciones estructurales o tubulares, dependiendo del diseño y los soportes para los cables de retenida. Sin embargo, el radio para sostener las retenidas debe ser la mitad o tres cuartos de la altura de la torre, por lo que se requiere tener suficiente espacio para fijarlas. Las torres abatibles son más caras pero le permiten al consumidor poder llevar a cabo, en forma más fácil, el mantenimiento en turbinas pequeñas, de bajo peso, usualmente de 5 kW o menos.

Las torres abatibles facilitan el mantenimiento de las turbinas



Asimismo, las torres pueden ser retraídas durante condiciones climatológicas adversas, tales como huracanes. Las torres de aluminio están propensas a la fractura, por lo que deben evitarse. La mayoría de los fabricantes ofrecen paquetes completos, los cuales incluyen la torre.

El montaje de las turbinas sobre los techados no es recomendable, debido a que todas las turbinas vibran y transmiten ésta a la estructura donde están montadas. Esto puede ser causa de ruido y problemas estructurales con la construcción y además los techados pueden causar excesiva turbulencia acortando la vida útil de la turbina.

Balance del sistema

Los componentes que usted requerirá adicionalmente de la turbina y la torre serán aquellos denominados para el "balance del sistema", los cuales dependerán de su aplicación. La mayoría de los fabricantes pueden proporcionarle un paquete que incluya todas las partes que necesita para su instalación. Por ejemplo, los componentes requeridos para bombeo de agua son muy diferentes a los que usted requiere para aplicaciones domésticas. Los componentes también dependerán si el sistema estará conectado a la red o será aislado, o si será un sistema híbrido. Para un sistema residencial conectado a la red, los componentes de balance del sistema incluirán un controlador, baterías de almacenamiento, una unidad rectificadora de señal (inversor) y el cableado. Algunos controladores, inversores y otros componentes eléctricos pueden estar reconocidos por alguna agencia de certificación tal como los "Underwriters Laboratories" y por lo tanto debe contar con la etiqueta correspondiente.

Sistemas aislados

Estos sistemas que no están conectados a la red de suministro, requieren el uso de baterías para almacenar la energía excedente generada, y usarla cuando no exista viento. Asimismo, requieren un controlador de carga para proteger a las baterías de una sobrecarga. Las baterías de ciclo profundo, como las usadas en los carros de golf, tienen la capacidad de descargarse y recargarse cientos de veces hasta en un 80% de su capacidad, lo cual las hace una buena opción para sistemas de energía renovable remotos. Las baterías automotrices no son de ciclo-profundo por lo que debe evitarse su uso en sistemas de energía renovable, debido al desgaste que sufren en el uso en ciclos profundos de carga y descarga que acortan su vida útil.

En un hogar en Vermont esta turbina eólica marca Bergey XL.10 de 10 kW, forma parte de un sistema híbrido eólico/fotovoltaico interconectado a la red, el cual reduce el consumo de electricidad proveniente de la compañía eléctrica. El balance del sistema (fotografía superior derecha) incluye, de izquierda a derecha, un inversor Trace para el sistema fotovoltaico, una caja de interruptores de seguridad, y un inversor Powersync para el sistema eólico.

Trudy Forsyth, NREL/ PIX09122 and PIX09123

Las pequeñas turbinas eólicas generan energía eléctrica en corriente directa. En sistemas muy pequeños, las aplicaciones en corriente directa obtienen su energía directamente de la batería. Si usted desea hacer uso de aplicaciones normales en corriente alterna, debe instalar un inversor para rectificar la corriente directa de las baterías a corriente alterna. Aunque este dispositivo disminuye ligeramente la eficiencia global del sistema, permite que la instalación eléctrica del hogar sea diseñada para sistemas de corriente alterna, lo cual es una mejor opción para los prestamistas, las normas oficiales eléctricas, y los futuros compradores de su hogar.

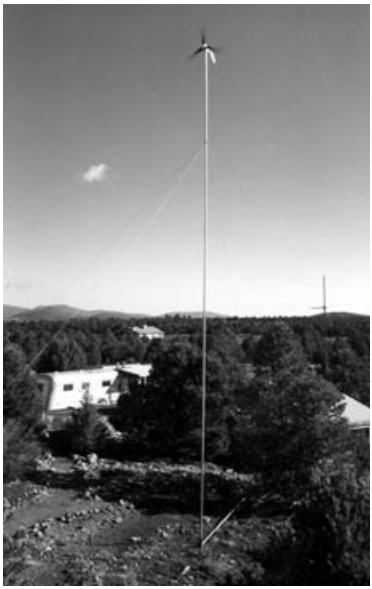
Por seguridad, las baterías deben ser instaladas en forma aislada de las áreas de convivencia y de equipos electrónicos debido a que contienen sustancias corrosivas o explosivas. Asimismo, las baterías de plomo-ácido requieren ser protegidas de temperaturas extremas.

Sistemas conectados a la red. En este tipo de sistemas, el único equipo adicional requerido es el inversor, que hace la electricidad generada por la turbina compatible con la de la red. Por lo general, no se requiere el uso de baterías.

¿Cuánto cuesta un sistema de energía eólica?

Un sistema de energía eólica puede costar, dependiendo del sitio de 30,000 a 35,000 dólares ya instalado, tomando en cuenta su tamaño, su aplicación, y los acuerdos tomados de servicio con el vendedor (La Asociación Americana de Energía Eólica, American Wind Energy Association, indica que un sistema para uso doméstico de unos 10 kW cuesta aproximadamente 32,000 dólares, lo cual es mucho más barato que la opción de considerar un sistema fotovoltaico, que para la misma capacidad costaría unos 80,000 dólares).

Por regla general, la estimación en costo de un sistema eólico es de unos 1,000 a 3,000 dólares por kilowatt. La energía eólica tiene una mejor relación costo / beneficio entre más grande sea el tamaño del rotor. Aunque las turbinas pequeñas tengan un costo inicial menor, son proporcionalmente más caras. El costo de un sistema eólico residencial que tiene una torre de 80 pies (24.3 m) de alto, baterías y un inversor, típicamente está en el rango de los 13,000 a los 40,000 dólares para turbinas de entre los 3 y los 10 kW.



Southwest Windpower/PIX09156

Una turbina eólica Southwest Windpower Air 303 de 300 watts es la única fuente de electricidad para un hogar en una zona remota al norte de Arizona.

Aunque los sistemas de energía involucran una inversión inicial significativamente alta, pueden ser competitivos con fuentes convencionales de energía, cuando se toman en cuenta factores como el tiempo de vida útil o la reducción en los costos evitados con la compañía eléctrica. El período de retorno de la inversión, es decir el tiempo en que los ahorros se vuelven iguales al costo del sistema tomando en cuenta el costo del dinero en el tiempo, depende de la elección del sistema, el recurso eólico en el sitio, los costos de la electricidad en su área y como se utiliza el sistema de energía eólica. Por ejemplo, si usted reside en California y ha recibido un subsidio del 50% en su compra, tiene medición neta y cuenta con un recurso eólico promedio anual de 15 millas por hora (6.7 metros por segundo), su periodo de retorno simple de la inversión será de 6 años.

Warren Gretz, NREL/PIX09615

Turbina eólicas pequeñas, como esta Bergey XL.10 de 10 kW proporcionan electricidad para las necesidades de hogares, granjas y ranchos.

Aspectos a considerar cuando compre una turbina eólica

Una vez que usted ha determinado que puede instalar una turbina eólica de acuerdo a los requerimientos de uso de suelo de su localidad, puede empezar a solicitar cotizaciones de equipos y componentes. Compare más opciones entre más grande sea el sistema eólico que vaya adquirir.

Obtenga y revise los folletos y toda la literatura disponible de varios fabricantes. Como ya se mencionó, las listas de fabricantes se encuentran disponibles en la Asociación Americana de Energía Eólica (véase la sección Para Mayor Información), pero no todo los fabricantes de turbinas pequeñas son miembros de esta asociación. Verifique en las páginas amarillas otros vendedores de sistemas eólicos en su área.

Una vez que usted ha afinado su búsqueda, investigue a algunas compañías, para asegurarse que se encuentran reconocida dentro del mercado de la energía eólica y que las refacciones y servicio estarán disponibles cuando los requiera. En ocasiones es una buena opción contactar a la Oficina de Mejores Negocios (Better Business Bureau), para verificar la integridad, pedir referencias de clientes anteriores que han instalado un sistemas como el que usted ha considerado. Pregunte a otros clientes, del funcionamiento, confiabilidad y los requerimientos de mantenimiento y reparaciones, así como si el sistema ha cumplido con las expectativas del comprador. También pregunte el periodo de garantía del equipo y lo que ésta cubre.

¿Dónde puedo conseguir asistencia técnica para la instalación y el mantenimiento?

El fabricante o vendedor debe tener la capacidad de instalar su equipo. Mucha gente elige la opción de instalar su equipo por ellos mismos. Antes de considerar esta opción pregúntese a si mismo lo siguiente:

- ¿Puedo construir los cimientos de cemento adecuados?
- ¿Tengo alguna forma segura de elevar la torre del sistema?
- ¿Conozco las diferencias entre un cableado para corriente alterna y otro para corriente directa?
- ¿Tengo los conocimientos suficientes de electricidad para conectar en forma segura la turbina?
- ¿Tengo los conocimientos suficientes para instalar y manejar en forma segura las baterías?

Si ha contestado “NO” a algunas de las preguntas anteriores, sería mejor considerar la opción de que algún instalador o desarrollador instale su turbina. Póngase en contacto con el fabricante o llame a su oficina estatal de energía para obtener una lista de instaladores en su zona. También puede verificar en las páginas amarillas la existencia de proveedores en su área. Un instalador confiable puede ser de utilidad para muchos aspectos, como puede ser el de obtener los permisos correspondientes. Verifique si el instalador es un electricista autorizado. Solicite referencias y verifíquelas. Asimismo, tal vez sería una buena opción contactar a la Oficina de Mejores Negocios.

Aunque las turbinas eólicas son equipos muy robustos, requieren de servicios de mantenimiento anuales. Las tuercas y conexiones eléctricas deben ser revisadas y si es necesario apretarlas. Debe verificarse que no exista corrosión y que los cables de las retenidas se encuentran a la tensión correcta. Además debe revisarse y en su caso reemplazar cualquier borde desgastado en los alabes de la turbina. Después de 10 años, tal vez se requiera que los alabes y rodamientos sean reemplazados, pero con una instalación y mantenimiento adecuados la máquina puede durar hasta 20 años o más.

Si usted no cuenta con el conocimiento para dar mantenimiento adecuado a la máquina, el instalador podría ofrecerle y proporcionarle un programa de servicio y mantenimiento.

¿Cuanta energía generará mi sistema eólico?

La mayoría de fabricantes en los Estados Unidos clasifican a sus equipos de acuerdo a la potencia que en forma segura operan a cierta velocidad de viento, usualmente entre 24 m.p.h. (10.5 m/s) y 36 m.p.h. (16 m/s). La siguiente fórmula ilustra los factores de importancia en el funcionamiento de una turbina eólica. Note que la velocidad del viento tiene un exponente a la tercera potencia. Esto significa que aun con un pequeño incremento de la velocidad del viento, la potencia disponible se incrementa en una forma mayor. Esta es una de las razones por las cuales al incrementar la altura en la torre, se tiene acceso a mayores velocidades de viento como se muestra en la gráfica de incremento de velocidad con la altura. La fórmula para evaluar la potencia de una turbina eólica es la siguiente:

$$\text{Potencia} = k\, C_p\, 0.5\, \rho\, A\, V^3$$

Donde:

P = Potencia obtenida, kilowatts

C_p = Coeficiente de máxima potencia, en el rango de 0.25 a 0.45 adimensional, (Teóricamente el máximo es 0.59)

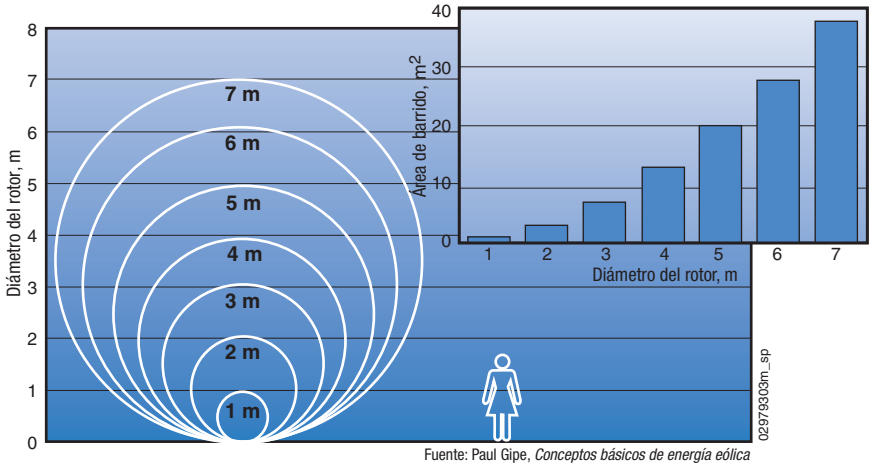
ρ = Densidad del aire, lb/pie^3

A = Área de barrido del rotor, pie^2 ó π x $D^2/4$ (D es el diámetro del rotor y $\pi = 3.1416$)

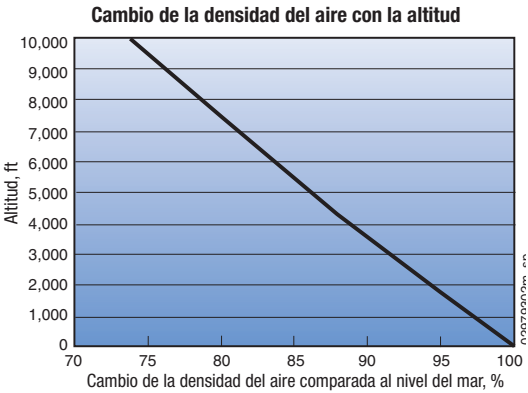
V = Velocidad del viento, m.p.h.

K = 0.000133 una constante para transformar las unidades a Kilowatts (multiplicando el resul tado obtenido por 1.340 se obtiene un resultado en Caballos de potencia (H.P.) por lo tanto 1kW = 1.340 H.P.)

Tamaño relativo de pequeñas turbina eólicas



Fuente: Paul Gipe, *Conceptos básicos de energía eólica*



El área de barrido A, es un factor importante, porque el rotor es la parte de la turbina que captura la energía del viento. Por esto entre más grande sea este más energía se puede obtener. La densidad del aire varía ligeramente con la temperatura del aire y la altitud. Las clasificaciones de turbinas se encuentran referidas a condiciones normalizadas de 59 °F (15 °C)y altitud al nivel medio del mar. Se debe hacer una corrección por este parámetro como se muestra en la gráfica del cambio de densidad con la altitud. La corrección por temperatura por lo regular no es necesaria para la predicción de generación de una turbina a largo plazo.

Aunque el cálculo de la potencia eólica ilustra algunas características importantes, la mejor forma de medir el funcionamiento de una turbina es la generación anual de energía. La diferencia entre potencia y energía, es que la primera es la razón a la cual la energía es consumida (kilowatts), mientras que la energía es la cantidad consumida (kilowatts-hora). Una estimación de la energía generada, kWh/año es la mejor forma de determinar si una turbina eólica y su torre en particular, generarán suficiente energía para cubrir sus necesidades.

Un fabricante puede ayudarle a estimar la cantidad de energía que usted puede obtener. Ellos evalúan este parámetro utilizando la curva característica de la turbina elegida, la velocidad promedio anual en su localidad, la altura de la torre que planea utilizar, y la distribución de frecuencia de velocidad del viento, el cual es una estimación del número de horas que el viento sopla a cada velocidad durante el año en promedio. Ellos también corrigen el resultado de acuerdo a la altitud del sitio. Póngase en contacto con un vendedor o distribuidor en su zona para recibir ayuda con esta estimación.

Para obtener una estimación preliminar del funcionamiento de una turbina eólica en particular, use la siguiente fórmula:

$$GAE = 0.01328\ D^2\ V^3$$

Donde:

GAE = Generación anual de energía

D = Diámetro del rotor, pies

V = Velocidad del viento promedio anual, m.p.h.

Existe un archivo que permite determinar el periodo de recuperación de la inversión de la energía eólica, el cual se encuentra disponible en www.nrel.gov/wind. Este archivo es una herramienta en formato de hoja de cálculo que puede auxiliarle en el análisis económico un sistema eólico pequeño; y a decidir si un sistema eólico funcionará de acuerdo a sus necesidades. La hoja de cálculo puede ser utilizada mediante el paquete Excel 95 de Microsoft. Esta hoja requiere información relacionada a cómo va usted a financiar el equipo, las características de su localidad y las del equipo que está usted considerando instalar y como respuesta obtendrá un periodo de recuperación expresado en años. Si este es muy largo –ya sea que el número de años está muy cercano o es mayor que la vida útil del sistema- entonces la energía eólica no será practica para usted.

¿Hay suficiente recurso eólico en mi localidad?

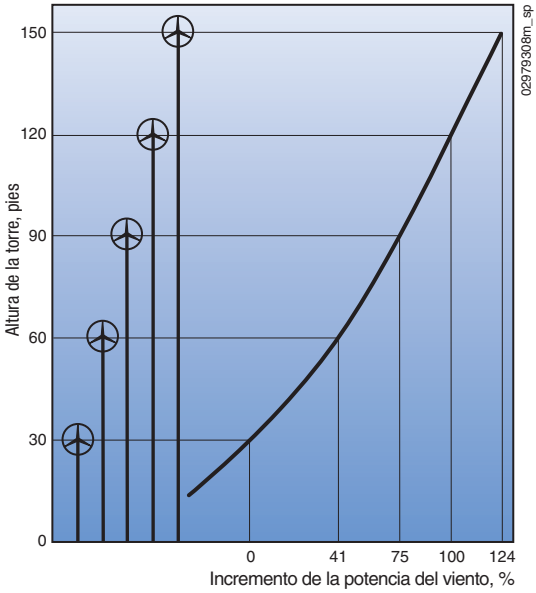
¿El viento sopla fuerte y consistentemente en mi localidad como para hacer a una turbina eólica económicamente viable? Esta es una pregunta clave y en ocasiones no muy fácil de contestar. El recurso eólico puede variar significativamente en un área o en unas cuantas millas, debido a las influencias del terreno en el flujo del viento. Aún así, hay muchos pasos que hay que dar en un largo camino para contestar la pregunta planteada arriba.

Como primer paso para estimar el recurso eólico en su región, pueden usarse los mapas eólicos, como el que se muestra en las paginas 12 y 13. El promedio más alto de velocidades de viento se encuentra a lo largo de las costas, en crestas de montaña, y en las grandes planicies, sin embargo existen regiones con suficiente recurso eólico para hacer funcionar pequeñas turbinas en forma económicamente viable. El recurso estimado en estos mapas generalmente aplica para lugares que no tienen obstrucciones de viento, como planicies y crestas de montañas. Las características locales del terreno pueden causar diferencias significativas de estos estimados. Puede obtener información más detallada, incluyendo el Atlas de recurso eólico de los Estados Unidos, publicado por el Departamento de Energía, en el sitio de Internet del Centro de Tecnología de la Energía Eólica (National Wind Technology Center) www.nrel.gov/wind/ y en el sitio del programa "Energizando América Eólicamente" (Wind Powering America) del Departamento de Energía www.windpoweringamerica.gov.

Otra forma de cuantificar indirectamente el recurso eólico es obtener la información de la velocidad promedio del viento de un aeropuerto cercano. Esta información puede ser usada con reservas debido a los factores locales del sitio que pueden causar que la información registrada en un aeropuerto sea diferente a la de su sitio. Las velocidades del viento en los aeropuertos son generalmente obtenidas a alturas entre 20 y 33 pies (6 a 10 metros) por encima del nivel piso. La velocidad del viento se incrementa con la altura y puede ser mayor hasta en un 15 ó 25% a la altura en que opera una turbina eólica que es de 80 pies (24 m) que aquella que se mide a la altura en los anemómetros de los aeropuertos. El centro Nacional de Información Climatológica recolecta la información de diversos aeropuertos y hace extractos de esta información disponible para su compra. Los extractos de la información de cerca de 1,000 aeropuertos en los Estado Unidos también se encuentran disponible en el Atlas del Recurso Eólico de los Estados Unidos (véase la sección Para Mayor Información).

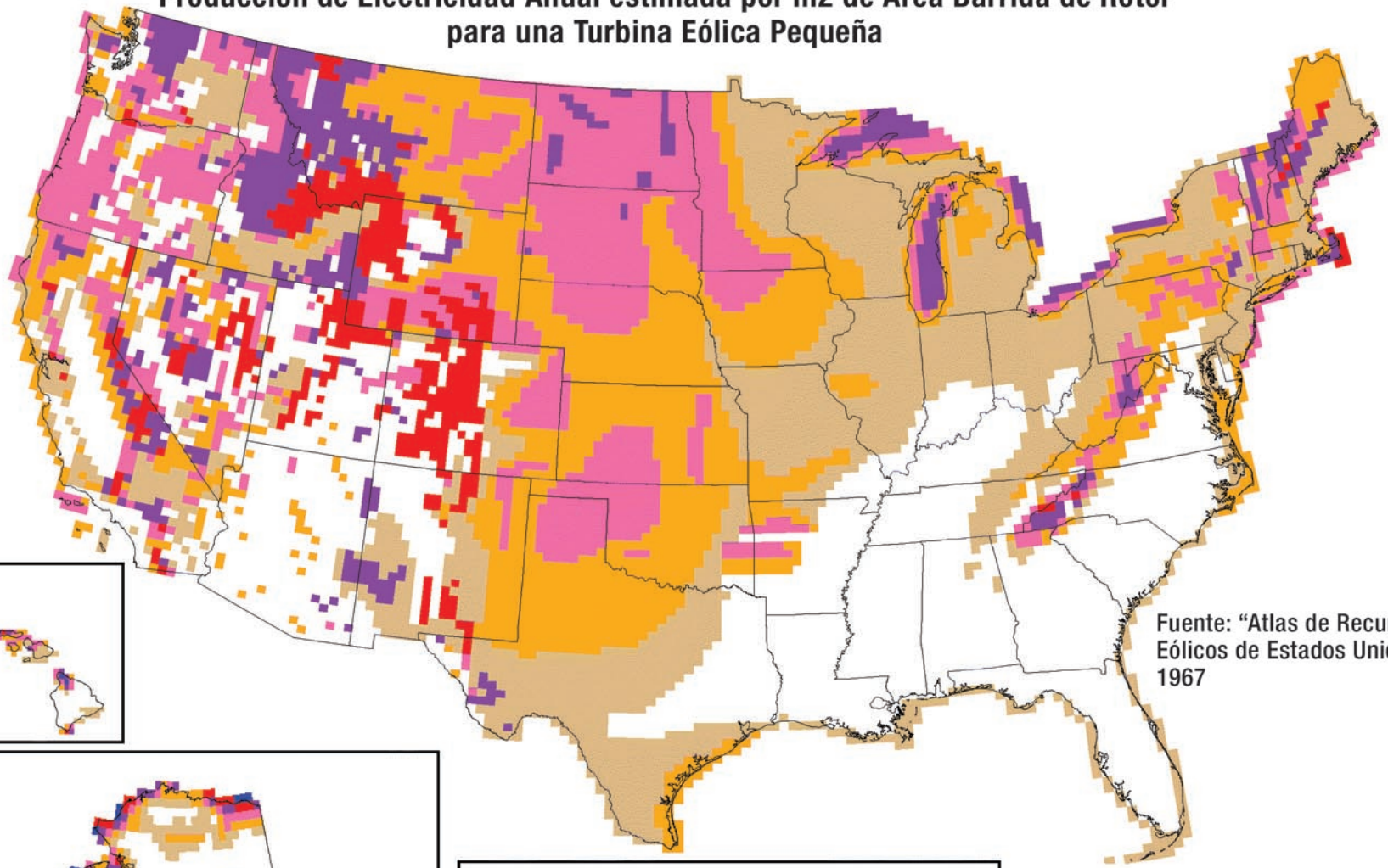
Otras mediciones indirectas que pueden ser útiles del recurso eólico es observar la vegetación del área. Árboles, especialmente las coniferas y otros árboles no perennes pueden estar permanentemente deformados por vientos fuertes. Esta deformidad, conocida como "flagging" ha sido usada para estimar la velocidad promedio del viento para un área.

La velocidad del viento se incrementa con la altura

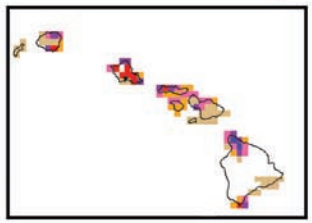


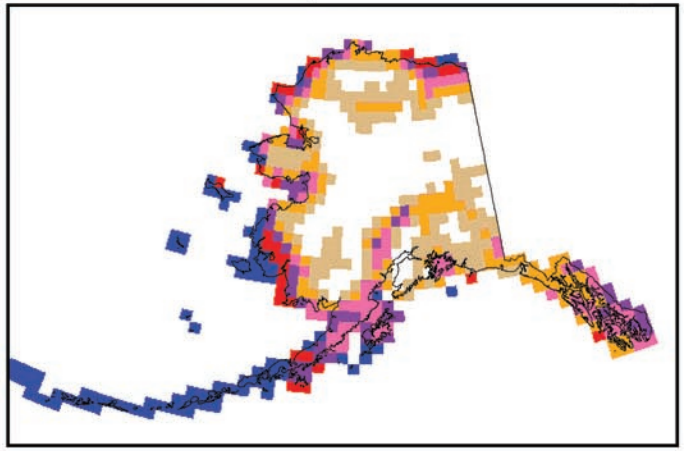
Estados Unidos- Mapa de Recursos Eólicos

Producción de Electricidad Anual estimada por m2 de Área Barrida de Rotor para una Turbina Eólica Pequeña



Fuente: "Atlas de Recursos Eólicos de Estados Unidos", 1967





Estimados de Productividad de Turbinas Eólicas Pequeñas*

Clasificación de fuerza de viento	Productividad por m² de área barrida (KWh/año)	Densidad de Potencia de Eólica a 33 pies (10 m) (W/m²)	Velocidad de Viento a 33 pies (10 m) (mph)	(m/s)
1	< 350	<100	< 9.8	< 4.4
2	350 - 500	100 - 150	9.8 - 11.5	4.4 - 5.1
3	500 - 610	150 - 200	11.5 - 12.5	5.1 - 5.6
4	610 - 690	200 - 250	12.5 - 13.4	5.6 - 6.0
5	690 - 770	250 - 300	13.4 - 14.3	6.0 - 6.4
6	770 - 880	300 - 400	14.3 - 15.7	6.4 - 7.0
7	880 -1170	400 -1000	15.7 - 21.1	7.0 - 9.4

* Las estimaciones están basadas en diferentes modelos y tamaños de turbinas eólicas, asumiendo una altura de torre de 80 pies (24 m).

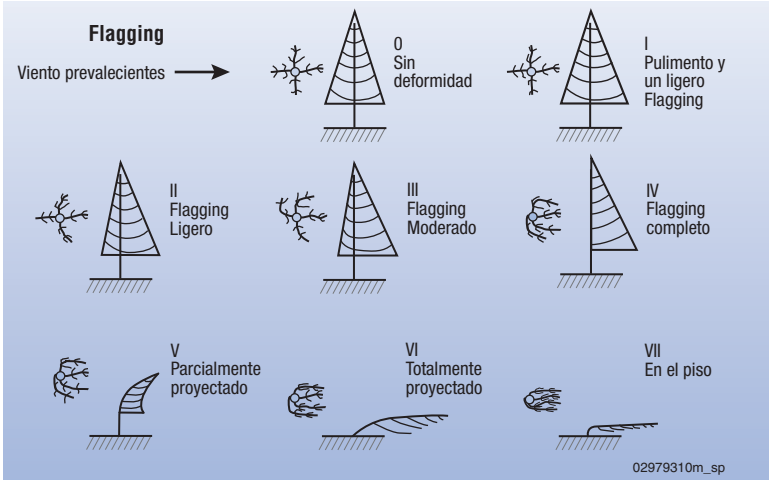
** Para sistemas de diferentes tamaños, multiplicar la productividad estimada por el total de área de barrido de la turbina.

Departamento de Energía de Estados Unidos

NREL Laboratorio Nacional de Energía Renovable

03-APR-2001 1.1.8

"Flagging", el efecto que los vientos fuertes tienen en la vegetación del área pueden ayudar a determinar la velocidad de los vientos.



Índice de deformación de Griggs-Putnam

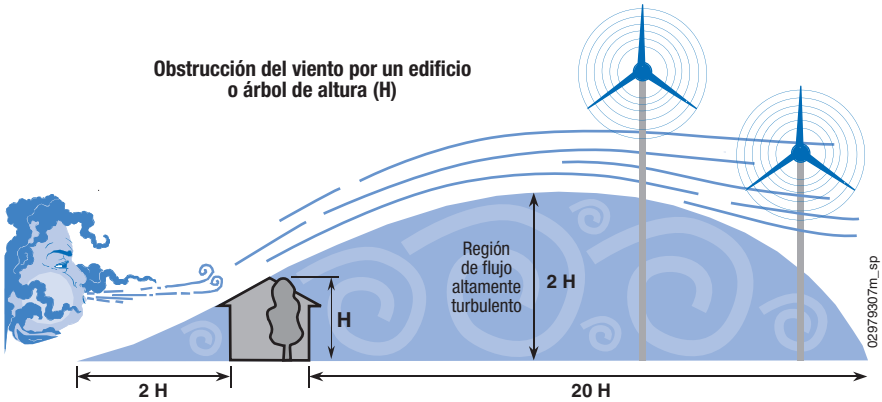
Index	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wind mph	7-9	9-11	11-13	13-16	15-18	16-21	22+
Speed m/s	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	10

Puede obtener Mayor Información de cómo usar el "flagging" en el "Manual de localización de sitios para sistemas pequeños de conversión de energía eólica" (véase la sección Para Mayor Información).

Monitoreando directamente con un sistema de medición de viento es la mejor forma de determinar el recurso eólico de un sitio. Una buena guía en esta materia es el "Manual de Evaluación de Recurso Eólico" (Wind Resource Assessment Handbook) (véase la sección Para Mayor Información). Los sistemas de medición de viento se encuentran disponibles desde los 600 hasta los 1,200 dólares. Este costo puede ser difícil o no de justificar dependiendo de la naturaleza exacta del sistema propuesto de energía eólica. El equipo de medición debe ser colocado en algún sitio que evite las turbulencias causadas por árboles, edificios, así como otras construcciones. Las lecturas más útiles son aquellas que se toman a la altura del centro del rotor, o sea la elevación en el extremo superior de la torre donde la turbina eólica va a ser instalada. Si existe algún sistema de energía eólica instalado en su localidad, tal vez podría obtener de la generación anual de energía, o si se encuentra disponible del valor de la velocidad del viento.

¿Cómo elegir el mejor sitio para instalar mi turbina eólica?

Usted puede contar con variados recursos eólicos dentro de su propiedad. Además, para medir o encontrar la velocidad media anual del viento, necesita conocer las direcciones dominantes del viento en el sitio. Si vive en un terreno complejo, tenga cuidado al seleccionar el sitio donde instalará su turbina. Si usted instala su turbina en la cima o en el lado ventoso de una colina , por ejemplo, usted tendrá más disponibilidad a los vientos dominantes que en una zanja o en una parte cubierta del viento en la misma propiedad. Además de las formaciones geológicas anteriores, es necesario considerar los obstáculos existentes, como árboles, casas, cobertizos, y aquellos que en algún futuro podrían aparecer como nuevas construcciones y árboles que aún no han alcanzado su altura máxima. Su turbina necesita estar ubicada al frente de la corriente de viento de edificios y árboles, y necesita



Entre más lejos instale su turbina eólica de obstáculos como edificios o árboles, el viento se encontrará con menos turbulencia

estar por encima de los 30 pies (9.1 m) de cualquier obstrucción que se encuentre a 300 pies (91.4 m). También, se requiere suficiente espacio para levantar y abatir la torre para los servicios de mantenimiento, y si la torre es retenida, también debe tener suficiente espacio para anclar los cables.

Si su sistema es aislado o interconectado a la red, también necesita considerar la longitud del cable de conexión entre la turbina y la carga (casa, baterías, bombas de agua, etc.). Se pueden tener pérdidas considerables de energía, debido a la resistencia del cable, pues entre mayor longitud, las pérdidas son mayores. Asimismo, entre más cable se use el costo de instalación se incrementa. Las pérdidas de energía son mayores si se utiliza una instalación de corriente directa que una de corriente alterna, por lo que si tiene una cable muy largo es recomendable cambiar el tipo de corriente de directa a alterna.

¿Puedo conectar mi turbina eólica a la red de suministro de la compañía eléctrica?

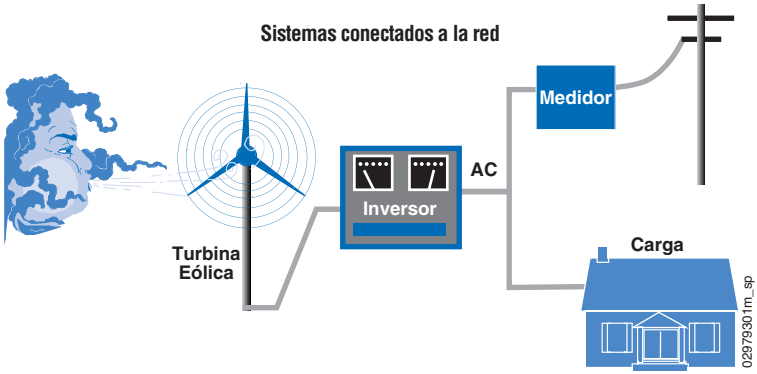
Estos sistemas pueden conectarse a la red de distribución y se denominan "Sistemas interconectados a la red", y pueden reducir su facturación de electricidad que utiliza para iluminación, algunos aparatos y calefacción. Si la turbina no puede cubrir la cantidad de energía que usted necesita, la compañía eléctrica cubrirá el faltante. Cuando la turbina eólica produzca más electricidad de la que su hogar requiera, el excedente es vendido a la compañía eléctrica.

Los "Sistemas interconectados a la red" pueden ser prácticos si se cuenta con las siguientes condiciones:

- Usted vive en una zona donde la velocidad promedio del viento es de al menos 10 m.p.h. (4.5 m/s).
- La energía eléctrica que la compañía eléctrica le vende es cara (de 10 a 15 centavos de dólar por kilowatt)
- Los requerimientos para conectar su sistema a la red no son prohibitivamente caros.
- Existen incentivos atractivos para la venta de excedentes eléctricos o para la compra de turbinas eólicas.

Algunos reglamentos federales (específicamente el Acta de Políticas Regulatorias de Empresas Eléctricas de Servicio Público de 1978, Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA) exigen a las empresas interconectar y comprar la energía generada por pequeñas turbinas eólicas. Sin embargo, es recomendable ponerse en contacto con la compañía eléctrica, antes de conectarse para conocer y cumplir los requerimientos de calidad y seguridad exigidos. La Asociación Americana de Energía Eléctrica es otra buena fuente de información acerca de los requerimientos de interconexión con las compañías eléctricas.

Una turbina eólica interconectada a la red reduce el consumo de energía que se hace a la compañía eléctrica.



La siguiente información fue extraída del sitio en Internet de la AWEA, pero para obtener información más detallada visite www.awea.org o póngase en contacto con ellos (véase la sección Para Mayor Información).

Medición neta

El concepto de los programas de medición neta es permitir que los medidores eléctricos de los clientes con sistemas de generación giren en sentido contrario, cuando se encuentren generando mayor energía que aquella que están consumiendo. La medición neta le permite al cliente usar su generador para contrarrestar o disminuir su facturación a lo largo de un periodo de tiempo, es decir, no instantáneamente. Esta disminución le permite a estos clientes obtener precios de electricidad de mayorista para la mayor parte de la energía que generan. La medición neta varía de acuerdo al estado y a la compañía eléctrica, dependiendo si es legislado o dirigido por la Comisión de Empresas de Servicio Público. Los programas de medición neta especifican la forma de manejar el Exceso de Generación Neto, EGN, en términos del pago de la electricidad y el periodo de crédito permitido para pagar. Si se define el EGN durante un periodo mensual entonces, el generador sólo puede utilizar su exceso de generación para éste periodo, pero si se define para un año, entones el crédito a esta generación excedente será para un año.

La mayoría del territorio de Norteamérica tiene más viento durante el invierno que durante el verano. Para la gente que quiere cubrir una mayor demanda durante el verano, como aire acondicionado o bombeo de agua para irrigación, teniendo un crédito anual de EGN, le permite que la EGN producida en invierno le sea acreditada en verano.

Requerimientos de seguridad

Ya sea que la turbina esté o no conectada a la red de suministro, la instalación y operación de su turbina eólica está probablemente sujeta a las normas eléctricas de gobierno local (ciudad o condado) o en su caso el del gobierno estatal. El interés principal de su gobierno es el que se refiere a la seguridad de la instalación, por lo que estas normas hacen énfasis en la instalación y el cableado adecuados, así como el uso de componentes aprobados por los laboratorios de certificación, como los “Underwriters Laboratories”. La mayoría de estas normas se encuentran basadas en la Norma Eléctrica Nacional, (National Electric Code, NEC), el cual es publicado anualmente por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (National Fire Protetion Association). La edición de 1999, la versión más reciente del NEC, no contiene ninguna sección específica de la instalación de sistemas de energía eólica, consecuentemente éstos se encuentran regulados por los requerimientos genéricos del mismo.

Si su turbina se encuentra conectada a la red de suministro, y por lo tanto está entregando energía a la red, entonces la compañía eléctrica tiene el legítimo derecho de indicar sus necesidades concernientes a la seguridad y a la calidad de la energía entregada. La preocupación principal de la compañía eléctrica es que la turbina eólica automáticamente deje de entregar energía a la red, durante un corte del suministro. De otra manera los trabajadores o la gente podrían pensar que la línea no está energizada, no podrían tener las precauciones normales y entonces resultar seriamente o heridos o hasta perder la vida por la energía que la turbina eólica esté generando. Otra preocupación de la compañía es la correcta sincronización de la energía generada por la turbina con la de la red en cuanto a voltaje, frecuencia y calidad en general.

Hace poco tiempo, algunos gobiernos estatales iniciaron el desarrollo de nuevos requerimientos para la interconexión de sistemas pequeños de energías renovables (incluyendo turbinas eólicas). En la mayoría de los casos estos nuevos requerimientos han sido basados mediante el consenso de procedimientos de prueba y de normalización desarrollados por terceras autoridades independientes, tales como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers) o los "Underwriters Laboratories".

Requerimientos de interconexión

La mayoría de compañías eléctricas y otros proveedores de energía eléctrica requieren que usted tenga un acuerdo formal con ellos antes de interconectar su equipo a la red. En los estados donde existe la competencia en precios del servicio de energía eléctrica (por ejemplo donde la compañía local opera la red de distribución, pero usted cuenta con diferentes opciones para elegir a su proveedor) usted puede firmar un acuerdo por separado con cada compañía. Usualmente estos acuerdos son redactados por la compañía o el proveedor de electricidad. En el caso de compañías privadas (un inversionista privado es el propietario de la empresa eléctrica) los términos y condiciones de estos acuerdos deben ser revisados y aprobados por las autoridades reguladoras.

Seguros

Algunas empresas solicitan a los dueños de turbinas eólicas seguros de responsabilidad de hasta 1 millón de dólares o más. Las compañías consideran que esto es necesario para protegerlos de la responsabilidad de instalaciones de las cuales no son dueños o no tienen control sobre de ellas. Otros consideran los requerimientos de seguros excesivos y en extremo agobiantes, haciendo a las turbinas eólicas económicamente inviables. Durante los 21 años que las empresas han permitido la interconexión de pequeñas turbinas eólicas, nunca ha existido algún reclamo de responsabilidad, ni nadie ha recibido algún pago; relacionado con la seguridad eléctrica de estos sistemas.

En un pequeño negocio en Norman, Oklahoma, esta turbina eólica Bergey de 10 kW está interconectada y disminuye el consumo de energía eléctrica.

Bergey Windpower/PIX07166

En seis estados (California, Maryland, Nevada, Oklahoma, Oregón y Washington) las leyes o las autoridades reguladoras prohíben a las compañías la imposición de seguros de responsabilidad para pequeños sistemas de energía eólica que quieran calificar para participar en los programas de medición neta. En al menos otros tres estados (Idaho, Nueva York y Virginia) han permitido la solicitud de estos seguros, pero han reducido los montos de cobertura a niveles consistentes con las políticas aplicables a casas habitación o establecimientos comerciales (por ejemplo, 100,000 a 300,000 dólares). Si usted considera que su monto de cobertura es excesivamente alto, puede solicitar una reconsideración por parte de las autoridades reguladoras (en el caso de empresas privadas) o de la oficina gubernamental correspondiente (para el caso de empresas públicas).

Indemnización

Una indemnización es un arreglo entre dos partes donde una de ellas acuerda asegurar a la otra contra perdidas o daños ocasionados por algún acto o de alguna responsabilidad asumida. En el contexto de alguna instalación para generación de algún cliente, las compañías frecuentemente quieren que los clientes las indemnicen por alguna responsabilidad potencial ocasionada por las instalaciones de generación. Aunque el principio básico es que las compañías eléctricas no deben asumir la responsabilidad por los daños a propiedades o lesiones atribuibles a otros, las indemnizaciones no deberían favorecer únicamente a la compañía eléctrica, sino ser justa para ambas partes. Se debe buscar la frase que diga "… cada parte debe indemnizar a la otra…" y no la que diga "… el cliente debe indemnizar a la compañía…".

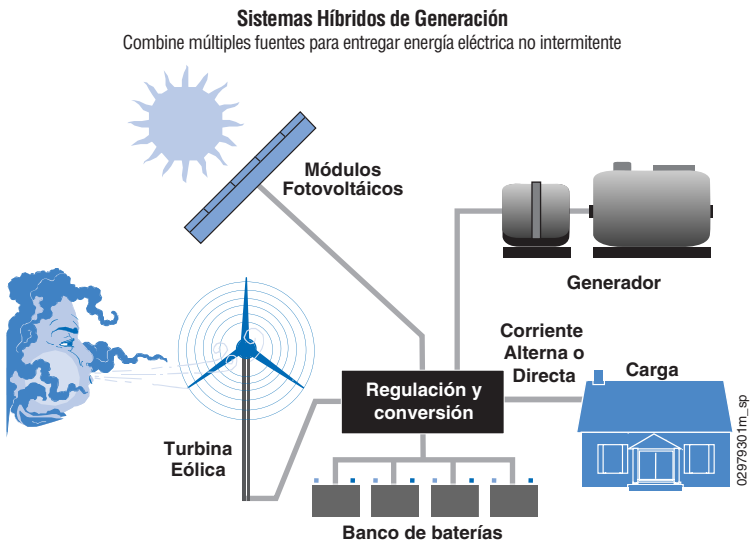
Cargos al cliente

Los cargos al cliente pueden tomar una gran variedad de formas, incluyendo aquellos por interconexión, los de medición, por respaldo, entro otros más. No dude en cuestionar cualquier cargo que le parezca inapropiado. La ley federal (Acta de Políticas Regulatorias de Empresas Eléctricas de Servicio Público de 1978, Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA, Sección 210) prohíbe a la empresas cobrar cargos discriminatorios a los clientes que cuentan con sus propias instalaciones de generación de energía.

Warren Gretz, NREL / PIX09634

Interconectándose a la red, Una historia éxitosa

Esta turbina Bergey de 10 kW, instalada en una granja localizada en el suroeste de Kansas en 1983, produce un promedio de 1,700 a 1,800 kWh por mes, reduciendo la facturación de energía eléctrica en un 50%. La turbina costó cerca de 20,000 dólares. El costo de operación y mantenimiento ha sido de 50 dólares por año. La única acción no programada en el mantenimiento fue la de reparar la turbina a causa de un rayo que la golpeó. El seguro cubrió 8,500 dólares de los 9,000 que costó la reparación. Las partes que componen el sistema son: Una turbina eólica Bergey XL.10, una torre de estructura de 100 pies de alto y un inversor.



Un sistema híbrido, que combina un sistema eólico con un sistema fotovoltaico o un generador diesel, puede proporcionar energía en forma confiable a lo largo de todo el día

¿Puedo desconectarme de la red?

Sistema híbridos

Los sistemas híbridos con energía eólica pueden proporcionar en forma confiable la energía para hogares, granjas e inclusive comunidades enteras (por ejemplo, un proyecto comunitario para varias casas) que estén alejadas de la red de distribución. De acuerdo a varios expertos en energías renovables, un sistema híbrido combina las tecnologías de un sistema eólico y un sistema fotovoltaico y ofrece varias ventajas que si se instalan en forma separada. En el territorio de los Estados Unidos durante el verano el viento no sopla con tanta intensidad, pero es cuando el sol brilla en forma más intensa y durante más horas al día. Durante el invierno el viento es intenso y la radiación solar es menos intensa. Debido a que los picos de operación de los sistemas eólicos y fotovoltaicos ocurren en diferentes etapas del año y del día, es probable que los sistemas híbridos puedan cubrir todos sus requerimientos de energía (para obtener más información acerca de la energía solar o de los sistemas fotovoltaicos, póngase en contacto con la Oficina de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Energy Efficiency and Renewable Energy Information Portal, véase la sección Para Mayor Información).

En ocasiones cuando no se cuente con ninguno de las dos fuentes, la energía puede ser suministrada por baterías o mediante un motor de combustión interna, tal como un motor diesel. Si las baterías están bajas de carga, el motor puede suministrar la energía faltante y cargar las baterías. Añadir el motor hace al sistema más complejo, pero los sistemas modernos de control pueden operar en forma automática estos equipos. En algunos casos su instalación puede disminuir el tamaño de los otros sistemas. Tome en cuenta que el sistema de almacenamiento debe ser lo suficientemente grande para satisfacer las necesidades de energía cuando existan periodos de no carga, por lo que típicamente se dimensionan para abastecer la energía de uno a tres días.

Un sistema híbrido es práctico para usted si:

- Usted vive en un área con una velocidad promedio anual de 9 m.p.h. (4 m/s).
- No existe una conexión disponible a la red de suministro, o puede ser

hecha a un costo muy caro. El costo de llevar la red a un sitio remoto puede ser prohibitivo, pues se puede encontrar en el rango de 15,000 hasta más de 50,000 dólares por milla, dependiendo del terreno.

- Quiere ser independiente de la red de la compañía eléctrica.
- Le gustaría generar energía limpia.

Viviendo fuera de la red

Esta casa, construida cerca de Ward Colorado, (a una elevación de 9,000 pies, 2,743 m) ha estado fuera de la red desde su construcción en 1972. Cuando la casa fue construida, la conexión a la red más cercana se encontraba a una milla de distancia y hubiera costado entre 60 y 70 mil dólares (basado en las tarifas de 1985). Los propietarios decidieron instalar un sistema híbrido de energía eólica, solar y un generador, el cual costó alrededor del los 19,700 dólares. Los componentes del sistema son los siguientes:

Jim Green, NREL / PIX02796

Una turbina eólica Bergey de 1.5 kW 10 pies (3 m) de diámetro de rotor

Paneles fotovoltaicos Solarex, 480 watts

Banco de baterías de 24 volts en corriente directa, 375 Amperes-hora

Inversor de onda senoidal Trace, 120 de corriente alterna, 1 fase, 4 kilowatts.

Un generador de gas propano Onan, 6.5 kW (3 kW derrateado por altitud).

Los aparatos eléctricos en el hogar son televisión, sistema de sonido, dos computadoras, licuadora, tostador, aspiradora, secadora de cabello. Las cargas más fuertes son el bombeo de agua y la máquina lavadora. El generador trabaja alrededor del 20% del tiempo, particularmente cuando la lavadora está en uso. El gas propano sirve a las otras cargas mayores en el hogar: estufa, refrigerador, el calentador se agua (aunque cuenta con calentadores solares que precalientan el agua de entrada) y la calefacción.

Glosario de términos

Acta de Políticas Regulatorias de Empresas Eléctricas de Servicio Público de 1978 (PURPA, Public Utility Regulatory Policies Act), 16 U.S.C. § 2601.18 CFR § 292 — Las cuales se refieren a las reglas de conexión de pequeños generadores a las redes de la compañía eléctrica.

Alabes o palas (*blades*) — La superficie aerodinámica que atrapa el viento.

Ampere-hora (*ampere-hour*) — Una unidad de la cantidad de electricidad obtenida por la integración del flujo de corriente en el tiempo en horas para su flujo; usada como una medida de capacidad de las baterías.

Anemómetro (*anemometer*) — Un dispositivo usado para medir la velocidad del viento.

Área de barrido (*swept area*) — El área que cubre al girar el rotor de la turbina eólica, calculada con la fórmula $A = \pi R^2$, donde R es el radio del rotor.

Clasificación de potencia (*rated output capacity*) — La potencia de salida de una turbina eólica operando a la velocidad de viento clasificada.

Coeficiente de potencia (*power coefficient*) — La razón de la potencia extraída del viento por una turbina eólica y la potencia disponible en la corriente de viento.

Comisión de Empresas de Servicio Público (*PUC, Public Utility Commission*) — Una agencia estatal la cual regula a las compañías eléctricas. En algunas áreas se le conoce como Public Service Commission.

Convertidor (*converter*) — Véase inversor.

Costos de OyM (*O&M costs*) — Costos de operación y mantenimiento.

Cubierta (*nacelle*) — El cuerpo de una turbina eólica tipo-hélice, conteniendo la caja de engranes, el generador, el núcleo del rodete, y otras partes.

Curva de potencia (*power curve*) — Una gráfica mostrando la potencia obtenida en una turbina eólica a través de un rango de velocidades.

Densidad (*density*) — La cantidad de masa contenida en una unidad de volumen.

Desviación (*furling*) — Una protección pasiva de la turbina que típicamente hace que el rotor se doble ya sea hacia arriba o hacia un lado mediante la veleta de la cola.

Diámetro del rotor (*rotor diameter*) — El diámetro del círculo barrido por el rotor.

Frenos (*brakes*) — Varios sistemas usados para frenar la rotación del rotor.

Granja de viento (*wind farm*) — Un grupo de turbinas eólicas, frecuentemente pertenecientes y operadas una compañía. También se le conoce como planta eólica.

Inversor (*inverter*) — Un dispositivo que convierte la corriente directa a corriente alterna.

KW — Kilowatts, una medida de potencia de la corriente eléctrica (1,000 watts).

KWh — Kilowatts-hora, una medida de la energía, igual al uso de un kilowatt durante una hora.

MW — Megawatt, una medida de potencia (1,000,000 watts).

Perfil aerodinámico (*airfoil*) — La forma de la sección transversal de los alabes o palas, la cual para las turbinas eólicas de eje horizontal más modernas, está diseñada para aumentar el empuje y mejorar el funcionamiento de la turbinas.

Razón de la velocidad de punta (*tip speed ratio*) — La velocidad lineal a la que se mueve la punta del alabe dividida entre la velocidad del viento. Es por lo regular un requerimiento de diseño de la turbina eólica.

Red (*grid*) — Los sistemas de distribución de las compañías eléctricas. La red que conecta los generadores de electricidad con los usuarios de la misma.

Rotación longitudinal (*yaw*) — El movimiento de la parte superior de la torre que permite que la turbina eólica siempre esté de frente al viento.

Rotor — El componente rotativo de una turbina eólica, incluyendo ya sea a los alabes y su ensamble, o la porción rotatoria del generador.

TEEH (*horizontal-axis wind turbine, HAWT*) — Turbina eólica de eje horizontal.

TEEV (*vertical-axis wind turbine, VAWT*) — Turbina eólica de eje vertical.

Turbulencia (*turbulence*) — Los cambios en la dirección y velocidad del viento, frecuentemente ocasionados por obstáculos.

Velocidad de arranque (*cut-in wind speed*) — La velocidad del viento a la cual la turbina empieza a generar electricidad.

Velocidad de paro (*cut-out wind speed*) — La velocidad del viento a la cual la turbina deja de generar electricidad.

Velocidad de viento clasificada (*rated wind speed*) — La velocidad de viento mínima a la cual la clasificación de potencia de la turbina eólica es obtenida.

Velocidad del rotor (*rotor speed*) — El número de revoluciones por minuto del rotor de la turbina eólica.

Velocidad del viento de arranque (*start-up wind speed*) — La velocidad del viento a la cual el rotor empieza a girar. Véase también velocidad de arranque.

Velocidad promedio del viento (*average wind speed*) — La velocidad media del viento sobre un periodo de tiempo especifio.

Viento corriente abajo, sotavento (*downwind*) — En el lado opuesto de la dirección desde la cual está soplando.

Viento corriente arriba, barlovento (*upwind*) — En el mismo lado de la dirección de donde el viento está soplando.

Para Mayor Información

Libros

A Siting Handbook for Small Wind Energy Conversion Systems. *Manual para la localización de sitios para sistemas pequeños de conversión de energía eólica.* H. Wegley, J. Ramsdell, M. Orgill and R. Drake, Report No. PNL-2521 Rev.1, 1980; disponible en el "National Technical Information Service", 5285 Port Royal Rd., Springfield, VA 22151. (800) 553-6847. www.ntis.gov

Energy Savers Tips on Saving Energy and Money at Home—A consumer's guide for saving energy and reducing utility bills. *Consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar, Una guía para ahorrar energía y reducir la facturación de la compañía eléctrica.* Disponible en el "U.S. Department of Energy's Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse" (EREC), P.O. Box 3048, Merrifield, Virginia 22116. (800) 363-3732. www.eere.energy.gov/consumerinfo/energy_savers

Wind Energy Basics by Paul Gipe—A comprehensive guide to modern small wind technology. *Principios básicos de energía eólica, Una guía completa de la tecnología de modernas turbinas eólicas pequeñas.* Disponible a través en la Asociación Americana de Energía Eólica. (202) 383-2500. www.awea.org y de "Chelsea Green Publishing Company", White River Junction, Vermont. 1999. ISBN 1-890132-07-01. www.chelseagreen.com

Wind Energy Resource Atlas of the United States. *Atlas del recurso eólico de los Estados Unidos por* D. Elliott et al. Disponible de la Asociación Americana de Energía Eólica, 122 C. Street N.W., Washington D.C. 20001. rredc.nrel.gov/wind/pubs/atlas

Wind Power for Home and Business by Paul Gipe. *Energía eólica para el sector residencial y actividades productivas por Paul Gipe*— (Una guía completa de la tecnología de modernas turbinas eólicas pequeñas). Disponible a través de la Asociación Americana de Energía Eólica (202) 383- 2500. www.awea.org y la "Chelsea Green Publishing Company", White River Junction, Vermont. 1999. ISBN - 0-930031-64-4. www.chelseagreen.com

Wind Power Workshop by Hugh Piggott. *Taller de energía eólica por Hugh Piggott*— Proporciona una perspectiva de como diseñar una turbina eólica para construirse en casa. Disponible del Centro de tecnología alternativa, Machynlleth, Powys, SY20 9AZ, UK Phone: 06154-702400, FAX: 01654 702782. E-mail: help @catinfo.demon.co.uk, www.foe.co.uk/CAT

Wind Resource Assessment Handbook: Fundamentals for Conducting a Successful Monitoring Program. *Manual de evaluación de recurso eólico: Fundamentos para llevar a cabo un programa de medición exitoso* — Este manual presenta los lineamientos a seguir aceptados por la industria para la planeación y puesta en marcha de un programa de medición del recurso eólico. Los lineamientos están detallados, son técnicos y enfatizan las tareas de selección, instalación y operación del equipo de medición de energía eólica así como la recolección y análisis de la información. Preparado por AWS

Scientific, Inc. Disponible en forma electrónica en la base de datos de publicaciones de NREL en www.nrel.gov/publications

Agencias Gubernamentales

U.S. Department of Energy's Energy Efficiency and Renewable Energy Information Portal www.eere.energy.gov

National Climatic Data Center, Federal Building, 151 Patton Avenue, Asheville, North Carolina, 28801-5001. (828) 271-4800. Fax (828) 271-4876. www.ncdc.noaa.gov

U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia 22161. (800) 553-6847. www.ntis.gov

Organizaciones No-Gubernamentales

American Wind Energy Association, *Asociación Americana de Energía Eólica* 122 C Street, N.W. 4th Floor, Washington, D.C. 20001. (202) 383-2500. *www.awea.org*

Solar Energy International—Cursos cortos en energías renovables y desarrollo sostenible en Carbondale, Colorado. (970) 963-8855. www.solarenergy.org

Publicaciones periódicas

"Apples and Oranges" por Mick Sagrillo—Una comparación completa de las turbinas eólicas disponibles. En la página "Home Power Magazine": www.homepower.com

Home Power Magazine— La revista bimestral para los entusiastas de hacer las cosas por ellos mismos en su hogar. (800) 707-6586. www.homepower.com

Videos

An introduction to residential systems with Mick Sagrillo, *Una introducción a los sistemas eólicos residenciales con Mick Sagrillo*—Un video de 63 minutos respondiendo las preguntas más frecuentes por las personas que estás considerando instalar un sistema eólico en su hogar. Ordénelo en AWEA (202) 383-2500, www.awea.org

Sitios en Internet

Página de la "AWEA" de sistemas eólicos pequeños, Small Wind Systems—Incluye respuestas a preguntas frecuentes e información de fabricantes de los Estados Unidos. www.awea.org/smallwind.html

Base de datos de incentivos estatales para energías renovables—en Internet www.dsireusa.org

Green Power Network Net Metering Web Site—Los programas de medición neta se encuentran disponibles en 30 estados. Visite esta página para obtener información: www.eere.energy.gov/greenpower/markets

Small Wind "Talk" on the Web— Es una lista de correo electrónico de sistemas de energía para el hogar, la cual está diseñada como un foro de discusión para sistemas de energía de pequeña escala, incluyendo eólica. Para suscribirse envié su solicitud a awea-wind-home-subscribe@egroups.com

Wind Energy for Homeowners—Esta página contiene aspectos a considerar antes de invertir en un sistema de energía eólica, y proporciona información básica de estos sistemas. www.nrel.gov/wind/clean_energy/home_wind.html

2002 Farm Bill — Provisiones para el desarrollo de la energía eólica

Implementaciones en los Sistemas de Energías Renovables y de Eficiencia Energética

Tipo de incentivo: baja tasa de interés en préstamos, garantías en los préstamos, y subvenciones

Tecnologías elegibles: Sistemas de energía renovable (energía derivada del viento, solar, biomasa, geotérmica, e hidrogeno derivado de la biomasa o agua usando una fuente renovable de energía) e implementaciones de Eficiencia Energética.

Sectores Aplicables: Agricultura, pequeñas empresas rurales

Monto: Variable. La subvención no puede exceder el 25% del costo del proyecto, y una combinación de subvención, préstamo y garantía no puede exceder el 50% del costo total del proyecto.

Periodo: 2003 – 2007

Fecha de inicio: 2002

Autoridad: Farm Bill, Titulo IX, Sección 9006

Resumen: Esta ley permite la asistencia directa en el financiamiento a granjeros, propietarios de ranchos, y pequeñas aplicaciones productivas en zonas rurales, para la compra de sistemas de energía eólica y otros sistemas de energías renovables, así como la implementación de medidas de eficiencia energética. Este programa tiene fondos de $23,000,000 por año durante el periodo 2003-2007, totalizando $115 millones de dólares. Para determinar el monto del préstamo o subvención la "USDA" considerará el tipo de sistema energía renovable y la cantidad de energía que podrá generarse, los beneficios ambientales esperados, la posibilidad de que el proyecto sea replicable, y el monto de ahorro de energía por la implementación de las medidas de eficiencia energética y el probable periodo de retorno de la inversión.

Programa de Conservación de Reservas

Tipo de incentivo: Pagos CRP

Tecnologías elegibles: Turbinas Eólicas

Sectores Aplicables: Agricultura

Monto: Sin reducción en los pagos CRP cuando se instala una turbina eólica en tierra de CRP (sujeto a la aprobación de la USDA)

Fecha de inicio: 2002

Autoridad 1: Farm Bill, Titulo II y VI, Sección 2101

Autoridad 2: Sección 1232(a)(7) del Acta de seguridad de alimentos de 1985, 16 U.S.C. § 3831, et seq.

Resumen: Se permite la instalación de turbinas eólicas mediante el Programa de Conservación de Reservas sin reducción en el pago de CRP. Sin embargo, la instalación de la turbina está sujeta a aprobación de la USDA, tomando en cuenta la localización del sitio, el hábitat, y el propósito de la CRP.

Concesiones para Productos Agricolas Valores Agregados y Desarrollo del Mercado

Tipo de incentivo: Subvenciones

Tecnologías elegibles: Sistemas de energía renovable (energía derivada del viento, solar, geotérmica, hidrogeno y biomasa, definida específicamente y excluye al papel que es comúnmente reciclado y residuos sólidos no segregados).

Sectores Aplicables: Agricultura

Monto: La máxima subvención es de $500,000 por proyecto.

Periodo: 2002 – 2007

Fecha de inicio: 2002

Autoridad 1: Farm Bill, Titulo II y VI, Sección 6401

Autoridad 2: Sección 231 del Acta de protección de riesgos de la agricultura de 2000, 7 U.S.C. § 1621 nota.

Resumen: Títulos II y VI, sección 6401 de las enmiendas del Farm Bill Sección 231 del Acta de protección de riesgos de la agricultura de 2000, 7 U.S.C. § 1621 nota. Para expandir la definición del término "producto agrícola con valor agregado" para incluir los sistemas de energía renovables para granjas y ranchos. El programa proporciona subvenciones competitivas para ayudar a los productores de productos agrícolas con valor agregado incluyendo sistemas de energías renovables, para desarrollar estudios de factibilidad, planes de negocios, y estrategias de mercado. Los beneficios pueden usar esta subvención para aportar capital y establecer alianzas de negocios. El monto máximo de la subvención por proyecto es de $500,000. El programa tiene fondos por para cada año en el periodo 2002-2007, para hacerlo disponible a través del "Commodity Credit Corporation", totalizando $240 millones.

Contactos:

William F. Hagy III
Deputy Administrator, Business Programs
Teléfono: 202-720-7287
Correo electrónico: bill.hagy@usda.gov

Chris Humes
Teléfono: 202-720-0813
Correo electrónico: chris.humes@usda.gov
Rural Business-Cooperative Service
1400 Independence Ave., S.W.
Washington, D.C. 20250-3220
www.rurdev.usda.gov/rbs/farmbill/

Oficinas Regionales del Departamento de Energía de Estados Unidos
www.eere.energy.gov/regions/

	Estados en la Región
Oficina Regional del Sudeste 75 Spring Street, S.W., Suite 200 Atlanta, GA 30303 (404) 562-0555 www.eere.energy.gov/regions/southeast	Alabama, Arkansas, Florida, Georgia, Kentucky, Mississippi, North Carolina, South Carolina, Tennessee, Puerto Rico, U.S. Virgin Islands
Oficina Regional del Noreste JFK Federal Building, Suite 675 Boston, MA 02203 (617) 565-9700 www.eere.energy.gov/regions/northeast	Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, New York, Rhode Island, Vermont
Oficina Regional de Poniente Centro One South Wacker Drive, Suite 2380 Chicago, IL 60606-4616 (312) 353-6749 www.eere.energy.gov/regions/midwest	Illinois, Indiana, Iowa, Michigan, Minnesota, Missouri, Ohio, Wisconsin
Oficina Regional Central 1617 Cole Blvd. Golden, CO 80401 (303) 275-4826 www.eere.energy.gov/regions/central	Colorado, Kansas, Louisiana, Montana, Nebraska, New Mexico, North Dakota, Oklahoma, South Dakota, Texas, Utah, Wyoming
Oficina Regional del Atlántico Medio 1880 John F. Kennedy Boulevard, Suite 501 Philadelphia, PA 19103 (215) 656-6950 www.eere.energy.gov/regions/mid-atlantic	Delaware, Washington DC, Maryland, New Jersey, Pennsylvania, Virginia, West Virginia
Oficina Regional del Oeste 800 Fifth Ave., Suite 3950 Seattle, WA 98104-3122 (206) 553-1132 www.eere.energy.gov/regions/western	Alaska, Arizona, California, Hawaii, Idaho, Nevada, Oregon, Washington, American Samoa, Guam, Palau, North Marianas

Wind Powering America

www.windpoweringamerica.gov

Una Cartera Fuerte de Energía para una América Fuerte

La eficiencia energética y la energía limpia y renovable significarán una economía más fuerte, un ambiente más limpio, y una independencia de energía más grande para América. Trabajando con una amplia serie de socios, como el estado, la comunidad, la industria y academia, la Oficina de Energía Eficiencia y Energía Renovable del Departamento de Energía de los Estados Unidos, invierte en una cartera diversa de tecnologías de energía.

Producido para el Departamento de Energía por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable, un laboratorio nacional suscrito al Departamento de Energía.

Para mayor información contactar a:
Centro de Información de EERE
1-877-EERE-INF (1-877-337-3463)
www.eere.energy.gov

DOE/GO-102005-2056 • Julio 2005

Impreso con tinta a base de recursos renovables en papel que contiene al menos un 50% de papel desechado, incluyendo un 10% de desecho posconsumo.