

Utilizando energía renovable para bombear agua

Juan Enciso y Michael Mecke*

Usted puede ahorrar dinero y ayudar a reducir la contaminación ambiental mediante el uso de fuentes de energía renovable — tal como energía solar o energía eólica — en su hogar, para el riego por goteo o para pozos de agua para el ganado.

La energía eólica (del viento) y la solar pueden ser opciones excelentes en áreas remotas donde los costos de extender las líneas de distribución son altos. Extender las líneas de distribución en una extensión de $\frac{1}{4}$ milla cuesta generalmente \$5 USD por pie. A ese precio, una extensión de 1 milla de una línea de distribución costaría más de \$25,000.

Las fuentes de energía renovable son también una buena opción cuando sólo hay necesidad de bombear una cantidad pequeña de agua. Generalmente, se requiere muy poca agua para el ganado y para uso residencial.

Para tomar una decisión inteligente acerca de las fuentes de energía renovable, es útil comprender algunos conceptos básicos acerca de los combustibles renovables, incluyendo:

- Cómo funcionan las bombas de energía solar y eólica
- Los componentes principales de estas bombas
- Las ventajas y desventajas de las bombas de energía solar y eólica
- Cómo calcular sus requerimientos de bombeo

También es importante considerar los costos de comprar y utilizar un sistema de bombeo,

incluyendo el costo inicial, los costos de la energía y los costos de mantenimiento.

Energía eólica

El viento se utiliza a menudo como una fuente de energía para operar las bombas de agua y suministrar agua al ganado. Debido a la gran cantidad de agua necesaria para los cultivos, la energía eólica se utiliza raramente para regar los cultivos. A medida que se desarrollen turbinas de viento más grandes y/o más eficientes, se espera que grupos de este tipo de turbinas de viento (o turbinas de viento individuales) sean capaces de generar suficiente electricidad para ser utilizadas en proyectos de riego. Los generadores de viento también se utilizan para cargar baterías y proveer electricidad a comunidades pequeñas.

El dispositivo de viento más comúnmente utilizado es el molino de viento americano para granjas y haciendas (Fig. 1). Estos molinos de viento son comunes en las Grandes Llanuras Norteamericanas y a través del suroeste de la nación.

Un molino de viento consiste en:

- Un ventilador muy grande con 15 a 40 hélices de acero o galvanizadas
- Un mecanismo con una caja de engranes propulsado por las hélices. Este mecanismo convierte el movimiento rotatorio de las hélices en un movimiento lineal (de arriba hacia abajo)
- Una bomba de pistones que es accionada por el movimiento lineal producido por el mecanismo de la caja de engranes
- Una barra o flecha que desciende del molino de viento a la bomba que está dentro del pozo

*Profesor Asistente y Especialista en Ingeniería Agrícola de Extensión; y Especialista de Programas de Extensión—Manejo del Agua; Sistema Universitario A&M

- Un cilindro de la bomba que se coloca en el agua cerca del fondo del pozo y es movido por la barra o flecha

El propulsor debe tener muchas hélices para desarrollar una potente torsión inicial, la cual es necesaria para que la bomba de pistones empiece a operar. Generalmente, los molinos de viento empiezan a funcionar cuando las velocidades de viento exceden 7 mph.

Energía solar

La energía solar se utiliza principalmente para bombear agua para el ganado o para uso residencial. Rara vez se utiliza para el riego debido a la gran cantidad de agua necesaria para los cultivos. Sin embargo, las bombas solares son económicamente factibles para el riego agrícola cuando se requiere poca cantidad de agua y la elevación de bombeo es pequeña, tales como el riego por goteo, el cual utiliza menos agua que otros tipos de riego.

Las bombas solares convierten la radiación solar en electricidad por medio del uso de fotoceldas hechas de silicón, generalmente llamadas células fotovoltaicas. Las células fotovoltaicas se encuentran encerradas en un marco de vidrio, el cual compone el módulo solar.

A veces, se necesita un arreglo de módulos solares para producir suficiente energía para la bomba. Los módulos se montan en un marco o armazón llamado arreglo fotovoltaico (PV por sus siglas en inglés). El arreglo PV es conectado a un controlador y después por medio de un cable de energía eléctrica al subsistema del motor/bomba que está en el pozo (Fig. 2).

Las bombas sumergibles utilizan generalmente un motor de corriente directa (DC). Los motores que utilizan corrientes alternas (AC) deben tener un convertidor de DC a AC. Los motores de DC son recomendados porque cuesta más utilizar un convertidor, y se pierde energía durante la conversión de DC a AC.

Los motores DC más comunes operan a un voltaje nominal de 24, 36 y 48 voltios, los cuales pueden funcionar a 32, 42 y 64 voltios. Un problema con los antiguos motores DC ha sido que en el pasado, los mismos necesitaban escobillas de carbón, las cuales se desgastaban y debían ser reemplazadas regularmente.

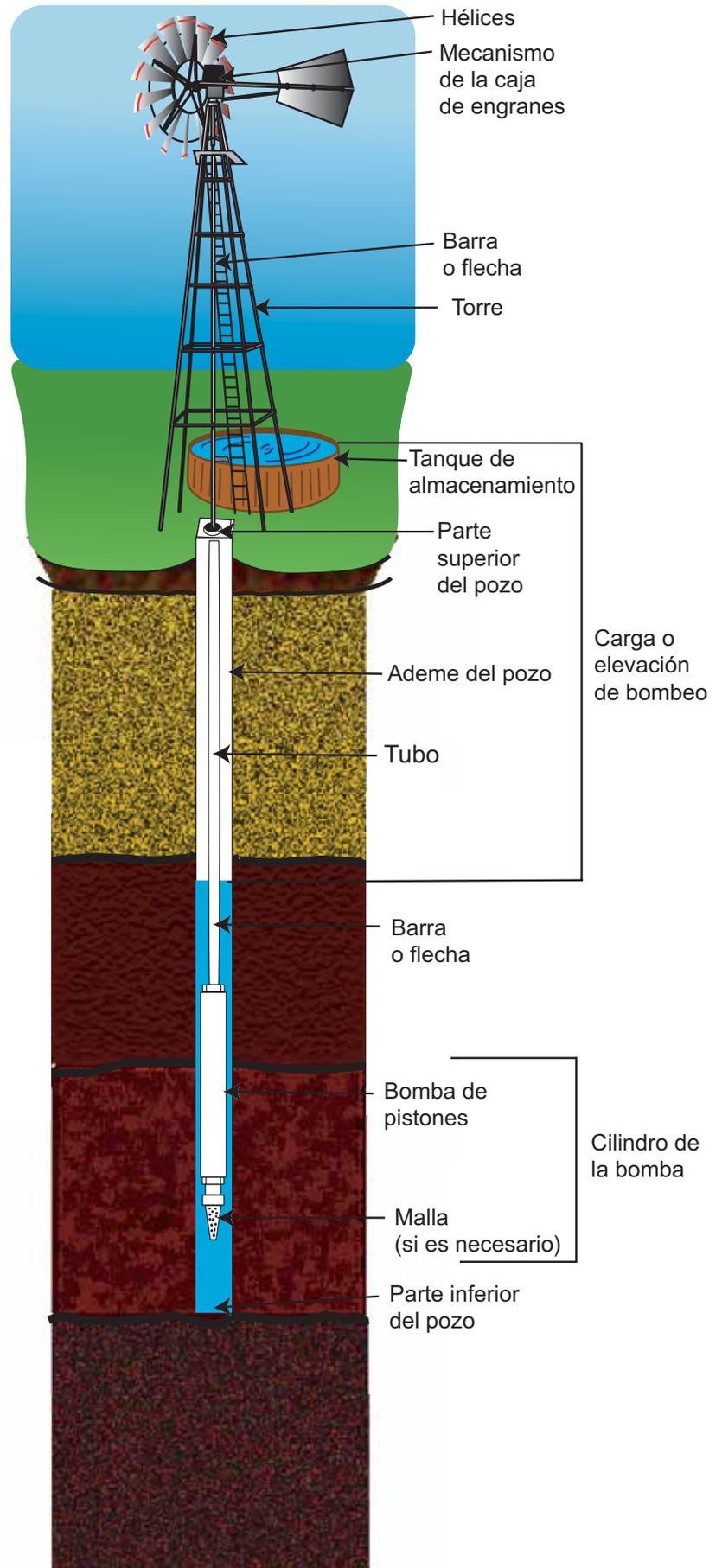


Figura 1. Un molino de viento americano para granjas y haciendas.

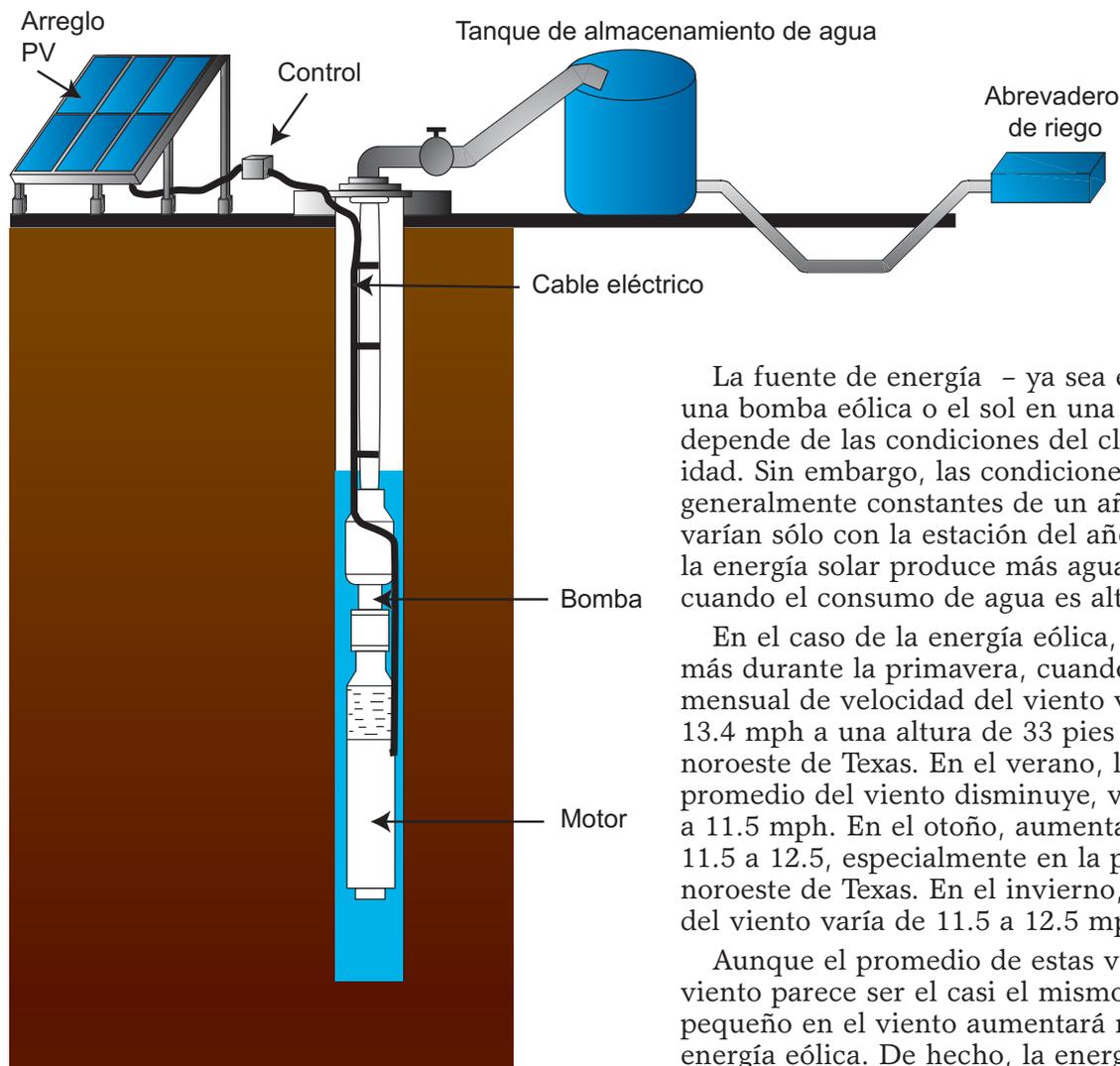


Figura 2. Una bomba de agua solar.

Recientemente se han desarrollado motores DC que no necesitan mantenimiento, pues utilizan una red electrónica de circuitos para realizar la misma función que las escobillas. Hoy, la mayoría de bombas sumergibles usan motores DC sin escobillas o motores AC con un convertidor.

Durante los últimos años, el costo de los módulos solares se ha reducido considerablemente. A medida que incrementa el consumo y la producción solar a gran escala, se espera que los costos continúen bajando. Un módulo solar cuesta aproximadamente \$5 por voltio; un módulo de 75 voltios cuesta cerca de \$375.

Las ventajas y desventajas de la energía solar y eólica

Algunas ventajas y desventajas de utilizar energía solar o eólica se presentan en la Tabla 1. La ventaja principal de utilizar energía renovable es que la energía para bombear el agua es gratis.

La fuente de energía – ya sea el viento en una bomba eólica o el sol en una bomba solar – depende de las condiciones del clima de la localidad. Sin embargo, las condiciones del lugar son generalmente constantes de un año a otro y varían sólo con la estación del año. Por ejemplo: la energía solar produce más agua en el verano, cuando el consumo de agua es alto.

En el caso de la energía eólica, el viento sopla más durante la primavera, cuando el promedio mensual de velocidad del viento varía de 11.5 a 13.4 mph a una altura de 33 pies en el oeste y noroeste de Texas. En el verano, la velocidad promedio del viento disminuye, variando de 9.8 a 11.5 mph. En el otoño, aumenta levemente de 11.5 a 12.5, especialmente en la parte del noroeste de Texas. En el invierno, la velocidad del viento varía de 11.5 a 12.5 mph.

Aunque el promedio de estas velocidades del viento parece ser el casi el mismo, un aumento pequeño en el viento aumentará mucho la energía eólica. De hecho, la energía eólica aumenta en proporción cúbica (tres veces) a la velocidad de viento. Por ejemplo, una velocidad del viento de 12.6 mph tiene dos veces el poder de una velocidad del viento de 10 mph.

El agua bombeada de los sistemas eólicos y solares generalmente se almacena en tanques. Tenga presente que su tanque de almacenamiento necesita ser lo suficientemente grande para almacenar el suministro de agua de varios días en caso de fallas en el sistema o malas condiciones para el bombeo (clima desfavorable).

Cuando el tanque de agua está repleto, el exceso de energía solar o eólica se puede almacenar en baterías ácidas de plomo. Sin embargo, hay varios inconvenientes relacionados con el almacenaje de energía en baterías:

- Es costoso.
- Sólo se pueden almacenar pequeñas cantidades de energía (a veces, menos de 1,000 ó 2,000 voltios por hora, dependiendo de la cantidad de baterías y su capacidad).

Tabla 1. Comparación de las ventajas y las desventajas de los sistemas de energía solares y eólicos.

Factor	Sistemas eólicos	Sistemas solares
Ventajas		
Clima favorable	Los vientos estables son las más productivos.	Bombear agua consistentemente todo el año.
Portabilidad		Pueden ser portátiles y armados en diferentes sitios.
Duración	Puede exceder los 50 años, excepto la bomba de pistones, la cual requiere de mantenimiento cada 1 ó 2 años.	Más de 20 años. La bomba dura menos tiempo.
Desventajas		
Clima tempestuoso	Se desgasta más rápidamente con vientos fuertes. Los vientos destructores pueden arruinar el sistema.	Los paneles pueden dañarse por el granizo. El tiempo nublado y los días cortos reducen la producción de energía.
Requisitos de energía durante cada época del año	La producción de energía se detiene cuando la velocidad del viento es baja, lo que ocurre en julio y agosto cuando el agua se necesita más.	
Costo inicial	Costo inicial más bajo.	Costo inicial más alto.
Costo de mantenimiento	Requiere más mantenimiento.	Menos mantenimiento.

- Las baterías necesitan ser reemplazadas por lo menos cada 5 años.
- Las baterías de almacenamiento aumentan el costo inicial del sistema total considerablemente.

Estimando el tamaño de la bomba

Tanto los sistemas de energía solares como los eólicos utilizan bombas para elevar el agua subterránea hasta un tanque de almacenamiento. Para estimar el tamaño de la bomba para satisfacer sus necesidades, usted debe considerar varios factores:

- La cantidad diaria de agua que se necesita
- La capacidad del bombeo, o el número de galones por hora que la bomba debe ser capaz de elevar
- La cantidad de caballos de fuerza requerida para elevar esa cantidad de agua

Para calcular sus necesidades de bombeo, calcule primero cuánta agua se utilizará diariamente y desde qué distancia se debe elevar el agua subterránea (la profundidad del pozo). La Tabla 2 provee lineamientos para calcular las necesidades de agua para personas y ganado.

Para estimar los requerimientos totales de agua por día, multiplique el número de personas o animales por la cantidad de agua que se espera que ellos consuman por día.

Ejemplo: ¿Cuánta agua se necesita para un hato de 100 cabezas de ganado de res?

Requisito de agua = 100 cabezas de ganado x 10 galones/día/cabeza = 1,000 galones/día

Capacidad de bombeo

Después, calcule el número de galones por hora que la bomba debe ser capaz de elevar, que es la capacidad de bombeo. Ya que el viento no sopla todo el día y el sol no brilla todo el día ni todos los días, es sumamente recomendable que usted asuma que en promedio, 5 horas al día están disponibles para recolectar energía eólica o solar. Para estimar la capacidad de bombeo, divida el número de galones necesarios al día por el número de horas disponibles para recolectar energía.

Ejemplo: ¿Cuánta agua se necesita para el hato de 100 cabezas de res en el ejemplo de arriba?

Requisito de agua = 100 cabezas de ganado x 10 galones/día/cabeza = 1,000 galones/día

Tabla 2. Requisitos de agua en galones por día para diferentes especies.

Especie	Galones por día
Humanos	100 por persona
Ganado de res	7-12 por cabeza
Ganado vacuno	10-16 por cabeza
Caballos	8-12 por cabeza
Puercos	3-5 por cabeza
Ovejas y cabras	1-4 po cabeza
Pollos	8-10 por cada 100 aves
Pavos	10-15 por cada 100 aves

Capacidad de bombeo = 1,000
galones/día divididos por 5 horas = 200
galones/hora

Calculando los caballos de fuerza necesarios

Luego usted necesita calcular la cantidad de caballos de fuerza que la bomba debe tener. Para calcular los caballos de fuerza necesarios, convierta primero la capacidad de bombeo de galones por hora a galones por minuto.

Ejemplo: Para las mismas 100 cabezas de ganado de res mencionadas arriba, usted necesitará convertir los 200 galones por hora de la capacidad de bombeo a galones por minuto:

Galones por minuto (GPM) = 200 galones/hora divididos por 60 = 3.33 GPM

Ahora, para calcular la cantidad de caballos de fuerza necesarios, multiplique la capacidad de bombeo por la elevación, la cual es la distancia que debe elevarse el agua; después divida ese número entre 3,960.

$$\text{HP} = \frac{Q \times H}{3,960}$$

En donde:

HP = Caballos de fuerza

Q = capacidad de bombeo, en galones por minuto (GPM)

H = elevación, en pies

El pozo en el rancho ganadero del ejemplo de arriba tiene 100 pies de profundidad. Para el ejemplo de arriba, los factores son:

$$Q = 3.33 \text{ GPM}$$

Elevación = 100 pies

El cálculo debe ser:

Caballos de fuerza = 3.33 GPM x 100 pies/3,960 = 0.084 HP (caballos de fuerza)

Convirtiendo los caballos de fuerza a voltios

Los caballos de fuerza utilizados arriba describen el trabajo mecánico necesario para elevar cierto volumen de agua por la unidad de tiempo desde el nivel del agua de bombeo hasta el tanque de almacenamiento. Usted puede convertir esta medida de caballos de fuerza a voltios de electricidad multiplicándolos por 746:

$$\text{Voltios} = 0.084 \text{ HP} \times 746 \text{ voltios} = 62.7 \text{ voltios}$$

Después, usted necesita ajustar los voltios para tomar en consideración la pérdida de electricidad en el cable y los controles durante la distribución, y al convertir la electricidad a los movimientos mecánicos de la bomba. La tasa

promedio de la eficiencia de estas bombas es cerca del 45 por ciento. Para ajustar esta cifra, compensando por tal ineficiencia, debemos calcular de nuevo la cantidad de energía, dividiendo el número de voltios por 0.45:

$$\text{Voltios necesarios} = 62.7 \text{ divididos entre } 0.45 = 139.3 \text{ V}$$

Finalmente, para un sistema solar, debemos escoger el número de paneles solares que producirán el número de voltios requeridos por la bomba. Los paneles o módulos solares tienen capacidades diferentes. Hay módulos de 25, 50, 70 ó 75 V.

Es menos costoso utilizar un motor más eficiente que agregar un panel solar extra. Para el ejemplo arriba, el ganadero podría comprar seis paneles de 25 V, pero sería mucho menos costoso comprar dos paneles solares de 70 V para producir los 139.3 V necesarios.

Calculando el tamaño del molino de viento

Al comprar un molino de viento, usted debe saber cuáles son los requisitos diarios de elevación y de agua. Utilice las fórmulas de arriba para determinar los caballos de fuerza que su bomba debe tener.

Los componentes principales de un molino de viento son las hélices, la torre y el motor, la barra o flecha de la bomba, el tubo (generalmente es un tubo galvanizado de 2 pulgadas), la barra del succionador (un asta de madera, o una barra de acero o fibra de vidrio) y la bomba de pistones (vea la Fig. 1).

Si hay árboles altos en el área, quizás sea necesario o quiera usted tener una torre más alta para levantar las hélices del ventilador por arriba de los árboles y alcanzar el viento. Sin embargo, los molinos de viento generalmente no tienen más de 35 pies de altura; de otro modo, las torres llegan a ser demasiado caras.

El rendimiento de un molino de viento en lo que al bombeo se refiere, se ve afectado por tres factores: la velocidad del viento, el diámetro de la rueda o la hélice y el diámetro del cilindro (Tabla 3).

La velocidad del viento tiene un efecto importante en dicho rendimiento. De hecho, la energía disponible del viento es proporcional al cubo de la velocidad de viento. Esto significa que cuando la velocidad del viento se duplica, la energía aumenta ocho veces. La mayoría de los molinos de viento no operan a velocidades de viento menores de 7 mph ni mayores de 30 mph, ya que el molino puede ser dañado por los vientos fuertes.

Tabla 3. Capacidades de bombeo y su relación con el diámetro del cilindro y con la hélice del molino de viento.

Diámetro del cilindro (pulgadas)	Capacidad de bombeo (galones por hora)		Diámetro de la hélice (pies)					
	Diámetro de la rueda (pies)		6	8	10	12	14	16
	6	8 a 16	6	8	10	12	14	16
	Elevación del bombeo (pies)							
2	130	190	95	140	215	320	460	750
2 1/2	225	325	65	94	140	210	300	490
3	320	470	47	68	100	155	220	360
3 1/2	440	640	35	50	76	115	160	265
4	570	830	27	39	58	86	125	200
4 3/4	—	1,170	—	—	41	61	88	140
5	900	1,300	17	25	37	55	80	130
6	—	1,875	—	17	25	38	55	85
8	—	3,300	—	—	14	22	31	50

Ejemplo: En la Tabla 3, para bombear 470 galones por hora y elevar el agua a 220 pies, un diámetro del cilindro de 3 pulgadas requerirá de un diámetro de hélice de 14 pies.

Para mayor información

Incentivos Estatales para Energía Alternativa en Texas

<http://www.ies.ncsu.edu/dsire/library/includes/map2.cfm?CurrentPageID=1&State=TX>

Sociedad de Energía Solar de Texas

<http://www.txses.org/>

Oficina Estatal de Energía de Texas

<http://www.infinitepower.org/>

Departamento de Energía de los EE.UU. - Banco de Información sobre Energía Renovable

<http://www.eere.energy.gov/>

Reconocimientos

Este material se desarrolló con el apoyo de la Iniciativa de la Cuenca del Río Grande (RGI) del Servicio Estatal Cooperativo de Investigación, Educación y Extensión, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, bajo el Acuerdo No. 2001-45049-00149.

Este proyecto fue financiado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Proyecto No. 2001-4509-01149, "Riego Eficiente para la Conservación del Agua en la Cuenca del Río Grande."

El autor desea agradecer al Dr. Brian D. Vick del Laboratorio Investigativo de Conservación y Producción USDA-ARS en Bushland, Texas, por sus valiosas sugerencias y recomendaciones para mejorar esta publicación.



Texas A&M AgriLife Extension Service

AgriLifeExtension.tamu.edu

Más publicaciones de Extensión están disponibles en AgriLifeBookstore.org

Los programas educativos de Texas A&M AgriLife Extension Service están disponibles para todas las personas, sin distinción de raza, color, sexo, discapacidad, religión, edad u origen nacional.

El Sistema Universitario Texas A&M, el Departamento de Agricultura de EE.UU. y las Cortes de Comisionados de Condado de Texas en Cooperación.