



[385129570] west cowboy/Shutterstock

Mercados de carbono: una forma de mitigar el cambio climático

Casos prácticos



Tecnológico
de Monterrey

Energías renovables

Caso de ahorro: aerogeneradores domésticos

Imagina un caso de una familia que tiene un consumo bimestral promedio de **800 kWh** durante todo el año. Considerando que tienen una **tarifa 1C**, para este nivel de consumo de energía eléctrica, se maneja un **costo promedio de \$1.8 por kWh**.



La familia planea instalar **aerogeneradores** domésticos para dejar de consumir energía eléctrica de la red nacional.



Les recomendaron instalar aerogeneradores de 10 kW, los cuales tienen un diámetro de 8 m y una altura de 14 m.

Durante todo el año la **velocidad** promedio del **viento** es de **3m/s** y la **densidad del aire** permanece constante con un valor de **1.2 kg/m³**.

Cada aerogenerador puede operar **22 horas al día** y tiene un **costo de \$30,000** (instalación incluida).

1

Calcula el número de aerogeneradores que la familia requiere para cubrir la demanda de energía.

2

Calcula el tiempo en que la familia recuperaría la inversión.

3

Calcula las emisiones de CO₂ que se reducen por cada hogar que instale aerogeneradores de este tipo.

Paso 1

Para calcular cuántos aerogeneradores debe comprar la familia, primero es necesario calcular la **energía** que puede captar cada aerogenerador en **Watts**.

La fórmula que se utiliza para esto es: $E = \frac{16}{27} \left(\frac{1}{2} P_{\text{aire}} A_{\text{barrido}} V^3 \right) t$

Como desconocemos el valor del **área de barrido**, necesitamos obtenerlo, este valor se refiere al área que las aspas del aerogenerador forman al girar y se calcula como:

$$A_{\text{barrido}} = \frac{\pi D^4}{4} = \frac{\pi(8\text{m})^2}{4} = 50.2654 \text{ m}^2$$

Ahora sí es posible calcular la **energía** en Watts generada por el aerogenerador:

$$E = \frac{16}{27} \left[\frac{1}{2} \left(1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (50.2654 \text{ m}^2) \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 \right] \left(22 \frac{\text{h}}{\text{día}} \right)$$

$$E = 10616.05 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3} \frac{\text{h}}{\text{día}} = 10,616.05 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

$$E = 10,616.05 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \left(\frac{1 \text{ kWh}}{1000 \text{ Wh}} \right) = 10.6161 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Ahora debemos calcular la **energía** que el aerogenerador produce en un **bimestre** (60 días):

$$E = 10.6161 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \left(60 \frac{\text{días}}{\text{bimestre}} \right) = 637 \frac{\text{kWh}}{\text{bimestre}}$$

Si la familia quería dejar de consumir energía eléctrica de la red nacional, debe conseguir **800 kWh**, por lo que necesitará más de un aerogenerador:

$$\text{Aerogeneradores} = \frac{800 \frac{\text{kWh}}{\text{bimestre}}}{637 \frac{\text{kWh}}{\text{bimestre}}} = 1.25 \text{ aerogeneradores} \rightarrow 2 \text{ aerogeneradores}$$

Paso 2

Ahora que ya se sabe cuántos aerogeneradores debe comprar la familia, es necesario calcular el **tiempo en que se recuperaría la inversión**, de acuerdo al ahorro que obtendrán al no tener que pagar por energía eléctrica a la red nacional.

El tiempo de recuperación de la inversión es la inversión inicial dividida entre el ahorro de energía. Suponiendo que los 800 kWh provendrán de los aerogeneradores, se calcula el ahorro.

$$\text{Ahorro} = 800 \frac{\text{kWh}}{\text{bimestre}} \left(1.8 \frac{\text{pesos}}{\text{kWh}} \right) = 1440 \frac{\text{pesos}}{\text{bimestre}}$$

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{2 \text{ aerogeneradores} \left(30,000 \frac{\text{kWh}}{\text{aerogenerador}} \right)}{1,440 \frac{\text{pesos}}{\text{bimestre}}}$$

Tiempo de recuperación = 41.7 bimestres = 83.4 meses = 6 años y 11 meses

Paso 3

Calcular las **emisiones** que se reducirían al dejar de consumir energía eléctrica de la red nacional.

Para calcular las emisiones reducidas, se multiplica el **consumo** por el **factor de emisión** (en este caso de la red eléctrica de México).

$$\text{Emisiones reducidas} = \left(800 \frac{\text{kWh}}{\text{bimestre}} \right) \left(\frac{1 \text{ MWh}}{1000 \text{ kWh}} \right) \left(0.454 \frac{\text{tCO}_2}{\text{MWh}} \right)$$

$$\text{Emisiones reducidas} = 0.363 \frac{\text{tCO}_2}{\text{bimestre} \cdot \text{casa}}$$



Imagina que una empresa de construcción de viviendas, tiene un **proyecto** de construcción de **1,000,000 de casas** que tendrán un consumo similar a esta. ¿Cuál sería la cantidad de tCO₂ que se reducirían en todas estas viviendas si se utilizaran aerogeneradores?

$$\text{Emisiones reducidas} = 0.363 \frac{\text{tCO}_2}{\text{bimestre} \cdot \text{casa}} \times (1,000,000 \text{ casas}) = 363,000 \text{ tCO}_2$$

Ahora, considerando que los **bonos de toneladas de CO₂ reducidas** es de **200 pesos**, ¿Cuál sería el ahorro por la venta de reducción de emisiones para la empresa constructora?

El ahorro por **emisiones** es la multiplicación de la cantidad de emisiones por su **precio**.

$$\text{Ahorro por emisiones} = 363,000 \text{ tCO}_2 \left(200 \frac{\text{pesos}}{\text{tCO}_2} \right) = 72,600,000 \text{ pesos}$$

Como puedes observar, el ahorro en emisiones por cada casa es relativamente bajo, sin embargo, al multiplicarlo por una gran cantidad de casas como las que existen en una ciudad, la cantidad de toneladas de emisiones reducidas se vuelve muy significativa.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto 266632 "Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica", con financiamiento del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER (Convocatoria: S001920101).

El trabajo intelectual contenido en este material, se comparte por medio de una licencia de Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.5 MX) del tipo "Atribución-No Comercial Sin Derivadas", para conocer a detalle los usos permitidos consulte el sitio web en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/mx>



Se permite copiar, distribuir, reproducir y comunicar públicamente la obra sin costo económico bajo la condición de no modificar o alterar el material y reconociendo la autoría intelectual del trabajo en los términos específicos por el propio autor. No se puede utilizar esta obra para fines comerciales, y si se desea alterar, transformar o crear una obra derivada de la original, se deberá solicitar autorización por escrito al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

CFE
Comisión Federal de Electricidad

CONACYT
45 años

Tecnológico de Monterrey

FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍAS LIMPIAS

Colaboran:

Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ASU ARIZONA STATE UNIVERSITY