



# HOMER

MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA POTENCIA DISDRIBUIDA

---

## Guía de Inicio

### HOMER VERSIÓN 2.0

**Borrador, Mayo 2003**

Traducido por  
Arturo Romero Paredes, Ecoturismo y Nuevas Tecnologías



**NREL**

National Renewable Energy Laboratory

1617 Cole Boulevard  
Golden, Colorado 80401 - 3393

NREL is a U.S. Department of Energy Laboratory  
Operated by Midwest Research Institute • Battelle • Bechtel



### **Acerca de ésta Guía de Inicio.**

Esta Guía de inicio le presenta HOMER a través de un recorrido de once pasos. Usted empezará proporcionando a HOMER información, o datos de entrada, para diseños de sistemas de energía que usted quiera considerar. HOMER simulará configuraciones de sistemas, crea una lista de diseños de posibles sistemas y clasifica la lista por rentabilidad. En el paso final, utilizará HOMER para llevar a cabo un análisis sensible<sup>1</sup>. Pasando por cada paso de la guía, usted debe familiarizarse con el programa y desarrollar la experiencia suficiente para comenzar a utilizar el modelo por usted mismo.

Debe tomarle cerca de una hora para completar este ejercicio.

### **La versión en línea de ésta guía.**

Usted puede abrir una versión *en línea* de ésta guía seleccionando **Guía de Inicio** del menú **ayuda** de HOMER.

### **Verificando como va su trabajo**

A lo largo de la guía habrá ilustraciones que muestran como debe verse HOMER cuando usted utilice el programa. Asegúrese de comparar las ilustraciones que aparece en la pantalla de su computadora para estar seguro de que completó correctamente cada paso.

### **Sobre las Recomendaciones y Notas:**

A lo largo de ésta guía, las recomendaciones y notas proporcionan información adicional para ayudarle a entender mejor cómo trabaja HOMER. Una **Nota** es información importante que usted debe leer para comprender mejor el paso del ejercicio que usted está completando. Una **Recomendación** es información suplementaria que usted puede encontrar de utilidad para su trabajo futuro con HOMER, pero no es esencial para entender como completar el ejercicio.

---

<sup>1</sup> N del T: Sensible se refiere a considerar otras variables que se ingresaron previamente. Este concepto se explica más adelante.



## Tabla de Contenidos

Bienvenido a HOMER .....	4
Paso Uno: Formular una pregunta que HOMER pueda ayudar a responder .....	6
Paso Dos: Crea un nuevo archivo HOMER.....	7
Paso Tres: Construir el esquema.....	8
Paso Cuatro: Introducir los detalles de la carga. ....	10
Paso Cinco: Introducir detalles de los componentes.....	12
Paso Seis: Introducir detalles de los recursos.....	16
Paso Siete: Verifique entradas y corrija errores. ....	18
Paso Ocho: Examine los resultados de optimización. ....	21
Paso Nueve: Refine el diseño del sistema.....	23
Paso Diez: Añada variables de sensibilidad.....	26
Paso Once: Examine los resultados del análisis sensible.....	28
Resumen de la Guía de Inicio.....	30
Contactos .....	31



## Bienvenido a HOMER

### ¿Qué es HOMER?

HOMER, el modelo de optimización para sistemas de potencia distribuida, simplifica la tarea de evaluación de diseños tanto de sistemas de energía fuera de la red como conectadas a la red para una variedad de aplicaciones. Cuando usted diseña un sistema de energía, debe tomar muchas decisiones acerca de la configuración del sistema: ¿Qué componentes tiene sentido incluir en el diseño del sistema?, ¿Cuántos y que tamaño tiene cada componente que usted debe utilizar?. El gran número de opciones tecnológicas, la variación de los costos de la tecnología y la disponibilidad de recursos energéticos hacen difíciles estas decisiones. Los algoritmos de análisis sensible y de optimización de HOMER hacen más fácil evaluar muchas de las posibles configuraciones del sistema.

### ¿Cómo utilizo HOMER?

Para utilizar HOMER, proporcione al modelo datos de entradas que describan las opciones tecnológicas, costos de los componentes y la disponibilidad de recursos. HOMER utiliza estos datos de entrada para simular diferentes configuraciones del sistema, o combinaciones de componentes, y genera resultados que usted pueda visualizar como una lista de posibles configuraciones ordenada por costo neto presente. HOMER también despliega resultados de simulación en una amplia variedad de tablas y gráficos que lo ayudan a comparar las configuraciones y evaluarlas en base a sus ventajas económicas y técnicas. Usted puede exportar las tablas y los gráficos para utilizarlas en reportes y presentaciones.

Cuando usted quiera explorar el efecto de cambios en factores tales como la disponibilidad del recurso y condiciones económicas que pueden tener sobre la rentabilidad de diferentes configuraciones del sistema, usted puede usar el modelo para realizar un análisis sensible. Para llevar a cabo un análisis sensible, proporcione a HOMER los valores sensibles que describan un rango de disponibilidad de recursos y costos de los componentes. HOMER simula cada configuración de sistema en el rango de valores. Usted puede utilizar los resultados de un análisis sensible para identificar los factores que tengan un impacto más grande en el diseño y funcionamiento de un sistema de energía. Usted también puede utilizar los resultados de análisis sensible de HOMER para responder a preguntas generales sobre las opciones tecnológicas para informes de planificación y decisiones políticas.

### ¿Cómo trabaja HOMER?

#### Simulación

HOMER simula la operación de un sistema llevando a cabo cálculos del balance de energía para cada una de las 8,760 horas de un año. Para cada hora, HOMER compara la demanda eléctrica y térmica en la hora, con la energía que el sistema pueda suministrar en esa hora, y calcula los flujos de energía, para y desde cada componente del sistema. Para los sistemas que incluyen baterías o generadores a base de combustible, HOMER también decide para cada hora como operan los generadores y si se cargan o descargan las baterías.

HOMER realiza estos cálculos de balance de energía para cada configuración de sistema que usted quiera considerar. Entonces determina si la configuración es factible, es decir, si puede o no satisfacer la demanda eléctrica bajo las condiciones que usted especifica, y estima el costo de instalación y operación del sistema durante el tiempo de vida del proyecto. Los



cálculos del costo del sistema considera tanto los costos de inversión, como de reemplazo, operación y mantenimiento, así como de combustibles e intereses.

### **Optimización**

Después de la simulación de todas las posibles configuraciones del sistema, HOMER despliega una lista de configuraciones, ordenadas por costo neto presente (algunas veces llamado costo del ciclo de vida), que usted pueda utilizar para comparar las opciones del diseño del sistema.

### **Análisis de sensibilidad**

Cuando usted define las variables sensibles como datos de entrada, HOMER repite el proceso de optimización para cada variable sensible que usted especifique. Por ejemplo, si usted define la velocidad del viento como una variable sensible, HOMER simulará las configuraciones del sistema para el rango de velocidades de viento que usted especifique.

### **HOMER en Internet**

La página Web de HOMER, [www.nrel.gov/homer](http://www.nrel.gov/homer), contiene la última información del modelo así como archivos de ejemplos, datos del recurso, y la información de los contactos.



## **Paso Uno: Formular una pregunta que HOMER pueda ayudar a responder**

HOMER puede responder a un amplio rango de preguntas acerca del diseño de pequeños sistemas de energía. Esto es útil para tener una clara idea de una pregunta que usted quiera que HOMER le ayude a responder antes de comenzar a trabajar con HOMER. Los ejemplos de las preguntas tipo que HOMER puede responder son:

- ¿Es rentable añadir un aerogenerador al generador diesel en mi sistema?
- ¿Cual será el costo del diesel necesario a incrementar para hacer rentable el fotovoltaico?
- ¿Mi diseño satisfará una demanda eléctrica creciente?
- ¿Es rentable instalar una micro-turbina, para producir electricidad y calor a mi edificio que está conectado a la red eléctrica?

Para este ejercicio, permítanos suponer que los generadores diesel típicamente dan servicio a pequeñas cargas en un área remota, y que queremos utilizar HOMER para encontrar si tiene sentido añadir aerogeneradores a tales sistemas. La pregunta que usaremos para que HOMER nos ayude a responder es: *¿Cómo los cambios en el promedio de la velocidad de viento y el precio de combustible afectan la viabilidad de agregar aerogeneradores para un sistema diseñado únicamente diesel?*




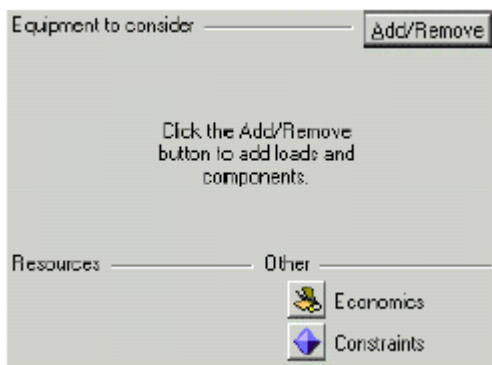
## Paso Dos: Crea un nuevo archivo HOMER.


Un archivo HOMER contiene toda la información acerca de las opciones tecnológicas, los costos de los componentes y la disponibilidad del recurso necesario para analizar los diseños del sistema de energía. El archivo HOMER también contiene los resultados de algunos cálculos que HOMER realiza como parte del proceso de optimización y análisis sensible. Los nombres de los archivos HOMER finalizan en .hmr, por ejemplo: WindVsDiesel.hmr.

Cuando usted inicie HOMER, aparece el archivo recientemente guardado y lo abre. Si HOMER no puede encontrar un archivo, éste despliega una ventana vacía.

Para este ejercicio, cree un nuevo archivo HOMER:

- Haga clic en Archivo Nuevo<sup>2</sup> [New File] , o seleccione Archivo [File], Nuevo [New] desde el menú para crear un nuevo archivo HOMER. HOMER despliega un esquema en blanco sobre la Ventana Principal.



**Recomendación:** Usted también puede abrir un archivo HOMER existente haciendo clic sobre Abrir Archivo [Open File] .


<sup>2</sup> N del T: Hemos dejado el termino en ingles mientras que el programa no sea traducido el español, lo que permitirá al lector comprender los pasos del proceso.

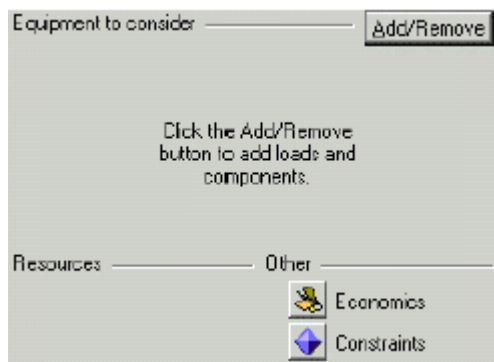


## Paso Tres: Construir el esquema

HOMER compara múltiples opciones tecnológicas para un diseño de sistema de energía. El esquema representa todas las opciones tecnológicas que usted desee que HOMER considere: este no es un esquema de la configuración de un diseño en particular. Construya el esquema para dar a HOMER la información acerca de los componentes a considerar que responda su pregunta. El esquema puede incluir componentes que no están en el diseño óptimo.

En este ejercicio, HOMER simulará sistemas que incluyan combinaciones de aerogenerador y diesel para responder a la pregunta *¿Cómo los cambios en el promedio de la velocidad de viento y el precio de combustible afectan la viabilidad de agregar aerogeneradores para un sistema diseñado únicamente diesel?*

1. Oprima el botón añadir/quitar [Add/Remove]  para seleccionar los componentes que usted desea que HOMER considere.



HOMER despliega todos los componentes posibles en la ventana de añadir/quitar [Add/Remove].

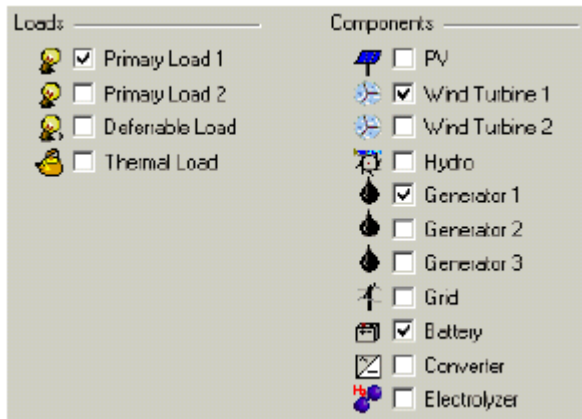
2. Seleccione la Carga Primaria 1 marcando en el recuadro.

**Recomendación:** Cada diseño de sistema deben incluir cualesquiera, una carga primaria (una descripción de la demanda eléctrica), carga diferida, o estar conectada a una red.

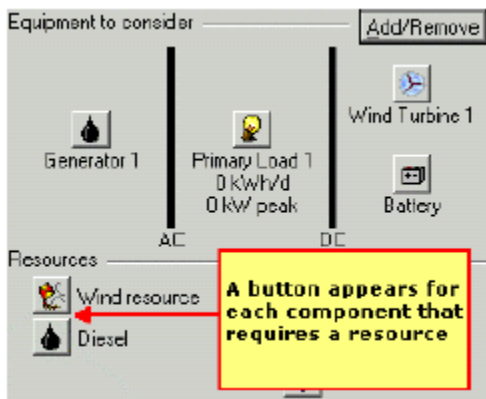




3. Seleccione el Aerogenerador 1, Generador 1, y la Batería; marque los cuadros.



4. Oprima el botón **OK** para regresar a la ventana Principal.




HOMER despliega los botones sobre el esquema que representa la carga y los componentes (aerogenerador, generador diesel y la batería).

En la Sección de Recursos (directamente abajo del esquema) HOMER despliega los botones para los recursos que cada componente utilizará. En este caso, los botones para los recursos del viento y diesel, aparecen en la sección de recursos del esquema.



## Paso Cuatro: Introducir los detalles de la carga.

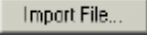
Los detalles de la carga son datos de entrada para las simulaciones de HOMER. Los datos de entrada de la carga, describen la demanda eléctrica que el sistema debe abastecer. Esta sección describe como importar un archivo de ejemplo de cargas.

1. Oprima el botón Carga primaria1 [Primary Load 1]  sobre el esquema, para abrir Entradas de Carga.

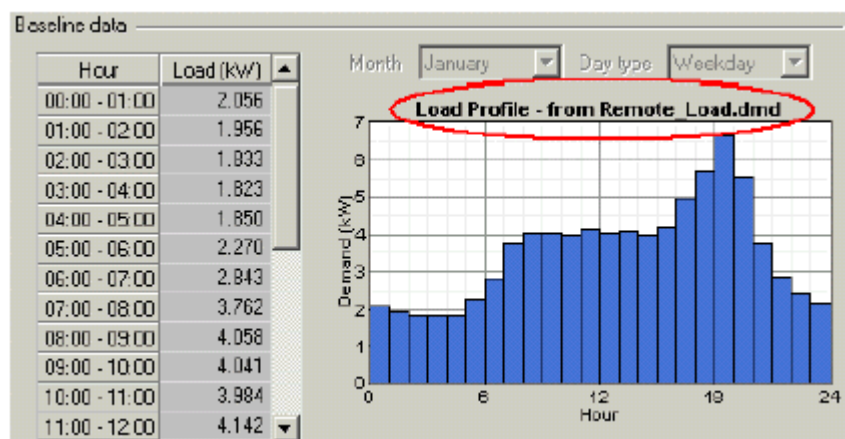
2. Escriba Carga Remota [Remote Load] como una etiqueta para la carga.



3. Seleccione CA como el tipo de carga.

4. Oprima el botón Importar archivo [Import File]  para abrir el ejemplo del archivo de carga remota- Remote\_ Load.dmd.

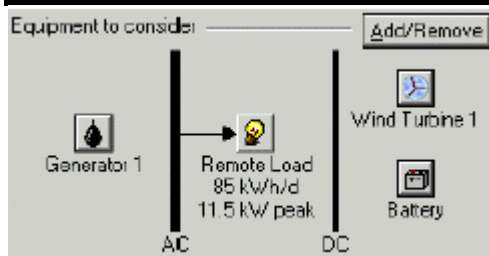
**NOTA:** Este archivo de ejemplo está ubicado en el mismo directorio del programa HOMER (homer.exe) en un subdirectorio llamado Archivos de Ejemplos.



HOMER despliega el perfil de carga diario en la tabla y en el gráfico. Note que el nombre del archivo importado aparece en el título del gráfico.

**Recomendación:** Usted También puede crear un perfil de carga introduciendo 24 valores en la Tabla del Perfil de Carga.

5. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.




Sobre el esquema, note la flecha que ahora conecta el botón de carga a la línea en CA y muestra la dirección del flujo de energía. También note que la leyenda que usted escribió Carga Remota [Remote Load], aparece sobre el esquema, junto con los valores de demanda promedio y pico.



## Paso Cinco: Introducir detalles de los componentes

Las entradas de los componentes describen las opciones tecnológicas, costos de los componentes y los tamaños y números de cada componente que HOMER utilizará para las simulaciones. Esta sección describe como se introducen los datos de costos para los generadores diesel, aerogeneradores y baterías. Los costos en este ejercicio no reflejan las condiciones verdaderas del mercado.

1. Oprima el botón Generador 1 [Generator 1]  sobre el esquema para abrir las Entradas de Generador.

2. En la tabla de Costos, introduzca los siguientes valores: Tamaño [Size] 1.000, Inversión inicial [Capital] 1500, Reemplazo [Replacement] 1200, O&M 0.05. Note que O&M se refiere a Operación y mantenimiento. Los costos de O&M no incluyen costos de combustible para un generador diesel.

Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/hr)
1.000	1500	1200	0.050

Esto le dice a HOMER que instalar un generador diesel en el sistema inicialmente cuesta \$1500 por kilowatt, que reemplazar el generador costaría \$1200 por kW, y que éste costaría \$0.05 por hora de operación y mantenimiento. Note que HOMER traza la curva del costo basada en los valores que usted introdujo en la tabla de costos.

**Recomendación:** Para este ejemplo, la curva de costo es lineal: HOMER asume que el costo y el tamaño del generador están relacionados linealmente, es decir, que el costo de instalación del equipo es \$1,500 por 1 kilowatt valor de la generación diesel es \$3,000 para 2 kW, \$4,500 para 3 kW, etc. usted puede definir una curva de costos no lineal para considerar la cantidad reducida y la escala económica al añadir filas a la tabla de costos con valores que no sigan este patrón lineal. Conforme usted introduzca valores a la tabla, HOMER automáticamente crea una fila vacía al final de la tabla para que usted pueda añadir valores adicionales como sea necesario.

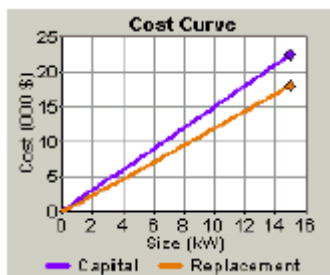


3. En los tamaños a considerar en la tabla, borre 0.000 y 1.000, y añada 15. Los valores en los tamaños a considerar en la tabla son llamados variables de optimización. La tabla debe visualizarse como la mostrada abajo:


Size (kW)
15.000

**Nota:** HOMER automáticamente añade cero y cualquier dimensión que usted introduzca en la tabla de Costos para los tamaños a considerar en la tabla. Usted puede dejar esos valores de los tamaños a considerar en la tabla, si usted desea que HOMER simule sistemas con estos tamaños de componentes, o elimine y añada a ellos si usted quiere que HOMER simule tamaños diferentes.

HOMER simulará sistemas con un generador de 15 kilowatts. Sobre la curva de Costo, note que HOMER despliega las variables de optimización como diamantes:



HOMER utiliza los valores en la tabla de Costos para el cálculo de costos del sistema que son parte del proceso de simulación para determinar cuanto se añadirá al costo del sistema de energía, la instalación, operación y mantenimiento. Las variables de optimización le dicen a HOMER cuantas capacidades de generador diesel incluir en las configuraciones de sistema que simulará.

4. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.
5. Oprima el botón Aerogenerador [Wind turbine]  sobre el esquema para abrir los datos de entradas de Aerogeneradores.
6. En la lista de Tipos de Turbina, oprima el botón de: genérico 10 kW para seleccionar el aerogenerador genérico de 10 kilowatts. HOMER despliega la curva de potencia de la turbina genérica.

Turbine type	Generic 10kW
Turbine props	AOC 15/50
Abbreviation	BWC Excel-R
Manufacturer	BWC Excel-S
Current:	BWC XL1
Notes:	Generic 10kW
	Generic 20kW



7. En la tabla de Costos, introduzca los siguientes valores: Cantidad 1, Costo de inversión [Capital] 30,000, Reemplazo 25,000, Operación y Mantenimiento [O&M] 500.


Costs			
Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	30000	25000	500

**Nota:** El costo O&M (Operación y Mantenimiento) para un aerogenerador está expresado en dólares por año (\$/año), y no en dólares por hora (\$/hr) como sería para un generador.

HOMER automáticamente despliega 0 y 1 en los tamaños a considerar en la tabla.

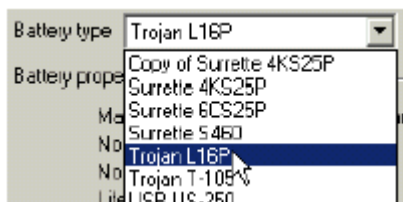
Sizes to consider	
Quantity	
0	
1	

8. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

9. Oprima el botón Batería [Battery]  sobre el esquema para abrir los datos de entrada de Baterías.

10. En la Lista de Tipo de Batería, oprima el botón Trojan L16P para seleccionar el modelo de batería Trojan L16P.

HOMER despliega las propiedades de la batería.



11. En la tabla de Costos, introduzca los siguientes valores: Cantidad 1, costo de inversión 300, Reemplazo 300, O&M 20.

Costs			
Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	300	300	20.00

En los Tamaños a considerar en la tabla, borre 0 y 1, y añada 8.

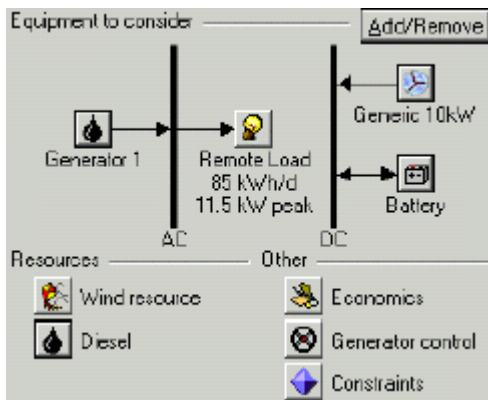


Sizes to consider: —

Quantity
8

12. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

Ahora usted ha terminado de introducir la información de los componentes. El esquema debe visualizarse así:




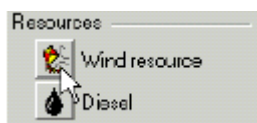


## Paso Seis: Introducir detalles de los recursos.

Los datos de entradas del recurso describe la disponibilidad de la radiación solar, del viento, hidro y de combustible para cada hora del año. Para los recursos solares, eólicos e hidro, usted puede ya sea importar los datos desde un archivo formateado propiamente, o utilizar HOMER para sintetizar datos horarios de valores mensuales promedio.

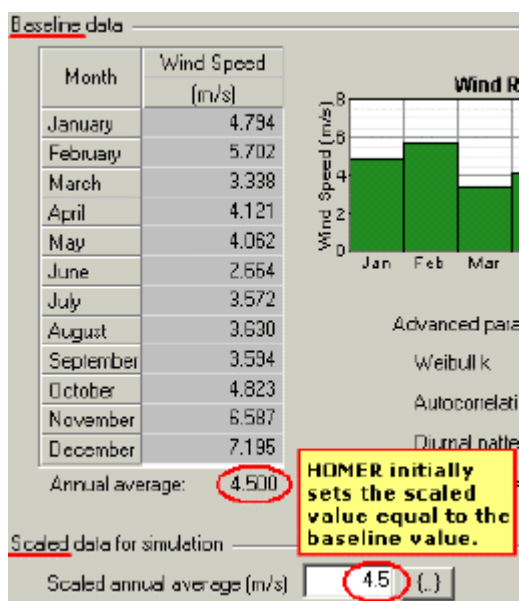
Esta sección describe como definir los datos de entrada de recursos de viento y combustible, los cuales son recursos requeridos por los dos componentes que HOMER simulará: aerogeneradores y generadores diesel.

1. Oprima el botón Recurso eólico [Wind resource]  para abrir la ventana de datos de entrada del recurso eólico.



2. Oprima el botón Importar Archivo [Import File]  y abra ejemplo\_ Wind.wnd.

**Recomendación:** HOMER puede sintetizar las velocidades de viento de cada hora para valores de un año completo de 12 valores mensuales, un valor k de Weibull y los otros parámetros. ver ayuda [HELP] para más información.



La línea base es un conjunto de 8,760 valores de velocidad de viento que describen el recurso eólico para un año. Ponga especial atención a los valores promedio anuales de la línea base (al final de la tabla de velocidad de viento) y al promedio anual escalado.





HOMER utiliza los datos escalados para las simulaciones permitiéndole realizar un análisis sensible sobre la disponibilidad del recurso. Para crear datos escalados, HOMER determina el factor de escala dividiendo el promedio anual escalado entre el promedio anual de la línea base y multiplica cada valor de la línea base por este factor. Por defecto, HOMER fija el promedio escalado igual al promedio de la línea base, lo que resulta un factor de escala de uno. Usted puede cambiar el promedio anual escalado para examinar el efecto de velocidades de viento mayores o menores durante el análisis de factibilidad de sistemas.

**Nota:** HOMER interpretará que el recurso de viento no está disponible para promedios anuales escalados igual a cero.

Para este ejercicio, el promedio anual escalado es igual que el promedio anual, entonces HOMER utilizará los datos de la línea base para las simulaciones. En el *Paso diez: Añadir variables de sensibilidad*, veremos como utilizar el promedio anual escaldo para examinar como las variaciones de velocidad de viento afectan el diseño del sistema óptimo.

3. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

4. Oprima el botón **Diesel**  (en la sección de Recursos) para abrir la ventana de Entradas Diesel.



5. Verifique que el precio de diesel es de \$0.4 por litro.




6. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

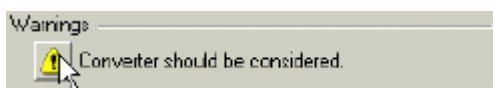


## Paso Siete: Verifique entradas y corrija errores.

HOMER verifica muchos valores que usted introduce en las ventanas de entrada para ver si tienen sentido técnico. Si HOMER encuentra valores que no tiene sentido, éste despliega mensajes de advertencia y error en la Ventana Principal.


Por ejemplo, HOMER despliega un mensaje sugiriendo que un convertidor debe incluirse en el diseño del sistema. Un convertidor es un componente que convierte la corriente alterna CA, a corriente directa CD, (rectificador); de CD a CA (inversor); o ambos.

1. Oprima el botón Advertencia [Warning]  para ver un mensaje más detallado.

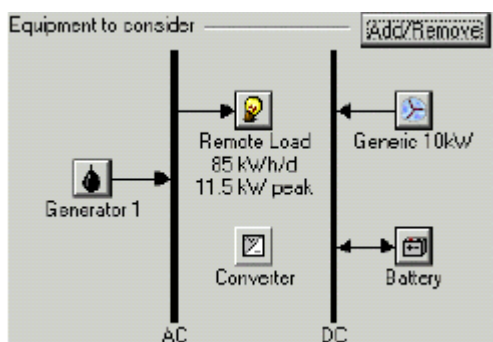



Las advertencias le dicen que puede haber un problema con uno o más de los datos ingresados. Estos problemas podrían no impedir a HOMER "correr el programa", pero podría indicar que hay un problema con el diseño del sistema.

Usted puede ver sobre el esquema que no hay una flecha entre la barra de CD y la carga. Esto significa que la energía del aerogenerador en CD no suministrará la carga en CA. El mensaje de advertencia sugiere que añadiendo un convertidor al diseño del sistema corregiría este problema.

**Recomendación:**  indica un problema que prevendrá a HOMER la ejecución de las simulaciones.

2. Para añadir un convertidor al esquema, oprima el botón Añadir/ Quitar [Add/Remove] seleccione el Convertidor en el cuadro de verificación y oprima el botón OK.



3. Oprima el botón Convertidor [Converter]  sobre el esquema para abrir las opciones de datos de entrada para el Convertidor.
4. En la Tabla de los Costos, ingrese los siguientes valores: Tamaño [Size] 1, Inversión Inicial [Capital] 1000, Reemplazo [Replacement] 1000, y Operación y Mantenimiento [O&M] 100.



Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	1000	1000	100

Esto le dice a HOMER que tanto el costo de instalación como el de reemplazo del convertidor en el sistema es de \$1,000 por kW, y que los costos de operación y mantenimiento son de \$100 por año.

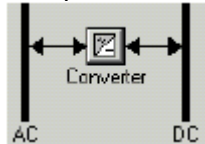
5. En los Tamaños a considerar en la tabla, elimine 1.000, y añada los valores 6 y 12.

Sizes to consider	
Size (kW)	
0.000	
6.000	
12.000	

Esto le dice a HOMER que simule el diseño de sistemas que incluya las opciones sin convertidor, (0 kW), un convertidor de 6 kW, o un convertidor de 12 kW. Debido que la carga pico en el esquema es de 11.5 kilowatts, podemos creer que un convertidor de 12 kW satisfará la carga para cualquier hora en que el aerogenerador soporte gran parte de la carga.


Especificando el convertidor de 6 kW nos permite investigar si usando un convertidor más pequeño y menos costoso es la opción de diseño más rentable.

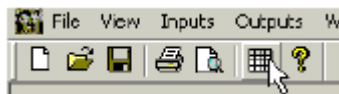
6. Oprima el botón OK para regresar a la Ventana Principal.



HOMER ahora puede considerar sistemas que entreguen energía desde el aerogenerador en CD a la carga en CA.

**Recomendación:** Note que el convertidor funciona como inversor (convirtiendo CD a CA) y como rectificador (CA a CD). Esto no afectará los resultados del análisis de un sistema que solo necesita un inversor. Usted puede sin embargo, eliminar el componente rectificador del convertidor abriendo la ventana de datos de entradas del convertidor y fijando la capacidad relativa del inversor a cero.

7. En la Barra de Herramientas de la Ventana Principal, oprima el botón Buscar Espacio [Search Space]  para revisar las variables de optimización.



La Tabla de resumen de Búsqueda de Espacio **Search Space** despliega todas las variables de optimización (tamaños a considerar) que usted introdujo en la ventana de entrada de cada componente. Usted puede utilizar la información en ésta tabla junto con los valores



promedio y el pico de carga que aparecen debajo de la tabla para estar seguro de que al menos algunas combinaciones de componentes son capaces de satisfacer la carga. Usted puede añadir y eliminar tamaños a considerar para un componente en ésta tabla, o abrir la ventana de ingreso de datos para ese componente y editar los tamaños a considerar tabulados ahí.

	G10	Gen1	Batteries	Converter
		[kW]		[kW]
1	0	15.00	0	0.00
2	1			6.00
3				12.00

En la Tabla para este ejemplo, el encabezado G10 representa el aerogenerador Genérico de 10 kW, y Gen 1 representa el Generador 1.

**Nota:** HOMER simulará el diseño sistemas para todas las combinaciones en la tabla de resumen de búsqueda [Search]. Para este ejemplo, HOMER simulará 6 diseños: 2 capacidades de aerogeneradores (G10), una capacidad de generador diesel (Gen 1), una sola cantidad de batería, y 3 capacidades de convertidor, ó  $2 \times 1 \times 1 \times 3 = 6$  diseños

8. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

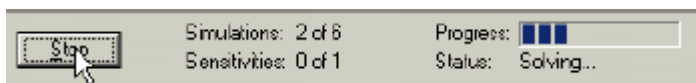


## Paso Ocho: Examine los resultados de optimización.

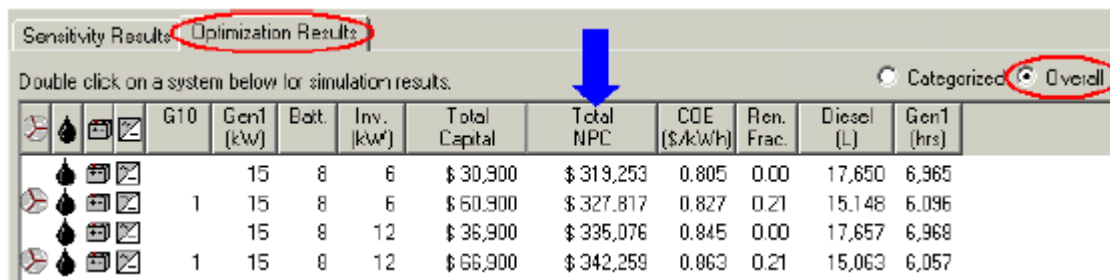
HOMER simula las configuraciones del sistema con todas las combinaciones de componentes que usted especificó en las entradas de componente. HOMER desecha de los resultados, todas configuraciones de sistemas no factibles, los cuales son aquellos que no satisfacen adecuadamente la carga dado el recurso disponible o consideraciones que usted haya especificado.













1. Oprima el botón Calcular [Calculate]  para comenzar la simulación.






Mientras HOMER se está ejecutando, el indicador de progreso muestra aproximadamente cuanto tiempo falta antes de que HOMER finalice la simulación (para este ejemplo, aproximadamente 1 segundo).



2. Cuando HOMER ha finalizado la ejecución de la simulación, oprima la barra de optimización de resultados [Optimization Results], y seleccione **Overall** para ver una tabla de todas las configuraciones de sistemas factibles.



Sensitivity Results Optimization Results											
Double click on a system below for simulation results.											
	GT0	Gen1 (kW)	Batt.	Inv. (kW)	Total Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)	
  		15	8	6	\$ 30,900	\$ 319,253	0.805	0.00	17,650	6,965	
  	1	15	8	6	\$ 60,900	\$ 327,817	0.827	0.21	15,148	6,096	
  		15	8	12	\$ 36,900	\$ 335,076	0.845	0.00	17,657	6,968	
  	1	15	8	12	\$ 66,900	\$ 342,259	0.863	0.21	15,063	6,057	

En la Tabla de Resultados de Optimización completa [Overall –Optimization Results], HOMER despliega una lista de las cuatro configuraciones de sistemas que encontró como factibles. Ellas están listadas en orden (de arriba a abajo) de la más rentable a la menos rentable. La rentabilidad de la configuración de un sistema esta basada en su costo neto presente, desplegado debajo del encabezado "NPC Total" en las tablas de resultados. Para este ejemplo una configuración diesel/ batería (    ) gana sobre las otras configuraciones, incluyendo dos sistemas eólicos (   ).



3. Para ver una tabla de diseños de sistemas ordenados, oprima la barra Optimización de Resultados [Optimization Results], y seleccione Categorizada [Categorized].

Simulations: 6 of 6  
Sensitivities: 1 of 1  
Progress:   
Status: Completed in 1 seconds.

Sensitivity Results Optimization Results

Double click on a system below for simulation results.

☒ Categorized ☐ Overall

	G10	Gen1 (kW)	Batt.	Inv. (kW)	Total Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
		15	8	6	\$ 30,900	\$ 319,253	0.805	0.00	17,650	6,965
	1	15	8	6	\$ 60,900	\$ 327,764	0.826	0.21	15,138	6,092

En la Tabla de Resultados de Optimización Categorizada, HOMER despliega sólo las configuraciones más rentables de cada diseño de sistema.

4. Para ver los detalles del diseño más rentable eólico/ diesel/ convertidor, haga doble clic en la segunda fila en la Tabla de Resultados de Optimización.

Sensitivity Results Optimization Results

Double click on a system below for simulation results.

☒ Categorized ☐ Overall

	G10	Gen1 (kW)	Batt.	Inv. (kW)	Total Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
		15	8	6	\$ 30,900	\$ 319,253	0.805	0.00	17,650	6,965
	1	15	8	6	\$ 60,900	\$ 327,817	0.827	0.21	15,148	6,095

En la ventana de Simulación de Resultados, usted puede observar muchos detalles técnicos y económicos acerca de cada configuración de sistema que HOMER simula. Para este ejemplo oprima la barra eléctricos [Electrical], y note que el 16% de la energía eléctrica producida por el sistema es exceso de electricidad, o energía que no es utilizada por el sistema y va a ser desperdiciada. ¿Incluyendo más baterías en el diseño del sistema resultaría que este exceso de electricidad sería utilizado por el sistema?

Cost	Electrical	Generator 1	Battery	Hourly Data
Annual electrical energy production			Annual electric loads served	
Wind turbine:	8,337 kWh	(21%)	AC primary load served:	31,025 kWh
Generator 1:	31,329 kWh	(79%)		
Total production:	39,666 kWh		Total load served:	31,025 kWh
Renewable fraction:	0.210		Excess electricity:	6,155 kWh (16%)
			Capacity shortage:	1 kWh (0%)


5. Oprima el botón Cerrar [Close] para regresar a la Ventana Principal.

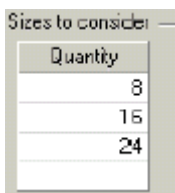
6. En el menú Archivo [File], selecciona Guardar Como [Save As] y guarde el archivo como Excess\_Energy.hmr.



## Paso Nueve: Refine el diseño del sistema.

Esta sección describe como utilizar los resultados de optimización para mejorar el diseño del sistema. Para este ejemplo, veremos si añadiendo baterías al diseño del sistema disminuye la cantidad de exceso de energía producida por el sistema.

1. oprima el botón Batería [Battery]  sobre el esquema para abrir las entradas de Batería.
2. En los Tamaños a considerar, añada 16 y 24.



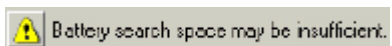
HOMER simulará sistemas con 8, 16, y 24 baterías.

3. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.



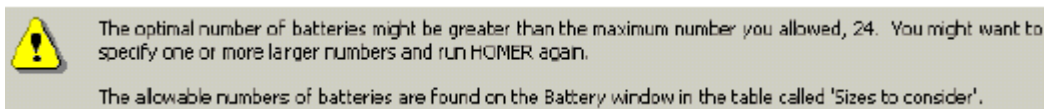
HOMER despliega un mensaje de advertencia en la parte inferior de la ventana principal, para indicarle que la información en la tabla de resultados no reflejan los cambios que usted recién realizó.

4. Oprima Calcular [Calculate]  para comenzar el proceso de optimización.




Cuando las simulaciones están finalizadas, HOMER desplegará nuevos resultados en las tablas de resultados, y también desplegará un mensaje de advertencia en la parte inferior de la ventana principal

5. Oprima el botón con el mensaje de **Battery Search Space May be insufficient** (Baterías parecen insuficientes) 



HOMER despliega un mensaje sugiriendo que usted añada más cantidad de baterías para los Tamaños a Considerar en la tabla. Debido a que no estamos exactamente seguros de cuantas baterías se deberá añadir agregaremos un rango de nuevas cantidades de baterías.

6. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.
7. En la barra de herramientas de la ventana principal, haga clic en Buscar espacio [Search Space]  para abrir la tabla de Resumen de Búsqueda de Espacio.



8. Añada 32, 40, 48 y 56 al número de baterías.

	G10	Gen1 (kW)	Batteries	Converter (kW)
1	0	15.00	8	0.00
2	1		16	6.00
3			24	12.00
4			32	
5			40	
6			48	
7			56	

**Recomendación:** Usted también podría añadir estos valores en las tablas de tamaños a considerar en la ventana de entradas de datos de las baterías.

9. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

10. Oprima el botón Calcular [Calculate]  para iniciar la simulación.

Cuando el proceso de simulación ha finalizado, HOMER despliega los nuevos resultados para sistemas que incluyan cantidades de baterías que recién hemos añadido a la Tabla de Optimización. Esta vez, HOMER no despliega mensajes de advertencia.

Como usted puede ver en la columna batería de la tabla de Resultados de Optimización Categorizada (Batt.), las configuraciones de sistema más rentables incluyen 32 baterías.





11. En la tabla de Resultados de Optimización Categorizada, haga doble clic en el sistema eólico/diesel/batería (en la segunda fila) para abrir la ventana de Resultados de Simulación.

Sensitivity Results

Optimization Results

Double click on a system below for simulation results:

☒ Categorized
 ☐ Overall

				G10	Gen1 (kW)	Batt.	Inv. (kW)	Total Capital	Total NPC	CDE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
					15	32	6	\$ 38,100	\$ 270,187	0.681	0.00	14,315	4,145
				1	15	32	6	\$ 68,100	\$ 280,935	0.703	0.22	11,553	3,534

El exceso de energía eléctrica producida por la configuración de sistema eólico/diesel/batería más rentable se ha reducido dramáticamente del 16% al 2%.

Cost	Electrical	Generator 1	Battery	Hourly Data
Annual electrical energy production				Annual electric loads served
Wind turbine:	8,337 kWh	(22%)	AC primary load served:	31,025 kWh
Generator 1:	29,267 kWh	(78%)		
<b>Total production:</b>	<b>37,604 kWh</b>		<b>Total load served:</b>	<b>31,025 kWh</b>
Renewable fraction:	0.222		Excess electricity:	904 kWh (2%)
			Capacity shortage:	1 kWh (0%)



12. En el menú Archivo [File], seleccione Guardar como [Save As], y guarde el archivo como Reduced\_Excess.hmr.

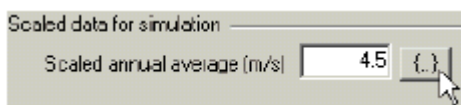
HOMER nos ha ayudado a refinar el diseño del sistema añadiendo las baterías para almacenar el exceso de energía. No obstante, los sistemas sin viento aún son más rentables que los sistemas que utilizan el viento. ¿Bajo que condiciones tiene sentido incluir aerogeneradores en el diseño del sistema? Para entender ésta pregunta, utilizaremos HOMER para realizar un análisis sensible.



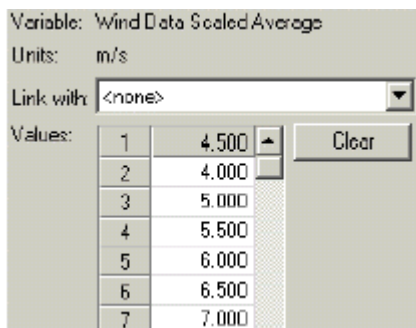
## Paso Diez: Añada variables de sensibilidad

En el Paso Cinco, usted aprendió que HOMER usa datos escalados del recurso para las simulaciones. Esta sección describe como introducir valores sensibles para ambos: promedio anual escalado de velocidad de viento y precio del diesel para realizar un análisis sensible sobre estas variables. El análisis de sensibilidad le permitirá explorar como las variaciones en la velocidad anual promedio de viento y los precios del diesel afectan el diseño óptimo del sistema. Otra manera de decir esto es que el análisis le mostrará el rango de promedio anual de velocidad de viento y los precios del diesel para los cuales tiene sentido incluir los aerogeneradores en el diseño del sistema.

1. Oprima el botón Recurso Eólico [Wind resource]  para abrir la ventana de Entradas de datos de Recurso Eólico.
2. Oprima el botón de *Sensibles* Promedio Anual Escalado [Scaled annual average]  para abrir la ventana de entradas de datos sensibles.



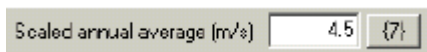
3. Añada los valores 4, 5, 5.5, 6, 6.5 y 7 a la tabla de datos sensibles de velocidad de viento promedio.



Estos valores de sensibilidad le dicen a HOMER que simule cada configuración de sistema utilizando las 7 series de datos de velocidad de viento (escalado para cada valor de promedio anual de velocidad de viento en la tabla).




4. Oprima el botón **OK** para regresar a la ventana de Entradas de Recurso Eólico. Note que el número de variables de sensibilidad, 7, aparecen entre los corchetes sobre el botón de Sensibilidad.



5. Oprima el botón **OK** para regresar a la Ventana Principal.

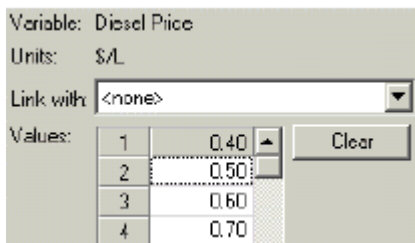
6. Oprima el botón **Diesel**  (en la Sección de Recursos) para abrir la ventana de Entradas Diesel.



7. Oprima el botón de *Sensibilidad* de Precio [Price]  para abrir la ventana de Entradas de datos Sensibles.



8. Añada los valores 0.5, 0.6, y 0.7 a la Tabla de Sensibilidad del Precio Diesel.



HOMER simulará cada configuración de sistema para cada valor del precio diesel en la tabla de sensibilidades.

9. Oprima el botón OK para regresar a la ventana de Entradas Diesel, luego oprima el botón OK para regresar a la Ventana Principal.



## Paso Once: Examine los resultados del análisis sensible

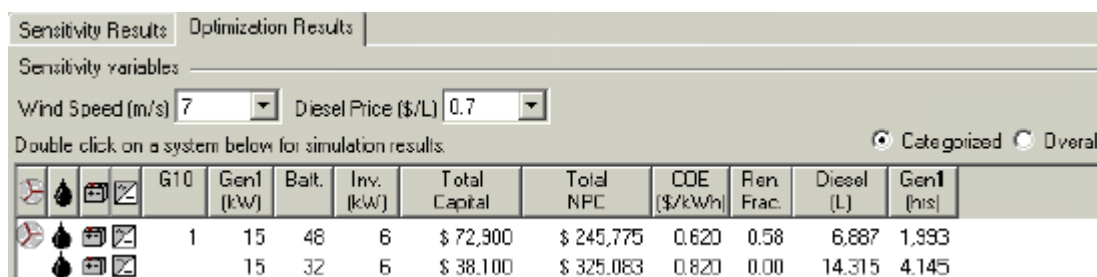
HOMER despliega los resultados de sensibilidad en gráficos y tablas. Esta sección describe como ver e interpretar los resultados de sensibilidad para determinar bajo que condiciones un sistema diesel/ eólico es más rentable que un sistema solamente diesel.

1. Oprima el botón calcular [Calculate]  para comenzar la simulación.

La barra progreso indica una estimación del tiempo faltante antes de que el proceso de simulación y optimización se complete.

**Recomendación:** usted puede detener HOMER durante el proceso de simulación oprimiendo el botón Alto [Stop].

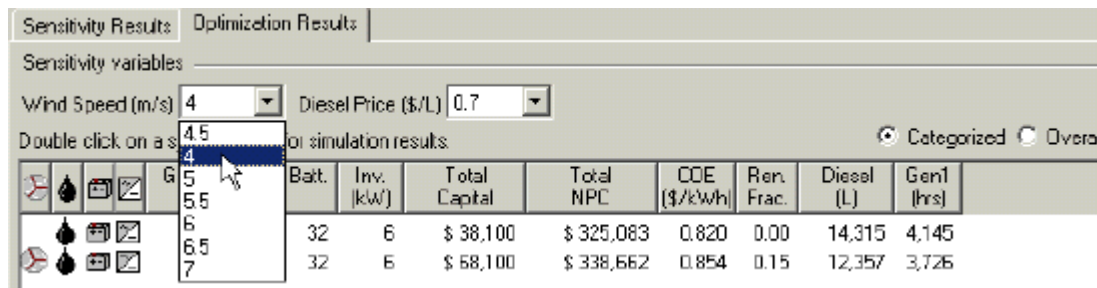
2. Oprima la barra resultados de optimización [Optimization Results], y seleccione en categorizado [Categorized] para desplegar la tabla de diseños de sistemas ordenados.



	G10	Gen1 (kW)	Batt. (kWh)	Inv. (kW)	Total Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
System 1	1	15	48	6	\$ 72,900	\$ 245,775	0.620	0.58	6,887	1,993
System 2		15	32	6	\$ 38,100	\$ 325,083	0.820	0.00	14,315	4,145

HOMER ahora despliega las variables de sensibilidad de la velocidad de viento y el precio del diesel en los cuadros, arriba de la tabla de Resultados de Optimización Categorizados. Usted puede ver que cuando la velocidad de viento anual promedio es 7 metros por segundo y el precio del diesel es \$0.70 por litro, viento/ diesel/ batería es el tipo de sistema óptimo: este es el sistema más rentable que un sistema que no tenga aerogenerador.

Usted puede explorar como los cambios en la velocidad promedio anual de viento y el precio del combustible diesel afectan al tipo de sistema óptimo seleccionando diferentes velocidades de viento y precios de combustible. Por ejemplo, si el precio del combustible diesel es \$0.70 por litro, y la velocidad de viento anual promedio es 4.5 metros por segundo o menos, los diseños de sistemas que incluyen aerogeneradores ya no son óptimos.



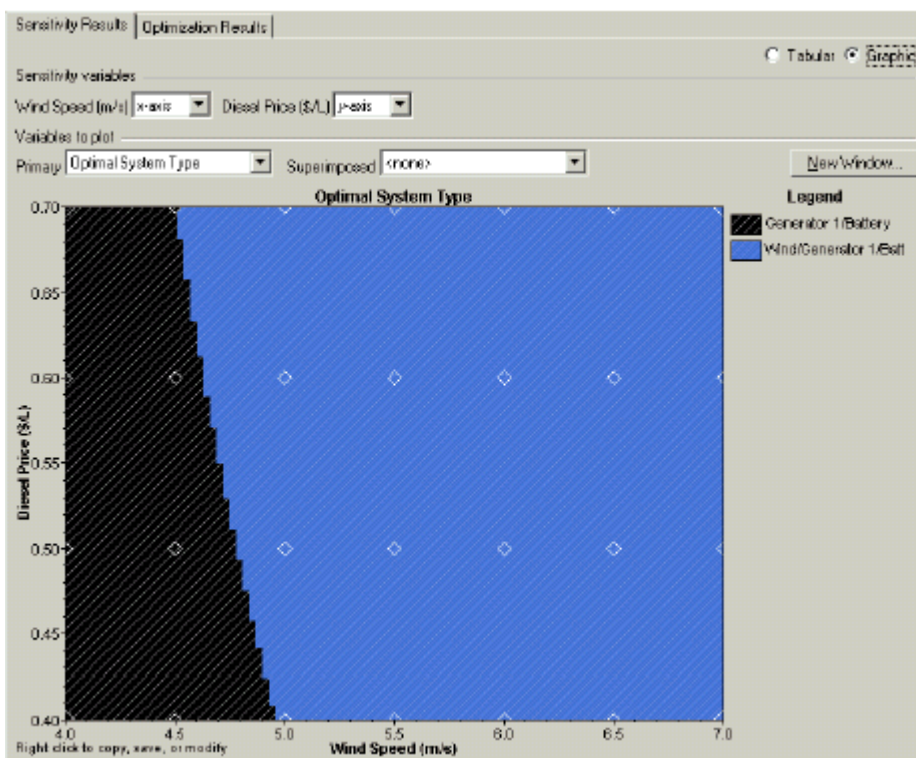
	G10	Gen1 (kW)	Batt. (kWh)	Inv. (kW)	Total Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
System 1	5	15	48	6	\$ 72,900	\$ 245,775	0.620	0.58	6,887	1,993
System 2		15	32	6	\$ 38,100	\$ 325,083	0.820	0.00	14,315	4,145
System 3		15	32	6	\$ 58,100	\$ 338,662	0.854	0.15	12,357	3,726



HOMER también despliega resultados de sensibilidad en gráficos, lo que puede ser una forma más útil de ver los resultados.

3. Oprima la barra de Resultados Sensibles [Sensibilities Result], y seleccione Gráfica [Graphic] para desplegar la tabla ordenada de diseños de sistemas. Realice las siguientes selecciones:

- En la lista de velocidad de viento, seleccione el eje x. En la lista del precio diesel, seleccione el eje y.
- Bajo las Variables a trazar, seleccione el Tipo de Sistema Optimo en la Lista Primaria [Primary]. Seleccione <none> en la lista Sobreponer [Superimposed].



En el gráfico de Tipo de Sistema Optimo (OST), usted puede ver simultáneamente la información para todas las variables sensibles desde la tabla Resultados de Optimización Categorizados. El gráfico muestra que dada la carga, costos de los componentes y disponibilidad de los recursos que ha definido como datos de entradas de HOMER, el diseño de sistema óptimo o de mayor rentabilidad incluye al viento cuando la velocidad de viento anual promedio es 5.0 metros por segundo o mayor.

HOMER despliega los resultados de la simulación y la optimización en una amplia variedad de tablas y gráficos. Pase algún tiempo observando los diferentes gráficos para familiarizarte con estas tablas y gráficos



## Resumen de la Guía de Inicio

Esta Sección describe algunas de las principales ideas a recordar acerca de HOMER cuando trabaje con el modelo.

- Para usar HOMER, introduzca los datos de entrada (información acerca de cargas, componentes y recursos), HOMER calcula y despliega los resultados, y usted examina los resultados en las tablas y gráficos.
- Utilizando HOMER es un proceso interactivo. Usted puede comenzar con estimaciones burdas de valores de entradas, verificar los resultados, refine sus estimaciones y repita el proceso para encontrar valores razonables para las entradas.
- Usted puede utilizar HOMER para simular un sistema de energía, optimice las opciones de diseño para mejorar la rentabilidad, o para realizar un análisis sensible en factores tales como disponibilidad de recurso y costos del sistema.
- HOMER es un modelo horario, HOMER modela los componentes del sistema, disponibilidad de los recursos de energía y las cargas sobre una base horaria para un solo año. Los flujos de energía y los costos son constantes sobre una hora dada. HOMER puede sintetizar datos del recurso horario de promedios mensuales que usted introduce en las tablas, o usted puede importar datos medidos desde archivos formateados apropiadamente.
- HOMER es primeramente un modelo económico. Usted puede utilizar HOMER para comparar diferentes combinaciones de cantidades y tamaños de componentes, y para explorar como las variaciones en la disponibilidad del recurso y costos del sistema afectan el costo de instalación y operación para diferentes diseños de sistemas. Algunas consideraciones técnicas importantes, incluyendo los niveles de voltaje en la línea, comportamiento de los componentes en los intervalos horarios y complejas estrategias de despacho del generador diesel van más allá del alcance de un modelo económico tal como HOMER. La herramienta de diseño de NREL para sistemas híbridos de energía, Hybrid2, puede simular estos y otras consideraciones técnicas y es útil para exploraciones de diseños de sistemas más allá de la que HOMER identifica como rentables.



## Contactos

Peter Lilienthal, PhD  
[Peter.lilienthal@nrel.gov](mailto:Peter.lilienthal@nrel.gov)  
Teléfono: (303) 384- 7444  
Fax: (303) 384- 7411

Tom Lambert, P. Eng.  
[tom\\_lambert@nrel.gov](mailto:tom_lambert@nrel.gov)

<http://www.nrel.gov/homer>

Laboratorio Nacional de Energía Renovable.  
1617 Cole Boulevard.  
Golden, CO 80401.  
Estados Unidos.