

Alimentación de la carga eléctrica de una vivienda utilizando energías renovables

Raúl Neco Caberta¹; Carlos Ponce Corral²; Jaime Romero³; Luz Angélica García Villalba²; María Magdalena Hernández Ramos¹; Carlos Felipe Ramírez Espinosa¹

¹ Ingeniería en sistemas Automotrices, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

¹ Departamento de Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

¹ Departamento de Investigación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

En este artículo se analizará la alimentación, por medio de energías renovables, de un sistema aislado, se trata de una vivienda. Se utilizarán los recursos del viento y del Sol. Los datos climáticos se tomarán de la provincia de Zaragoza, España. Se utilizará dos programas Office Excel y DIMSOLAR, para encontrar el mejor método para la integración de la generación de energías eólica y solar. Primero se calculará la cantidad de potencia instalada necesaria para alimentar nuestra demanda de energía usando un solo recurso, o sea 100% de generación eólica o 100% de generación solar. Luego se buscará la opción más viable de una generación integrada eólica-solar. Se prefirieron estos dos tipos de generación, debido a que los recursos renovables del viento y del sol están prácticamente disponibles en cualquier entorno, y por su bajo costo de mantenimiento. Otra variable para esta elección de integración es que se prevé que pueda haber días con escaso viento al igual que con poca radiación, al escoger dos recursos se garantiza que la carga se alimente siempre.

Palabras Clave: Energías renovables, energía solar, energía eólica, almacenamiento eléctrico.

Introducción

Desde hace mucho tiempo la alimentación de energía eléctrica de sistemas aislados, ha sido una práctica habitual, que en su mayoría se hace por medio de unidades de combustión interna alimentadas con diésel. El costo propio del

combustible sumado al del transporte del mismo a sitios aislados es grande, además de que se requiere un buen mantenimiento en este tipo de generación. Lo que hace que muchas comunidades pobres y aisladas no cuenten con

¹ Ingeniería en sistemas Automotrices, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

² Departamento de Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

³ Departamento de Investigación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

servicios de electrificación. Este ejemplo se refiere a una vivienda, pero la carga podría ser cualquiera, una estación de bombeo de agua o un centro de salud, etc. La generación por medio de recursos renovables en este caso eólico y solar, cada día está más accesible económicamente y las ofertas que hay en el mercado son muchas. El costo de mantenimiento es menor en estos casos

comparado a una unidad diésel y aunado a poder realizar almacenamiento de energía por medio de baterías lo hace muy atractivo para pequeñas demandas. En este artículo se desarrollará un ejemplo práctico de integración de energías renovables para un sistema aislado, considerando principalmente el recurso de la zona y el costo de la implementación del sistema de generación.

Desarrollo

Es importante saber cuáles son los recursos de energías renovables que puedan ser utilizados para realizar la alimentación eléctrica de la instalación. Los recursos a utilizar dependen del sitio donde se tenga la necesidad de alimentar una determinada carga, ya que se debe de evaluar el potencial de dichos recursos, para poder optar por su uso para la alimentación de dicha carga. Los recursos renovables a utilizar para la alimentación eléctrica de la vivienda en estudio son: el viento y el sol.

Recurso Solar

Se utilizan datos de radiación solar de Chihuahua son tomados de la NASA, mostrados en la tabla 1

Recurso Eólico

Los datos de velocidad del viento, se tomaron de la NASA mostrados en la tabla 1

Mes	Radiación (MJ/m ²)	Velocidad del Viento (m/s)
Enero	6.36	7.43
Febrero	8.94	7.39
Marzo	13.92	6.95
Abril	16.98	7.53
Mayo	20.62	6.82
Junio	22.92	7.19
Julio	22.99	7.27
Agosto	20.07	7.80
Septiembre	16.28	6.75
Octubre	11.02	5.85
Noviembre	7.07	6.63
Diciembre	5.43	6.63
promedio	14.39	7.02

Tabla 1. Datos de radiación solar y velocidad del viento

Demanda Eléctrica

La carga a alimentar es una vivienda, el comportamiento de la carga dependerá de los

hábitos de consumo de los habitantes. Para este caso, la demanda máxima es del 70% de la capacidad nominal de la protección eléctrica

principal de la vivienda y por seguridad según el NEC (“Nacional Electric Code”) en su Artículo 210-20, menciona “*Cuando un circuito alimenta cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente no debe ser menor a la carga no continua más 125% de la carga continua.*”, En otras palabras, si multiplicamos la capacidad nominal del interruptor termomagnético por el 80%, tenemos la cantidad de corriente máxima, que por seguridad debe existir en la vivienda. La carga es en corriente alterna, por lo tanto, existirán dos buses el de corriente alterna y uno de corriente directa en donde se conectará parte

o toda la generación. Para este ejemplo se considera que la protección principal de la vivienda es un interruptor termomagnético de 30 Amperes, 240 Volts nominal, 60Hz. También se puede hacer la similitud con un interruptor termomagnético de 60 Amperes, 240 volts nominal, 60Hz. En ambos casos se trata de un interruptor de 2 polos. Para esta vivienda el consumo máximo al día es de 71.57kWh. Con una demanda máxima de 5.04kW, que se da desde las 18:00 a las 20:00 horas, una demanda mínima de 1.76kW, que se da desde las 3:00 a las 6:00 horas; y una carga instalada de 6kW. En la figura 1 se muestra el comportamiento de consumo de un día típico de una vivienda.

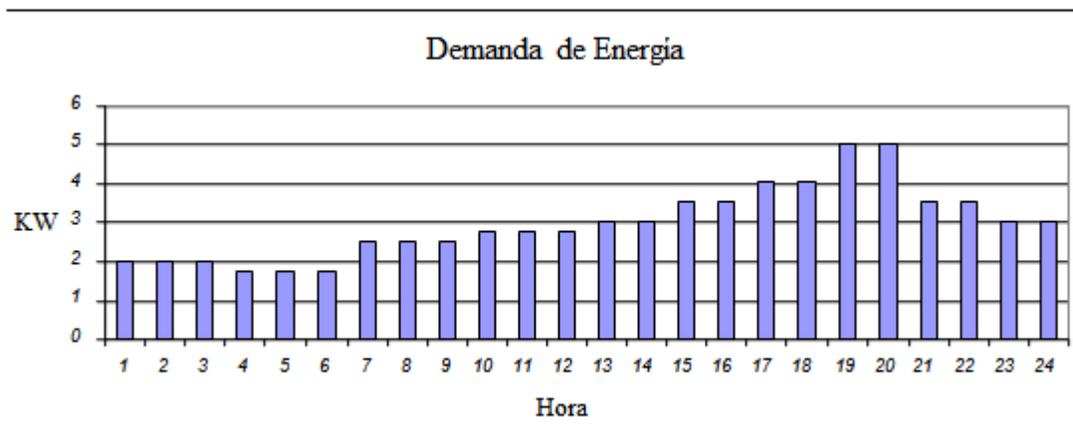


Figura 1. Consumo diario de la vivienda (kWh)

Generación de energía

Se estudiarán tres casos, el primero alimentando 100% la demanda por medio un generador eólico, el segundo caso alimentando en su totalidad la demanda por medio de paneles fotovoltaicos y el tercer caso por una combinación de generación solar – eólica.

Generación eólica

Se seleccionaron 3 aerogeneradores comerciales, 2 de 10 kW y uno de 5 kW, comparando para cada uno la velocidad del viento con la potencia generada y las horas equivalentes de producción en el año. Dos de

los generadores son del fabricante [China Best Productos](#), son el FD8.0-10K-20, (HS10K), de potencia nominal de 10 kW y el FD6.4-5000-16, (HS5K), de potencia nominal de 5kW, ambos generadores son de imanes permanentes, con un voltaje de salida en corriente directa de 240 VCD. Este voltaje será el que se utilice de referencia para el cálculo de los paneles fotovoltaicos en paralelo y las baterías de respaldo, para el bus de corriente directa. El tercer aerogenerador es del fabricante Bergey Windpower, el modelo BWC EXCEL de potencia nominal de 10 kW. En la figura 2 se muestra la probabilidad de potencia generada

por los aerogeneradores seleccionados, lo cual es proporcionado por el fabricante.

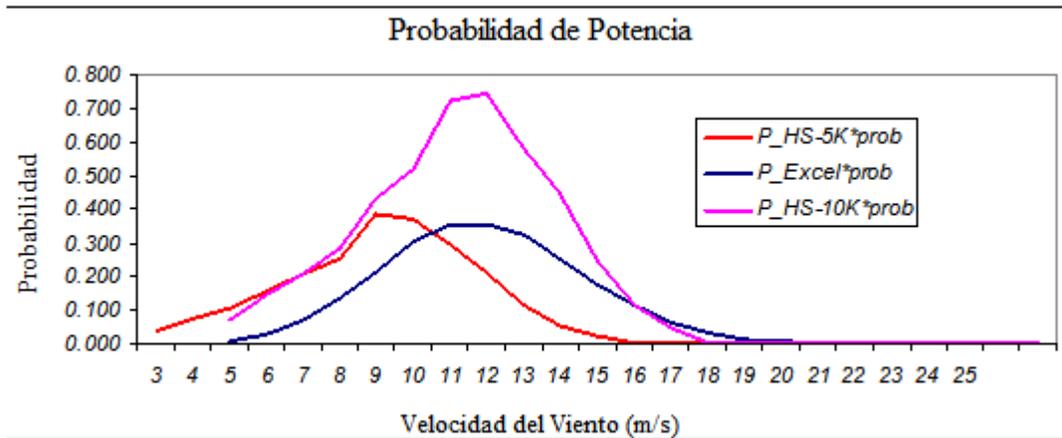


Figura 2. Potencia desarrollada por los aerogeneradores

En la figura 3 se muestra la curva de potencia proporcionada por el fabricante del aerogenerador H5SK.

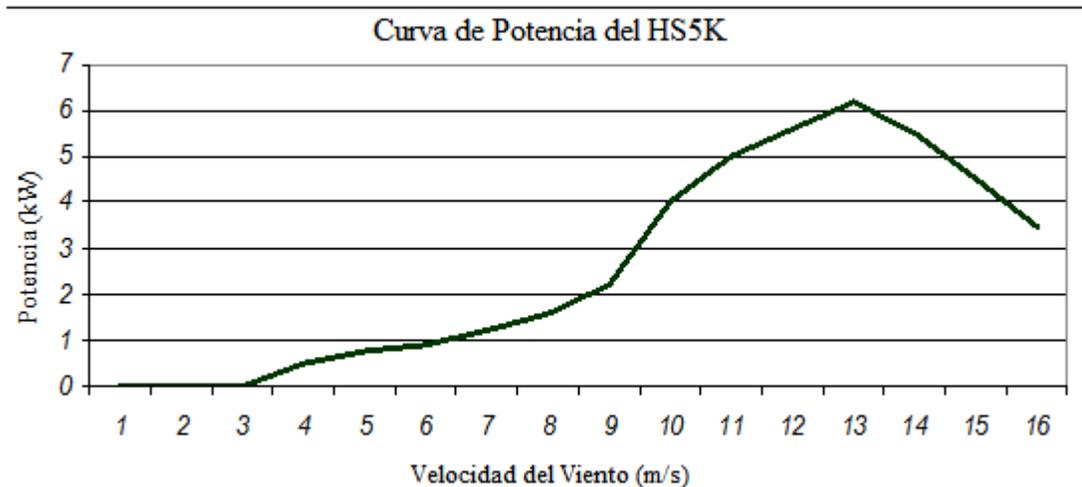


Figura 3. Curva de potencia del aerogenerador HS5K

Metodología Para El Cálculo De Aerogeneradores

Con la velocidad media (σ_u) y la desviación típica (\bar{v}) de la velocidad del viento, se encuentran los parámetros k y c . Siendo k el factor de forma y c el factor de escala.

$$k = \left(\frac{\sigma_u}{\bar{v}} \right)^{-1.086} \quad c = \bar{v} (0.568 + 0.433/k)^{-1/k}$$

Con estos dos datos calculamos la probabilidad de la velocidad del viento, utilizando como método la distribución de

Weibull para cada valor de velocidad del viento, desde 3 m/s hasta 25 m/s, con incremento de 1 m/s.

$$p(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

La distribución de Weibull para cada potencia, multiplicada por la potencia generada para cada velocidad por los generadores, nos da la probabilidad de potencia. En los modelos *HS*, la potencia generada va desde 3m/s hasta 15m/s, ya que a esta velocidad el generador se frena

como medida de protección contra rachas de viento fuerte.

La suma de las probabilidades de potencia nos da la potencia media generada por cada aerogenerador.

$$Pot_media = \sum_{i=1}^n (prob_pot)_i$$

La producción del aerogenerador será la multiplicación de la potencia media por el periodo de tiempo a considerar, en este caso un mes.

$$Prod_gen = (Pot_media) \left(24 \frac{h}{dia}\right) \left(30 \frac{dias}{mes}\right) = kW \cdot h / mes$$

Las horas equivalentes son una medida, que nos permite saber si la instalación será rentable, es decir si habrá la suficiente cantidad de horas de funcionamiento en un mes para tener una producción aceptable. Horas equivalentes en unos años menores a 2000 horas se considera que no es rentable la instalación de

un aerogenerador, o sea que un aerogenerador que trabaje a potencia nominal por lo menos al 25% del tiempo en un año, se considera bueno. Las horas equivalentes se calculan dividiendo la potencia media entre la potencia nominal del equipo y multiplicarlo por la medida del tiempo a considerar.

$$Horas_equivalentes = \left(\frac{Pot_media}{Pot_no\ min\ al}\right) \left(365 \frac{dias}{año}\right) \left(24 \frac{h}{dia}\right) = horas / año$$

Es importante considerar el porcentaje de carga cubierta por el generador, esto nos dirá si es necesario instalar más generación y también es una medida para saber si es posible cargar baterías, para cuando no esté presente el recurso, en este caso, ausencia de viento o de radiación solar en el caso de paneles fotovoltaicos. En la tabla 3 se presentan las principales características de operación, para cada generador:

Generador	Potencia media (kW)	Producción (kWh/mes)	Horas equivalentes/año	% de carga cubierta
Excel-10K	2.43	1746.12	2124.45	81.3
HS-10K	4.53	3262.99	3969.97	152
HS-5K	2.26	1629.9	3966.09	75.9

Tabla 2. Características de los aerogeneradores seleccionados

Para realizar las simulaciones, se seleccionaron los generadores HS por tener mayor cantidad de horas equivalentes en el año y un menor costo inicial. El aerogenerador HS-10K, puede suministrar totalmente la energía necesaria para la vivienda. Se analiza el costo de esta instalación, para el cálculo de las baterías se toma en cuenta el voltaje de trabajo del generador, en este caso voltaje de salida de 240 VCD, con este valor de voltaje sabemos que como mínimo nuestro arreglo de batería debe suministrar este voltaje. Las baterías seleccionadas, las VISION - 6FM100D, son de 100 Ah, 12V; por lo tanto, necesitamos un mínimo de 20 baterías en serie, para obtener el voltaje del bus de corriente directa. El convertidor DC/AC, se selecciona redondeando la demanda máxima (5.04 kW) al número entero

próximo mayor, y que al mismo tiempo exista un modelo comercial, este será un convertidor de 6 kW, 240 VCD y 240VCA.

Generador HS-10K		
Producción eólica mensual	3262.99	(kWh/mes)
Carga mensual	2147.04	(kWh/mes)
Exceso de energía	1115.95	(kWh/mes)
Potencia instalada eólica	10	kW
Cantidad de baterías	20	12V, 100Ah
Inversor	6	kW
Capital inicial	36187	\$ (USA)

Tabla 3. Producción energía eólica en un mes para cubrir el 100% de la carga

Metodología para el Cálculo del Sistema Solar Fotovoltaico

Se utilizará el método de Balance de Energías para el cálculo del sistema fotovoltaico, utilizando el promedio de la radiación solar anual de 14.39 MJ/m² y las horas pico de sol promedio anual de 7.22 horas/día, para Chihuahua. También se puede usar como referencia el método del Mes Peor, esto quiere decir el mes en donde hay menor radiación solar y menor cantidad de sol en el día. Pero al hacer las comparaciones con programas especializados de diseño, como DIMSOLAR, la cantidad de paneles fotovoltaicos que resultaban eran demasiados. Es por esta razón se usaron los promedios anteriormente mencionados.

Elementos del sistema solar fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está compuesto por:

Subsistema de captación: que es el generador fotovoltaico formado por paneles fotovoltaicos, que a su vez están formados por células solares. Se seleccionan paneles de la marca Sharp policristalinos con una potencia máxima de 200 Watts, voltaje máximo de 28.5 Volts, corriente de cortocircuito de 7.82 Amps., corriente nominal de 7.02 Amps.

Subsistema de almacenamiento: Necesario para almacenar la energía para consumirla en los momentos que no exista suficiente producción energética por parte del sistema de captación, ya que la radiación solar no está disponible continuamente. Está formado por acumuladores (baterías). Se seleccionan baterías marca VISION de 100 Ah, con un tiempo de vida de 10 años y una profundidad de descarga del 70%.

Subsistema de regulación: Necesario para regular la entrada de la energía procedente del sistema de captación dentro de la instalación. Formado por el regulador de carga que sirve para controlar la carga y descarga del banco de baterías y de esta forma evitar su destrucción y aumentar su tiempo de vida.

Subsistema de adaptación de corriente: Su función es adecuar las características de la energía a las demandadas por las aplicaciones. Cuando hay parte de la instalación que funciona con AC, se coloca un convertidor o inversor de DC-AC. Si hay que convertir la tensión de salida de DC a otro valor DC, se usa un convertidor DC-DC.

Determinación del consumo diario de energía (*Edia*)

Para la potencia en continua es preciso utilizar el valor nominal indicado en cada equipo. En alterna es preciso considerar las pérdidas del inversor. El número de horas diarias de funcionamiento de cada una de las cargas, multiplicadas por la potencia, nos dará la energía consumida por cada uno de ellos en un día (Wh).

Se consideran los siguientes parámetros:

Margen de seguridad (Mseg): Así se tienen en cuenta las pérdidas por cableado, conexiones,

variaciones no previstas de consumo, etc. Puede ser del orden de hasta un 10% del consumo diario.

Eficiencia del inversor (Einv): Si no se dispone de este dato, se puede considerar un valor medio del 85%. Con el margen de seguridad y la eficiencia del inversor, es posible calcular el consumo en corriente continua y en alterna con las siguientes fórmulas:

$$cons_continua = (100 + Mseg) \left(\frac{cons_cargas_dc}{100} \right) \text{ (Wh)}$$

$$cons_alterna = (100 + Mseg) \left(\frac{cons_cargas_ac}{Einv} \right) \text{ (Wh)}$$

El consumo total diario (*Edia*) se calcula sumando el consumo de continua y el consumo de alterna.

Horas Pico de Sol (HPS)

Una hora pico de sol es una hora durante la que la irradiancia solar es igual a $1kW/m^2$.

$$Gdm (\square\square\square) (kW/m^2) = HPS (h) \cdot 1(kW/m^2)$$

Corriente Necesaria de los Paneles fotovoltaicos

Se define Im_i como la corriente necesaria para cada mes que deben dar los paneles solares, de forma que se cubra el consumo diario *Edia*.

$$Im_i = Edia / (HPSi \cdot Vn)$$

Dónde: Vn es la tensión DC nominal del sistema.

Calculo del Número de Paneles fotovoltaicos

El número de paneles en paralelo necesarios se obtendrán en función del valor máximo de Im_i y de la potencia máxima $Pmax$ de los paneles fotovoltaicos. El generador fotovoltaico se puede dimensionar utilizando diversos parámetros. Algunos autores utilizan la potencia

máxima del panel (caso del IDAE), otros la intensidad de máxima potencia y otros la intensidad de cortocircuito. Todos los métodos pueden dar resultados similares si se utilizan los factores de seguridad correctamente. Se deberá tener en cuenta un factor de seguridad (*FS*), debido a las pérdidas en el regulador y acumulador, así como las posibles pérdidas por errores en la orientación, sombreamientos y efectos de segundo orden, como la transmitancia, la suciedad y el efecto espectral. Normalmente, en estos casos, sin seguidor de máxima potencia, se toma para el factor de seguridad *FS* los valores de 1.1 a 1.3. I_p es la intensidad de pico que queremos que produzca el conjunto de módulos de la instalación para cubrir la demanda diaria del mes

$$I_p = \frac{(FS)(Edia)}{(HPS \text{ min})(Vn)}$$

Número de Paneles en Paralelo (N_{pp}):

$$N_{pp} \geq \frac{I_p}{I_{pcc}}$$

Donde I_{pcc} es la corriente de cortocircuito del panel. El resultado de N_{pp} se redondea hacia arriba al entero más próximo.

Número de Paneles en Serie (N_{ps}):

$$N_{ps} \geq \frac{V_n}{V_{p \max}}$$

El resultado se redondea hacia arriba al entero más próximo.

Número Total de Paneles

$$N_p = N_{pp} \cdot N_{ps}$$

Calculo de las Baterías

Para el cálculo del número de baterías, se debe tener en cuenta:

- Los días de autonomía ($N_{d.aut}$) que se desea que la instalación pueda funcionar autónomamente sin necesidad de que exista irradiación solar. El número de días de autonomía recomendado es de 3 a 6 días, dependiendo del lugar.
- La profundidad de descarga máxima permisible (PD) y la eficiencia (E_{bat}) para el modelo de batería seleccionado.
- Tensión de trabajo (V_n) de la instalación.

Así, la Capacidad Nominal (C_{nom_bat}) de las baterías se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$C_{nom_bat} \geq \frac{(E_{dia})(N_{d.aut})}{(V_n)(PD)(E_{bat})} \quad (A.h) \quad (A.h)$$

Regulador de Carga

Se debe de calcular un regulador con una intensidad de un 30% mayor que la intensidad máxima que proporciona el campo de paneles:

$$I_{reg} \geq 1.3(N_{pp})(I_{pcc})$$

Potencia del Inversor

Se debe de tomar la potencia instalada de los equipos en corriente alterna y el factor de simultaneidad (F_{sim}).

$$P_{inv} \geq (F_{sim})(\Sigma Potencia _ equipos _ AC)$$

Cableado

Es importante tener en cuenta el cálculo del cableado, ya que, existen pérdidas, de acuerdo a la longitud y sección transversal (S) de los mismos. En la instalación, se recomienda que las caídas de tensión sean inferiores al 3% entre generador y regulador, menor al 1% entre regulador y baterías, y menor al 5% entre el regulador y las cargas.

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I_{max}}{\Delta V_{adm}} = \frac{3.57 \cdot L \cdot I_{max}}{\Delta V_{adm}(\%) \cdot V_n} \quad (\text{mm}^2)$$

Donde:

P : resistividad del cable en $(\Omega \text{mm}^2) / \text{m}$

L : longitud del cable (solo una dirección)

I_{max} : corriente máxima por línea

$\Delta V_{adm} (\%)$: caída de tensión admisible en tanto por ciento

V_n : tensión nominal del sistema.

Los cables deberán protegerse al menos con fusibles (específicos para DC), pero es recomendable la instalación de interruptores térmicos. Se recomienda colocar protecciones a la salida de los acumuladores, a la salida del regulador y a la salida del inversor.

Capacidad del Generador Fotovoltaico

Para calcular la potencia del generador, se multiplica la potencia nominal de cada panel por el número de paneles a instalar y se divide por la eficiencia de los mismos, que puede ser del orden del 90%.

$$P_{max_gen_pv} = (P_{max_panel} \cdot \text{NUMpaneles}) / 1.1$$

Energía Producida por el Generador Fotovoltaico

La energía disponible con el generador fotovoltaico se calcula como sigue:

$$\text{Energía disponible} = (P_{\text{max_gen_pv}} * K * RAD) / 3.6 \text{Wh/DIA}$$

Dónde: K = factor de corrección de acuerdo a la inclinación de los paneles, RAD = Radiación promedio anual.

Generación Solar		
Producción solar mes	2336.7	(kWh/mes)
Carga mensual	2147.04	(kWh/mes)
Exceso de energía	189.69	(kWh/mes)
Cantidad de paneles	70	de 200W
Potencia instalada solar	14	kW
Cantidad de baterías	20	de 12V,100Ah
Inversor	6	kW
Capital inicial	85850	\$ (USA)

Tabla 4. Producción paneles fotovoltaicos en un mes

Metodología para el Cálculo de Generación Mixta Solar-Eólica

Se puede observar en los dos casos anteriormente estudiados, que es más económico la instalación de un sistema con aerogenerador, que uno con un generador fotovoltaico. El alto costo de los paneles fotovoltaicos es lo que encarece el sistema solar, aparte de que se necesita instalar más potencia para obtener la misma energía que con un sistema eólico. Es indudable que todo depende del recurso en la zona, así en un lugar en donde hay poco viento, es impensable una solución eólica, igual pasaría en otra zona en donde los

niveles de radiación solar son muy pobres. La generación mixta, de dos tipos diferentes de recursos, dan una mayor confiabilidad, de tener siempre un recurso disponible, sin olvidarnos de que el sistema de almacenamiento de energía es parte integral de la solución. Para la integración de los dos tipos de generaciones, partiremos del hecho de utilizar en mayor cantidad la que resulte más económica; se utilizara como base el generador HS-5K y lo que nos falte de energía se suministrara por medio de paneles solares.

Generación Mixta: HS-5K y Paneles Fotovoltaicos	
Producción eólica mensual	1629.9 (kWh/mes)
Producción solar mensual	1001.45 (kWh/mes)
Producción total renovable	2631.35 (kWh/mes)
Carga mensual	2147.04 (kWh/mes)
Exceso de energía	484.31 (kWh/mes)
Carga cubierta eólica	75.91 %
Carga cubierta solar	46.64 %
Potencia instalada eólica	5 kW
Potencia instalada solar	6 kW
Cantidad de baterías	20 de 12V, 100Ah
Inversor	6 kW
Capital inicial	56862 \$ (USA)

Tabla 5. Generación a base de generadores eólicos y paneles fotovoltaicos

A continuación se realiza el dimensionado del sistema utilizando el software de simulación DIMSOLAR

Generación con energía eólica

Entre otros datos de entrada del programa se nos pide el recurso del viento, la carga (kW) por hora. DIMSOLAR asume un factor de 175% del valor de la demanda máxima registrada. Para este caso del valor máximo de demanda es de 5.04 kW, sin embargo, DIMSOLAR trabaja con una demanda pico anual de 8.83kW. Esto último si no se colocan adecuadamente las otras restricciones del programa pueden sobredimensionar la instalación. DIMSOLAR también pide los modelos de aerogenerador y de batería a utilizar. Una limitante encontrada en

este programa es que, al no pedir el valor del voltaje de los buses, como sería el bus de corriente directa, en donde se instalara la generación y el almacenamiento, no se nos da un número de baterías considerando la configuración, es decir cuántas baterías en serie se necesitan para determinado voltaje, sino que se calculan en base a la cantidad de energía que se requiera almacenar. Uno de los parámetros fundamentales es el porcentaje de escasez de energía durante el año, este valor influye directamente sobre la potencia instalada y la cantidad de almacenamiento, en este caso de baterías. Para todos los casos resueltos con DIMSOLAR se supondrá un 10% de escases de energía durante el año.

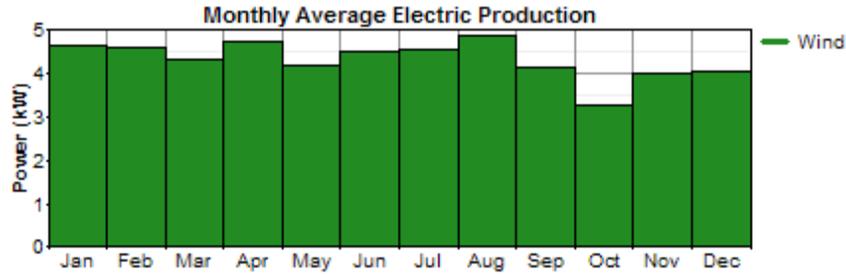


Figura 4. Generación mensual con energía eólica

Generación con paneles fotovoltaicos

El software DIMSOLAR nos pide como dato de entrada el recurso solar para cada mes. La

siguiente tabla muestra la producción de energía solar y la potencia instalada necesaria para dicha producción.

Generación Solar	
Producción anual solar	31,985 (kWh/año)
Producción mes	2665.42 (kWh/mes)
carga mensual	2147.04 (kWh/mes)
exceso de energía	518.377 (kWh/mes)
por instalada solar	14 kW
cantidad de baterías	50 12V, 100Ah
convertidor	5 kW
capital inicial	86000 \$ (USA)

Tabla 4 Producción de energía de los paneles fotovoltaicos



Figura 5. Producción eléctrica mensual solar-eólica

Generación mixta con Aerogenerador y Paneles Fotovoltaicos

Existen dos formas de hacer esta integración una es usando el aerogenerador de 10 kW y la segunda es utilizando el aerogenerador de 5

kW; en ambos casos en paralelo con paneles fotovoltaicos y como sistema de respaldo baterías. EL aerogenerador de 10 kW puede energizar toda la carga sin apoyo alguno. Se decidió entonces utilizar el aerogenerador HS5K.

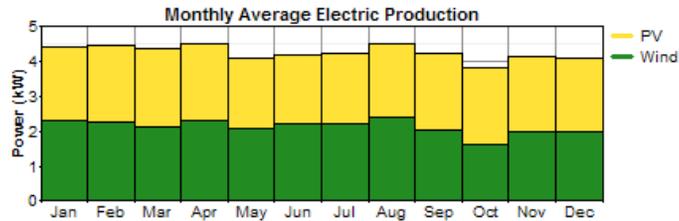


Figura 6. Producción eléctrica mensual solar-eólica

Generación Solar-Eólica	
producción anual solar	18,658 (kWh/año)
producción anual eólica	18,741 (kWh/año)
producción total renovable	37,399 (kWh/mes)
Prodi. mensual renovable	3116.58 (kWh/año)
carga mensual	2147.04 (kWh/mes)
exceso de energía	969.543 (kWh/mes)
por instalada solar	7 kW
por instalada eólica	5 kW
cantidad de baterías	30 12V, 100Ah
convertidor	5 kW
capital inicial	66037 \$ (USA)

Tabla 5. Generación solar-Eólica

Conclusiones

En este artículo se ha tratado la forma de optimizar la instalación de un sistema de generación aislado, tomando como herramientas una hoja de cálculo y el programa de optimización, DIMSOLAR. Es más económica la instalación de un sistema utilizando aerogeneradores, que un sistema fotovoltaico. Para ambos casos el almacenamiento de energía es pieza fundamental en un sistema aislado. La opción de tener una generación mixta solar-eólica, garantiza la captación de recursos renovables para la mayor cantidad de tiempo en el año. Aunque la inversión inicial de la instalación de un sistema de generación renovable, sea mayor que el de uno utilizando un motor de combustión interna, los ahorros producto de la no utilización de combustible, hacen de estos sistemas sumamente rentables para sistemas aislados. Es más, se podría pensar que para sistemas de respaldo de energía o para cargas como puede ser la iluminación, dentro de las ciudades también se utilicen sistemas de generación renovable, utilizando menos cantidad de energía de la red eléctrica, de esta

forma estaríamos en la dirección de usar fuentes renovables a pequeña escala, en el orden de los kW, no solo para sistemas aislados, sino también como aportes a una generación distribuida. Se determina que el costo de utilizar solamente una alimentación proveniente de un sistema de energías renovables no garantiza que el abastecimiento sea al 100%, ya que la energía eólica depende de la probabilidad de que haya viento, lo cual depende del lugar, que, aunque el estudio sea por un año, en otro año podría cambiar, que es lo que se vive actualmente en todo el mundo. La energía solar es más confiable, pero el costo de esta tecnología es muy alto, que aunque los sistemas sean financiados, el propietario de la vivienda o del negocio terminara pagando dicho financiamiento, esto es para países en donde existan dichos financiamientos, ya que donde no los haya, no se tiene justificación para alimentar una vivienda con energía solar, al menos en países donde el nivel económico es muy bajo aun, y en los cuales el gobierno de esos países poco a poco deberá de incrementar el avance de estas tecnologías.

Referencias

[1]. Aerogeneradores, fabricante China Best Productos,

<http://www.chinabestproducts.com>

[2]. Aerogeneradores, fabricante Bergey.

Disponible en <http://www.bergey.com>.

[3]. Paneles Fotovoltaicos, fabricante SHARP, <http://solar.sharpusa.com/solar>

[4]. Baterías Recargables, fabricante VISION, <http://www.vision-batt.com>.

[5]. Radiación Solar en Europa, “European Commission Joint Research Centre”; <http://re.jrc.ec.europa.eu/solarec>.

[6]. Datos climáticos, para Zaragoza, España, medidos en el aeropuerto, disponible en http://www.tutiempo.net/clima/Zaragoza_Aeropuerto/01-2007/81600.htm.

[7]. Instituto Para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, <http://www.idae.es>.

[8]. R. Ramakumar. Energizing Rural Areas of Developing Countries Using Ires.

[9]. M. M. Navarro, J.A. Domínguez, J. Jaime. Optimal Design of Isolated Network Systems Operated by Renewal Energy with Mixer Integer Optimization Algorithms.