



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2766>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

Configuring the optimal design of a grid-connected wind-solar hybrid power system using HOMER software

Configurando o projeto ideal de um sistema de energia eólica-solar conectado à rede usando o software HOMER

Alejandro Javier Martínez-Peralta^I
amartinez8875@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1176-5001>

Byron Fernando Chere-Quiñónez^{II}
bchere8077@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1886-6147>

Luis Ernesto Charcopa-Paz^{III}
luis.charcopa@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6186-9074>

Tyron Joel Orobio-Arboleda^{IV}
tyron.orobio@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5460-7180>

Carlos Alfredo Alcívar-Vallejo^V
carlos.alcivar@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0881-1604>

Correspondencia: amartinez8875@utm.edu.ec

***Recibido:** 29 de marzo del 2022 ***Aceptado:** 14 de abril de 2022 * **Publicado:** 23 de mayo de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador
- II. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador
- III. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador
- IV. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador
- V. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

Resumen

El objetivo del documento es presentar una idea sobre el diseño, la simulación y el análisis de recursos de energía renovable híbridos conectados a la red para alimentar la vivienda residencial ubicada en el cantón de San Francisco de Onzole en la parroquia Eloy Alfaro Provincia de Esmeraldas. La tarea principal de este trabajo es dar una solución óptima para resolver los problemas de crisis energética en el mundo. En el escenario actual, las fuentes no renovables están disponibles en gran cantidad para satisfacer plenamente nuestra creciente demanda. Teniendo en cuenta la información anterior hemos hecho un esfuerzo por analizar la ventaja de la Generación Distribuida considerando la energía solar o eólica, por sí solas pueden fluctuar, cuando se conectan entre sí proporcionan una fuente confiable de energía. Por lo tanto, la combinación de estas dos formas de fuente de energía conectadas a la red proporciona una generación confiable para proporcionar una fuente constante de flujo de energía para el sistema diseñado. El motivo principal de este trabajo es estudiar la viabilidad del sistema de energía híbrida solar-eólica con maximizar el uso del sistema de generación no convencional al tiempo que se minimiza el costo total del sistema.

Palabras clave: Costo Presente Neto (NPC); Costo Nivelado de energía (LCOE); Factor de Emisión; Sistema Híbrido; Carga Residencial; HOMER Pro.

Abstract

The objective of the document is to present an idea on the design, simulation and analysis of independent hybrid renewable energy resources for a residential home located in the canton of San Francisco de Onzole in the parish Eloy Alfaro Province of Esmeraldas. The main task of this work is to provide an optimal solution to solve the problems of energy crisis in the world. In the current scenario, non-renewable sources are available in large quantities to fully meet our growing demand. Taking into account the above information we have made an effort to analyze the advantage of Distributed Generation considering solar or wind energy, by themselves they can fluctuate, when connected to each other they provide a reliable source of energy. Therefore, the combination of these two forms of grid-connected power source provides reliable generation to provide a constant source of energy flow for the designed system. The main reason for this work is to study the feasibility of the hybrid solar-wind energy system with maximizing the use of the unconventional generation system while minimizing the total cost of the system.

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

Keywords: Net Present Cost (NPC); Levelized Cost of Energy (LCOE); Emission Factor; Hybrid System; Residential Load; HOMER Pro.

Resumo

O objetivo do documento é apresentar uma ideia sobre o projeto, simulação e análise de recursos de energia renovável híbrida conectados à rede para alimentar habitações residenciais localizadas no cantão de São Francisco de Onzole na freguesia de Eloy Alfaro, província de Esmeraldas. A principal tarefa deste trabalho é dar uma solução ótima para resolver os problemas de crise energética no mundo. No cenário atual, fontes não renováveis estão disponíveis em grande quantidade para atender plenamente a nossa crescente demanda. Levando em conta as informações anteriores fizemos um esforço para analisar a vantagem da Geração Distribuída considerando a energia solar ou eólica, por si só podem flutuar, quando conectadas entre si fornecem uma fonte confiável de energia. Portanto, a combinação dessas duas formas de fonte de energia conectada à rede fornece geração confiável para fornecer uma fonte constante de fluxo de energia para o sistema projetado. A principal razão para este trabalho é estudar a viabilidade do sistema híbrido de energia solar-eólica com maximização do uso do sistema de geração não convencional, minimizando o custo total do sistema.

Palavras-chave: Custo Presente Líquido (NPC); Custo Nivelado de Energia (LCOE); Fator de Emissão; Sistema Híbrido; Carga Residencial; HOMER Pro.

Introducción

En la era reciente hay un gran margen para el avance en la generación de energía teniendo en cuenta la tecnología respetuosa con el medio ambiente, como la tecnología de energía renovable, se está convirtiendo en técnicamente viable y respetuosa con el medio ambiente. En todo el mundo, se está haciendo un esfuerzo para estudiar la viabilidad del sistema híbrido incorporado de energía renovable como alternativa al generador diesel. El sistema de energía híbrida generalmente funciona con una fuente renovable primaria en combinación paralela de un módulo secundario no renovable de reserva y una unidad de almacenamiento. En el sistema de energía híbrido de la aldea ofrecen una solución atractiva y práctica para satisfacer la demanda de energía eléctrica en las comunidades rurales alrededor del mundo. (Kaabeche, Belhamel, y Ibtouen, 2011), (Bukit, Frida, y Harahap, 2013).

Los principales inconvenientes del sistema independiente teniendo en cuenta la energía solar y eólica es la fluctuación de la energía, lo que resulta en la entrega intermitente de energía y causa problemas

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

si se requiere un suministro confiable y continuo. Por lo tanto, este tipo de problemas se pueden superar mediante el uso de sistemas híbridos independientes. Un sistema de energía híbrido se puede definir como una combinación de diferentes fuentes de energía, pero el sistema de generación de energía complementaria puede ser proporcionado por energía renovable o mixta. Los sistemas híbridos proporcionan las mejores características de cada recurso energético en comparación con las fuentes convencionales y también proporcionan electricidad de "calidad de red", con un rango de potencia de kilovatios a varios cientos de kilovatios (Alejandro Martínez, Byron Chere, José Guzmán, Tyron Orobio, 2022).

Las principales ventajas de un sistema híbrido son que, cuando una fuente de energía está en niveles bajos, la otra fuente generalmente está en niveles más altos. El panel solar es menos efectivo en días nublados y ventosos, por lo que producirá niveles de energía más bajos, mientras que el generador eólico puede estar produciendo mucha energía. Del mismo modo, para la generación eólica, el problema principal es la ubicación del sitio, que tiene una cierta cantidad de viento de forma regular. El uso principal de energía no convencional hace que este sistema sea casi independiente y reduce los precios de la energía a largo plazo. (Bhandari, Lee, Lee, Cho, y Ahn, 2015).

Desarrollo

Este estudio de caso se realiza en el cantón de San Francisco de Onzole en la parroquia Eloy Alfaro, cuya latitud es 17° 53' 0" Norte y longitud es 74° 9' 0"



Figura 1. Vista geográfica de San Francisco de Onzole.

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

Ventajas de la generación distribuida

Los beneficios tangibles básicos de la generación distribuida son los siguientes:

- Con componentes estandarizados prefabricados ayuda en una instalación fácil y rápida
- Transmisión de alto voltaje a larga distancia son económicos
- Respetuoso con el medio ambiente significa reducción de las emisiones mediante el uso de fuentes de energía renovables
- Coste de funcionamiento más o menos constante durante el período de tiempo con el uso de fuentes renovables
- Menos complejidad fomenta la posibilidad de usuario-operador

Software HOMER

HOMER significa Modelo de Optimización Híbrida para Renovables Eléctricas. Es el software más utilizado. HOMER es desarrollado por Mistaya Engineering, Canadá para el National Renewable Laboratorio de Energía (NREL) USA en 1993. Es un modelo de optimización de micro energía que facilita la tarea de evaluar diseños de sistemas de energía tanto fuera de la red como conectados a la red para diversas aplicaciones (Khalil et al., 2020). HOMER realiza análisis de optimización y sensibilidad. Con la ayuda de HOMER, el sistema realiza el cálculo del balance de energía considerando varios números y tamaños de componente. Se ha mostrado en el software una lista ordenada de resultados de configuración basada en el costo actual neto total (TNPC). El sistema tiene en cuenta los cálculos de costos tales como capital, reemplazo, operación y mantenimiento, combustible e intereses. El análisis de sensibilidad determina factores variables como la velocidad del viento, el costo del combustible. HOMER muestra los resultados de la simulación en una variedad de tablas y gráficos que ayudan a comparar configuraciones y evaluarlas en función de sus méritos económicos (Mestre et al., 2013).

Metodología

El sistema de energía renovable híbrido simulado considerado consiste en turbina eólica, matriz fotovoltaica (PV) con convertidor de potencia y batería. En caso de una batería de emergencia se utiliza como unidad de respaldo para el sistema considerado que actúa como medio de almacenamiento. El sistema considerado está diseñado específicamente para un caso conectado a la red para que se suministre las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Especialmente este sistema

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

está diseñado para alimentar la vivienda residencial del cantón de San Francisco de Onzole en la parroquia Eloy Alfaro. Los datos requeridos para los recursos solares y eólicos para el sitio de Automatic Taller Machine se tomaron de datos en línea del departamento metodológico de la NASA. La encuesta se ha realizado para trazar un gráfico entre el perfil de carga diaria y el consumo de energía de ATM. El software HOMER se utiliza para realizar la determinación del dimensionamiento óptimo y la estrategia operativa para un sistema híbrido de energía renovable que se basa en tres tareas principales que son simulaciones, optimización y análisis de sensibilidad. A continuación, se analizan tres tareas principales del software HOMER.

HOMER: Simulación

Diseño del sistema considerado basado en la selección de componentes por parte del ingeniero de diseño. En este proceso, el cálculo del balance de energía será realizado por HOMER en función de la configuración del sistema que comprende varios números de tamaños de componente. Aquí los componentes considerados son la matriz fotovoltaica, la turbina eólica, la batería y el convertidor para fines de análisis (Engineering, 2016). Después de la simulación, determina la mejor configuración óptima del sistema que es adecuada para satisfacer la demanda de energía. HOMER simulará el sistema diseñado basado en la estimación del costo de instalación, el costo de reemplazo, el costo de operación y mantenimiento y la tasa de interés (Engineering, 2016).

HOMER: Optimización

La solución óptima se obtiene después de simular todo el número posible de selecciones de configuración de sistemas híbridos de energía renovable. Una lista de resultados de configuración que se muestra en forma ordenada teniendo en cuenta el costo neto actual total (TNPC). HOMER analiza los diferentes tipos de configuración del sistema desde el TNPC más bajo hasta el más alto. Sin embargo, la configuración del sistema basada en TNPC varía en función de la variable de sensibilidad seleccionada por el diseñador.

HOMER: Análisis de sensibilidad

El software HOMER realizará las iteraciones para obtener un resultado óptimo para cada selección, incluida la variable de sensibilidad para el sistema híbrido de energía renovable. Las variables de sensibilidad son tales como la energía solar global, la eólica. Se presentará una lista de varias configuraciones de sistemas de energía renovable híbrida diseñada en forma de tabulación considerando el análisis de costos, es decir, el TNPC más bajo al más alto. La solución óptima significa un sistema híbrido de energía renovable con el TNPC más bajo.

Modelo de sistema diseñado

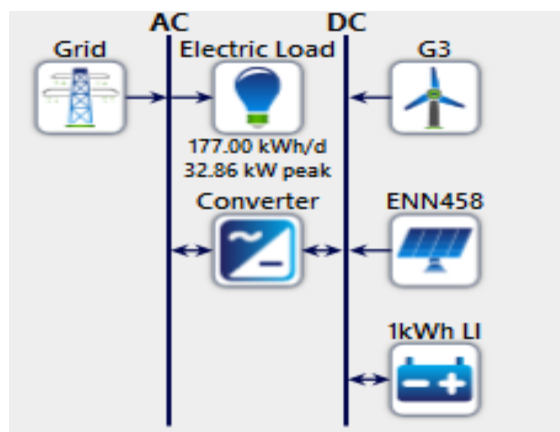


Figura 2. Diagrama esquemático del sistema híbrido

Matriz solar fotovoltaica

En un PV array, el material semiconductor absorbe fotones de la radiación solar, que se convierten en un voltaje a través del movimiento de los electrones. El módulo se produce combinando células fotovoltaicas. Módulos ensamblados para formar matriz. Recurso solar significa la cantidad de radiación solar global que golpea la superficie de la tierra. La radiación solar para esta área de estudio se obtuvo de la Metodología de Superficie de la NASA. Se obtiene una irradiación solar media de $5.000 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{día}$ y un índice de claridad de 0.476 para el área de estudio. En este caso se utiliza la matriz fotovoltaica se utiliza el modelo ENN Solar Energy458EST-460A, 7 unidades de 0.458kW.

Recursos eólicos

La utilización de molinos de viento por diversas razones es una práctica desde hace varios años. Ahora muchas naciones reconocen la importancia de la energía eólica. La energía eólica ha resurgido como una fuente importante de recursos energéticos sostenidos en todo el mundo. La velocidad media del viento es de 3 m/s para el área de estudio. En este caso se utiliza el aerogenerador de 3kW.

Convertidor

Aquí el convertidor se utiliza tanto en el rectificador de modo como en el inversor. Se supone que el convertidor bidireccional tanto el costo de capital como el costo de reemplazo son de \$ 300 durante una vida útil de 30 años. El tamaño del convertidor es de 3kW.

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

Batería

La batería Generic 1kWh Li-Ion Facilidad para saber la carga que almacenan. Basta con medir, en reposo, la tensión de la batería. La energía almacenada es una función de la tensión medida. Los costos de capital y el costo de reemplazo se asumieron como 550.00 \$.

Descripciones de carga

Se toma un cajero automático típico para el estudio de caso.

Carga media = 32,86kW

Carga máxima = 1770kW y el factor de carga es 1,231.

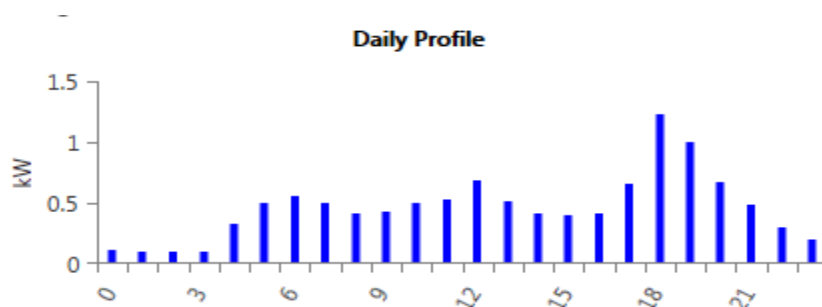


Figura 3. Curva de perfil de carga diaria de ATM.

Resultado y discusión

Resultado de la optimización

El software HOMER repetirá iteraciones para obtener el resultado óptimo para cada variable de sensibilidad de selección para el sistema híbrido de energía renovable.

Architecture									Cost			Sy
ENN458 (kW)	G3	1kWh Li	Grid (kW)	Converter (kW)	Efficiency1	Dispatch	NPC (US\$)	COE (US\$)	Operating cost (US\$/yr)	Initial capital (US\$)	Ren Frac (%)	
493			999,999	150	0	CC	-US\$86,607	-US\$0.0152	-US\$15,793	US\$115,284	93.2	
491		1	999,999	150	0	CC	-US\$86,482	-US\$0.0152	-US\$15,758	US\$114,964	93.1	
490		1	999,999	150	0	CC	-US\$78,091	-US\$0.0137	-US\$15,146	US\$115,522	93.3	
493		1	999,999	150	0	CC	-US\$77,842	-US\$0.0137	-US\$15,188	US\$116,308	93.3	
			999,999		0	CC	US\$82,587	US\$0.100	US\$6,461	US\$0.00	0	
			999,999	0.0386	0	LF	US\$82,712	US\$0.100	US\$6,464	US\$80.23	0.00112	
			999,999	1.04	0	CC	US\$90,468	US\$0.110	US\$7,019	US\$741.64	2.28	
			999,999	0.783	0	LF	US\$90,795	US\$0.110	US\$7,021	US\$1,045	2.46	

Figura 4. Resultado de optimización.

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

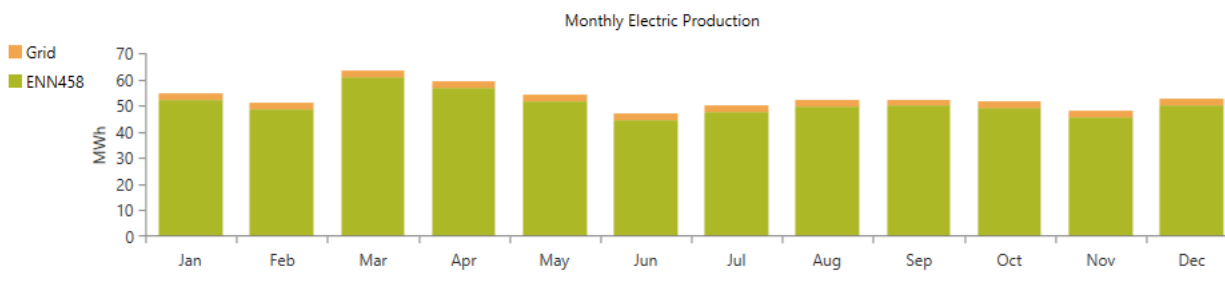


Figura 5. Producción eléctrica mensual

A partir de la optimización resulta la mejor solución óptima diseñada por el sistema en el que los componentes de la fuente de energía son solares, eólica y batería.

Análisis de sensibilidad

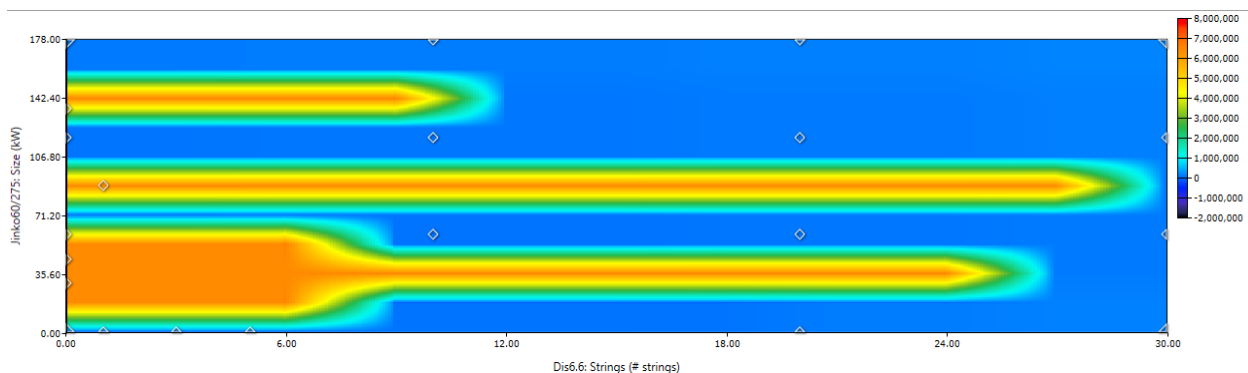


Figura 6. Resultado del análisis de sensibilidad.

Tabla 1. Tabla de resultado económico

Métrico	Valor
Valor presente (US\$)	US\$ 169,194
Valor anual (US\$ / año)	US\$ 13,235
Retorno de la inversión (%)	15.3
Tasa interna de retorno (%)	19.1
Reembolso simple (año)	5.4
Recuperación descontada (año)	6.34

Conclusión

En este trabajo propusimos un sistema híbrido de generación de energía para una comunidad ubicada en el cantón de San Francisco de Onzole en la parroquia Eloy Alfaro Provincia de Esmeraldas. Todos los sistemas de optimización se enumeran según el NPC y los valores económicos se calculan con el fin de alimentar las viviendas residenciales y encontrar el costo presente neto (NPC) óptimo. Los resultados obtenidos del HOMER en nuestro estudio de caso dan que el Costo de Capital Inicial optimizado es de 115,284 \$, el Costo Presente Neto es de 86,606.95 \$, el Costo de Energía es de 0.01523 \$.

El precio de la energía del sistema óptimo es menor que el del coste de la energía proporcionada por la red. Aunque el costo inicial de la energía solar-eólica es alto, pero la electricidad a un costo menor.

Referencias

1. Alejandro Martínez, J. P., Byron Chere, F.-Q., José Guzmán, L. L., & Tyron Orobio, J. A. (2022). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda unifamiliar en la parroquia rural Vuelta Larga del cantón Esmeralda* (Vol. 8, pp. 887–908). Vol. 8, pp. 887–908. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/download/2611/5895>
2. Bhandari, B., Lee, K. T., Lee, G. Y., Cho, Y. M., & Ahn, S. H. (2015). Optimization of hybrid renewable energy power systems: A review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, Vol. 2, pp. 99–112. <https://doi.org/10.1007/s40684-015-0013-z>
3. Bukit, N., Frida, E., & Harahap, M. H. (2013). *Preparation Natural Bentonite in Nano Particle Material as Filler Nanocomposite High Density Polyethylene (Hdpe)*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32788928/Preparation_Natural_Bentonite_in_Nano_Particle_Material_as_Filler_Nanocomposite_High_Density_Poliethylene-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653856548&Signature=WpU57TAIXvTVe3vUE7W2nSGooKgGL0ck20dKtKW7Tem5O7SmvrLOROPfDJWpHvZ3CBsf81VmGDW2tmKm~DmX9UC5YAW0HXmoZtfVYVG09fo~n9paMgrxUpwQ6sDEz6OhO8mo8OVxBm~AAy5g2n2TLd2hPs9fSJW35SDrlaMU0Fx2bNIVnFQYILYRXTToql-uCd6R8icx3rLqZYMCITASwKNYFoeo1gewI2RJU3H0qi6JoDCGSIKcYGZ15fjZX2N1Ql2E0t3IVsZS6vTvn0dntyVGgzvp6nv69DDuhGAX27HHEMvXVyBDI6ilDcaZUU2EmadnY

Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER

UTF8~0pCVM6lVWV6kg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

4. Engineering, E. (2016). *A Review of Energy Efficiency in Data Processing Centers*. https://www.researchgate.net/profile/Alvaro-Fernandez-Gonzalez/publication/297737781_A_Review_of_Energy_Efficiency_in_Data_Processing_Centers/links/56e2823008ae4e3e9429243b/A-Review-of-Energy-Efficiency-in-Data-Processing-Centers.pdf#page=23
5. Kaabeche, A., Belhamel, M., & Ibtouen, R. (2011). Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/wind power generation system. *Energy*, Vol. 36, pp. 1214–1222. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.11.024>
6. Khalil, L., Liaquat Bhatti, K., Arslan Iqbal Awan, M., Riaz, M., Khalil, K., & Alwaz, N. (2020). Optimization and designing of hybrid power system using HOMER pro. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 47, pp. S110–S115. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.054>
7. Mestre, O., Domonkos, P., Picard, F., Auer, I., Robin, S., Lebarbier, E., ... Stepanek, P. (2013). HOMER: A homogenization software - methods and applications. *Idojaras*, Vol. 117, pp. 47–67. https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/1494/1/2013_guijarroJA_Olivier_13.pdf