

Optimization of Energy Integration Renewable in a Functional Building

Lata-Garcia Juan¹, Francisco Jurado², and Parra Pablo¹

¹Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, jlatag@ups.edu.ec, pparra@ups.edu.ec

²Universidad de Jaén, España, fjurado@ups.edu.ec

Abstract— The development of hybrid renewable energy systems has facilitated the integration of renewable energy in a building. This means an improvement in energy sustainability that can meet current and future energy needs with a lower environmental impact. However, the optimization of the hybrid system has become a complex task. The present study focuses on identifying the most promising renewable energy sources, for their installation in the available spaces. The hybrid system has been proposed to be connected to the electrical network of the building dedicated to laboratories and classrooms of the Universidad Politécnica Salesiana in Guayaquil. Technical analysis and reduction of greenhouse effect gases are carried out. The PVsyst software has been used to size the photovoltaic generator, while HOMER Pro is used for optimization, technical analysis and emission reduction. The results show that the power consumption of the conventional network can be reduced by 66.8% and the emission of 20,971 kg /year of carbon dioxide can be avoided.

Keywords— building, Energy, homer, optimization, hybrid system.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.104>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Optimización de la integración de energías renovables en un edificio funcional

Lata-Garcia Juan¹, Francisco Jurado², and Parra Pablo¹

¹Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, jlatag@ups.edu.ec, pparra@ups.edu.ec

²Universidad de Jaén, España, fjurado@ups.edu.ec

Abstract– The development of hybrid renewable energy systems has facilitated the integration of renewable energy in a building. This means an improvement in energy sustainability that can meet current and future energy needs with a lower environmental impact. However, the optimization of the hybrid system has become a complex task. The present study focuses on identifying the most promising renewable energy sources, for their installation in the available spaces. The hybrid system has been proposed to be connected to the electrical network of the building dedicated to laboratories and classrooms of the Universidad Politécnica Salesiana in Guayaquil. Technical analysis and reduction of greenhouse effect gases are carried out. The PVsyst software has been used to size the photovoltaic generator, while HOMER Pro is used for optimization, technical analysis and emission reduction. The results show that the power consumption of the conventional network can be reduced by 66.8% and the emission of 20,971 kg / year of carbon dioxide can be avoided

I. INTRODUCCION

La "Iniciativa Ciudades Inteligentes y Comunidades Europeas" del Plan Estratégico de Tecnología Energética (SET-Plan) apoya a las ciudades y regiones a tomar medidas ambiciosas para avanzar hacia 2020 con el objetivo de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero a través del uso sostenible y la producción de energía. La iniciativa pretende reunir recursos para apoyar la demostración de las tecnologías de energía, transporte, información y comunicación en las zonas urbanas europeas [1]. La explotación de fuentes de energía renovable es una táctica utilizada por algunos países para lograr un desarrollo sostenible, sustituyendo en lo posible la generación de origen no renovable [2].

A partir del 2003 existe un crecimiento lento en la demanda de energía en edificios comerciales esto se debe a nuevas edificaciones que están construidas con estándares de rendimiento energético más altos, ocupadas por actividades de construcción con menos consumo de energía y con mayor frecuencia, construidas en regiones templadas. Sin embargo el consumo de electricidad en un edificio comercial corresponde al 61% de toda la energía consumida, por lo que conlleva a estudiar y disminuir la tendencia [3]. Las últimas edificaciones construidas buscan el confort idóneo para una sociedad moderna con altos estándares de calidad. El sector de la construcción está creciendo a un ritmo rápido mediante la inversión del 30-40% del total de los recursos básicos mundiales. Los edificios actuales se han convertido en el tercer

mayor consumidor de energía fósil después de la industria y la agricultura. El programa Asia-Link es una iniciativa de la Comisión Europea para promover y difundir el conocimiento sobre el entorno construido sostenible con un enfoque de energía casi nulo [4]. Poder satisfacer un edificio con cero energía convencional es una tarea propuesta por varios investigadores donde la energía demandada por el edificio es generada en el sitio, los edificios requieren dos tipos de energía una en forma de calor y la otra en electricidad, una de tecnologías prometedoras para alcanzar un equilibrio energético es la utilización de paneles solares con conexión a la red [5]. La integración de paneles solares con conexión a la red en un edificio es una tarea compleja al momento del diseño por la poca predictibilidad del clima, si el objetivo es el balance energético, la energía solar fotovoltaica (FV) es una tecnología madura y probada con gran potencial para aplicaciones residenciales con la ventaja de no necesitar un espacio adicional para su integración. En la referencia [6] se plantea un nuevo modelo de optimización basado en la programación entera para la adopción de sistemas fotovoltaicos autónomos en el sector residencial. El modelo propuesto no solo determina la cantidad óptima de módulos FV y baterías, sino que también evalúa la viabilidad económica del sistema a través del costo anualizado.

Otra herramienta tecnológica es PVsyst, se utiliza para dimensionar diferentes tipos de sistemas fotovoltaico usando paneles fotovoltaicos comerciales, entre las ventajas que presente el software esta la opción de importar datos meteorológicos de diferentes fuentes [7]. En la referencia [8], se evaluó el rendimiento de un sistema fotovoltaico (FV) de 960 kWp, ubicado en el sur de Italia mediante dos modelos SAM y PVsyst. Los resultados logran datos confiables de la generación inyectada a la red demostrando la confiabilidad de los softwares.

En lugares donde el recurso hídrico está disponible, la energía cinética de la velocidad del flujo de agua puede ser extraída mediante turbinas hidrocinéticas (HKT), es un método de generación limpia que actualmente está siendo aprovechado para proveer energía derivada de ríos y océanos [9], investigaciones realizadas discute en detalle los beneficios e inconvenientes para la implementación de este tipo de tecnología, los resultados obtenidos demuestran un bajo impacto ambiental del habita y alientan al uso para satisfacer la demanda de comunidades aisladas en países en vías de desarrollo o cargas próximas a ríos [10].

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.104>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

El programa Homer ha sido utilizado por varios investigadores para la optimización de sistemas híbridos basado en energías renovables [11]–[13].

En la referencia [14] se propone un estudio comparativo de diferentes configuraciones de generación distribuida renovable, donde el sistema híbrido está compuesto por paneles solares, sistemas eólicos y de almacenamiento, un banco de baterías, para asegurar la confiabilidad y seguridad de la carga utiliza generadores de diésel, en el trabajo discute la configuración adecuada que satisfaga la demanda de energía eléctrica del edificio considerando el costo mínimo a lo largo de la vida útil, las simulaciones se realiza mediante el software HOMER.

En el presente trabajo se pretende integrar en un edificio funcional sistemas de generación fotovoltaicos junto a una fuente de energía hidrocinética con conexión a la red convencional para lograr un balance energético neto. El trabajo se divide en tres etapas: en la Sección II, se revisa los datos de entrada como son la radiación presente en el lugar, la velocidad del flujo de agua y la curva característica de consumo del edificio, se complementa con el cálculo del número de paneles solares en el lugar disponible, en la Sección III se presenta el modelo del sistema híbrido con conexión a la red simulado, en la Sección IV se evalúa los resultados de la optimización realizada en HOMER. Finalmente, se pueden encontrar las conclusiones en la Sección V.

II. DESCRIPCION DEL SISTEMA

A. Antecedentes

El estudio se realizó en el bloque B de Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en Ecuador, en la Fig. 1 se muestra la fachada y techo del edificio, el consumo promedio mensual es 22,603 kWh proveniente de la red convencional.



Fig. 1. Vista aérea del edificio de la UPS.

las medidas del techo del edificio de 4 pisos es 50m x 8m cada ala con una inclinación de 20°, lo cual crea un lugar propicio para la instalación de sistemas fotovoltaicos, el área disponible a utilizar es de 800 m², Adicional el edificio se encuentra a

250 m del río Guayas, la energía cinética del flujo de agua es aprovechada para el presente estudio.

B. Potencia de generador fotovoltaico

Para conocer la potencia del generador fotovoltaico instalable en el techo del edificio se ha utilizado el programa PVsyst V6.66, es una herramienta para desarrollar sistemas fotovoltaicos donde permite el estudio, simulación y análisis de datos de los sistemas de origen solar [15]. Los datos de radiación son importados, el ángulo de inclinación de los paneles sobre el plano puede ser modificado, los módulos fotovoltaicos comerciales son seleccionados en la pestaña sistema. El subcampo superficie se emplea para recibir módulos que serán dispuestos en el techo del edificio, cada área se basa en un rectángulo. La simulación da como resultado 120 kW de potencia máxima del generador fotovoltaico para ser instalada en el espacio físico disponibles con módulos policristalinos de 250 W.

C. Disposición de los módulos

Establecida el área disponible se selecciona establecer módulos, obteniendo la distribución de los paneles en el área seleccionada. El programa calcula la cantidad de módulos que pueden instalarse en esta área. En el cuadro de información “matriz fotovoltaica general”, se tiene el número total de módulos que se colocarán de acuerdo con los parámetros del sistema ingresado. En este trabajo se utilizaron paneles solares policristalinos que tienen las siguientes dimensiones L= 1650, A= 992, E=40 (mm), el área total del panel de 250 W es 1.637 m² con 60 células en serie.

D. Demanda energética del edificio

La carga del edificio está caracterizada por un consumo mínimo de 22 kW durante los meses de abril y octubre, consumo promedio de 37 kW y un consumo máximo de 53 kW durante el mes de febrero. En la Fig 2 se muestra la demanda de energía para todo en año.



Fig. 2. Consumo de energía mensual.

E. Radiación solar

El edificio B de la UPS tiene las siguientes coordenadas - 2°13.4'S,-79.88'O, al estar cerca de la línea equinoccial posee un abundante recurso solar con un promedio de 12 horas de

III. CASO DE ESTUDIO

sol durante todo el año, este tipo de fuente de energía puede ser aprovechado para la generación de electricidad, en la Fig. 3 se puede observar la radiación solar global para todo el año en una superficie horizontal (kW/m^2), el promedio de radiación diario es $4.580 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, siendo julio el peor mes con $4.010 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$. Para obtener la máxima radiación disponible los paneles deben ser ubicados en la dirección que capte la mayor cantidad de radiación, sin embargo, los paneles estarán a una inclinación de 20° siguiendo la ubicación del techo, la información presentada es obtenida mediante la base meteorológica proporcionada por HOMER.

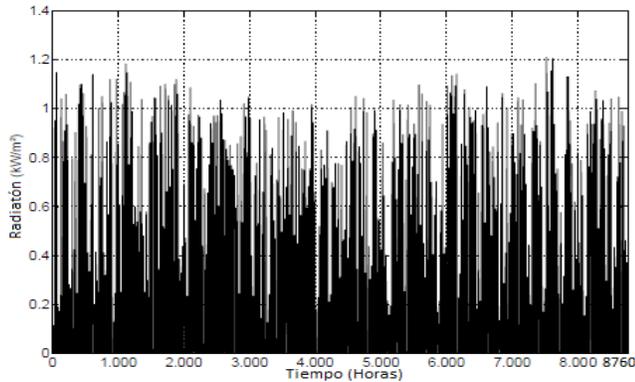


Fig. 3. Radiación solar anual en el edificio B.

F. Velocidad del flujo de agua

La energía cinética producida por la velocidad del flujo del río es aprovechada y convertida en energía eléctrica, los datos de velocidad anual del río se muestra en la Fig. 4, la información es proporcionada por el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador [16], la mayor velocidad registrada es 2.26 m/s , la velocidad promedio es 1.39 m/s y la velocidad lenta es 0.31 m/s .

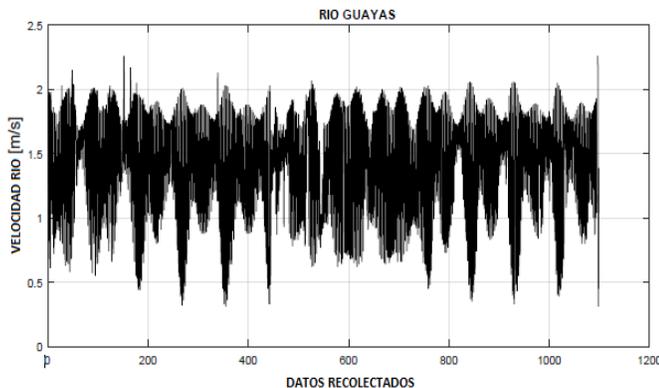


Fig. 4. Velocidades del flujo de agua.

La aplicación de generadores eólicos no es viable en el edificio por el insuficiente recurso de viento, los datos fueron obtenidos del atlas eólico del Ecuador [17] y validados por el software HOMER, sin embargo para estudios futuros se recomienda tomar datos de campo.

A. Homer

Es una poderosa herramienta ampliamente utilizada en varias investigaciones, para diseñar y analizar los sistemas de energía híbridos. El software fue desarrollado por el Laboratorio nacional de energías renovables (NREL) [18] de los Estados Unidos de América. Varias investigaciones con resultados prometedores se han llevado a cabo para optimizar sistemas híbridos compuestos por generadores de origen renovables solar, eólica, hidro, biomasa con subsistemas de almacenamiento, baterías, pilas de combustible. En HOMER se pueden realizar tres tipos de tareas: *Simulación*, el software intenta simular un sistema óptimo entre cientos o incluso miles de configuraciones posibles del sistema propuesto, la simulación depende de las variables de entrada y como se configure el problema. Se puede simular el funcionamiento de una micro red híbrida durante todo un año, en pasos de tiempo de un minuto a una hora. *Optimización*, el programa examina todas las combinaciones posibles de tipos de sistemas en una sola ejecución y luego ordena los sistemas de acuerdo con la variable de optimización de elección. El software tiene su propio algoritmo patentado "sin derivados" por tal razón logra un menor tiempo para presentar resultados precisos. *Análisis de sensibilidad*, en este proceso realiza múltiples optimizaciones bajo un rango de suposiciones de parámetros de sensibilidad de entrada comparando miles de posibilidades en una sola ejecución.

B. Sistema propuesto

El sistema híbrido con conexión a la red se simula con dos fuentes primarias, la energía del sol y la velocidad cinética del río, por tal razón es de vital importancia aprovechar al máximo el espacio físico del techo y la ubicación óptima de la turbina, en la Fig.5 se muestra la configuración del sistema híbrido con conexión a la red.

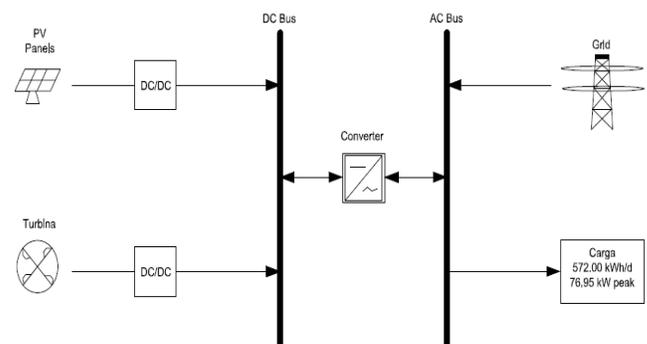


Fig. 5. Configuración del Sistema híbrido bajo estudio.

Se considera como generadores el sistema fotovoltaico y la turbina hidrocinética, en caso de no poder abastecer la demanda con recurso renovable, la energía faltante será entregada por la red convencional.

C. Sistema Fotovoltaico

Diseñado para el recolectar la energía solar fotovoltaica, la energía obtenida es transformada en electricidad de origen renovable. La potencia generada por los paneles fotovoltaicos se calcula mediante la ecuación 1:

$$P_{PV} = Y_{PV} \cdot f_{pv} * \left(\frac{G_T}{G_{T,STC}}\right) * [1 + \alpha_p * (T_c - T_{c,STC})] \quad (1)$$

donde:

Y_{PV} es la potencia de salida en condiciones normales [kW], f_{pv} es el factor de reducción de FV [%], G_T es la radiación solar incidente sobre el sistema FV [kW/m²], $G_{T,STC}$ es la radiación incidente en condiciones estándar [1 kW/m²], α_p es el coeficiente de temperatura de la potencia [% / °C], T_c es la temperatura de la célula FV [°C] y $T_{c,STC}$ es la temperatura de la célula en condición normal [25°C].

Los paneles fotovoltaicos de 250W tienen una eficiencia del 16.2%, temperatura de operación 44°C, degradación del 4.8% a los 25 años con un tiempo de vida de 30 años.

D. Turbina Hidrocinética

Las turbinas convertidoras de energía hidrocinética se pueden utilizar en ríos, estuarios y océanos, el principio de operación se basa en las turbinas eólicas. Mediante la ecuación 2 se calcula la potencia extraída de la turbina medida en vatios.

$$P = \frac{1}{2} \times A \times \rho \times V^3 \times C_p \quad (2)$$

Donde A es el área de barrido en m², ρ es la densidad del agua 1000 kg/m³, V es la velocidad del flujo de agua en m/s y C_p es el coeficiente de potencia de acuerdo a la eficiencia de cada turbina [19]. Para la simulación se utilizan modelos comerciales de 5 kW con una salida de 250 W – 5 kW alcanzando la máxima potencia a una velocidad de 2.8 m/s, el tiempo de vida es de 10 años. Para la simulación se considera un rango de inversores de (0-60 kW) con un 95 % de eficiencia [20] y un tiempo de vida útil de 15 años.

IV. OPTIMIZACION

La principal fuente primaria a utilizar es el sol debido a su alto potencial en el lugar, seguido por la turbina hidrocinética.

TABLA I

FV (kW)	HKT (kW)	Inversor (kW)	COE (\$)	NPC (\$)	Costo de Operación (\$)	Capital Inicial (\$)	Costo de Capital (\$)	Producción (kWh)	Compra de Energía (kWh)	Venta de Energía (kWh)
80	5	50	0.0637	205,308	8,848	91,000	76,000	111,427	104,819	40,675
90	5	60	0.0611	207,755	8,065	103,500	85,500	125,356	102,904	54,108
100	5	60	0.0604	210,776	7,563	113,000	95,000	139,284	101,316	60,955
110	5	60	0.0603	214,777	7,138	122,500	104,500	153,212	99,987	66,805
120	5	60	0.0605	219,449	6,765	132,000	114,000	167,141	98,844	71,989

Se logra la optimización del sistema utilizando HOMER de acuerdo con las especificaciones ingresadas, los resultados se pueden observar en la tabla I.

De los 120 kW posibles a instalar en la cubierta del edificio, los resultados demuestran que el menor costo promedio por kWh de energía eléctrica producida por el sistema (COE) es del sistema compuesto por 110 kW de paneles fotovoltaicos y 5 kW de la turbina hidrocinética.

La producción de energía anual del sistema optimizado se puede observar en la tabla II, el 66.8% (201,323 kWh/año) de la energía es producida por los generadores de origen renovable, mientras que la red convencional aporta el 33.2% de los 301,310 kWh/año. El consumo de la carga AC representa el 75.8% (208,708 kWh/año), la energía restante es inyectada a la red cuando la generación es mayor a la demanda, el exceso de electricidad es del 5.47 %.

TABLA II
RESULTADOS ENERGÉTICOS ANUALES

Producción	kWh/año	%	Consumo	kWh/año	%	Calidad	%
FV	153,212	50.8	Carga AC	208,708	75.8	Exceso de electricidad	5.47
HKT	48,111	16	Carga DC	0	0	-	-
Red	99,987	33.2	Venta a la red	66,805	24.2	Carga no cumplida	0
Total	301,310	100	Total	275,585	100	Escases de energía	0

Al tener el respaldo de la red convencional durante todo el año no se tiene carga no satisfecha que es cuando una carga eléctrica no puede ser atendida por el sistema renovable, esto ocurre en sistemas aislados y ocurre cuando la demanda eléctrica supera la oferta tampoco se tiene escases de energía.

En la Tabla III se detalla las transacciones mensuales de energía de la red convencional en el edificio, los meses de enero y julio se requiere una mayor cantidad de energía de la red 9,934 kWh, 9,778 kWh respectivamente.

En la Fig 7. muestra el promedio mensual de producción de electricidad, donde los meses de marzo y septiembre tienen la mayor producción de energía de origen renovable, mientras en octubre se tiene una mayor generación de origen hidrocinético.

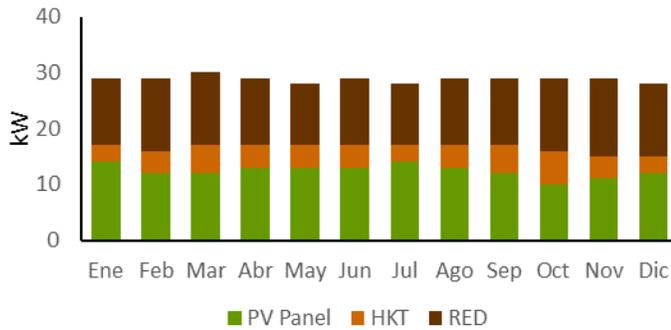


Fig. 7. Promedio mensual de producción de electricidad

TABLA III
TRANSACCIONES MENSUAL DE ENERGÍA

Mes	Energía comprada (kWh)	Energía Vendida (kWh)	Energía neta comprada (kWh)	Demanda pico (kW)	Cobro de energía
Enero	9,450.0	5,005.0	4,444.0	73.0	694.71
Febrero	7,366.0	4,849.0	2,518.0	67.0	494.21
Marzo	8,232.0	6,076.0	2,156.0	65.0	519.41
Abril	8,484.0	5,909.0	2,575.0	73.0	552.94
Mayo	8,717.0	5,034.0	3,097.0	68.0	590.72
Junio	8,446.0	5,034.0	3,412.0	68.0	592.88
Julio	9,187.0	4,395.0	4,792.0	70.0	698.93
Agosto	8,551.0	5,562.0	2,989.0	66.0	576.99
Septiembre	7,788.0	6,037.0	1,752.0	61.0	477.0
Octubre	7,164.0	6,757.0	407.0	57.0	378.55
Noviembre	8,097.0	5,939.0	2,158.0	70.0	512.77
Diciembre	8,505.0	5,624.0	2,882.0	66.0	569.33
Anual	99,987.0	66,805.0	33,182.0	73.0	6,658.43

El perfil de compra para dos meses se muestra en la Fig 8. que es similar para todo el año. Por tener un generador que funciona durante el día la mayor parte de compra es hasta la media noche.

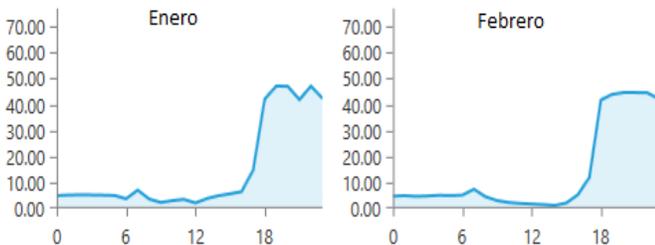


Fig. 8. Perfil de compra de energía a la red

La producción media de potencia fotovoltaica es de 17.5 kW, la producción de energía diaria es 420 kWh/d, el factor de capacidad del generador 15.9% que es calculado dividiendo la producción de energía del generador anual real por su producción de energía anual máxima posible. La penetración FV es del 73.4%, el generador funciona durante 4,407 hrs/año, el costo promedio de energía eléctrica producida por el sistema FV es 0.0528 \$/kWh.

La producción del generador hidrocínético es de 5.49 kW, el factor de capacidad del generador 22%, la penetración HKT es del 23%, el generador funciona durante 8,760 hrs/año.

El costo de kWh del sistema híbrido es 0.0603 \$/kWh, la integración de energías renovable ayuda a disminuir 20,971 kg/año de dióxido de carbono, 90.9 kg/año de dióxido de sulfuro y 44.5 kg/año de óxido de nitrógeno.

La Fig. 9 muestra la producción de energía de origen renovable a lo largo de un año, la producción renovable total dividida por generación es del 66.8%.

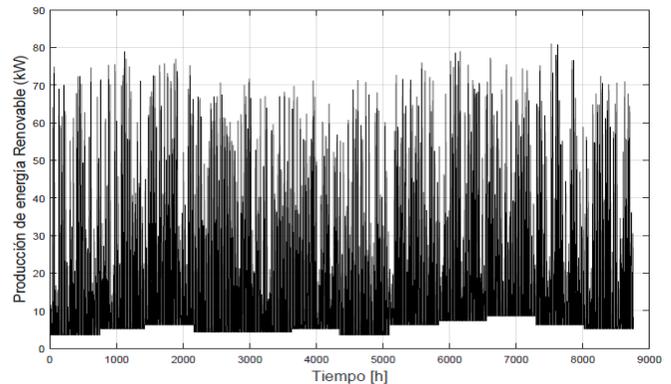


Fig. 9. Producción de energía renovable

V. CONCLUSIONES

Disminuir el consumo de la red convencional en muchos de los casos de origen no renovable, lograr la independencia energética es un pilar fundamental en la generación distribuida. Este trabajo es el análisis y optimización de la integración de un sistema híbrido basado en energías renovables a un edificio de la Universidad Politécnica Salesiana, aunque la generación conseguida por el sistema FV en base al espacio disponible y la turbina de río no satisface por completo la carga, se logra generar el 66.8% de la demanda e incluso en ciertas horas del día donde la generación es mayor que el consumo se puede inyectar energía a la red convencional.

En este documento, se utilizó dos softwares, los resultados de la optimización logra un sistema de 110 kW del generador fotovoltaico y 5 kW de la turbina de río, el costo kWh del sistema implementado es 0.0603 \$/kWh, lo cual compite con la tarifa de la empresa local, importantes reducciones de

emisiones son mostradas en el documento, con lo cual se contribuye a reducir los efectos por causa de gases de efecto invernadero.

REFERENCIAS

- [1] “European smart cities: The role of zero energy buildings,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 15, pp. 86–95, Jul. 2015.
- [2] J. Lata-García, C. Reyes-Lopez, and F. Jurado, “Attaining the Energy Sustainability: Analysis of the Ecuadorian Strategy Ku zrównoważoności energetycznej: analiza Strategii Ekwadorskiej,” vol. 13, no. 1, pp. 21–29, 2018.
- [3] U.S Energy Information Administration, “CBECS 2012: Energy Usage Summary,” 2012. [Online]. Available: [https://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2012/energyusage/index.php?src=Consumption Commercial Buildings Energy Consumption Survey \(CBECS\)-b3](https://www.eia.gov/consumption/commercial/reports/2012/energyusage/index.php?src=Consumption Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS)-b3). [Accessed: 07-Nov-2017].
- [4] “Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building,” *Alexandria Eng. J.*, Apr. 2017.
- [5] “Solar energy for net zero energy buildings – A comparison between solar thermal, PV and photovoltaic–thermal (PV/T) systems,” *Sol. Energy*, vol. 122, pp. 986–996, Dec. 2015.
- [6] “Optimal sizing of stand-alone photovoltaic systems in residential buildings,” *Energy*, vol. 126, pp. 573–584, May 2017.
- [7] “PVsyst.” [Online]. Available: <http://www.pvsyst.com/en/>. [Accessed: 08-Nov-2017].
- [8] M. Malvoni, A. Leggieri, G. Maggioletto, P. M. Congedo, and M. G. De Giorgi, “Long term performance, losses and efficiency analysis of a 960 kWp photovoltaic system in the Mediterranean climate,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 145, pp. 169–181, Aug. 2017.
- [9] J. Lata-García, F. Jurado, L. M. Fernández-Ramírez, and H. Sánchez-Sainz, “Optimal hydrokinetic turbine location and techno-economic analysis of a hybrid system based on photovoltaic/hydrokinetic/hydrogen/battery,” *Energy*, vol. 159, pp. 611–620, Sep. 2018.
- [10] “Performance parameters of Savonius type hydrokinetic turbine – A Review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 64, pp. 289–310, Oct. 2016.
- [11] J. Lata-Garcia, F. Jurado-Melguizo, H. Sanchez-Sainz, C. Reyes-Lopez, and L. Fernandez-Ramirez, “Optimal sizing hydrokinetic-photovoltaic system for electricity generation in a protected wildlife area of Ecuador,” *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 26, no. 2, 2018.
- [12] J. Lata-Garcia, C. Reyes-Lopez, F. Jurado, L. M. Fernandez-Ramirez, and H. Sanchez, “Sizing optimization of a small hydro/photovoltaic hybrid system for electricity generation in Santay Island, Ecuador by two methods,” in *2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2017, pp. 1–6.
- [13] J. Lata-García, F. Jurado, L. M. Fernández-Ramírez, P. Parra, and V. Larco, “Techno-Economic Analysis of Several Energy Storage Options for Off-Grid Renewable Energy Systems.”
- [14] S. H. E. A. A. Diaa Ahmed Madboly, “Optimal Sizing of Different Configurations of Renewable Distributed Generation Systems for a Green Building in Egypt,” in *IEEE Xplore*.
- [15] P. Yadav, N. Kumar, and S. . Chandel, “Simulation and performance analysis of a 1kWp photovoltaic system using PVsyst,” in *2015 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)*, 2015, pp. 0358–0363.
- [16] “Instituto Oceanográfico de la Armada - Caracterización hidrológica,” *Caracterización hidrológica*. [Online]. Available: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/proyectos/inocar-senescyt/19-caracterizacion-hidro-oceanografica-y-ambiental-del-margen-costero/47-caracterizacion-hidrologica>. [Accessed: 11-Oct-2017].
- [17] “Biblioteca – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable,” *Wind map of Ecuador .Pag 11,12*. [Online]. Available: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>. [Accessed: 26-Apr-2017].
- [18] “HOMER - Hybrid Renewable and Distributed Generation System Design Software.” [Online]. Available: <http://www.homerenergy.com/>. [Accessed: 18-Apr-2017].
- [19] K. Kusakana and H. J. Vermaak, “Hydrokinetic power generation for rural electricity supply: Case of South Africa,” *Renew. Energy*, vol. 55, pp. 467–473, Jul. 2013.
- [20] H.-S. Kim, M.-H. Ryu, J.-W. Baek, and J.-H. Jung, “High-Efficiency Isolated Bidirectional AC–DC Converter for a DC Distribution System,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, no. 4, pp. 1642–1654, Apr. 2013.