

Análisis de las variables que afectan la operación del catamarán solar en las Islas Galápagos

Moya, Marcelo; Narváez, Ricardo; Martínez, Javier; Guerrón, Gonzalo

Marcelo Moya marcelomoya@hotmail.com

Universidad Internacional SEK, Ecuador

Ricardo Narváez rnarvaez@gmail.com

Universidad Internacional SEK, Ecuador

Javier Martínez javiermmartinez@hotmail.com

Docente Universidad Internacional SEK, Ecuador

Gonzalo Guerrón gguerron@hotmail.com

Docente Universidad Internacional SEK, Ecuador

Revista Perspectivas

Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

ISSN: 2145-6321

ISSN-e: 2619-1687

Periodicidad: Trimestral

vol. 4, núm. 15, 2019

perspectivas@uniminuto.edu

Recepción: 24 Enero 2019

Aprobación: 28 Febrero 2019

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/638/6383199001/>

Resumen: El ecosistema de las Islas Galápagos posee una gran biodiversidad y endemismo, lo cual se ve afectado en gran medida por diferentes actividades humanas presentes en las islas. El transporte marítimo de pasajeros en el canal de Itabaca se basa en embarcaciones con motores de combustión, consume un promedio anual de 4200 galones de combustible que producen alrededor de 38 toneladas de CO₂ por año. En este sentido, la operación del catamarán solar INER 1 de propulsión eléctrica es un modelo sustentable y renovable para el transporte marítimo de pasajeros dentro de las Islas Galápagos. Dicho sistema de transporte se ve influenciado por diferentes variables del tipo social, ambiental - estacional y energético que requieren ser evaluadas para analizar cuál de ellas es la que más influye en su funcionamiento y el porqué de su importancia. Para ello se ha planteado utilizar el método de selección de atributos para manejar los datos de forma adecuada y predecir de manera eficiente los efectos de cada una de ellas sobre la embarcación. En base a lo mencionado se propone realizar una revisión bibliográfica sobre las variables que más influyen o en la operación del catamarán solar "INER 1" en las Islas Galápagos.

Palabras clave: Galápagos, biodiversidad, energía solar, paneles fotovoltaicos, catamarán, algoritmo, selección atributos.

Abstract: The Galapagos Islands ecosystem has a great biodiversity and endemism, which is greatly affected by different human activities present in the islands. Maritime passenger transport on the Itabaca Canal is based on vessels with combustion engines, consuming an annual average of 4200 gallons of fuel that produce about 38 tons of CO₂ per year. In this sense, the operation of the INER 1 solar-powered electric catamaran is a sustainable and renewable model for maritime passenger transport within the Galapagos Islands. This transport system is influenced by different variables of the social, environmental

- seasonal and energy type that need to be evaluated to analyze which of them is the one that most influences its operation and why its importance. To this end, it has been proposed to use the attribute selection method to handle the data in an adequate manner and to predict efficiently the effects of each of them on the vessel. Based on the aforementioned it is proposed to carry out a bibliographic review on the variables that most influence or in the operation of the solar catamaran "INER 1" in the Galapagos Islands.

Keywords: Galapagos, biodiversity, solar energy, photovoltaic panels, catamaran, algorithm, selection attributes.

1. Introducción

El incremento de la calidad de vida y la longevidad en el ser humano ha provocado un crecimiento poblacional exponencial en los últimos 200 años, esto ha generado grandes beneficios a la humanidad pero también ha generado grandes afectaciones en los ecosistemas, recursos naturales y en general con el medio ambiente. Las actividades humanas provocan una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, químicos que afectan a la capa de ozono desechos que no pueden ser reutilizados (Helling, 2017).

En las últimas décadas el ser humano ha prestado una gran importancia al cuidado de los recursos energéticos renovables, no renovables y a la protección del medio ambiente tratando de identificar y mitigar los impactos ambientales generados por la producción y manufactura de tecnología. El desarrollo de metodologías de análisis y mitigación de impactos ambientales han permitido reducir el daño causado al medio ambiente, de tal manera que se han desarrollado varias metodologías para identificar y mitigar impactos ambientales una de las metodologías más utilizadas es el Análisis de Ciclo de Vida y se (LCA) debido a su estandarización y facilidad de aplicación (Toro, 2015).

De acuerdo a Ko et al. (2016), el sistema económico actual se encuentra basado en el uso de embarcaciones destinadas para el transporte de pasajeros, productos primarios, intermedios y productos acabados. Una embarcación presta sus servicios mientras es utilizable generando ingresos al propietario y al mismo tiempo genera impactos ambientales a través de las emisiones de la combustión y residuos de combustible al medio ambiente.

Las embarcaciones con sistemas de propulsión eléctricos han tenido un importante desarrollo tecnológico en los últimos años, tal es el caso que en el año 2007 la embarcación denominada Sun21 arribó a Nueva York siendo el primer bote con propulsión eléctrica utilizando únicamente energía solar en cruzar el océano atlántico con un recorrido aproximado de 11.000 kilómetros ahorrando un aproximado de 4.000 litros de diésel (GÜRSU, 2016). Posteriormente el “MS Túranor PlanetSolar” en 2012 concluyó un recorrido de 584 días alrededor del mundo alcanzando un nuevo record. Sin embargo el bote fue optimizado para romper sus propios records y cruzó el atlántico en 22 días en 2013 (Bleicher, 2013).

En Junio de 2014, se inauguró en las Islas Galápagos la primera lancha eléctrica solar denominada Solaris, la cual fue desarrollada por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), en coordinación con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) (García et al., 2013). Fue dimensionada considerando un peso total de 1.800 kg con un uso de 1,5 horas al día y un recorrido de 7,6 km que representan un viaje ida y vuelta en el tour de las Tintorerías en la Isla Isabela. Su implementación muestra el interés del Ecuador y del mundo en desarrollar e implementar tecnologías amigables con el medio ambiente (Jara-Alvear et al., 2013).

El gobierno nacional del Ecuador se encuentra preocupado acerca de la viabilidad ecológica, económica y social respecto a las actividades diarias que realiza el ser humano en las Islas Galápagos. Una de ellas y la más problemática

también es el transporte marítimo de pasajeros que amenaza al ecosistema marítimo y terrestre (Muñoz Barriga, 2015). Por ello se impulsa un camino hacia una movilidad marítima sustentable basada en la sustitución de fuentes de energía de origen fósil por fuentes de energías renovables (Cuvi et al., 2016). De acuerdo a la investigación realizada por Moya et al. (2015), existe un uso deficiente de la energía en su mayoría proveniente de combustibles de origen fósil en el transporte marítimo de pasajeros en el canal de Itabaca, esto debido a que en promedio las embarcaciones convencionales consumen anualmente 4200 galones de combustible y producen una emanación de 38 toneladas de CO₂ por año, considerando que el combustible utilizado es transportado desde el continente hacia la provincia de Galápagos.

Según Lucas et al. (2013) un modelo de transporte basado en energía eléctrica generada a través de hidrogeno ya sea por electrólisis o mediante estaciones de abastecimiento permitiría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un rango de 0.6 -2.2 gCo₂/MJ en Europa y entre 6.0-17.7 gCO₂/MJ en Estados Unidos, esto se debe a que los países que tienen una matriz energética basada en energía renovables tienen un mejor desempeño en una análisis de ciclo de vida propuesto con las mismas políticas en ambos escenarios. De acuerdo a Ling-Chin et al. (2016) mejorar los procesos de manufactura y operación de las embarcaciones es posible mediante el uso de análisis de ciclo de vida.

El Instituto de Investigación Geológico y Energético (ex INER) empeñado en la implementación de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente, desarrolló una embarcación prototipo tipo catamarán basado en energía solar denominado “INER 1” mostrada en la Fig. 1, el cual se encuentra en operación desde Octubre de 2015.



Fig. 1
Catamarán Solar “INER 1”.

A pesar de los beneficios de la utilización de las energías renovables, la intermitencia del recurso solar impide que los sistemas solares desempeñen un papel fundamental en el desarrollo sustentable en el transporte marítimo de pasajeros (Zhang et al., 2018).

2. Materiales y métodos

El presente trabajo cuenta con una revisión de 73 artículos científicos entre el año 2014 y 2018. De los 73 artículos revisados fueron utilizados 29 debido a la poca información de estudios en sistemas de transporte marítimos de pasajeros basados en propulsión eléctrica - fotovoltaica en una reserva marina como lo son las Islas Galápagos, el análisis se basa en varias revistas especializadas indexadas en SCOPUS de los últimos 5 años.

Se utilizaron varios descriptores de búsqueda tales como: energía fotovoltaica, transporte marítimo de pasajeros, energía solar, catamarán, baterías, motores eléctricos, movilidad sustentable.

Para el desarrollo de la investigación se ha planteado utilizar la metodología planteada por Khmaissia et al. (2018), en la cual recomienda como primer paso a seguir generar una base de datos de las variables que afectan al sistema en este caso se las ha definido como variables climatológicas, energéticas y sociales.

Variables climatológicas.- Según Jurado et al. (2015) las variables a considerar para un estudio de selección de atributos deben ser: radiación solar global, temperatura y humedad ambiental, velocidad y dirección del viento, datos que pueden generarse a través del software *Meteonorm* (Kumar et al., 2017), y la recopilación de tablas de mareas que se encuentran en el repositorio digital del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR, 2016).

Variables energéticas.- Según (Zhang et al., 2018) los datos necesarios para analizar el desempeño energético de un instalación solar requiere de: la energía rica de la red eléctrica para consumo de servicios auxiliares, energía fotovoltaica generada por el sistema y absorbida por el banco de baterías de la instalación y la energía fotovoltaica entregada para consumo o sincronización hacia la red eléctrica. Además se debe considerar información relevante a la generación eléctrica de otros sistemas de generación como instalaciones eólicas, plantas termoeléctricas, centrales hidráulicas, entre las principales.

Variables sociales.- Se consideran como variables sociales los movimientos humanos como migración y turismo interno o externo que puede afectar al comportamiento del sistema en un periodo determinado de tiempo. Esta información se encuentra disponible en la página web de la Dirección del Parque Nacional Galápagos en los informes de visitantes anuales (Galápagos., 2017).

Análisis de datos.- De acuerdo a Leary et al. (2017) la creación y gestión de una base de datos donde se almacenen todas las variables históricas recopiladas y las variables auxiliares y principales generadas con el proceso de identificación de parámetros, es uno de los procesos que demanda mayor atención ya que desde ahí se generara los análisis estadísticos que se requiera. Las variables ordenadas y filtradas se deben procesar mediante el software libre WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) desarrollado por la Universidad de Waikato Hamilton, New Zealand, lo cual permitirá obtener los atributos más influyentes en la operación del sistema y analizar sus resultados para emitir conclusiones sobre el mismo.

3. Resultados

Las Islas Galápagos poseen una economía sensible que se encuentra basada en el turismo por lo tanto existe una gran cantidad de turistas nacionales y extranjeros que visitan las islas y requieren de transporte marítimo entre ellas (Schiller et al., 2015). De acuerdo a Maggí et al. (2018), en el año 2015 se contabilizaron 70.451 pasajeros nacionales y 154.304 pasajeros extranjeros que ingresaron a las Islas Galápagos. Del total de pasajeros que ingresaron 173.487 el 77% ingreso por el aeropuerto de Baltra y los 51.116 pasajeros restantes el 23% por la isla de San Cristóbal. Las visitas de los turistas a las Islas se encuentran determinadas por dos estaciones climáticas la cálida y lluviosa que va desde Enero hasta Junio y la seca y fría que empieza en Julio y termina en Diciembre de cada año. De acuerdo a lo mencionado existen dos temporadas turísticas en las Islas que se las conoce como temporada alta que comprende los meses de Enero, Junio, Julio, Agosto, Diciembre con un promedio de 19.370 visitantes y la temporada baja Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Septiembre, Octubre, Noviembre con un promedio de 18.022 visitantes (Galápagos., 2017).

Para disminuir el daño ambiental que está realizando el ser humano se ha implementado un modelo sostenible y renovable para el transporte marítimo de pasajeros en las Islas reemplazando las barcas convencionales que son contaminantes con un prototipo tipo catamarán propulsado por motores eléctricos alimentado por energía solar que se encarga de transportar a los pasajeros provenientes del aeropuerto de la Isla Baltra a la Isla Santa Cruz a través del canal de Itabaca. El catamarán solar INER 1 puede transportar un máximo de 40 pasajeros sentados y 2 en silla de ruedas con su respectivo equipaje en 8 recorridos de 0.6 km cada uno. Posee una potencia fotovoltaica instalada de 4.2 kWp con una capacidad de almacenamiento de 11.5 kWh @ 2h y un consumo máximo de 3kWh por día de la red eléctrica de la isla Baltra la cual se basa en energía eólica. El canal de Itabaca donde la embarcación realiza su actividad de transporte de pasajeros posee una radiación solar directa promedio de 600 W/m² como se muestra en la Fig.2 (Moya et al. 2015).

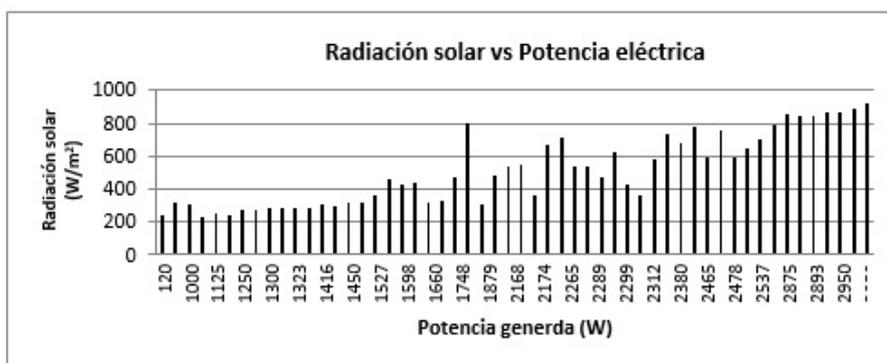


Fig. 2. Gráfica Radiación solar vs Potencia eléctrica.

Touati et al. (2017) en uno de sus trabajos menciona que uno de los mayores problemas de las energías renovables es la intermitencia del recurso lo cual impide la penetración de dicha energía en los sistemas de potencia. Para contrarrestar

esta restricción, se han desarrollado varios métodos de predicción analizados en términos de su rendimiento de acuerdo al tipo de tecnología en el que se requiera aplicar. Dichos sistemas de predicción permiten estimar la cantidad de energía que puede producir una fuente renovable en determinadas condiciones y escenarios de producción. (Salcedo-Sanz et al., 2018).

predicción permiten estimar la cantidad de energía que puede producir una fuente renovable en determinadas condiciones y escenarios de producción. (Salcedo-Sanz et al., 2018).

De acuerdo a Hatwaambo et al. (2009) la obtención de parámetros climatológicos en lugares donde no se tiene acceso a una estación meteorológica como las Islas Galápagos, es posible mediante de la plataforma Meteonorm ya que los cálculos realizados a través de ella se encuentran basados en promedios de bases de datos de alrededor de 1000 estaciones meteorológicas en el mundo en un periodo de 10 años. Para la radiación solar el sistema brindan valores máximos en condiciones en las que el cielo se encuentra despejado. Según Meteonorm, las comparaciones de los valores de radiación solar muestreadas para períodos más largos presentan una variación de menos del 2% para todas las estaciones meteorológicas, pero los modelos matemáticos computacionales muestran un error menor que la variación en la radiación total medida entre un año y el otro.

Okello et al. (2015) en su trabajo menciona que los datos climatológicos derivados de la plataforma Meteonorm poseen muy pequeñas desviaciones ya que sus modelos utilizan datos promedio de periodos entre (1985 - 2005), esto permitió realizar análisis de sistemas fotovoltaicos con una alta precisión ya que el rendimiento presentado en la simulación oscila entre los 5754 y 5771 kWh/año y los datos reales medidos por el inversor solar de la instalación fotovoltaica es 5757 kWh/año.

EL análisis de datos mediante la selección de atributos realizar una predicción de sus variables de más peso, dicho problema ha sido investigado de forma amplia en los campos de la informática y aprendizaje automático, donde recibe el nombre de Problema de selección de características (FSP) (Salcedo-Sanz et al., 2018).

El método de selección de atributos permite utilizar diferentes combinaciones de características y observar cual es el comportamiento global del sistema (Chandrashekar et al., 2014).

De acuerdo a Jain et al. (1997), existen varios algoritmos para la selección de atributos donde se considera la probabilidad del error como una función dependiente del tipo de clasificador usado, el tamaño de los datos de entrenamiento y los datos de prueba utilizados, su taxonomía es la siguiente:

- Algoritmos determinísticos de una sola solución, (Guyon et al., 2003).
- Algoritmos determinísticos de n soluciones, (Chandrashekar et al., 2014).
- Algoritmos estocásticos de n soluciones, (Almaraashi, 2018).
- Los algoritmos óptimos (Dash et al., 1997).
- Algoritmo tipo Node Pruning (Leary et al., 2017)

Según Khmaissia et al. (2018), existen varios modelos predictivos propuestos y analizados en base a su rendimiento para cada tecnología, en el estudio de los sistemas de predicción una parte muy importante es la selección de las variables de entrada más influyentes en los resultados de un sistema de predicción.

4. Conclusiones

Los artículos científicos utilizados en la presente revisión bibliográfica poseen la base teórica necesaria para definir la importancia de analizar variables como el recurso solar ya que debido a su intermitencia ocasiona una baja producción de energía en los sistemas fotovoltaicos y disminución de su eficiencia.

Se evidencia que las variables climatológicas seleccionadas son las más adecuadas para buscar su relación con la operación de la embarcación ya que la mayoría de ellas afectan de forma directa o indirecta en el desempeño energético y rendimiento de los motores eléctricos de la embarcación.

Uno de los puntos más importantes en el estudio desarrollado es la selección adecuada de los algoritmos de identificación ya que requieren de una configuración específica donde sus resultados estadísticos finales entreguen valores de correlación bajos. Existe muy poca información en el estado del arte respecto a embarcaciones propulsadas por motores eléctricos y energía solar, lo cual implica una excelente oportunidad para realizar estudios enfocados en el área.

La identificación de los atributos que más afectan a un sistema energético como la embarcación INER 1 permitirá elaborar planes de mitigación y sistemas de control operacional que ayuden a incrementar la vida útil de la embarcación.

En la actualidad la tecnología comercial para el almacenamiento de energía aplicable en embarcaciones propulsadas por motores eléctricos depende en su totalidad de bancos de baterías que poseen una relación adictiva con el sistema mientras mayor distancia se debe recorrer más grande debe ser el banco de baterías por lo tanto aumenta el peso y se debe incrementar la potencia de los motores. En este contexto se está explorando tecnología basada en celdas de combustible de hidrogeno que podrían ser la solución en el futuro.

Los estudios de análisis de ciclo de vida demuestran que a pesar de que en el transcurso de la vida útil de una embarcación eléctrica ahorre combustible y deje de emitir gases contaminantes al medio ambiente si no se realiza una adecuada disposición de sus componentes estructurales, eléctricos y químicos como las baterías podría llegar a contaminar mucho más que una embarcación convencional que ha realizado un adecuado proceso de reciclaje de sus partes internas.

Referencias bibliográficas

- Almaraashi, M. (2018). Investigating the impact of feature selection on the prediction of solar radiation in different locations in Saudi Arabia. *Applied Soft Computing*, 66, 250- 263. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.02.029>
- Bleicher, A. (2013). Solar sailor [Dream Jobs 2013 - Renewables]. *IEEE Spectrum*, 50(2), 45-46. doi:10.1109/MSPEC.2013.6420144
- Chandrashekar, G., & Sahin, F. (2014). A survey on feature selection methods. *Computers & Electrical Engineering*, 40(1), 16-28.
- Cuvi, N., & Guijarro, D. (2016). ¿ Una trayectoria hacia la insustentabilidad? La movilidad terrestre en la isla Santa Cruz, Galápagos. *Revista Transporte y Territorio*(15), 216-240.

- Dash, M., & Liu, H. (1997). Feature selection for classification. *Intelligent data analysis*, 1(3), 131-156.
- Galápagos., P. N. (2017). Informe anual 2017 visitantes a las áreas protegidas de Galápagos. Retrieved from <http://www.galapagos.gob.ec/>
- García, J., Rangel, E., & Farías, M. (2013). Informe Galápagos 2011-2012. DPNG, GCREG, FCD y GC. . In. Puerto Ayora.
- GÜRSU, H. (2016). Solar And Wind Powered Concept Boats: The Example Of Volitan. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 31(2).
- Guyon, I., & Elisseeff, A. (2003). An introduction to variable and feature selection. *Journal of machine learning research*, 3(Mar), 1157-1182.
- Hatwaambo, S., Jain, P. C., Perers, B., & Karlsson, B. (2009). Projected beam irradiation at low latitudes using Meteororm database. *Renewable Energy*, 34(5), 1394-1398. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.09.011>
- Helling, R. K. (2017). The Role of LCA in Sustainable Development. In M. A. Abraham (Ed.), *Encyclopedia of Sustainable Technologies* (pp. 237-242). Oxford: Elsevier.
- INOCAR, I. O. d. l. A. (2016). Tabla de Mareas In: INOCAR.
- Jain, A., & Zongker, D. (1997). Feature selection: Evaluation, application, and small sample performance. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 19(2), 153-158.
- Jara-Alvear, J., Pastor, H., Garcia, J., Casafont, M., Araujo, E., & Calderon, E. (2013). Embarcaciones solares, una evolución al transporte marino en las islas Galápagos, Ecuador. Paper presented at the 1st International congress and scientific expo ISEREE.
- Jurado, S., Nebot, À., Mugica, F., & Avellana, N. (2015). Hybrid methodologies for electricity load forecasting: Entropy-based feature selection with machine learning and soft computing techniques. *Energy*, 86, 276-291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.039>
- Khmaissia, F., Frigui, H., Sunkara, M., Jasinski, J., Garcia, A. M., Pace, T., & Menon, M. (2018). Accelerating band gap prediction for solar materials using feature selection and regression techniques. *Computational Materials Science*, 147, 304-315. doi:<https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2018.02.012>
- Ko, N., & Gantner, J. (2016). Local added value and environmental impacts of ship scrapping in the context of a ship's life cycle. *Ocean Engineering*, 122, 317-321. doi:<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.05.026>
- Kumar, N. M., Kumar, M. R., Rejoice, P. R., & Mathew, M. (2017). Performance analysis of 100 kWp grid connected Si- poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. *Energy Procedia*, 117, 180-189. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.121>
- Leary, D., & Kubby, J. (2017). Feature Selection and ANN Solar Power Prediction. *Journal of Renewable Energy*, 2017, 7. doi:10.1155/2017/2437387
- Ling-Chin, J., & Roskilly, A. P. (2016). A comparative life cycle assessment of marine power systems. *Energy Conversion and Management*, 127, 477-493. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.09.012>
- Lucas, A., Neto, R. C., & Silva, C. A. (2013). Energy supply infrastructure LCA model for electric and hydrogen transportation systems. *Energy*, 56, 70-80. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.056>
- Maggi, P. D. E., Rodríguez, J. P. C., Litardo, J. E. T., & Caviedes, E. C. E. (2018). ANÁLISIS DEL MERCADO TURÍSTICO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS: CASO CRUISING GALÁPAGOS. Observatorio de

- laEconomía Latinoamericana. doi:<http://www.eumed.net/2/rev/oel/2018/02/mercado-turistico-galapagos.html>
- Moya, M., & Arroyo, D. (2015). Análisis de los resultados de la operación del catamarán “Génesis Solar” en el estrecho de Itabaca (Islas Galápagos). Congreso Internacional I+D+I, 2.
- Muñoz Barriga, A. (2015). La contradicción del turismo en la conservación y el desarrollo en Galápagos - Ecuador. *Estudios y perspectivas en turismo*, 24(2), 399-413. doi:http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322015000200012&lng=es&tlng=es.
- Okello, D., van Dyk, E. E., & Vorster, F. J. (2015). Analysis of measured and simulated performance data of a 3.2kW_p grid-connected PV system in Port Elizabeth, South Africa. *Energy Conversion and Management*, 100, 10-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.04.064>
- Salcedo-Sanz, S., & Cornejo-Bueno, L. (2018). Feature selection in machine learning prediction systems for renewable energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 728-741. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.008>
- Schiller, L., Alava, J. J., Grove, J., Reck, G., & Pauly, D. (2015). The demise of Darwin's fishes: evidence of fishing down and illegal shark finning in the Galápagos Islands. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(3), 431- 446.
- Touati, F., Chowdhury, N. A., Benhmed, K., San Pedro Gonzales, A. J. R., Al-Hitmi, M. A., Benammar, M., Ben-Brahim, L. (2017). Long-term performance analysis and power prediction of PV technology in the State of Qatar. *Renewable Energy*, 113, 952-965. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.06.078>
- Zhang, W., Dang, H., & Simoes, R. (2018). A new solar power output prediction based on hybrid forecast engine and decomposition model. *ISA Transactions*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.isatra.2018.06.004>