

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE SEGUIMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR (SUN TRACKER)

Patricio Enrique Rey, Víctor Gustavo Nasini, Carlos Alberto Bronzini, Ricardo Vecchio, Diego

Alejandro Lazcano Colodrero

EST, Facultad del Ejército, UNDEF

prey@est.iue.edu.ar

Resumen: Entre las diversas fuentes de energías renovables, la energía solar es la más relevante, debido a su abundancia, sostenibilidad y a que es completamente libre de costo. Para lograr la optimización de la energía solar obtenida de una instalación fotovoltaica existen básicamente dos metodologías: En la primera se busca mejorar los componentes internos del panel fotovoltaico de manera que su rendimiento aumente y en la segunda, se incrementa la cantidad de radiación solar recibida por el panel. Utilizando un colector solar con seguimiento, la energía solar total recibida en un día despejado puede ser del orden de un 30/45 % mayor que utilizando el mismo colector solar estático. Se busca desarrollar en el Proyecto un demostrador tecnológico de seguimiento autónomo -eligiendo la opción de orientación en dos ejes (azimutal y cenital)- capaz de seguir el movimiento de Sol, que se acople a un panel fotovoltaico para mejorar la eficiencia en la captura de energía.

Palabras clave: *Sun tracker, seguidor solar, panel fotovoltaico, radiación solar.*

Introducción.

El auge que el desarrollo e instalación de todos los sistemas de energías renovables en sus distintas variantes (solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, etc.) experimenta en el país, a través de diversas inversiones y emprendimientos que se están desarrollando en la actualidad, requiere del soporte tecnológico local que optimice su rendimiento a través del avance del conocimiento científico y tecnológico que lo hagan posible.

El presente Proyecto se inscribe en el marco del Programa RenovAr (Programa de Energías Renovables - Argentinas 2016-2025) instrumento del que forma parte el Proyecto IRESUD (Interconexión a Red de Energía Solar Urbana Distribuida), el Proyecto PESE (Fideicomiso Programa Estudios del Sector Energético) y el Proyecto PERMER (Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales), entre otros.

Además, la Ley N° 27191 sobre Energías Renovables establece en su Artículo 5° como objetivo de la Segunda Etapa del "Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica" instituido por la ley 26.190, con las modificaciones introducidas por la citada ley, "lograr una contribución de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar el veinte por ciento (20%) del consumo de energía eléctrica nacional al 31 de diciembre de 2025.ⁱ

Y más cerca en el tiempo, en su Artículo 1º se proponía lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2017. ⁱⁱ

La experiencia en energías renovables en la Escuela Superior Técnica Gral Div. Manuel N. Savio (EST) se remonta a más de 30 años de trayectoria; actualmente posee paneles solares de los años 1985 de la empresa Arco Solar de California Estados Unidos (una de las primeras fábricas comerciales de paneles), que a partir de ensayos realizados en el mes de julio de 2017 todavía se encuentran activos y con el aval del marco teórico correspondiente.

Además, se ha desarrollado en años recientes en la EST a través del PIDDEF 28/11, un prototipo de Convertidor de DC-AC de 1,5 Kw, modular en onda sinusoidal.

Y en la actualidad, se está desarrollando en la EST el PIDDEF 28/16 para la implementación de sistemas alternativos de almacenamiento y transportabilidad de los mismos.

En ese contexto, este Proyecto de seguimiento solar (*sun tracker*) continúa los desarrollos mencionados y resulta de vital importancia, dado el aumento de los rendimientos de disponibilidad de energía que se pueden alcanzar a la misma capacidad instalada; lo que se ve potenciado si se aplica en comunidades de bajos recursos económicos, donde los montos de inversión son el punto fundamental al momento de tomar la decisión de adquirir estas tecnologías.

Y para optimizar el aprovechamiento del uso de la energía solar, se puede recurrir a un *seguidor solar* (*sun tracker*, en inglés) que es un dispositivo electromecánico con un sistema de control capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares, siguiendo al Sol desde el Este al Oeste.

Los seguidores solares pueden utilizarse en todas las tecnologías de generación de energía solar: desde la energía solar fotovoltaica convencional y la energía solar fotovoltaica de concentración hasta la energía termosolar de concentración.

Objetivos a alcanzar.

Los objetivos del Proyecto son los siguientes:

- 1) Desarrollar un sistema prototipo de control (o demostrador tecnológico) de orientación en dos ejes azimutal y cenital, para orientar un panel solar fotovoltaico hacia el Sol y optimizar de esa manera la generación de energía eléctrica del mismo,
- 2) Estudiar el sistema de orientación de paneles fotovoltaicos en satélites y sondas espaciales,
- 3) Estudiar la radiación solar y su incidencia en las actividades científicas que se desarrollan en la Antártida Argentina,
- 4) Investigar su aplicación en zonas rurales, de emergencia, comunicaciones, defensa y seguridad.

Todos los ítems precedentes constituyen una primera etapa de investigación, que es el desarrollo e implementación de un prototipo o demostrador tecnológico de sistema de dos ejes de seguimiento del Sol.

La Fundación Buenavida de Saltaⁱⁱⁱ, organización no gubernamental sin fines de lucro que trabaja desde hace varios años en diferentes regiones de la provincia de Salta, gestionando fondos, capacitaciones, intercambios e inversiones a favor del empoderamiento local de colectivos sociales campesinos indígenas, grupos de artesanos, cooperativas agropecuarias y emprendedores sociales en ámbitos rurales y periurbanos, ha solicitado a los integrantes del equipo de investigación de este Proyecto gestionen el desarrollo de tecnología a base de energía solar a favor de la Comunidad Kolla Atacama de Olacapato, en la Puna de la provincia de Salta, Noroeste de Argentina. En ese marco, la Fundación se ofrece a ser la unidad de vinculación y facilitación de la comunidad ante quien corresponda.^{iv}

Asimismo, la UNESCO CLRLA (Committee for Local and Regional Leaders Advice, Comité dedicado al desarrollo de comunidades sostenibles) apoya el desarrollo del Proyecto que busca beneficiar a la comunidad indígena salteña.^v

Se propone que una vez finalizado este trabajo de investigación, se inicie una segunda etapa para seguir desarrollando un sistema definitivo con especificaciones prefijadas en función de las aplicaciones finales a ser utilizadas en campo, de acuerdo a las solicitudes de la EST, la UNDEF y las instituciones participantes.

Metodología a emplear.

Se prevé la siguiente:

- 1) Llevar a cabo la investigación de sensores, motores, componentes electrónicos y servicios especializados de provisión de partes mecánicas existentes en el mercado local.
- 2) Realizar la adquisición de los componentes.
- 3) Desarrollar e implementar el sistema de sensado de luz solar.
- 4) Desarrollar e implementar el sistema de control mediante microcontroladores y amplificadores de potencia para la lectura de los sensores y actuación de los motores destinados para los ejes de movimientos azimutal y cenital.
- 5) Desarrollar e implementar un sistema mecánico portante del panel solar y su orientación mediante el uso de motores eléctricos en los dos ejes de movimientos azimutal y cenital.
- 6) Integrar los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos y llevar a cabo los ajustes correspondientes.
- 7) Implementar el control de seguimiento mediante la programación en tiempo real de los microcontroladores.
- 8) Llevar a cabo los ajustes y las pruebas en campo.
- 9) Documentar toda la información (en papel y digitalizada) surgida del Proyecto.

Desarrollo.

Existen básicamente tres tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar: la térmica, la termo-eléctrica y la solar fotovoltaica (conversión de luz en electricidad).

Habitualmente los componentes de un sistema fotovoltaico incluyen:

- a) Módulos fotovoltaicos (grupos de celdas fotovoltaicas), los cuales se conocen comúnmente como paneles fotovoltaicos,
- b) Una o más baterías,
- c) Un regulador o controlador de carga para un sistema autónomo,
- d) Un inversor para convertir energía solar de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) del sistema conectado a la red del servicio eléctrico,
- e) Cableado y equipo para montaje o armazón.

A su vez, un módulo fotovoltaico consta de celdas fotovoltaicas individuales, y los módulos se agrupan en una matriz. Algunas de las matrices se colocan en dispositivos de monitoreo especiales para seguir la luz solar durante todo el día y mejorar la eficiencia del sistema.

Un panel solar funciona permitiendo que los fotones, o partículas de luz, liberen los electrones de los átomos, generando un flujo de electricidad. Los paneles solares realmente comprenden muchas unidades más pequeñas llamadas celdas fotovoltaicas. Y muchas celdas enlazadas constituyen un panel solar.

En la actualidad se aprecia un fuerte desarrollo tecnológico para la producción de energía fotovoltaica y un significativo descenso en los últimos años del costo de los módulos fotovoltaicos.

Para mejorar el rendimiento de una instalación fotovoltaica se puede actuar básicamente sobre dos campos: sobre los procesos de transformación energética que se producen en un panel fotovoltaico o incrementando la radiación que recibe el mismo.

Del análisis de la producción del panel fotovoltaico (potencia), se observa que la misma depende de la potencia solar, del rendimiento del panel, de las pérdidas de temperatura y también del *ángulo de incidencia de la radiación solar*, verificándose que a mayor ángulo de incidencia, mayor es la producción del panel, de lo que se deduce que una adecuada orientación de los paneles redundará en un incremento de la potencia.

Existen *instalaciones fotovoltaicas fijas* cuyos paneles permanecen en la misma posición en el tiempo. Y también los *sistemas de seguimiento solar*, que constan de una parte fija y otra móvil que dispone de una superficie de captación solar lo más perpendicular posible al Sol posible durante el día, de acuerdo a su rango de movimiento.

Al orientar los paneles fotovoltaicos de forma perpendicular al Sol se incrementa la energía recibida, maximizando el aprovechamiento pleno de la luz solar.

Según su rango de movimientos, los seguidores solares pueden ser de dos tipos: *Seguidores de un eje* y *Seguidores de dos ejes*.

Los primeros, gozan de Solo un grado de libertad en su movimiento, en tanto que los segundos, poseen dos grados de libertad y en consecuencia son capaces de realizar un seguimiento solar más preciso y pleno.

Dentro de los seguidores de un solo eje, los hay

- 1) En un *eje polar*: La superficie gira sobre un eje orientado al Sur e inclinando un ángulo igual a la latitud y la velocidad de giro es de 15° por hora,
- 2) En un *eje azimutal*: La superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud y la velocidad de giro es variable a lo largo del día,
- 3) En un *eje horizontal*: La superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección Norte-Sur y el giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

Y entre los seguidores de dos ejes en los que la superficie se mantiene siempre perpendicular al Sol, existen de dos tipos:

- 1) *Monoposte*, con un único apoyo central y
- 2) *Carrousel*, con varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.

Al comparar ambos seguidores se observan tanto ventajas como desventajas. Entre las ventajas, los de un eje son más económicos y adaptables a la superficie, en tanto que los de dos ejes realizan un seguimiento de la luz solar más preciso e incrementan la producción de energía en torno del 35 % más que los de un eje. En cuanto a las desventajas, los seguidores de un eje captan menos energía y los de dos ejes resultan más caros.

Por otra parte, los seguidores solares se pueden clasificar según el *algoritmo* que utilice para el seguimiento de la luz solar. Existen los

- 1) Seguidores por punto luminoso, que poseen un sensor que indica cuál es el punto del cielo más luminoso y al que deben apuntar y
- 2) Seguidores con programación astronómica, que mediante un software y de acuerdo con las ecuaciones solares determinan en qué punto debería estar el Sol a cada hora y en consecuencia apuntan a esa posición.

También en este caso, existen ventajas y desventajas para ambos sistemas: En los seguidores de punto luminoso resulta más fácil implementar el algoritmo de seguimiento pero disminuyen su ganancia de producción de energía durante los días nublados, en tanto que los seguidores de programación astronómica son más robustos y confiables pero presentan una dificultad mayor para implementar el algoritmo de seguimiento.

A la hora de diseñar un seguidor solar se deben considerar las siguientes cuestiones:

- a) Debe estar preparado para soportar fuertes vientos en repetidas ocasiones y condiciones climáticas desfavorables (lluvia, nieve, granizo, etc.).
- b) Debe operar correctamente soportando temperaturas en el rango de -15 ° C a 50 ° C.

- c) Su vida útil debe alcanzar al menos los treinta años.
- d) Debe necesitar el menor mantenimiento posible.
- e) Debe poder soportar los procesos de corrosión, previendo aún su uso en ambientes marinos.

De forma general, se suele estimar que el seguimiento azimutal recoge de un 10% a un 20% más que las estructuras fijas. En tanto que los seguidores azimutales pueden llegar hasta el 25%.

Entre los distintos seguidores a dos ejes existen variaciones de entre el 30% y el 45% de incremento de producción frente a las instalaciones fijas, así como variaciones importantes en el coste de los equipos y de las cimentaciones.

De acuerdo a la tecnología que se utilice en cada caso en cuanto a los accionamientos, los sensores, las envolventes, la gestión del viento, el *backtracking* (evitación de sombras generadas entre los propios seguidores), las comunicaciones (sistema de seguimiento), el tipo de alimentación y la normativa aplicable, podrán surgir diferentes propuestas de diseño.

El presente Proyecto se desarrollará eligiendo la opción de orientación en dos ejes (azimutal y cenital).

A la fecha, se ha realizado un relevamiento, el estudio y el análisis de los diferentes desarrollos existentes en el mercado local y se ha elaborado un listado tentativo de materiales a adquirir para la materialización del prototipo de seguidor solar.

Bibliografía.

Ángel Alejandro Rodríguez Aya, Juan Alejandro Chica García. Diseño e implementación de un seguidor solar. (2011). Recuperado de

www.researchgate.net/publication/277269334_Diseño_e_implementación_de_un_seguidor_solar

Celso De La Cruz Casaño. Pontifical Catholic University of Perú. Seguidor solar adaptativo basado en un controlador lógico programable para paneles fotovoltaicos. (2012). Recuperado de

www.researchgate.net/publication/290709962_Seguidor_solar_adaptativo_basado_en_un_controlador_lógico_programable_para_paneles_fotovoltaicos

Cepeda Juan, Sierra Adriana. Universidad Santo Tomás (Colombia). Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones. (2017). [PDF]. Recuperado de

<http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Energía solar fotovoltaica Catálogo de productos 2018. AS Solar. (2018). [PDF]. Recuperado de

http://as-iberica.com/wp-content/uploads/download-manager-files/Web/ASSolar_Catalogo_2018.pdf

Fedor Zyrianov. Diseño e implementación del sistema de control de un seguidor solar.

Universidad Politécnica de Madrid. (2017). [PDF]. Recuperado de

http://oa.upm.es/47978/1/TFG_FEDOR_ZYRIANOV.pdf

- Gerro J. Prinsloo. Hardware Sun Tracking Systems and Digital Sun Position Hardware Solar Tracker Controllers. (2015). Recuperado de www.researchgate.net/publication/274009052_Hardware_Sun_Tracking_Systems_and_Digital_Sun_Position_Hardware_Solar_Tracker_Controllers
- Humberto Higinio. Seguidor solar - Arduino Solar Tracker. (2016) [Video]. Recuperado de www.youtube.com/watch?v=BRQDa-LKdLU
- Ignacio Luque Heredia. Universidad Politécnica de Madrid. Control de seguimiento solar de alta precisión con autocalibración. (2010). [PDF]. Recuperado de http://oa.upm.es/7220/1/IGNACIO_LUQUE_HEREDIA.pdf
- Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda - Ingemecánica. (2018). Recuperado de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>
- Iván Alberto Coronel Villavicencio. Estudio de sistemas híbridos con seguimiento solar para la comunidad de Yuwints en el Oriente Ecuatoriano. Instituto Politécnico de Leiria, Portugal. (2017). [PDF]. Recuperado de <https://iconline.iplleiria.pt/bitstream/10400.8/2916/1/TESIS-IVAN-CORONEL-IPL.pdf>
- Jorge Arturo Pelayo López, Alfredo Luna Soto, Francisco Bernabé Ramos, Benjamín Guzmán Flores. Revista iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias Ciba. Comparativa entre la eficiencia de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y la de un sistema fotovoltaico fijo. (2017). [PDF]. Recuperado de <file:///D:/Users/prey/Downloads/Dialnet-ComparativaEntreLaEficienciaDeUnSistemaFotovoltaic-6332907.pdf>
- Kipp & Zonen. (2018). Sun trackers. Recuperado de www.kippzonen.es/DownloadCategory/20/Sun-Trackers
- Ludwig Heinle, Jia Chen. Automated enclosure and protection system for compact solar-tracking spectrometers. (2018). [PDF]. Recuperado de www.atmos-meas-tech.net/11/2173/2018/amt-11-2173-2018.pdf
- Marcos Bernal España. Diseño y construcción de un seguidor solar de 2 ejes. (2016). [PDF]. Recuperado de http://oa.upm.es/43463/1/TFG_MARCOS_BERNAL_ESPANA_a.pdf
- Oscar Perpiñán Lamigueiro. Energía solar fotovoltaica. (2018). [PDF]. Recuperado de <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- ¿Qué son los seguidores solares y cómo funcionan? (2011). Recuperado de <http://tiendaocanis.com/blog/2011/04/los-seguidores-solares-%C2%BFcomo-son-%C2%BFcomo-funcionan/>
- RenovAr Plan de energías renovables Argentina 2016-2025. Ronda 1. (2016). [PDF]. www.minem.gob.ar/servicios/archivos/6548/AS_14695676441.pdf

- Reshmi Banerjee. Solar Tracking System. (2015). [PDF]. Recuperado de www.ijsrp.org/research-paper-0315/ijsrp-p3923.pdf
- Rubisel Arreola Gómez, Abel Quevedo Nolasco, Martiniano Castro Popoca, Ángel Bravo Vinaja, David Reyes Muñoz. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. (2015). Recuperado de www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000801715
- Solar tracking system. SABO energy. (2018). [PDF]. Recuperado de www.sabo.gr/assets/files/ENERGY-ENGLISH%20low.pdf
- Soltigua. High performance Solar Trackers. (2018). Recuperado de www.soltigua.com/itracker-decathlon-solar-tracker/?gclid=Cj0KCQjwu_jYBRD8ARIsAC3EGCJdzv6DQzwWUArhMGdD6q3RBOK7A2yde-vxSVzUrAnWej138uGNhbYaArrdEALw_wcB

Junio de 2018



Salta, junio de 2017.

*Al Sr. Coordinador de Proyecto
Ing. Carlos Bronzini
Univesidad Nacional de Defensa UNDef
Buenos Aires*

Me dirijo a Usted y por su intermedio a quien corresponda, a fin de solicitarle tenga a bien gestionar el apoyo de tecnología a base de energía solar, a favor de la Comunidad Kolla Atacama de Olacapato, en la Puna de la provincia de Salta, Noroeste de Argentina.

La comunidad originaria de Olacapato, se encuentra en la región andina denominada Puna, a 4090 metros sobre el nivel del mar, y si bien el casco céntrico del paraje rural se ubica a cercanías de la Ruta Nacional N°51 y del Ramal Ferroviario C14 camino a Chile y a una distancia de 220 kilómetros de la capital salteña; las familias pastoras de ovejas y llamas más necesitadas se encuentran en lugares remotos y distantes. La comunidad tiene una población aproximada de 60 familias dispersas en decenas de kilómetros cuadrados, de ellas, la mitad necesita acceso a electricidad. El paraje cuenta con una escuela pública y un centro de salud. La necesidad de leña es una constante debido a ser un ambiente desértico y por ello, la incorporación de calefones solares a las viviendas podría suponer una clara mejora en la calidad de vida de las familias.

La comunidad Olacapato es parte de la organización territorial de pueblos originarios denominada Red Atacama de la provincia de Salta; en caso de incluir alguna otra familia u otra comunidad cercana o hacer cambios en el proyecto, se coordinará con ella.

En caso de ser posible, solicitamos apoyo para colocar 20 paneles fotovoltaicos de uso habitacional para familias de la comunidad, ubicadas en puntos aislados del territorio; más los recursos necesarios para construir y dejar en funcionamiento 1 o 2 pozos de agua con bomba y panel incluidos, más los demás accesorios necesarios; y finalmente, en orden de prioridad, los recursos necesarios para adquirir insumos para la construcción de 20 calefones solares autoconstruidos (es necesario adquirir maderas y otros insumos, pues en la zona no hay dichos recursos).

La Fundación Buenavida de Salta, es una organización no gubernamental sin fines de lucro, que trabaja desde hace varios años en diferentes regiones de la provincia de Salta, gestionando fondos, capacitaciones, intercambios e inversiones a favor del empoderamiento local de colectivos sociales campesinos indígenas, grupos de artesanos, cooperativas agropecuarias y emprendedores sociales en ámbitos rurales y periurbanos. En esta oportunidad, se ofrece a ser la unidad de vinculación y facilitación de la comunidad ante quien corresponda.

La Fundación delega en el Ing. Ramiro Ragno la coordinación y supervisión de este proyecto en territorio, impulsando su labor interinstitucional y el trabajo en equipo.

Sin más y a la espera de una respuesta favorable, aprovechamos la oportunidad para saludarle muy atentamente.

*Marcelo Renfiges
Fundación Buenavida
CUIT 30-71439399-1
Dirección: Pasaje Mollinedo N°363
Ciudad de Salta, Argentina*



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

Организация
Объединенных Наций по
вопросам образования,
науки и культуры

منظمة الأمم المتحدة
للتربية والعلم والثقافة

联合国教育、
科学及文化组织

To whom can interest

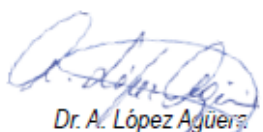
Genève, June 2017

The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) is pleased to inform will hardly support the project presented to the FIC by Professor Carlos Alberto Bronzini, from the Universidad Nacional de la Defensa (Argentina) as team-leader, to develop a project on the Salta Region. The project will be included in the frame of the UNESCO promoted integral sustainable communities in Central and South America (New Millennium UN Target).

The main gain issues will be related to economic and social development of the region. Advantages on education, personal capacitation an R&D associated, are directly related.

The Senior Assessor for Latin America from the Committee for Local and Regional Leaders Advice (CLRLA) at UNESCO, will be directly involved in the working team, as well as the Sustainable Energy Applications Research Group from the Santiago de Compostela University (Spain). As enterprises counterpart, the FerroSolar S.L. company will provides free of charges the solar panels if needed.

Sincerely,



Dr. A. López Agüero
UNESCO CLRLA Chairperson
Phone: +34 688934206

ⁱ Actualmente se llevan adjudicados en el país 157 proyectos de energías renovables por 4.966 MW de potencia instalada a través del programa RenovAr y la Resolución 202, con presencia en 95% del territorio argentino (<http://econojournal.com.ar/2018/04/el-programa-renovar-fue-seleccionado-como-caso-de-estudio/>)z

ⁱⁱ El sector de la energía solar dominó la nueva instalación de capacidad de generación eléctrica y las inversiones globales en 2017, según el informe “Tendencias globales en la inversión en energías renovables 2018”, publicado por ONU Medio Ambiente. En el mundo se instaló la cantidad récord de 98 Gigavatios (GW) de nueva capacidad solar, un aporte más alto que el de las demás fuentes de energía. Las otras fuentes renovables añadieron 59 GW en conjunto, las plantas de carbón 35 GW, las de gas 38 GW, las de petróleo 3GW y la energía nuclear contribuyó con 11 GW de capacidad de generación (<https://unfccc.int/es/news/la-energia-solar-agrego-mas-capacidad-de-generacion-electrica-que-los-combustibles-fosiles-en-2017>)

ⁱⁱⁱ <http://fundacionbuenavida.org/>

^{iv} Ver Anexo 1.

^v Ver Anexo 2.