



Enero 2020 - ISSN: 2254-7630

LA LOGÍSTICA RECUPERATIVA DE LA LUZ SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE

Autor: MSc: José E Sánchez Abreu

esteban@fec.uh.cu

Graduado de Profesor para la Enseñanza Superior en el año 1980 en la Especialidad de Matemáticas, de Maestría en Administración de Negocios en el año 1997. Es actualmente Profesor Auxiliar del Departamento de Ciencias Empresariales de la Facultad de Economía de la Universidad de La Habana. Ha desarrollado su trabajo docente y de investigación en la Enseñanza Superior durante 41 años, impartiendo clases en las siguientes asignaturas: Cálculo Diferencia e Integral, Álgebra Lineal, Estadística Matemática, Modelos Económicos Matemáticos, Economía de Empresas, Estadística Económica, Investigación de Operaciones, Matemática Financiera y Administración Financiera Operativa. Ha formado parte de los equipos de consultoría integral colaborativa que desarrollaron su trabajo en distintas empresas del país. Actualmente investiga en temas relacionados con la Logística Inversa y su impacto económico y ambiental.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

José E Sánchez Abreu (2020): "La logística recuperativa de la luz solar como fuente de energía renovable", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (diciembre 2019). En línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/01/luz-solar-energia.html>

Resumen:

El empleo de las fuentes de energías renovables se ha convertido en una urgente necesidad para los países y gobiernos en el mundo actual, debido principalmente, al daño ambiental que han provocado las fuentes tradicionales generadoras de energías.

Cuba, país que aspira a un desarrollo sostenible, encamina sus esfuerzos hacia el desarrollo de las fuentes de energías renovables y dentro de dichas fuentes, se encuentra la aplicación de la energía solar, fuente menos contaminante, la más inmediata, modular, menos compleja de poner en práctica y la más fácil mantener y reponer.

Palabras claves: Energía fotoeléctrica, célula fotovoltaica, potencia eléctrica, megawatts, eficiencia fotovoltaica.

Summary:

The use of energy sources renewables have become an urgent need for countries and governments in today's world, mainly due to the environmental damage caused by traditional sources of energy generation.

Cuba, a country that aspires to sustainable development, directs its efforts towards the development of renewable energy sources and within these sources, is the application of solar energy, less polluting source, the most immediate, modular, less complex of implement and the easiest to maintain and replenish.

Keywords: Photoelectric energy, photovoltaic cell, electrical power, megawatts, photovoltaic efficiency.

Introducción:

El agotamiento de los combustibles fósiles y su impacto sumamente negativo al medio ambiente, han obligado a que la sociedad en su conjunto tome medidas urgentes que ayuden a evitar los negativos efectos que el excesivo empleo de los combustibles fósiles están provocando. Los distintos países y gobiernos, son conscientes de la necesidad de una revolución energética que sea capaz de sustituir las fuentes tradiciones para la generación de energías por fuentes renovables que contribuyan a detener el acelerado deterioro ambiental que existe actualmente.

Una de estas fuentes que resulta preciso aplicar, tiene que ver con el empleo de la energía solar, ya que resulta la más benigna, inmediata, modular y fácil de aplicar y mantener. Puede ser aplicada, desde un reloj, un techo, o a través de una planta fotovoltaica. La energía solar puede ser utilizada de manera térmica o de manera fotoeléctrica, indistintamente se viene utilizando hace algún tiempo, pero su empleo fotoeléctrico ha cobrado mucha fuerza por el necesario uso de la energía eléctrica en los distintos países del planeta.

La obtención de energía mediante la luz solar y sus múltiples aplicaciones, pueden ser aprovechadas por Cuba para seguir desarrollando al país, mucho más en estos momentos donde se estrecha el cerco económico impuesto por Estados Unidos a la nación cubana. La energía solar puede ayudar significativamente a desarrollar la industria, el turismo y la agricultura, entre otros sectores de importancia económica y social.

Surgimiento y desarrollo de la Energía Solar¹

Las civilizaciones antiguas no han estado exentas en la utilización de esta fuente de energía. El surgimiento de la energía solar, comenzó en la antigua Grecia, el dios Helios o del sol, era adorado y tenía varios templos. Los griegos fueron los primeros en idearse construcciones para que estas aprovecharan la luz y el calor del Sol. Al parecer esto fue en el año 400 ac.

Luego, los romanos aprendieron a utilizar invernaderos con ventanas de cristal para hacer que los alimentos crecieran adecuadamente utilizando la luz del sol.

¹ <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energía-solar-fotovoltaica/>

Rápidamente podemos decir que algunos científicos entre 1839 y 1890, pasando por Horace de Saussure o Edmond Becquerel, utilizaron los principios de la Energía Solar, para intentar fabricar celdas o paneles solares para la utilización de esta energía. El inconveniente fue el costo de los materiales, por eso en un principio, **el desarrollo de la Energía Solar**, fue muy incipiente, no valía la pena que fuese estudiada a profundidad.

Sin embargo, después de los años 50 y gracias a los Laboratorios Bell, quienes diseñaron celdas fotovoltaicas con una eficiencia del 10%, lograron posicionar la energía solar como una fuente inagotable y económica para utilizar su transformación en electricidad. Al parecer, esto continuó hasta los años 70 periodo donde decayó el uso de la Energía Solar. No fue sino hasta después de los años 90 donde algunos presidentes de EE.UU decidieron implementar algunas políticas referidas al uso de la Energía Solar, dando de esta manera un impulso al empleo de esta fuente de energía renovable.

Clasificación de la energía solar:

- Energía Solar Pasiva: Consiste en la utilización de este tipo de energía sin ningún dispositivo intermedio, o cualquier herramienta para captarla. Un gran ejemplo de esto, es la arquitectura. Donde mediante la ubicación técnica de determinadas construcciones se hace un uso eficiente de la energía solar.
- Energía Solar Activa: La utilización de cualquier herramienta o dispositivo para captar esta fuente y reutilizarla para generar en muchos casos electricidad. Herramientas como los paneles solares o celdas fotovoltaicas.

La Energía Solar es la energía que produce el Sol (Una estrella amarilla de tamaño relativamente joven), que se transforma en energía térmica para calentar algo, o energía eléctrica para producir electricidad. Por eso la podemos clasificar en:

- Energía Solar Térmica
- Energía Solar Fotovoltaica (eléctrica por medio de la luz solar)

Se cree que el Sol produce tanta energía, que sólo una pequeña parte de ella es utilizada, el resto se desperdicia.

Es tan importante que muchos dependemos de ella, por ejemplo, las plantas dependen de ella para la Fotosíntesis, que es el proceso de conversión de luz solar en el crecimiento de las plantas y que estas posteriormente se conviertan en alimento. Nuestro cuerpo y de los demás, dependen biológicamente de la luz solar para generar algunas vitaminas, para el control de nuestros ciclos biológicos.

Y como vimos en la evolución de la energía solar, se descubrió gracias a experimentos para mejorar la comodidad de la gente, sin embargo, hoy no es sólo por comodidad, se piensa que la Energía Solar es la solución a los problemas de contaminación y sostenibilidad energética actual.

El descubrimiento de la energía solar ha sido muy útil para la humanidad, y por eso ha ido desarrollándose de manera vertiginosa. En estos últimos 15 años ha crecido casi un 20% en su uso más frecuente, que es para producir electricidad.

La energía solar fotovoltaica representa una fuente de energía renovable con muchas opciones futuras para llevar a la práctica la imprescindible revolución energética que el mundo necesita.

Los descubrimientos relacionados con el efecto fotovoltaico se remontan al año 1938, momento en que se demostró la posibilidad de transformar la luz solar en energía eléctrica por medio de elementos sólidos, mediante el empleo de una pila electrolítica con electrodos de platino. Este experimento estuvo a cargo del francés Alexandre Edmond Becquerel.

En 1873 se obtiene el efecto fotovoltaico a través del selenio por parte del inglés Willoughby Smith.

En 1877 se crea la primera célula fotovoltaica de selenio a cargo de los ingleses William Grylls Adams y Richard Evans Day.

Pero la cantidad de electricidad que se obtenía a partir de estos descubrimientos era muy pequeña por lo que no se podía pensar en aplicaciones prácticas.

La posibilidad de aplicaciones prácticas para la energía fotovoltaica se produce a partir de 1953 con la creación de la célula fotovoltaica de silicio, material que permitía muchas más posibilidades que el selenio. A partir de este descubrimiento, otros científicos fueron perfeccionando este descubrimiento y produjeron células fotovoltaicas capaces de suministrar mayor cantidad de energía eléctrica.

Las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica está muy ligada al desarrollo de la carrera espacial, ya que resultó ideal para el suministro de energía eléctrica confiable en áreas de muy difícil acceso y para 1955 se produce por parte de la industria en Estados Unidos grandes paneles fotovoltaicos para su empleo en aplicaciones espaciales.

Pero como todo nuevo descubrimiento, quedaba un gran reto, reducir el costo de esta fuente de energía para su posible aplicación terrestre, ya que mientras para sus aplicaciones espaciales no existían limitaciones en cuanto al costo, en sus aplicaciones en la vida diaria en la tierra el costo representaba una fuerte limitación. Para fundamentar esto, es preciso decir que en 1956, producir un vatio de electricidad mediante paneles fotovoltaicos costaba alrededor de 300 dólares, mientras que las centrales eléctricas tradicionales lo producían a 0,50 dólares.

A inicios del 1970 se desarrollaron celdas solares que redujeron el costo por vatios de 100 dólares a 20 dólares, empleando silicio con un grado menor de pureza y materiales encapsulados más baratos. Este logro hizo que los paneles fotovoltaicos comenzaran a ser viables en instalaciones fuera de la red eléctrica, fue así como comenzaron a multiplicarse las instalaciones fotovoltaicas en aplicaciones como electricidad para la protección contra corrosiones de oleoductos y gaseoductos, iluminación de boyas marinas y faros, repetidores de sistemas de telecomunicaciones y sistemas de iluminación de líneas férreas. En todas estas aplicaciones, la instalación de paneles fotovoltaicos resultó mucho más económica y eficiente.

Por esta época también comenzó el bombeo para la extracción de agua mediante el empleo de paneles solares, lo que permitió la obtención de agua de acuíferos en zonas rurales donde no existía acceso a la electricidad, desde entonces esta aplicación se ha extendido a todo el mundo, inclusive en zonas electrificadas, y ha sido muy beneficiosa para los países más desfavorecidos económicamente.

El desarrollo de la tecnología fotovoltaica en el año 1975 hizo que sus aplicaciones terrestres superaran a las aplicaciones espaciales ya existentes.

En la década de los años ochenta, se comenzó a impulsar proyectos de electrificación para zonas en países pobres del planeta, naturalmente, en estas zonas no era posible emplear grandes centrales eléctricas debido al elevado costo de estas instalaciones y a la dispersión de las zonas rurales a beneficiar, por esta razón se optó por la instalación de sistemas de generación en el mismo lugar de consumo y para ello los paneles solar fotovoltaicos significaban la opción más correcta si se tiene en cuenta que muchas de las zonas más empobrecidas del planeta se ubican en climas tropicales y subtropicales con abundante y fuerte sol muy favorables para el empleo de la energía solar.

También en la década de los ochenta, aparecen las primeras casas con electrificación fotovoltaica en los países desarrollados. Este sistema propone un sistema descentralizado para la distribución de energía eléctrica donde cada hogar genera su propia energía.

La década de los noventa ha traído una disminución en el costo de producción para las células fotovoltaicas, conjuntamente con un ligero aumento en su eficiencia, a todo esto se une el apoyo de algunos gobiernos a esta tecnología para la producción de energía eléctrica, dentro de estas medidas de apoyo encontramos las leyes de primas que obligan a las compañías de electricidad a comprar la energía fotovoltaica a una tarifa mucho más alta que la asignada a la venta de este tipo de energía. Estas medidas han sido aplicadas en España y Alemania entre otros países. En esta misma década aparece la huerta solar, una asociación de varios inversores de paneles solares que forma una central generadora de energía solar, compartiendo el mismo terreno y diversos gastos tales como vigilancia, mantenimiento, conexión a red, equipamiento y otros.

Se han construido también grandes centrales fotovoltaicas, destacándose las instaladas en España y Portugal. En Portugal se construyó una central solar de 64 MW/h de potencia (la potencia se define como la rapidez a la cual se define el trabajo, o bien la rapidez a la que se transforma la energía), mientras que en Castilla la Mancha, España, existe una central de 60 MW/h. En esta última región de España también funciona una central de 50 MW/h.

El avance de las nuevas tecnologías en los últimos años, basadas en paneles solares flexibles a precios más asequibles, ha posibilitado la aparición de gadgets solares destinados a recargar baterías de numerosos artículos portátiles (teléfonos portátiles, cámaras fotográficas, reproductores portátiles de música), y kits solares para electrificar las caravanas.

Aunque la energía solar aún sigue siendo cara, existe la consideración de que se impondrá en un futuro muy próximo, debido a su inmediatez y a los beneficios ambientales que reporta su empleo.

Avances tecnológicos en el campo de la energía solar fotovoltaica².

Los sucesivos avances que experimentan las células fotovoltaicas de silicio la hacen cada día más viable, se trabaja hoy con películas más finas y flexibles que tienen un costo más económico y permiten poco a poco mayores rendimientos (se refiere al por ciento de energía solar que se transforma en electricidad a través de la célula fotovoltaica), esta eficiencia puede estar en el orden de un 5% a un 30%, aunque actualmente determinadas tecnologías permiten rendimientos mayores.

La tecnología fotovoltaica se desarrolla de manera continua, formada por películas de silicio de grado semiconductor (se refiere a materiales cuya resistividad disminuye al aumentar la temperatura, y su resistividad tiene un valor intermedio entre el de los metales y los aislantes) cada vez más finas para abaratar los costos y conjuntamente con esto incrementar la eficiencia³.

Una celda solar fotovoltaica o fotoeléctrica, es un dispositivo electrónico compuesto por un material con propiedades fotoeléctricas que puede transformar la energía luminosa en energía eléctrica. Estas celdas o células se elaboran a partir del silano (SiH_4), mediante finas láminas (obleas) que se utilizan en la industria de semiconductores. El silicio absorbe fotones (partículas de luz que se propagan en el vacío) y emite electrones mediante el llamado efecto fotovoltaico. Cuando estos electrones libres son captados, como resultado se obtiene una corriente eléctrica que puede ser empleada como fuente de energía.

Al grupo o módulo de celdas fotoeléctricas se le conoce como panel fotovoltaico, que conectadas en serie aumentan la tensión de salida hasta los valores deseados, generalmente los valores oscilan entre 12 volt o 24 volt, también un grupo de estas celdas se pueden conectar en paralelo para incrementar la corriente eléctrica del dispositivo, hablamos de una corriente eléctrica continua. Si se desea obtener una corriente alterna, se hace necesario el empleo de un dispositivo llamado inversor.

² https://:wikipedia.org.es/wiki/energía_solar_fotovoltaica/

³ Nacer Aguad Orlando. Aventura tecnológica. Contacto del mañana. Editorial Científico Técnica, 2018

Las investigaciones en este campo se dirigen a desarrollar nuevos materiales que garanticen una mayor eficiencia y eficacia de las células fotovoltaicas, alternativas que posean un costo accesible, ya que las celdas de silicio tienen un costo elevado.

Se trabaja en celdas de finas películas para disminuir su costo, pero deberá aumentarse su eficiencia, y para lograrlo las investigaciones se encaminan al desarrollo y mejora de síntesis de nanobarras de silicio colocadas sobre sustratos más baratos como láminas de metal o vidrio, o con la deposición atómica de capas; un proceso básico para fabricar películas delgadas avanzadas. También ya existen las células multicapas, generalmente de arseniuro de galio las que logran eficiencias de un 30%.

Existen también investigaciones de compuestos orgánicos para producir células fotovoltaicas de polímeros con la finalidad de lograr paneles flexibles a bajo costo. Pero estas producciones tienen como principales desventajas sus bajos rendimientos y su corta vida útil.

Otras de las alternativas tienen que ver con los concentradores de luz previamente empleados en los satélites espaciales, y que ahora se proyecta sus aplicaciones terrestres mediante el empleo de espejos y lentes incrustados en los paneles para focalizar la radiación solar en las células fotovoltaicas. Partiendo de estas aplicaciones se informa acerca de un sistema que ha multiplicado la concentración luminosa unas 1600 veces, lo cual permite disminuir los grupos de paneles solares que se dedican a la producción de electricidad, rebajando lógicamente los costos asociados.

El objetivo principal de las nuevas tecnologías se encamina a maximizar el aprovechamiento de las longitudes de onda del espectro solar, incluyendo en este propósito la luz infrarroja, lo cual haría posible la conversión directa de la luz de una llama en electricidad.

En el Boston College en Chestnut Hill en Massachusetts, Estados Unidos, ya se han desarrollado paneles solares capaces de recuperar el espectro infrarrojo convirtiéndolo en electricidad. Esta novedad científica permitirá la producción de electricidad a partir de cualquier fuente de calor, incluso en horario nocturno. Hasta este momento, solamente una parte de la luz visible, predominantemente verde y azul, se podía transformar en electricidad, y la radiación infrarroja sólo se utilizaba en paneles térmicos para calentar agua.

Se han logrado aplicaciones que garantizan una mejora considerable de las celdas fotovoltaicas mediante el empleo de cadmio – telurio (CdTe) utilizados para la producción de un semiconductor que hace posible una elevada potencia y disminuye considerablemente el costo de la celda solar.

Un proyecto de investigación en Cornell University en Nueva York logro la aplicación de un nuevo marco molecular que hará posible el desarrollo de un sistema para la creación de células fotovoltaicas flexibles y muy económicas. Estas nuevas celdas permitirán diseñar nuevos paneles solares y otros dispositivos más versátiles y funcionales.

El costo de la energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en estos tiempos en la tercera fuente de energía renovable en términos de capacidad instalada, después de la energía hidroeléctrica y la eólica.⁴

Cada MWh de potencia operativa ahorra 390 t de combustible al año, dejándose de emitir 1270 toneladas de CO_2 .

⁴ <http://www.google.com/costo de la energía fotovoltaica/>

El costo de la energía solar fotovoltaica (electricidad) producida en instalaciones solares se encuentra entre 0,05 y 0,10 centavos dólares por KW/h en Europa, China, India, Sudáfrica y Estados Unidos. En 2015 se alcanzaron costos de 0,0584 dólares por KW/h en Emiratos Árabes y de 0,048 centavos dólares en Perú y México.⁵

En cuanto al costo de las células solares de silicio cristalino, se puede decir que su costo ha disminuido considerablemente, en 1977 estaban a 76,67 dólares el watt pico (wp es la potencia generada que se mide en condiciones de laboratorio, a la salida del módulo, cuando se ilumina a 25°C con un sol artificial que posee una potencia de radiación de 1000 w por m² y un espectro de frecuencia similar al del sol.)⁶, y en el año 2014 ya su costo se encontraba en aproximadamente 0,36 centavos dólares el Wp. Esta tendencia sigue la llamada ley de Swanson, una predicción similar a la conocida ley de Moore, que establece el descenso de los precios en un 20% para los módulos solares cada vez que se duplica la capacidad de la industria fotovoltaica.

Existen actualmente o se desarrollan un conjunto de celdas solares; a saber: Silicio Monocristalino, Silicio Policristalino, Teluro de Cadmio (TeCd), Silicio Amorfo, Cobre Indio Selenio Galio (CuInSeGa), Cinta de Silicio, Arseniuro de Galio (AsGa) más otros compuestos.

El costo de un módulo o panel fotovoltaico hoy en día puede adquirirse al contado a 0,75 usd el Wp y pueden disminuir en tiempo futuro, ya que se pronostican precios de compra – venta aún menores. Componentes de un módulo o panel fotovoltaico: celdas solares, cintas de estaño que conectan las celdas entre sí, láminas de etilvanil acetato transparente, láminas de tedlar (marca registrada Dupont), vidrio plano de alta transparencia, marco soporte de aluminio y sellantes poliméricos.

Con respecto al costo del sistema fotovoltaico instalado, de manera general, y no teniendo en cuenta la ganancia, se considera un costo promedio de \$1,50 usd/wp que se puede incrementar hasta 3,00 usd/wp, obteniéndose una marcada ganancia. Aunque se debe plantear que la producción mundial de 2011, reporto ganancias para las empresas que ocupan actualmente el mercado de 20 mil millones de dólares, aspecto que debe ser combatido, debido a que no debe primar el negocio sobre los beneficios sociales y ambientales de esta fuente de energía renovable.

Producción mundial de energía solar:

La producción mundial de energía solar fotovoltaica ha tenido un rápido crecimiento en los últimos doce años, en 1999 se produjeron 240 MW/h, mientras que en el 2011 se produjeron 37000 MW/h.

Actualmente los principales productores de silicio grado solar⁷, según capacidad instalada en miles de toneladas métricas son los siguientes:

Empresa	País	Capacidad Instalada Mt
GCL	China	65
OCI	Corea	65
Hemlock	Estados Unidos	43

⁵ <http://www.asolmeex.org/costos.html/>

⁶ <http://www.imre.uh.cu/utfotovoltaica/>

⁷ A partir del cuarzo o la arena sílice (óxido de silicio), en arco eléctrico se obtiene el silicio metálico con aproximadamente un 98% de pureza, el que al mezclarlo con H-Cl se convierte en tetracloruro de silicio líquido para poder purificarlo en columnas de destilación hasta un 99,999999% de pureza, después se deposita en forma sólida en reactores de deposición química al vapor y por último se crean los lingotes mono o poli cristalinos. (100 preguntas y respuestas sobre energía fotovoltaica) <http://www.imre.uh.cu/vtfotovoltaica/>

wacker	Alemania	33
LKD	China	25
REC	Noruega	19
MEMC	Estados Unidos	15
Tokuyama	Japón	9
LCY	Taiwán	8
Woongling	Corea	5

Principales productores de celdas solares fotovoltaicas

Empresa	País	Capacidad Instalada GW
Suntech	China	2,4
JA Solar	China	2,1
Trina	China	1,9
Yingli	China	1,7
Montech Solar	Taiwán	1,5
Gintech	Taiwán	1,5
Canadian Solar	China	1,3
Neo Solar Power	Taiwán	1,3
Hanwha Solar One	China	1,1
Jinko Solar	China	1,1

Principales productores de módulos fotovoltaicos

Empresa	País	Capacidad Instalada GW
LDK	China	2,5
Suntech	China	2,4
Canadian Solar	China	2,0
Trina	China	1,9
Yingli	China	1,7
Hanwha Solar ONE	China	1,5
Solar World	Alemania	1,4
Jinko Solar	China	0,1
Suneeg	China	1,0
Sunpower	Estados Unidos	1,0

Países con mayor potencia fotovoltaica instalada en MW/h

País	Potencia Instalada MW/h
Alemania	24700
Italia	12500
Japón	4700
Estados Unidos	4200
España	4200
China	2900
Francia	2500
Bélgica	1500
Australia	1200
Inglaterra	750
Resto del mundo	8200
TOTAL	67350

La producción mundial de energía fotovoltaica a nivel mundial se encuentra en el orden de los 100 mil millones de KW/h, y se considera que seguirá creciendo.

En el año 2011 Europa acaparó el 75% de la demanda mundial de instalaciones fotovoltaicas, mientras que Alemania e Italia concentraron alrededor de un 60%. Europa seguirá exhibiendo un mayor peso en este por ciento, pero la tendencia en esta parte del mundo será a disminuir, mientras que otros países se incrementarán estas instalaciones, principalmente en China y Estados Unidos.

Expertos consideran que para el año 2030 las dos terceras partes del consumo eléctrico mundial será fotovoltaico.⁸

América Latina tiene la fortaleza de contar con una gran radiación solar que se encuentran en el rango de los 1700 y 2300 KW/h/m² anuales, también posee el privilegio de ser el principal productor de gran parte de los componentes del sistema para la generación de energía solar fotovoltaica: Cobre (Chile y Cuba); Estaño (Bolivia); Vidrio plano (México); Aluminio y Acero (Venezuela); entre otros países latinoamericanos.

La energía solar fotovoltaica en Cuba.

La República de Cuba es una isla que cuenta con una superficie de 109 886 km², tiene 15 provincias y una población aproximada de 11,2 millones de habitantes, con una densidad poblacional de 102 personas por km².

Expertos consideran que teniendo en cuenta el precio del crudo internacional, el costo del KW/h sobre la base del petróleo está alrededor de 0,25 dólares, mientras que el costo del KW/h fotovoltaico alcanza aproximadamente los 0,10 dólares. Todo esto indica que se debe aprovechar la buena radiación solar en los lugares donde exista, para ir eliminando la dependencia del petróleo. Se vaticina que antes del 2020 la energía fotovoltaica estará aparejada a la del carbón y que dentro de 30 años el KW/h fotovoltaico será cinco veces por debajo del KW/h producido a base de petróleo.

Generación bruta de electricidad en Cuba⁹

2015	2016
20218 Gigawatts/h	20458,6Gigawatts/h

Se define como generación bruta, a la generación eléctrica que incluye el insumo de todas las plantas eléctricas de servicio público o de instalaciones generadoras de otros productos.

El consumo facturado durante el periodo de enero – diciembre de 2016 en Cuba fue de 15182,4 Gigawatts/h.¹⁰

El consumo de energía en los hogares cubanos en el año 2016 fue de 8809,1 GWh, y el consumo promedio mensual por cliente en este mismo año 2016 fue de 305,4 KWh. El total per cápita por habitantes fue de 1820,3 KWh en el periodo mencionado anteriormente, teniendo el país un nivel de electrificación de un 99,6%.

⁸ Noticiero Nacional de Televisión Cubana, 26 de noviembre de 2018. Edición diurna, 1:00 pm

⁹ <http://www.one.cu>

¹⁰ Anuario estadístico de Cuba; 2016. Capítulo 10. Minería y Energía

Programa energético cubano para el periodo 2014 – 2030:

Producción de energía a partir de fuentes renovables: Será el 24% de la necesidad energética del país.

El programa tiene como objetivo producir 7 316 GW/h anuales a partir de fuentes de energía renovables, que permitirá sustituir 1,75 millones de toneladas de combustibles fósiles al año y dejar de emitir a la atmósfera seis millones de toneladas de CO₂.

El consumo promedio anual de energía renovable en Cuba es de unos 16 000 GW/h. El 25% de este consumo se podría obtener con energía solar fotovoltaica, y para lograr este objetivo necesitaría de unos 19 km² de los aproximadamente 110 000 km² que tiene la Isla, distribuidos en techos de casas, de edificios, de hoteles, de fábricas; en zonas áridas, en los laterales de las carreteras, etc.

La programación para la producción de energía fotovoltaica.

Actualmente se encuentran en operación 40 proyectos solares fotovoltaicos que producen **87,5 MW**. En el 2018 se tienen en explotación 37 proyectos solares fotovoltaicos que producen **96,8 MW**. Se planeó la puesta en marcha de 21 proyectos solares fotovoltaicos para la generación de 150 MW a construir con inversión extranjera y se encuentran en fase de negociación 103 paneles solares fotovoltaicos. El programa para la producción fotovoltaica debe concluir en el 2022.

Los rendimientos previstos para este programa serán los siguientes:¹¹

- . Cantidad de proyectos: 201
- . Potencia: 700 MW anuales
- . Generación: 1050 GWh / anuales
- . Combustible fósil sustituido: 240 millones de toneladas anuales
- . Emisiones evitadas: 0,89 millones de toneladas de CO₂ anuales

Distribución del programa por provincias.

Pinar del Río: Generó 47,9 MW diarios considerando 12 horas de radiación solar, en el año 2018, mientras que se encuentran en negociación 3 proyectos solares fotovoltaicos de 25 MW.

Artemisa: Generó 86,6 MW diarios en el 2018, y se encuentran en negociación 6 proyectos solares fotovoltaicos de 30 MW diarios y también la producción de 50 MW con inversión extranjera en la Zona Especial de desarrollo del Mariel (ZEDM).

Mayabeque: En negociación se encuentran 4 proyectos solares fotovoltaicos de 25 MW.

La Habana: Generó 8,6 MW diarios en el 2018.

Matanzas: Generó 42,2 MW diarios en el 2018 y se encuentran en negociación 4 paneles solares fotovoltaicos de 20 MW.

Villa Clara: Generó 35,1 MW diarios en el 2018.

Cienfuegos: Generó en el 2018; 20,8 MW diarios

¹¹ Foro de Energía Renovable en Cuba; enero de 2018

Sancti Spíritus: Generó 18,9 MW diarios en el 2018.

Ciego de Ávila: Generó 76,3 MW diarios en el 2018.

Camagüey: Generó en el año 2018; 11,6 MW diarios.

Las Tunas: Generó en el año 2018; 109,8 MW diarios.

Holguín: Generó en el año 2018; 7,7 MW diarios.

Granma: En el 2018 generó 18,8 MW.

Santiago de Cuba: Generó en el 2018; 9,3 MW.

Guantánamo: En el año 2018 generó 17,7 MW.

Cuba cuenta con 65 parque fotovoltaicos construidos y están en proceso otros 15, que incrementaran en 42 megawatts la potencia instalada actualmente.¹²

En las afueras de la Ciudad de Matanzas, se ha construido un parque solar fotovoltaica a un costo de 8.000.000 de pesos en moneda total, con un potencia instalada de 3,75 megawatts en el pico solar. Esta planta generará anualmente una energía capaz de satisfacer el consumo eléctrico de 1295 viviendas, con un ahorro de 1500 toneladas de combustible, dejando de emitir a la atmósfera 4948 toneladas de dióxido de carbono.

Liván Arronte Cruz, viceministro de Energía y Minas, destacó la importancia de la generación de energía fotovoltaica y argumentó que para el 2030 un cuarto (25%) de la eléctrica que necesita el país será suministrada por fuentes renovables. Dijo, además, que el parque inaugurado en Cárdenas, es una de las cuatro plantas solares instaladas y sincronizadas al sistema electroenergético nacional, y que todas ellas juntas tienen una potencia de 10 megawatts durante el pico solar. Afirma que una vez el parque fotovoltaico que se levanta en esta misma zona, el municipio de Cárdenas dispondrá de tres instalaciones que aprovecharán la intensidad solar para generar electricidad.

Los expertos plantean que el costo de producción y mantenimiento de un kilowatt hora fotovoltaica, proporciona un ahorro de un 95% con respecto a esa misma energía generada en una central eléctrica, ya no necesita del empleo de combustible en el proceso de generación.

Datos actualizados dados a conocer en el Noticiero Nacional de Televisión Cubano el 26 de noviembre de 2018, informaban de la generación de 183000 MWh anuales producidos mediante la energía solar, con un ahorro de 49600 toneladas de combustible.

Estas cifras están en el entorno de la distribución programada por provincias dadas a conocer anteriormente, teniendo en cuenta que las 12 horas diarias de aprovechamiento de la radiación solar no se comportan de manera uniformemente durante todo el año.

Estadísticas que complementan la situación actual de la energía fotovoltaica en Cuba.¹³

¹² Periódico Granma, jueves 18 de julio de 2018

Potencial de fuerza fotovoltaica de Cuba en KWh / KWp (kW de petróleo) por zonas geográficas de la isla, para el periodo 1995 – 2015.

Día	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
Año	1461	1534	1607	1680	1753	1826

El país fue dividido en seis y siete zonas geográficas, aportando las zonas más orientales el mayor potencial de fuerza fotovoltaica.

Irradiación horizontal global. Unidad de medida: KWh /m². Periodo 1999 – 2015

Día	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0
Año	1753	1826	1899	1972	2045	2118	2191

Las zonas más orientales poseen la mayor irradiación solar horizontal global.

Irradiación normal directa. Unidad de medida: KWh /m². Periodo 1999 - 2015

Día	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
Año	1387	1534	1680	1826	1972	2118	2264

Se pone de manifiesto, que tanto para la irradiación horizontal como para la irradiación directa; son las zonas orientales las que poseen la mayor intensidad solar, elemento principal para la generación eléctrica fotovoltaica.

Según esta fuente informativa, (<https://foresightcuba.com/energía-solar/marzo de 2019>), en el año 2016, las instalaciones fotovoltaicas y los calentadores solares de agua generaron una energía equivalente al 0,15% de la energía consumida en este año. Esta misma fuente informa que el año 2017 se produjo 204 MWh; es decir, un 1% del total generado en este año. Obteniéndose un ahorro 1000t de petróleo mediante el empleo de los calentadores solares.

Instalaciones fotovoltaicas realizadas en Cuba con su equivalencia a MWp (megawatts de petróleo)

Zona geográfica	Generación eléctrica	Fecha de realización
La Sierpe (Sancti Spíritus)	1,0 MWp	Mayo de 2016
Neiva (Sancti Spíritus)	4,4 MWp	Enero de 2018
Guasimal (Sancti Spíritus)	4,4 MWp	Agosto de 2018
Yaguajay (Sancti Spíritus)	2,2 MWp	Enero de 2019
SUBTOTAL	12,0 MWp	
Yaguaramas (Cienfuegos)	5,0 MWp	Abril de 2018 (financiada por la República popular China)

¹³ <https://foresightcuba.com/energía-solar/marzo de 2019>

SUBTOTAL	5,0 MWp	
Pinar del Río; 1 parque fotovoltaico	3,0 MWp	Año 2015
Pinar 220 A; Troncoso1; Troncoso2; Pinar 220C	4,9 MWp	—
SUBTOTAL	7,9 MWp	
Parada1 (Las Tunas)	1,0 MWp	Octubre de 2017
SUBTOTAL	1,0 MWp	
Mayarí arriba (Santiago de Cuba)	2,4 MWp	Año 2018
El Brujo (Santiago de Cuba)	4,4 MWp	Año 2018
SUBTOTAL	6,8 MWp	
TOTAL	32,7 MWp	

Las instalaciones reflejas en la tabla anterior corroboran la intensidad de la irradiación solar en las zonas más orientales de la isla de Cuba, independientemente de otras zonas en el occidente y centro del país donde es posible aprovechar la intensidad de la luz solar.

Energía solar equivalente al petróleo obtenida en Cuba. Periodo 2013 – 2017.¹⁴

Sistema fotovoltaico		Sistema de calentadores solares	
2013	9,7 MWh/p	2013	3,0 MWh/p
2014	8,1 MWh/p	2014	3,2 MWh/p
2015	10,8 MWh/p	2015	3,3 MWh/p
2016	12,3 MWh/p	2016	1,2 MWh/p
2017	6,4 MWh/p	2017	1,0 MWh/p

La estadística que aparece en esta tabla señala la disminución de la generación fotovoltaica en el año 2017 con respecto al periodo 2016; en estos resultados puede estar influyendo el clima y otros factores asociados a la eficiencia de ambos sistemas.

El país está fomentando la venta de paneles solares a la población, que generan 20 KW mensuales. Esta medida contribuirá a elevar la generación de energía eléctrica mediante esta fuente de energía renovable.

Informaciones recientes del actual ministro de energía y minas Raúl García Barreiro de fecha 11 de septiembre de 2019, dan a conocer lo siguiente: Funcionan en Cuba 67 parques fotovoltaicos que generan 156,6 MWh; el 2,4% de la generación eléctrica diurna diaria del país. También dijo que están en proyecto Parques fotovoltaicos que aportarán unos 150 MWh.

¹⁴ <https://foresightcuba.com/energía-solar/>

Fortalezas de Cuba para asumir la generación fotovoltaica.

El país posee buena radiación solar durante casi todo el año, elemento que sirve para hacerle competencia a la generación mediante combustible fósil. Tiene más de 9000 sistemas autónomos remotos (sistemas no conectados a la red eléctrica nacional). La red eléctrica nacional llega a más del 96% de la población. Cuenta con fábricas que pueden producir paneles solares a gran escala. Existe experiencia en el montaje de sistemas fotovoltaicos. El país ha creado centros de investigación y desarrollo con personal calificado que en estos momentos tributan al desarrollo de la energía solar fotovoltaica. Cuenta con fundiciones y producciones de perfiles de aluminio y acero. Cuenta con todas las condiciones para la producción de celdas fotovoltaicas, inversores y vidrio plano.

Consideraciones finales:

La industria fotovoltaica es una tecnología de punta de rápida expansión, accesible a países menos desarrollados, y que representa una considerable ayuda para la demanda energética y principalmente para cubrir las necesidades de electricidad de estos países, además, por los aportes a la salud ambiental que esta fuente de energía renovable reporta.

Cuba cuenta con personal calificado que hace más de treinta años viene realizando estudios relacionados con el tema fotovoltaico. En la Universidad de La Habana existe un laboratorio dedicado al estudio de la tecnología solar fotovoltaica; en Santiago de Cuba está creado un centro que se dedica a la investigación de la energía solar; en Morón municipio provincial de Ciego de Ávila, funciona una fábrica de calentadores solares de agua y en Pinar del Río se encuentra la fábrica ensambladora de paneles solares "Ernesto Che Guevara".

Actualmente Cuba genera el 48% de la electricidad que demanda con fuentes de energía propia.

Se encuentran instalados y funcionando alrededor de 12.400 calentadores solares de agua

Un número nada despreciable de instalaciones extrahoteleras aisladas reciben la electricidad a través de paneles solares.

Se suministra electricidad por medio de paneles solares a más de 460 consultorios del médico de la familia, a un promedio de 1864 salas de televisión en zonas aisladas y a un promedio de 2361 escuelas rurales radicadas en zonas apartadas de la isla.

Los 67 parques fotovoltaicos instalados generan en estos momentos 156 MWh, un 22,28% de los 700MWh programados para el año 2030.

Fuentes bibliográficas empleadas:

Anuario estadístico de Cuba; 2016. Capítulo 10. Minería y Energía

Foro de Energía Renovable en Cuba; enero de 2018

<http://www.asolmeex.org/costos.html/>

<http://www.cubahora.cu>

<http://www.cubasolar.cu>

http://www.ecured.cu/energia_electrica_en_cuba

[http://www.google.com/costo de la energía fotovoltaica/](http://www.google.com/costo%20de%20la%20energ%C3%ADa%20fotovoltaica/)

<http://www.imre.uh.cu/utfotovoltaica/>

<http://www.imre.uh.cu/vtfotovoltaica/>

[http://www.juventudrebelde.cu/cuba/28 de agosto de 2009](http://www.juventudrebelde.cu/cuba/28-de-agosto-de-2009)

<http://www.one.cu>

[http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energía-solar-fotovoltaica/](http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energ%C3%ADa-solar-fotovoltaica/)

[https://www.wikipedia.org.es/wiki/energía solar fotovoltaica/](https://www.wikipedia.org.es/wiki/energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica/)

[https://foresightcuba.com/energía-solar/marzo](https://foresightcuba.com/energ%C3%ADa-solar/marzo) 30 de 2019

Nacer Aguad Orlando. Aventura tecnológica. Contacto del mañana. Editorial Científico Técnica, 2018

Noticiero Nacional de Televisión Cubana, 26 de noviembre de 2018. Edición diurna, 1:00 pm

Noticiero Nacional de Televisión de Cuba, 13 de septiembre de 2019, 8:00 pm

Periódico Granma, jueves 18 de julio de 2018