

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN**  
**EL PERÚ Y SU APLICACIÓN EN PROYECTOS DE**  
**ELECTRIFICACIÓN RURAL**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado de BACHILLER EN**  
**CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTOR**

Marcos Edú Muñoz Quintasi

**ASESOR:**

Jonatan Edward Rojas Polo

Lima, Diciembre, 2020

## RESUMEN

La importancia de estudiar este tema en particular radica en la baja proporción de empresas en el Perú que se dedican a la producción y ensamble de productos, debido a que las empresas más grandes actualmente se dedican a las actividades económicas extractivas o de servicios. El Perú tiene el acceso a una gran cantidad de recursos energéticos debido a su excelente localización, sin embargo, no siempre se aprovecha en su totalidad.

La metodología para este trabajo ha sido descriptiva, buscando información de diversas fuentes reconocidas en temas de energías renovables. Además, se ha indagado en artículos y bases de datos gubernamentales datos que sustenten la explicación de los conceptos y la situación actual de las energías renovables en el Perú.

Este trabajo se enfoca en explorar cuáles son los diversos tipos de energía y cómo se relacionan con la matriz energética del país. Explorar los beneficios de la energía solar en aspectos sociales, económicos y ambientales y cómo es que los distintos tipos de energía renovable permiten mejorar la calidad de vida de los peruanos que aún no tienen acceso a servicios básicos eléctricos a través de proyectos de Electrificación Rural.

Finalmente, se concluye que las energías renovables y, en especial, la energía solar fotovoltaica se muestran como el futuro de la matriz energética del Perú, siendo prioridad en proyectos de electrificación rural, beneficiando cada vez a más peruanos a acceder a servicios de calidad.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ÍNDICE GENERAL	ii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PERÚ	2
1.1. Tipos de Fuente de Energía Renovables	3
1.1.1. Energías renovables convencionales	5
1.1.2. Energías renovables no convencionales	8
1.1.2.1. Energía solar térmica	8
1.1.2.2. Energía solar fotovoltaica	12
1.2. Matriz Energética del Perú	18
CAPÍTULO 2. IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PERÚ	21
2.1. Beneficios de la Energía Solar	21
2.1.1. Social	21
2.1.2. Económico	22
2.1.3. Ambiental	25
2.2. Electrificación Rural en el Perú	27
2.2.1. Evolución de la electrificación rural	28
2.2.2. Proyectos de electrificación rural	30
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	34

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Variación del costo promedio de tecnologías de generación de energía renovable por kWh	4
Ilustración 2: Esquema de funcionamiento de central hidroeléctrica	5
Ilustración 3: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional	6
Ilustración 4: Central Hidroeléctrica	7
Ilustración 5: Central Hidroeléctrica Cerro del Águila	8
Ilustración 6: Esquema de un sistema térmico solar	9
Ilustración 7: Esquema de instalación solar fotovoltaica conectada a red	13
Ilustración 8: Sistema fotovoltaico aislado de la red	14
Ilustración 9: Producción de GWh por tipo de generación RER 2013 - 2019	19
Ilustración 10: Costo promedio de generación de energía en China por MWh producido	22
Ilustración 11: Proyección de costos de generación eléctrica según el año de puesta en marcha	23
Ilustración 12: Matriz de generación eléctrica mundial histórica y prevista	24
Ilustración 13: Emisiones de CO <sub>2</sub> por fuente de energía	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variación del costo promedio de tecnologías de generación de energía renovable por kWh	4
Tabla 2: Producción de GWh por tipo de generación RER 2013 - 2019	19
Tabla 3: Producción de energía de centrales con recursos energéticos de origen solar 2019 en GWh	20
Tabla 4: Inversiones anualizadas para Electrificación Rural 2016 – 2025	28
Tabla 5: Inversiones programadas para Electrificación Rural 2016 – 2025	29

## INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que en su historia ha sabido aprovechar de sus recursos energéticos para desarrollarse como nación. Y es hoy en día aún más importante saber aprovechar sus recursos energéticos, porque como bien se sabe, el mundo entero está entrando en una etapa en la cual los tradicionales recursos energéticos no renovables como el petróleo y gas natural se están volviendo cada vez más escasos.

Por lo tanto, es un buen momento para explorar y proponer nuevos proyectos energéticos que aprovechen los recursos energéticos no renovables que tiene el país. Por ejemplo, la geografía accidentada del Perú debido a la Cordillera de los Andes ha permitido el desarrollo de numerosos proyectos hidroeléctricos que ha permitido satisfacer las demandas energéticas de millones de personas.

De esta forma, nuevas tecnologías se han ido desarrollando recientemente para el aprovechamiento de un recurso energético que lo tenemos presente día a día: el sol. Y el Perú, al estar ubicado en una zona geográfica cercana a la línea ecuatorial tiene las condiciones óptimas para analizar, proponer e implementar proyectos de energía solar. Permitiendo así, lograr electrificar zonas que nunca han tenido acceso a este servicio básico

por la complicada geografía y los altos costos que conllevaría colocar redes de alta tensión en zonas tan alejadas. Siendo así la energía del sol una alternativa idónea para estos casos.

## **CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PERÚ**

Durante las últimas décadas el futuro de la energía ha sufrido bastantes cambios, las empresas apuestan por nuevos tipos de energía para sus operaciones, como indica la misión de Tesla, “acelerar la transición del mundo al uso de energía sostenibles a través de la producción de autos eléctricos y productos energéticos cada vez más asequibles” (Tesla, 2014). Además, gobiernos en todo el mundo promueven leyes para favorecer e incentivar el uso de energías más limpias, que contribuyan a reducir el impacto ambiental y que contribuyan al desarrollo sostenible; como indica el Banco Mundial, “el uso de estas energías va en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 Energía Asequible y No Contaminante, resaltando que el mayor potencial de uso de energía fotovoltaica se observa en la región de los Andes de América del Sur” (PV Magazine, 2020)

El Perú no ha sido ajeno a este cambio, mediante el Decreto Legislativo N°1002 el cual “tiene por objeto promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad.” (Ministerio de Energía y Minas, 2010). Es así como, desde el gobierno hay un claro esfuerzo por promover el uso de energías renovables para la generación eléctrica y contribuir a la matriz energética del país.

Como se menciona dentro de una publicación del Diario el Peruano, tanto la energía solar como la eólica son las fuentes de energía con mayor potencial ya que el Perú como otros países de la región tienen condiciones idóneas para su futuro desarrollo y se proyecta al año 2027 son aquellas que harán más dinámico el mercado eléctrico (Diario El Peruano, 2019). Por lo tanto, el futuro de las energías renovables es visible y tangible, sobre todo con la disminución de costos de producción de las tecnologías que lo acompañan

## 1.1. Tipos de Fuente de Energía Renovables

Las energías renovables son palabras que se usan frecuentemente hoy en día debido a que se les consideran como el futuro de la generación eléctrica. Estas se definen como “energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables” (Osinergmin, 2013). Las energías renovables son el futuro para la generación de energía eléctrica, debido a la demanda creciente del petróleo y derivados para la generación de esta. Se sabe que el uso descontrolado de combustibles fósiles y de otros recursos energéticos no renovables generan un impacto ambiental negativo. Solamente en la extracción de petróleo hay riesgos como los indica Laura Plitt en un artículo de la BBC, el derrame de una única gota de petróleo dentro de los océanos ocasiona que se forme una película que impide el paso de la luz, provocando la muerte de algas y de especies marina (Plitt, 2010). Asimismo, ya es de conocimiento de varios organismos internacionales que “la demanda del petróleo sufrirá una caída alrededor del año 2040, y si los gobiernos toman conciencia del impacto ambiental, ocurrirá muchos años antes, hablando aproximadamente del 2029” (García, 2017).

Es así como las fuentes de energía renovable surgen como la opción más viable porque contamina menos y además el avance de la tecnología hace que los costos para utilizar las tecnologías que aprovechen estas fuentes van reduciéndose rápidamente.

En la Ilustración 1 se puede observar un comparativo de los costos de las diversas energías de fuente renovable entre el año 2010 y 2019. Tenemos a la fuente de energía Biomasa, Solar y Eólica como las principales fuentes que en el lapso de 9 años han reducido significativamente sus costos promedios por kWh, siendo la energía Solar Fotovoltaica la que ha reducido su costo promedio por kWh producido en un 82%, siendo la fuente de energía renovable con mayor variación de su costo en los últimos 10 años. Las fuentes geotérmicas e hidroenergías, si bien son las fuentes de energía renovable más utilizadas, son las que han tenido un ligero aumento en los costos por kWh producido. Ello evidencia una mejora

significativa en las tecnologías que se desarrollan y la capacidad futura que pueden tener estas fuentes de energía renovables para convertirse en un futuro no tan lejano como las principales fuentes de generación de energía eléctrica dentro de las Matrices Energéticas de los países, incluyendo al Perú.

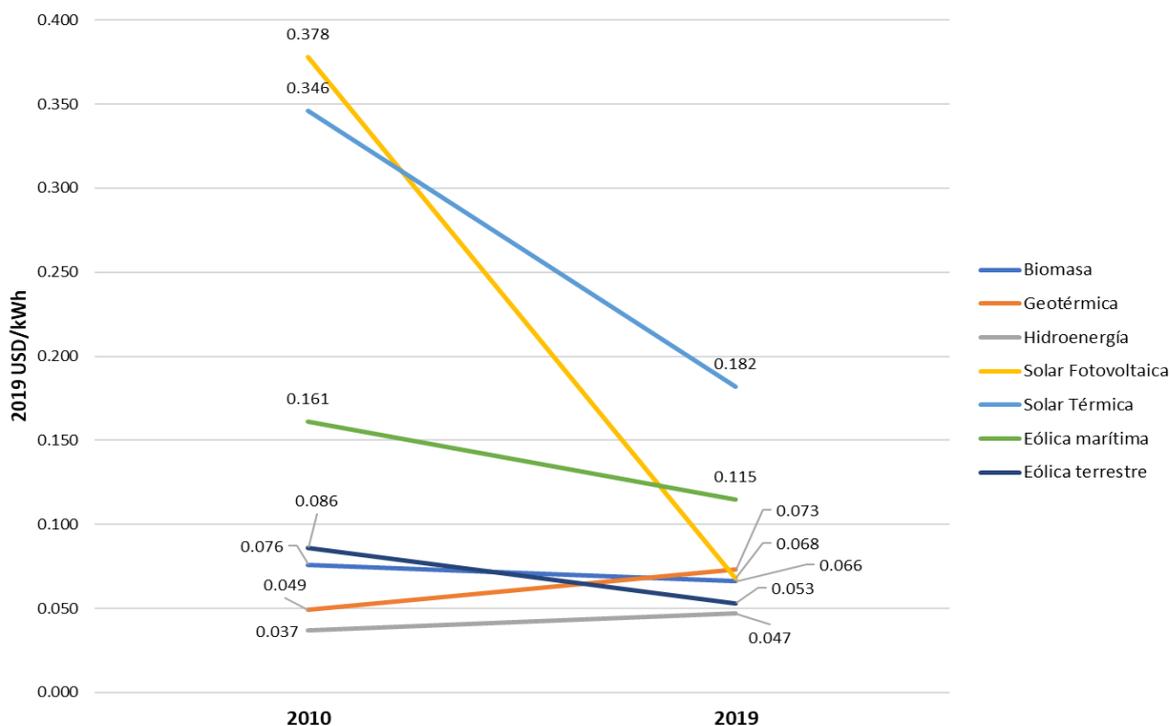


Ilustración 1: Variación del costo promedio de tecnologías de generación de energía renovable por kWh

Fuente: IRENA, 2019

Tabla 1: Variación del costo promedio de tecnologías de generación de energía renovable por kWh

Fuente de energía	2010 (2019 USD/kWh)	2019 (2019 USD/kWh)	%
Biomasa	0.076	0.066	-13%
Geotérmica	0.049	0.073	49%
Hidroenergía	0.037	0.047	27%
Solar Fotovoltaica	0.378	0.068	-82%
Solar Térmica	0.346	0.182	-47%
Eólica marítima	0.161	0.115	-29%
Eólica terrestre	0.086	0.053	-38%

Fuente: IRENA, 2019

Dentro del gran grupo de energías renovables tenemos dos categorías: energías renovables convencionales y no convencionales. Los dos factores que diferencian estas dos

categorías son su grado de desarrollo tecnológico y su nivel de penetración dentro de la matriz energética de los países.

### 1.1.1. Energías renovables convencionales

Como bien se indicó, las energías renovables convencionales son aquellas que tienen un mayor grado de desarrollo tecnológico y que tienen un mayor nivel de penetración dentro de la matriz energética del Perú. La más característica es la energía hidroeléctrica, la cual por definición “es una fuente de energía renovable que se produce aprovechando el paso de los ríos a través de la construcción de represas” (ENEL, 2018).

La energía potencial convertida en mecánica y, posteriormente en eléctrica, se obtiene captando agua de alguna fuente cercana de agua, como los ríos; a continuación, se empoza el agua con alguna presa y se deja caer el agua gracias al desnivel generado por la misma geografía en la que se encuentran las centrales hidroeléctricas. La fuerza con la que cae el agua genera el movimiento de paletas en las turbinas las cuales permiten la transformación de la energía mecánica a eléctrica. En la Ilustración 2, se muestra un esquema del funcionamiento de una central hidroeléctrica.

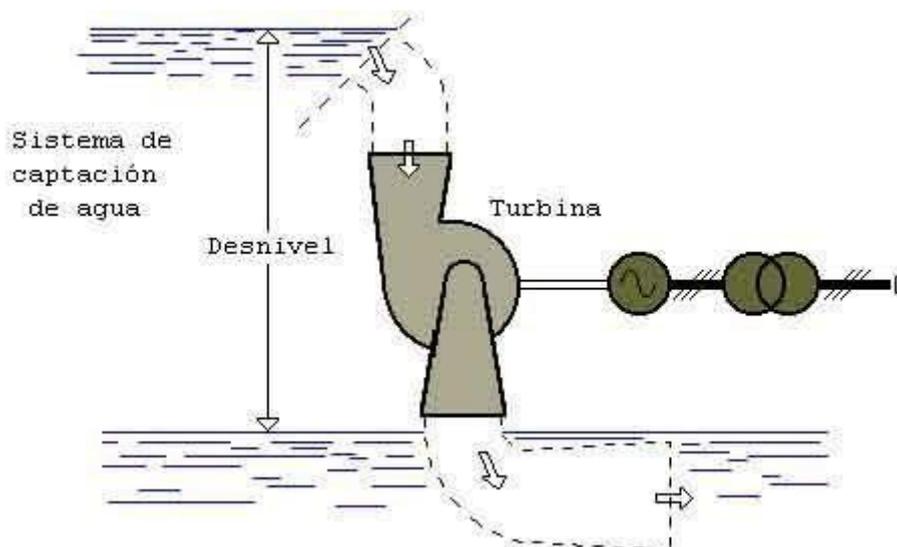


Ilustración 2: Esquema de funcionamiento de central hidroeléctrica

Fuente: SAEM Thales, 2000

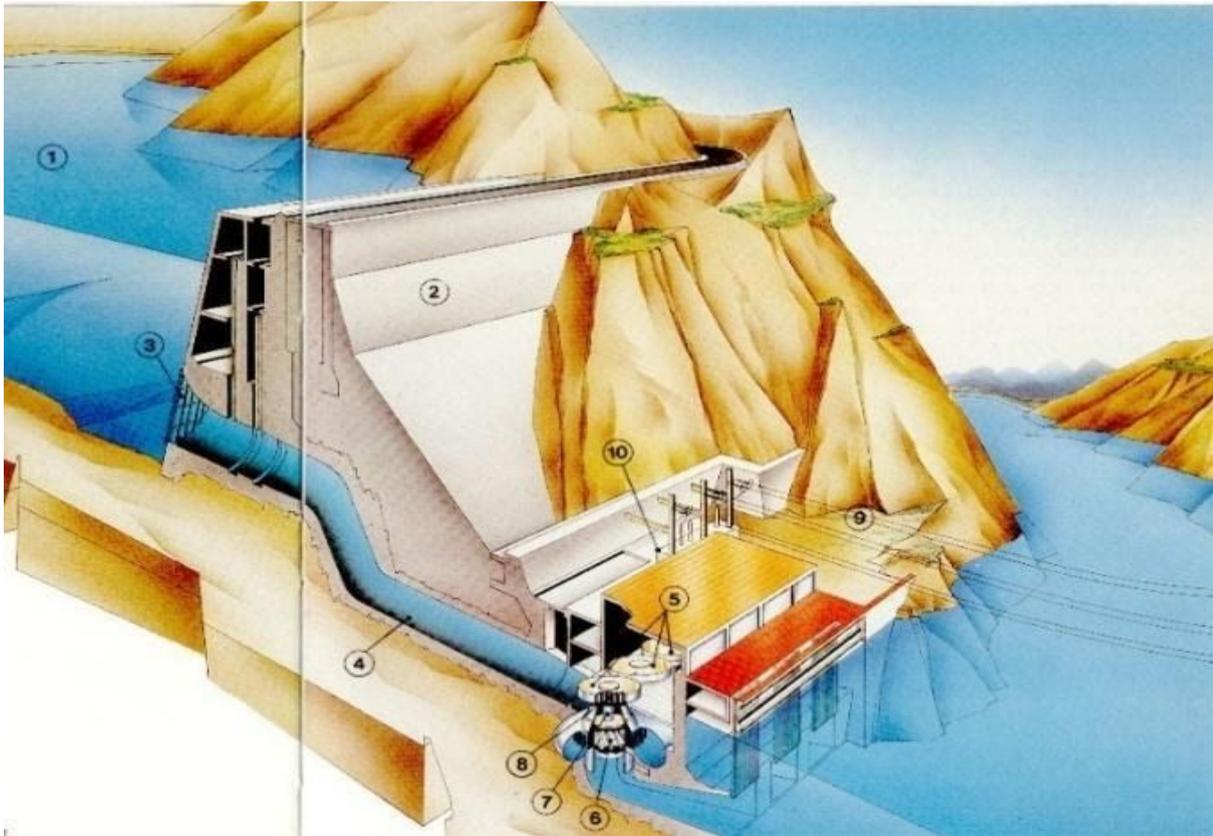
Posterior a la transformación a energía eléctrica, esta debe pasar por transformadores, en los cuales se eleva la tensión de la energía generada para que pueda ser transferida dentro de las líneas de transporte de energía e ingresar a la SEIN<sup>1</sup>, la cual es una red que permite transportar por largas distancias y distribuir energía a todo el país. En la Ilustración 3 se aprecia, el mapa del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.



Ilustración 3: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional

Fuente: COES, 2005

<sup>1</sup> El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional comprende todas las líneas de transmisión y de subestaciones eléctricas conectadas entre sí.



1. Agua embalsada
2. Presa
3. Rejas filtradoras
4. Tubería forzada
5. Conjunto de grupos turbina-alternador
6. Turbina
7. Eje
8. Generador
9. Líneas de transporte de energía eléctrica
10. Transformadores

Ilustración 4: Central Hidroeléctrica

Fuente: SAEM Thales, 2020

Entre las principales ventajas de la energía hidroeléctricas se encuentran:

- a) Es una fuente de energía renovable y limpia
- b) Los costos de mantenimiento y explotación son bajos
- c) El tiempo de vida útil de las instalaciones es larga y durable
- d) No emite gases tóxicos

En cuanto a las desventajas encontramos:

- a) Alto impacto ambiental dentro del territorio de las centrales hidroeléctricas
- b) Deterioro del paisaje

- c) La generación de energía depende de la estacionalidad del flujo del agua y de la geografía del terreno

Al año 2019, en el Perú existen 74 centrales hidroeléctricas operando, siendo las principales C.H. Mantaro, C.H. Cerro del Águila, C.H. Chaglla, C.H. Huinco y Cañón del Pato. En total, la producción de todas las centrales hidroeléctricas generó una potencia efectiva de 5067.66 MW.



Ilustración 5: Central Hidroeléctrica Cerro del Águila

Fuente: GyM Perú, 2020

### **1.1.2. Energías renovables no convencionales**

Este tipo de energías renovables no cuenta con el grado de desarrollo tecnológico ni con un gran impacto dentro de la matriz energética del Perú. Sin embargo, como menciona Daniel Schmerler, presidente del Consejo Directivo de Osinergmin, “¿Por qué es importante continuar impulsando las energías renovables no convencionales o Recursos Energéticos Renovables (RER)? La principal razón es que debemos mantener un crecimiento económico sostenido que permita el desarrollo de más peruanos, minimizando el impacto en el ambiente.” (Schmerler, 2019).

### 1.1.2.1. Energía solar térmica

La energía solar térmica es aquella que transforma la radiación solar en energía térmica a través de un sistema termodinámico. Este proceso permite que la energía mecánica producida por el vapor, la cual proviene del calentamiento del agua, genere finalmente energía eléctrica. El uso de este tipo de energía data de la Edad Antigua en la cual se usaba “cajas de calor” que aprovechaban la concentración solar para producir fuego a través de recipientes en forma parabólicas con interior reflectante (HogarSense, 2020). Permitiendo así, desarrollar diversas tecnologías a lo largo de la historia hasta llegar a lo que hoy son colectores solares térmicos que permiten el calentamiento de agua a través de colectores de radiación para el calentamiento del agua. Por otro lado, el calor generado por la concentración de energía solar térmica tiene aplicaciones industriales como desalinización de agua, procesamiento de alimentos, procesamiento de minerales, entre otros (EERE, 2020).

En la Ilustración 6 se muestra un esquema del funcionamiento de un colector solar térmico:

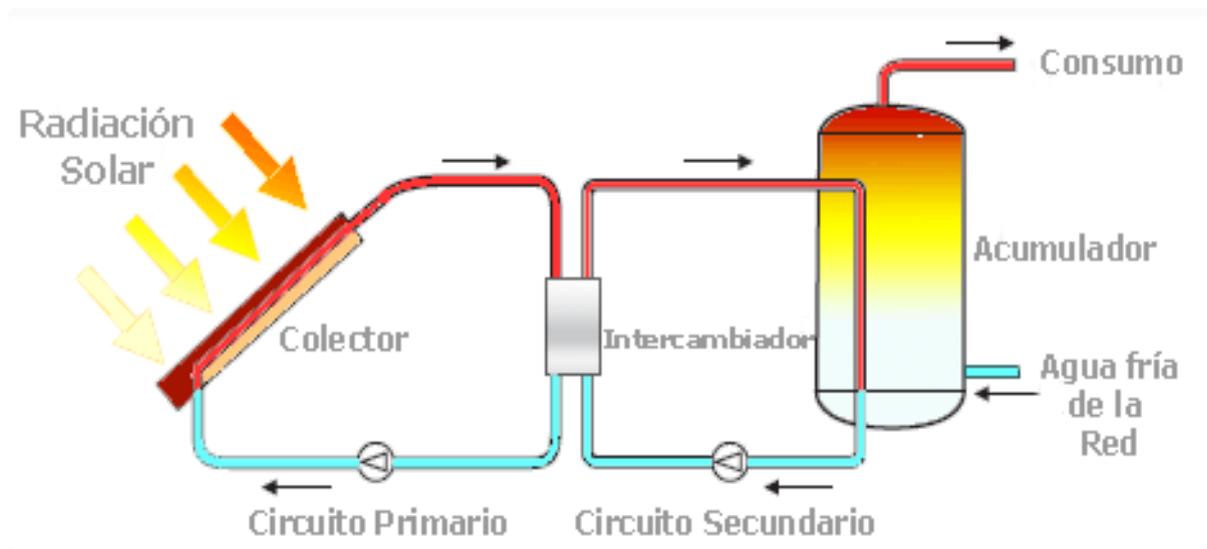


Ilustración 6: Esquema de un sistema térmico solar

Fuente: Energía Solar

Existen 4 componentes principales mínimo de un colector solar térmico para su correcto funcionamiento (Castellano, 2013):

- Colector solar
- Intercambiador
- Termotanque
- Sistema de tuberías y válvulas

El colector solar está compuesto por placas solares especiales que captan la radiación del sol para posteriormente transformarla en energía térmica. Estas placas solares están hechas de materiales con una buena conductividad térmica, de manera que permitan un buen aprovechamiento del calor generado por la radiación; un ejemplo son los ya conocidos Aluminio, Cobre, Níquel, entre otros.

El intercambiador de calor para este tipo de sistemas es una placa de metal corrugado que permite la transferencia de calor de un fluido a otro, en este caso, es una placa que permite transferir el calor que trae consigo el agua calentada por la energía térmica generada en el colector solar; posteriormente, el agua caliente fluye a través del intercambiador, en donde, una serie de placas colocadas de forma paralela transfieren el calor del fluido más caliente al más frío, produciendo así un intercambio de calor sin que los fluidos se mezclen.

El termotanque es el componente que permite almacenar el agua ya calentada reduciendo al mínimo la pérdida de calor ya que las paredes del termotanque evitan que haya una fuga de calor. Las paredes del termotanque generalmente cuentan con doble pared, de forma que se aísla el fluido al interior del exterior. Por lo tanto, se puede tener la certeza que el agua seguirá conservando el calor obtenido por el colector solar por un tiempo prolongado.

Adicionalmente, el sistema de tuberías y válvulas permite transportar los fluidos con la mínima pérdida de calor y sea lo suficientemente durable ante diferentes condiciones climatológicas para que pueda ser adaptado a diferentes localizaciones.

Adicionalmente a los componentes mencionados, también debe incluirse componentes relacionados a la seguridad del sistema. Uno de ellos son los vasos de expansión, “la función

de un vaso de expansión es compensar los cambios del volumen del fluido de trabajo ocasionados por la dilatación térmica” (Castellano, 2013); de esta manera, este componente se encarga de mantener los valores de presión en el sistema en un rango promedio. Finalmente, debe incluir un panel de control, el cual se encarga de monitorear todo el sistema desde una única vista. De esta forma, se puede controlar el sistema y tener alertas sobre posibles fallos en el sistema, accionar válvulas de seguridad, y tener información en tiempo real para el correcto funcionamiento del sistema

En el Perú hay diversos proyectos de aplicación de colectores térmicos tanto para su industrial como doméstico:

- Secadores solares para mejorar la producción de orégano en Moquegua:

Es un tipo de aplicación en la provincia de Mariscal Nieto, Moquegua en el cual se instala una estructura tipo arco y se recubre con mantas de polietileno y mallas anchoveteras, para atenuar la radiación solar directa. De esta forma, se busca mejorar la calidad del producto en color, ciñéndose a estándares internacionales dándole un valor agregado al “Oro Verde del Sur”. Cabe resaltar que, también se busca la optimización de la producción de orégano frente a la manera tradicional, buscando aumentar la producción de 1000 kg por hectárea a 3000 kg por hectárea a través de la adquisición de 18 secadores solares y otros componentes. (Andina, 2014).

- Cocinas solares en la provincia de Caylloma, Arequipa:

En septiembre de 2019, se hizo entrega de 30 cocina solares a familias vulnerables en la provincia de Caylloma Arequipa. Antes de esta entrega, la cocina se realizaba a partir de leña y estiércol, hecho que provocaba que los gases desprendidos al cocinar sean dañinos para los adultos mayores. De esta manera, las familias beneficiadas podrían utilizar un dispositivo más ecoamigable, tener un mayor alcance a los niños para que se interesen en estas tecnologías y reducir la emisión de gases

contaminantes al medio ambiente. Esta iniciativa planea ser repetida en otras 12 regiones del Perú (La República, 2019).

### **1.1.2.2. Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica es aquella energía que aprovecha la radiación solar para convertirla en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico; en el documento de Energías renovables y eficiencia energética del Instituto Tecnológico de Canarias indica que este efecto “se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica” (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008).

Se pueden diferenciar dos tipos de sistemas solares fotovoltaicos: Sistemas conectados a la red y sistemas aislados. Como lo menciona su nombre, los primeros son aquellos que están conectados a la red eléctrica; mientras que los segundos, son sistemas aislados que sustentan por sí solos la demanda eléctrica que se necesita (Zipp, 2015).

Las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red trabajan paralelamente con la red de compañía eléctrica, es decir, la energía eléctrica generada por los paneles solares fotovoltaicos es como una fuente adicional a la energía suministrada por la compañía eléctrica, de esta forma, se inyecta energía en la red de distribución. De esta forma, este tipo de sistemas cuenta con dos tipos de contadores, uno para la energía generada y otro para la energía consumida; si el sistema produce excedentes de energía (la energía generada es mayor a la consumida), el restante se vierte en la red y produce un beneficio económico (The John A. Dutton e-Education Institute, 2020).

Un factor fundamental en el diseño de este tipo de instalaciones es el área que ocupan los paneles solares fotovoltaicos, mientras mayor sea el área, mayor será la rentabilidad económica de la instalación; principalmente, por la fuerte inversión inicial que se realiza en este tipo de proyectos.

Se pueden dividir en tres grandes grupos de aplicaciones:

- Sector residencial (Rango de potencia: 1 a 15 kWp)
- Edificios comerciales, industriales y de oficina (Rango de potencia: 5 a 250 kWp)
- Plantas fotovoltaicas centralizadas (Rango de potencia: 100 kWp y 10 MWp)

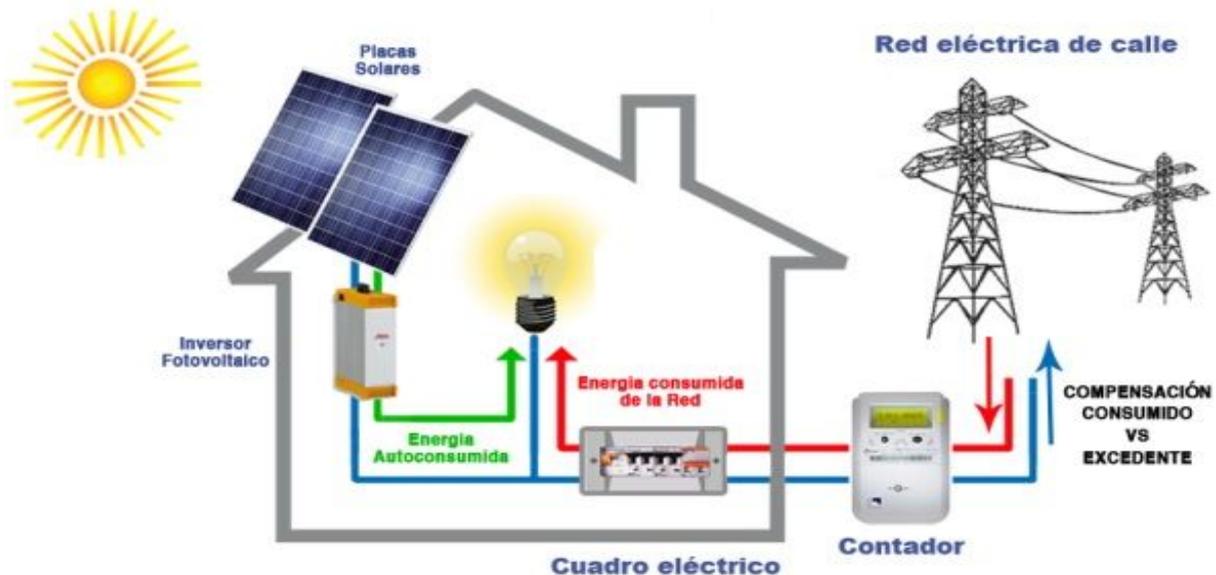


Ilustración 7: Esquema de instalación solar fotovoltaica conectada a red

Fuente: CENIT SOLAR

Por otro lado, tenemos los sistemas fotovoltaicos aislados, estos cuentan con módulos fotovoltaicos que producen energía, directamente de la radiación solar, que finalmente termina siendo almacenada dentro de las baterías de acumulación hasta su posterior uso (Zipp, 2015). Este tipo de sistemas permite que puedan instalarse en zonas rurales y aisladas, de forma que se pueda abastecer de energía eléctrica en donde no exista un acceso a una red eléctrica comercial, especialmente zonas alejadas rurales en la Sierra del Perú.

Uno de los principales beneficios de este tipo de sistemas es su versatilidad en su instalación debido a que no depende de la red eléctrica o su conexión a esta, considerando que en algunos lugares no es viable instalar una acometida de red, afectando así al desarrollo

de poblaciones por falta de electrificación, tema que se tocará más adelante. (Enerkraft, 2020).

Una particularidad de este sistema es la generación fotovoltaica solamente durante las horas centrales del día, horas con la mayor incidencia de la radiación en los paneles solares; de este modo, si la instalación no cuenta con batería de almacenamiento, no se podrá garantizar ni satisfacer la demanda eléctrica en todo momento. Por lo tanto, es un elemento indispensable en este tipo de sistemas.

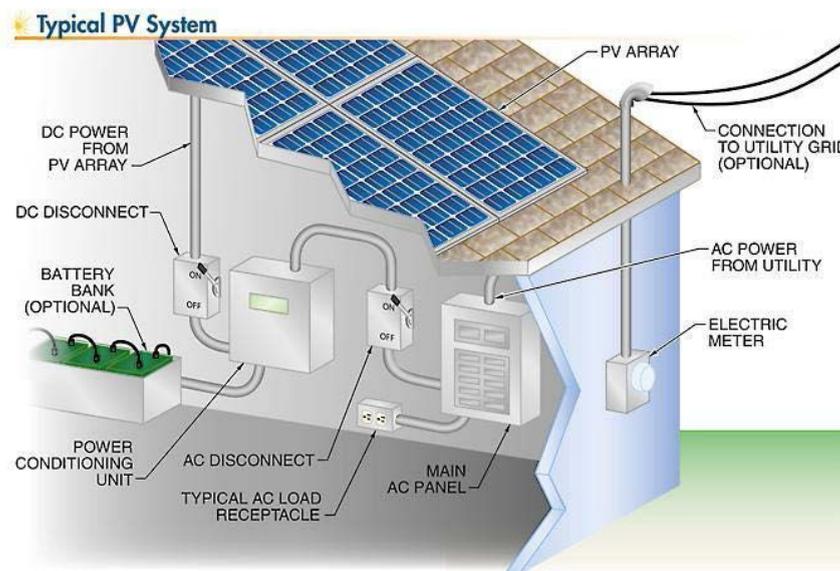


Ilustración 8: Sistema fotovoltaico aislado de la red

Fuente: The GRID

Los elementos que conforman un sistema fotovoltaico aislado consisten en los siguiente (ALTE store, 2020):

- Módulos fotovoltaicos: o también llamadas celdas fotovoltaicas, son los elementos principales dentro del sistema, debido a que son estos los que se encargan de la captación de la energía solar para poder convertirla en energía eléctrica siguiendo el efecto fotovoltaico. Estos se agrupan para formar un módulo o panel solar, de este modo, se agrupan varias células solares a través de cables de conexión y se montan dentro de una estructura que brinda soporte a toda la instalación llamada soporte o marco. Dentro del

mercado de células solares se pueden distinguir 3 tipos de paneles según la tecnología de fabricación:

- Monocristalino: se obtiene a partir de la fundición de silicio puro y el dopado del boro, se obtiene un rendimiento real de 15 – 18 %.
- Policristalino: el proceso de obtención es similar al monocristalino, salvo que se disminuye el número de fases de cristalización; su rendimiento real es 12 – 14%.
- Amorfo: fabricado a partir de silicio y depositado en forma de lámina delgada sobre un sustrato como vidrio o plástico, su rendimiento es menor al 10%

El próximo paso para el desarrollo de nuevas tecnologías de paneles solares está enfocado en la fabricación a partir de materiales orgánicos o materiales híbridos orgánicos e inorgánicos (llamados también perovskita<sup>2</sup>); además de, ofrecer una reducción de costos a medida que su desarrollo y fabricación se va masificando.

- Regulador de carga: es necesario este elemento para el funcionamiento de la instalación, es necesario instalarlo entre los paneles solares y las baterías. El regulador de carga se encarga de evitar la carga y descarga de la batería, esto con fin de alargar su vida útil.

Se sabe también que los módulos fotovoltaicos presentan una tensión nominal mayor a la de las baterías, de forma que, si no hay un regulador dentro del sistema, se producirían sobrecargas. La tensión de los módulos es mayor por dos razones: atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura y asegurar la carga correcta de la batería (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008). Se pueden distinguir tres tipos de reguladores:

- Según tecnología del interruptor
- Según estrategia de desconexión del consumo

---

<sup>2</sup> Es un trióxido de titanio y calcio (CaTiO<sub>3</sub>), relativamente raro en la corteza terrestre.

- Según posición del interruptor de control de generación

Para cada uno de estos tipos se proporcionan sus características con el fin de elegir el que más se adecue a las necesidades de la instalación fotovoltaica, entre estas características se muestran las características físicas, las características eléctricas y las normas de seguridad que cumplen. Existen también otras características adicionales, debido a que su función no solo debe ser proteger el funcionamiento del sistema fotovoltaico sino también ser seguro para las personas que los manejen.

- Inversor: este elemento se encarga de la transformación de la corriente continua (CC) generada dentro de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (CA) para la alimentación de los usuarios finales, es decir, los valores de la corriente alterna deben ser los mismo que utilizan los aparatos electrodomésticos que finalmente serán los que utilicen la energía eléctrica. Para el caso de Perú, los valores que deben tomar es un voltaje de 220 V de valor eficaz con una frecuencia de 60 Hz.

Existe una serie de características que debe cumplir el inversor de carga para un rendimiento eficiente:

- Alta eficiencia: buen funcionamiento para un amplio rango de potencias
  - Bajo consumo en vacío: cuando no hay cargas conectadas
  - Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque
  - Protección contra cortocircuitos
  - Seguridad
  - Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida
- Sistema de acumulación (baterías de acumulación): por último, estos elementos cuentan con tres funciones principales:
    - Almacenar energía
    - Proporcionar una potencia instantánea elevada

- Fijar la tensión de trabajo de la instalación

Las baterías son las encargadas de almacenar la energía generada en los módulos fotovoltaicos y que pasa por el regulador de carga, ello debido a que la energía solar no llega de forma constante a los módulos solares, sino que hay diversas variaciones que pueden ser predecibles (duración de la noche o las estaciones del año) o impredecibles (climatología) que afectan de manera aleatoria a la energía recibida por estos. De esta forma, es necesario un acumulador para los momentos en que “la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados” (Díaz & Carmona, 2018).

Por otro lado, tenemos un parámetro muy importante que es la capacidad de la batería, esta se define como la cantidad de energía que puede liberar en una descarga completa del acumulador tras una carga completa del mismo, este parámetro se mide en Amperios-hora (Ah) y depende del dimensionamiento de la instalación y de la cantidad de energía que se acumulará en un tiempo determinado. Asimismo, se debe asegurar que la tensión en la que trabajarán los módulos fotovoltaicos debe ser mayor a la tensión fijada en la batería para una correcta carga de esta y el correcto funcionamiento del regulador.

Cabe resaltar, que para la fabricación de módulos fotovoltaicos para instalaciones aisladas es importante recalcar que se puede generar la energía suficiente para la autosuficiencia dependiendo de factores como consumo energético, hábitos de ahorro energético, etc. Se considera que una familia promedio requeriría una potencia fotovoltaica instalada de 1 kW<sub>p</sub> y 4 kW<sub>p</sub>, considerando los factores mencionados anteriormente. Su instalación es posible en cualquier tipo de situación, desde edificios empresariales, mercados, condominios y casas residenciales; hasta zonas rurales y alejadas donde la red eléctrica no llega debido a los costos que su instalación requiere.

Un punto importante respecto a este tipo de energía renovable es su costo, debido a que su instalación en el mismo lugar de consumo de la energía genera un ahorro importante en términos de transporte de energía ya que uno produce su propia energía que consumirá. A largo plazo, resulta muy conveniente, en términos económicos y sociales que se explicará en el siguiente capítulo Beneficios de la energía solar.

## **1.2. Matriz Energética del Perú**

Según una publicación de América Economía, resaltan que Perú es uno de los países que cuentan con la matriz energética más limpia de Latinoamérica (América Economía, 2019). Esto se debe principalmente a que la producción de energía eléctrica del país se basa principalmente en fuentes de energía de bajo impacto ambiental.

En el año 2010, se tenía que el 63% de la energía primaria producida en el Perú provenía del Gas Natural. La explotación de estos recursos tan valiosos para nuestro país surge a partir del descubrimiento de los principales yacimientos de gas natural, el principal de ellos, Camisea, fue descubierto en la zona del mismo nombre entre 1983 y 1987. A partir del año 2004 es donde empieza su operación comercial y el aumento de la demanda de este recurso (Osinermin, 2008).

Asimismo, la tendencia al 2030 es que la energía hidroeléctrica siga creciendo y llegue a ser utilizada como la principal fuente de generación de energía junto con fuentes de energía termoeléctrica (constituido por Gas Natural y Petróleo Crudo). Según (Ministerio de Economía y Finanzas, 2012), prevé que para el 2030 el porcentaje correspondiente a la energía eléctrica producida por fuentes hidroeléctricas sea mayor que la energía eléctrica producida a partir de petróleo crudo.

Cabe resaltar, que los Recursos de Energía Renovable No Convencionales, se proyectan como las fuentes de energía que más van a crecer a largo plazo, llegando a ser casi

el 16.3% de la Matriz Energética del Perú al año 2040. Disminuyendo con ello, la utilización de recursos no renovables como lo son el petróleo crudo y el gas natural. Si bien es cierto las energías renovables no convencionales recién están siendo consideradas dentro de los planes a futuro de la Matriz Energética, hay algunas energías que ya se usan dentro de la región, como lo son las centrales hidroeléctricas. Una de las razones por las que la energía hidroeléctrica rápidamente se posicionó como principal fuente de generación eléctrica dentro del Perú, es la geografía de la cordillera de los Andes que gracias a sus accidentes geográficos permiten tener desniveles de ríos que fueron aprovechados para formar lo que son ahora las centrales hidroeléctricas. Además, del bajo costo global que supone operar este tipo de centrales a comparación de centrales termoeléctricas que generan un impacto ambiental negativo en las zonas aledañas.

Tabla 2: Producción de GWh por tipo de generación RER 2013 - 2019

TIPO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HIDROELÉCTRICA	21,128.56	21,002.91	22,456.21	23,009.64	27,741.42	29,357.91	30,168.43
TERMOELÉCTRICA	18,343.94	20,337.37	21,262.16	24,020.84	19,898.44	19,220.04	20,312.83
SOLAR	196.93	199.30	230.95	241.82	288.17	745.19	761.73
EÓLICO		256.31	590.72	1,054.11	1,065.23	1,493.63	1,646.16
<b>TOTAL RER</b>	<b>39,669.43</b>	<b>41,795.89</b>	<b>44,540.04</b>	<b>48,326.42</b>	<b>48,993.25</b>	<b>50,816.79</b>	<b>52,889.15</b>

Fuente: COES, 2019

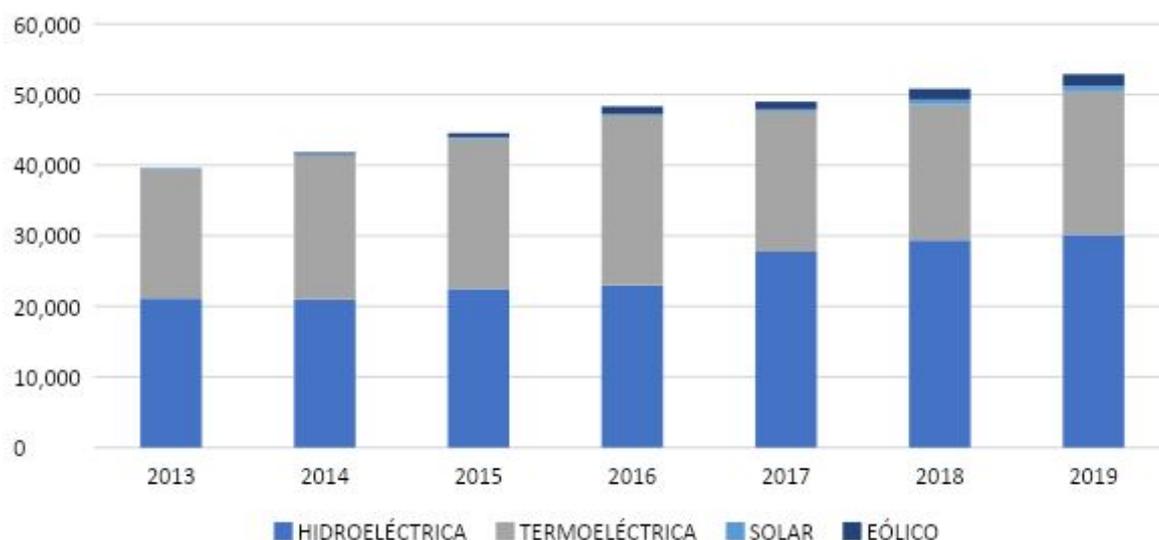


Ilustración 9: Producción de GWh por tipo de generación RER 2013 - 2019

Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 9 muestra como en los últimos 7 años, dentro del uso de energías renovables para la producción de energía eléctrica, tanto la hidroeléctrica como la termoeléctrica han predominado en el Perú, siendo más del 90%. Sin embargo, si realizamos un Zoom en la evolución de la energía solar en el Perú, podemos concluir que en el mismo lapso se ha triplicado la producción de GWh, haciendo especial énfasis en el periodo 2017-2018 que coincide justamente con el inicio de operaciones de la Central Solar Rubí, siendo la más grande de Perú hasta el momento con una generación de 440 GWh por año

Dentro de las empresas de generación de energía eléctrica a partir de energía solar se encuentran las siguientes:

Tabla 3: Producción de energía de centrales con recursos energéticos de origen solar 2019 en GWh

EMPRESA	CENTRAL	NÚMERO DE MÓDULOS	TOTAL
ENEL GREEN POWER PERÚ	C.S. RUBÍ	CENTRAL	423.02
ENGIE	C.S. INTIPAMPA	CENTRAL	105.68
GTS MAJES	C.S. MAJES	CENTRAL	44.28
GTS REPARTICIÓN	C.S. REPARTICIÓN	CENTRAL	43.39
MOQUEGUA FV	C.S. MOQUEGUA FV	CENTRAL	47.31
PANAMERICANA	C.S. PANAMERICANA SOLAR	CENTRAL	51.30
TACNA SOLAR	C.S. TACNA SOLAR	CENTRAL	46.74
<b>TOTAL</b>			<b>761.73</b>

Fuente: COES, 2019

Se observa que la empresa Enel Green Power Perú es la que concentra más del 55% de la producción de energía a partir de la Central Solar Rubí, ubicada en la ciudad de Moquegua, convirtiéndose así en la planta de energía solar más grande del Perú (ENEL, 2018).

Por lo tanto, a pesar de que la energía solar se encuentra en pleno desarrollo dentro del territorio peruano, ya existen grandes proyectos que sirven como ejemplo de que las plantas y la tecnología solar fotovoltaica es usada en el Perú ya sea para el abastecimiento de energía eléctrica y ser parte de la Matriz Energética del Perú o para proyectos de Electrificación Rural tan importante para generar una mayor inclusión y desarrollo social de comunidades rurales.

## **CAPÍTULO 2. IMPACTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PERÚ**

### **2.1. Beneficios de la Energía Solar**

#### **2.1.1. Social**

La energía solar tiene la ventaja de ser escalable, ya que sus instalaciones son de tipo modular, lo cual permite que sea escalable y se pueda instalar paneles adicionales para aumentar la capacidad de la planta. De este modo, dirigir y manejar estas instalaciones solares requieren mucho capital humano especializado. Según lo que indica (El Economista, 2018), debido a la creciente demanda del mercado por aumentar la capacidad de las instalaciones solares se proyecta la necesidad personal capacitado y con conocimientos de energía solar; de esta forma, se prevé que se requieran 10 000 puestos de trabajo adicionales en el siguiente año y, a largo plazo, por cada 20 giga watts instalados por generación distribuida se crearían un millón de empleos. De estos, los ingenieros y técnicos cualificados con conocimientos sobre instalación de equipos fotovoltaicos, equipos solares térmicos y diseño de instalaciones serán los más requeridos; además, existen cerca de 90 carreras profesionales dedicadas a la industria de energía solar, desde carreras técnicas hasta ingenierías renovables, eléctricas o electrónicas.

Al año 2018, como indicaba Daniel Schmerler en su entrevista en (El Comercio, 2018), el 6% de la población peruana no contaba con acceso al suministro eléctrico y se busca la implementación a partir de tecnologías limpias y modernas como los Recursos Energéticos Renovables. De este modo, diversos proyectos de Electrificación Rural buscan utilizar fuentes que sean amigables con el ambiente y permitan que las zonas que no tienen acceso al suministro eléctrico puedan tener un servicio tan básico como la luz. Por lo tanto,

como menciona (Best, 2000), Coordinador Principal de Energía de la FAO, “los sistemas de energía solar, además de la energía eólica y otras aplicaciones de energía renovable, son la única solución técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas”. Todo ello con un fin, incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales, utilizando sistemas de energía solar se podría mejorar la calidad educativa y los servicios médicos de la zona garantizando suministro eléctrico. Ello trae consigo mejoras en el suministro de agua para consumo humano o para irrigación teniendo la posibilidad de instalar bombas de agua, y otros servicios básicos para garantizar una mejor calidad de vida, del mismo modo, que se adaptan las nuevas tecnologías a las necesidades de las comunidades rurales.

### 2.1.2. Económico

Con cada avance tecnológico de la energía solar, el aumento de la demanda, y el número de empresas manufactureras y ensambladoras de paneles solares ha permitido que el costo de generación de energía eléctrica a partir de energía solar ha ido disminuyendo a lo largo de los años.

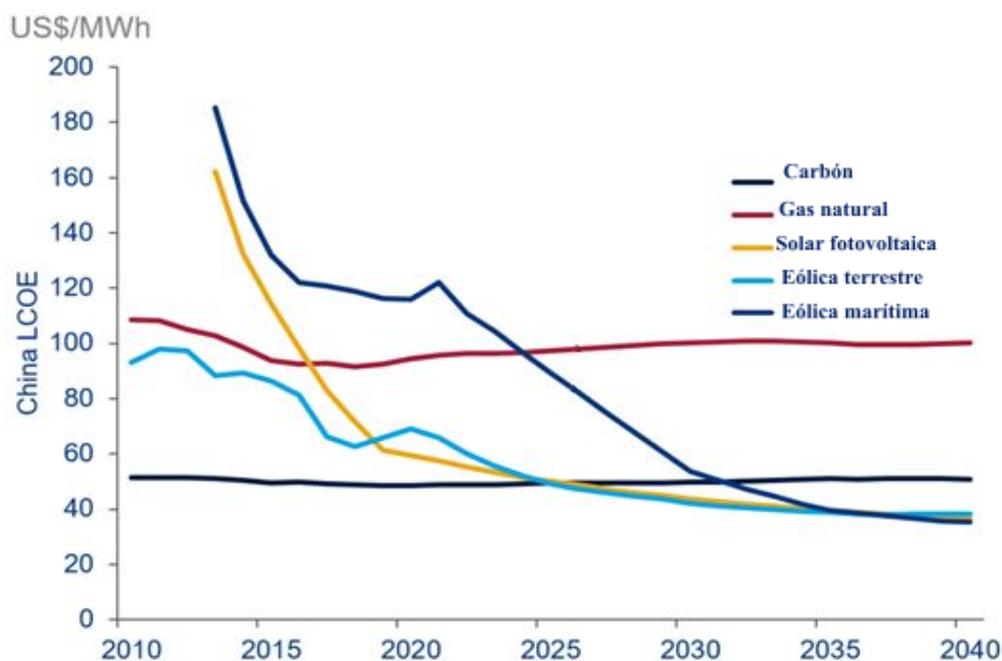
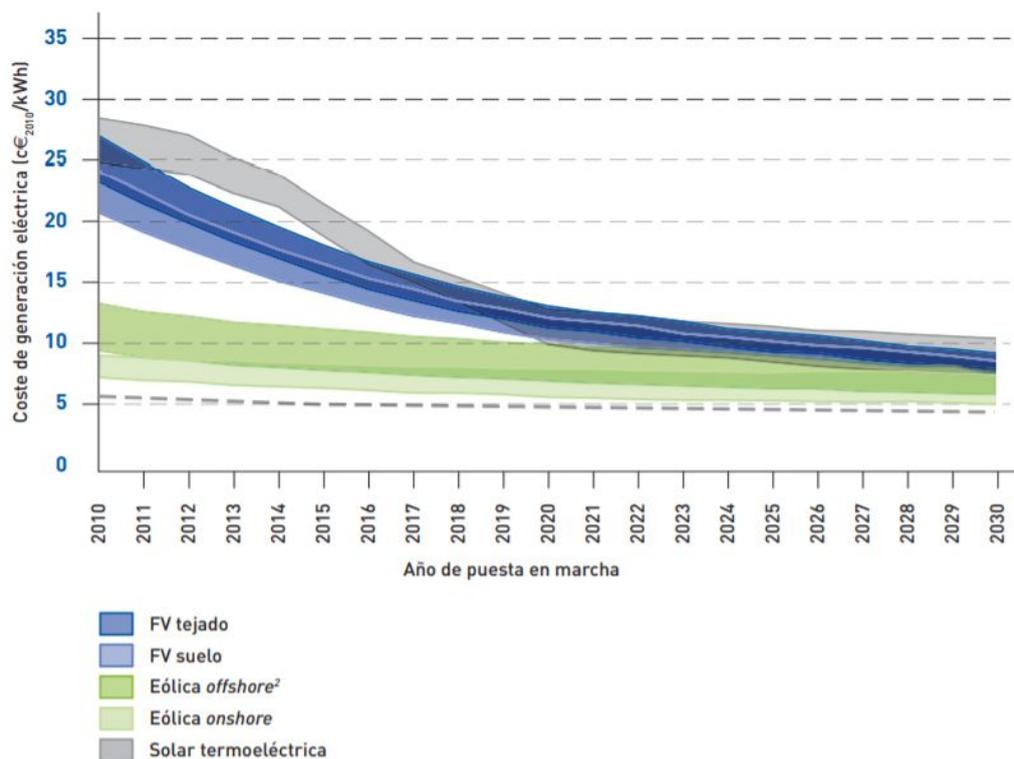


Ilustración 10: Costo promedio de generación de energía en China por MWh producido

Fuente: Wood Mackenzie, 2019

Como se muestra en la Ilustración 10, se proyecta que para el año 2026, el costo de la energía solar fotovoltaica iguale el costo de la energía producida por carbón. De esta manera, las energías renovables serán igual o más competitivas a nivel de costos por MWh producido en los próximos 6 o 7 años que otras energías no renovables, en efecto, el valor agregado que tendrá la energía solar es que aparte de ser más económica, la demanda aumentará. Cabe resaltar que, no solo el costo de la energía solar se vuelve más competitiva, sino también del resto de energías renovables, porque las empresas y gobiernos empiezan a demandar más de estas tecnologías, logrando así, democratizar el uso de energías renovables. Por otro lado, su beneficio ambiental repercutirá de forma positiva para la disminución de gases de efecto invernadero producido por diferentes industrias.



Nota: las plantas termoeléctricas tienen un ciclo de construcción de 2-3 años: los costes de plantas puestas en marcha en 2012 están definidos por costes actuales

Ilustración 11: Proyección de costos de generación eléctrica según el año de puesta en marcha

Fuente: IDAE, 2011

Como se puede apreciar en la Ilustración 11, el costo de generación ha ido disminuyendo sustancialmente desde el 2010 y se proyecta que al año 2030 su costo disminuya en un 65%. Considerando también que, la puesta en marcha de un proyecto demora entre 2 a 3 años, los costos de plantas se definen por los costos actuales; el proyecto a largo plazo será más rentable debido a la mejora de las tecnologías y a su capacidad de ser escalable en el tiempo.

Sin embargo, de nada sirve que los precios se vuelvan más competitivos si es que no habrá entidades o empresas que apuesten e inviertan por el desarrollo de las energías renovables.

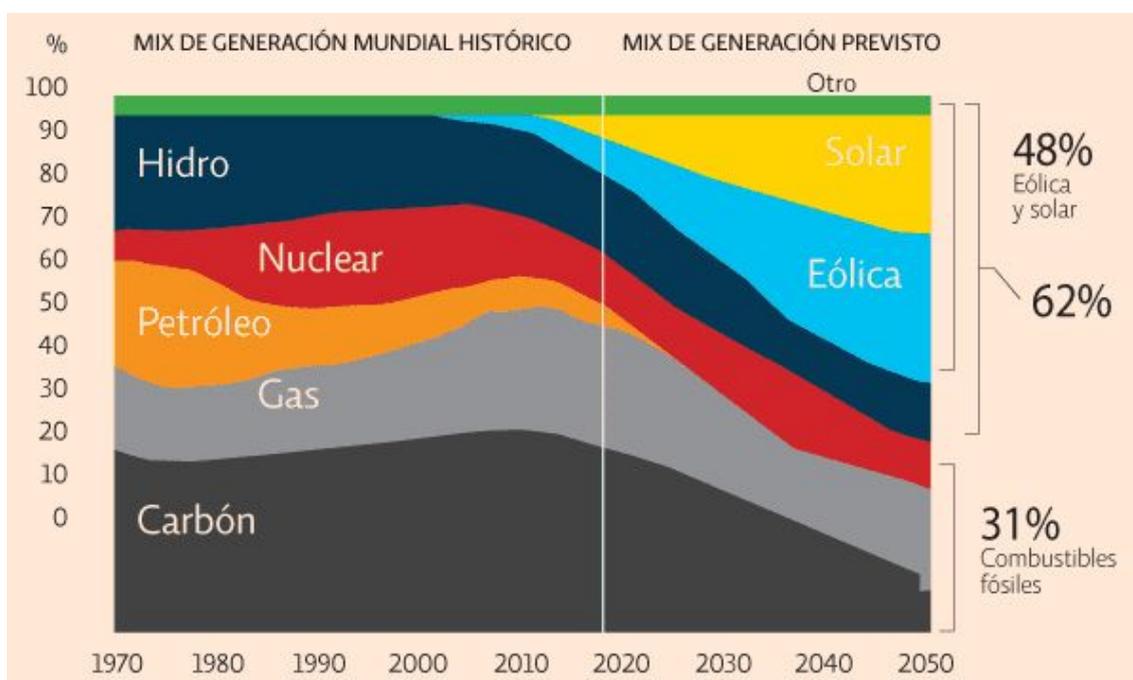


Ilustración 12: Matriz de generación eléctrica mundial histórica y prevista

Fuente BloombergNEF, 2019

En la Ilustración 12, se muestra la matriz de generación eléctrica mundial histórica al año 2019, en donde se observa una clara dominación de recursos energéticos no renovables como el Petróleo, Gas y Carbón como los predominantes. Sin embargo, la tendencia apunta a que las energías renovables tomen un rol protagónico dentro de esta matriz, lideradas

principalmente por la energía hidroeléctrica, eólica y solar, abarcando estas dos últimas, cerca del 50% de la matriz en los próximos 30 años.

Considerando lo mencionado anteriormente, tanto como los costos de generación eléctrica como su panorama futuro de inversión de la energías solar fotovoltaica se ven prometedores, como lo menciona Miguel Ángel Alonso Rubio, director general de Acciona Energía México y Centroamérica, en (El Economista, 2019), la tendencia apunta al incremento en el uso de energía renovable, especialmente la fotovoltaica y eólica, ya que, en el 2018, fueron las tecnologías que más inversión recibieron en el mundo tanto en porcentaje como en volumen económico.

### **2.1.3. Ambiental**

En cuanto a los beneficios ambientales que conlleva la implementación de plantas solares se pueden destacar el impacto en la mejora de la calidad de aire, su reducción de la huella de carbono.

Mucho tiene que ver la importancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible por la Organización de las Naciones Unidas, especialmente 2 de ellos: Energía Asequible y No contaminante y Acción por el Clima. El impacto que tiene la reducción del consumo de recursos no renovables en la generación de energía permite abrir paso a las energías renovables y en especial, a disminuir la gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generado por la producción de energía eléctrica.

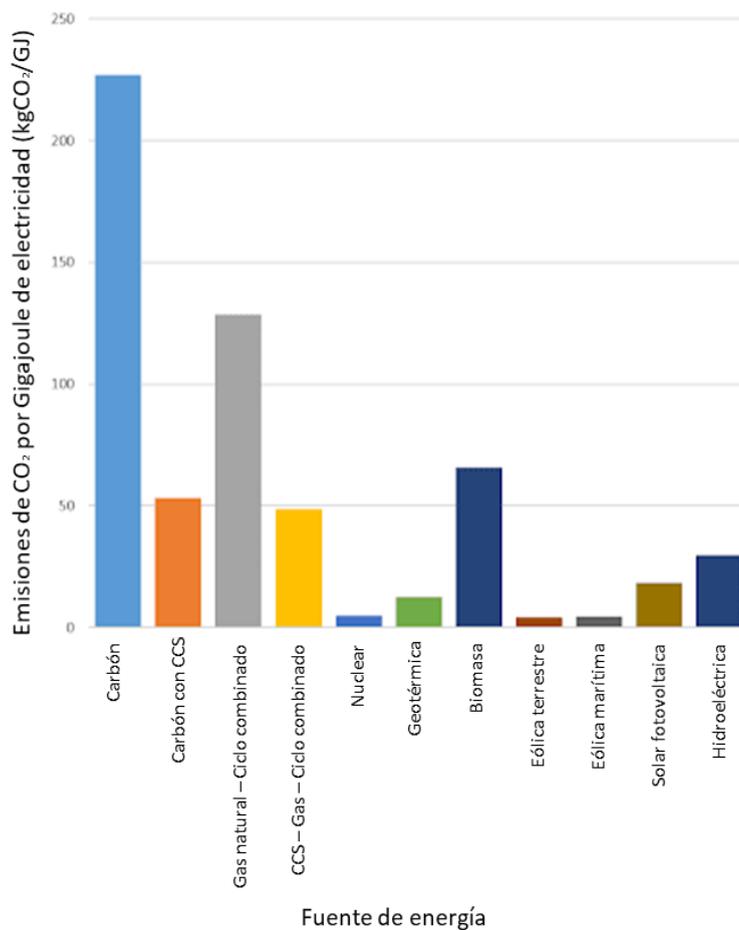


Ilustración 13: Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente de energía

Fuente: Kountz, 2016

En la Ilustración 13, podemos observar la distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de potencia generada por cada tipo de fuente energética, y claramente las emisiones generadas por la energía solar fotovoltaica comparado con los recursos energéticos no renovables son mucho menor, llegando a ser casi 10 veces menos contaminante que las fuentes tradicionales. Y no solo la energía solar fotovoltaica, sino todas aquellas fuentes de energía renovable presentan emisiones que llegan a ser cerca de 10 a 15 kg CO<sub>2</sub>/GJ. El uso de este tipo de energía para diversos proyectos permite ser responsables con el cuidado de la calidad de aire y la reducción de la huella de carbono generada actualmente, logrando cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

## 2.2. Electrificación Rural en el Perú

La Electrificación Rural consiste en la instalación de sistemas aislados basados en energía fotovoltaica, eólica, minihidráulica o biomasa en comunidades rurales, instalándose así una mini red eléctrica alimentada por energías renovables o en combinación con energías convencionales (Tech4CDM, 2008). Por otro lado, los proyectos de Electrificación Rural también consideran la ampliación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para que las comunidades tengan puntos de acceso a la energía eléctrica.

Además, según (Dirección General de Electrificación Rural, 2020), indica que la Electrificación Rural consiste no solo en la accesibilidad y disponibilidad de la energía eléctrica, sino también en la aceptación de esta sabiendo que su uso mejorará la calidad de vida. De este modo, la electrificación rural no solo consiste en abastecer e instalar sistemas que permitan autogenerar energía eléctrica, sino, es un proceso mutuo con las comunidades en el cual se evalúan las mejores condiciones tanto técnicas como sociales para que el aprovechamiento de esta sea el máximo posible.

Es así como, para el año 2006 se promulga la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural, en el cual el Estado declara necesidad nacional y utilidad pública para la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país. Además, especifican que no solo se trata de incentivar con esta ley un desarrollo socio económico sostenible, sino también combatir la pobreza y desincentivar la migración del campo a la ciudad; promoviendo y subsidiando la ejecución de proyectos de electrificación rural. (Congreso de la República, 2006).

Cabe resaltar que esta ley específicamente promueve el uso de recursos energéticos renovables tal como lo indica la Primera Disposición Final,

“En el desarrollo de los proyectos de electrificación rural se debe dar prioridad al aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables de origen solar,

eólico, geotérmico, hidráulico y biomasa existentes en el territorio nacional, así como su empleo para el desarrollo sostenible en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país." (Congreso de la República, 2006).

### 2.2.1. Evolución de la electrificación rural

Dentro del Plan Nacional de Electrificación Rural para el periodo 2013 – 2022 que presentó el Ministerio de Energía y Minas (Ministerio de Energía y Minas, 2012), se detalla los logros obtenidos entre el año 2001 hasta noviembre de 2012, en este lapso de tiempo se han ejecutado obras de electrificación rural el cual ha permitido que 3.9 millones de habitantes puedan acceder a servicios de energía eléctrica.

Tabla 4: Inversiones anualizadas para Electrificación Rural 2016 – 2025

Nº	DESCRIPCION	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL
<b>I.- INVERSIONES (miles de \$/)</b>												Miles \$/
1	LINEAS DE TRANSMISION	75,266	61,526	71,224	109,568	117,819						435,402
2	SISTEMAS ELECTRICOS RURALES	651,081	536,951	312,968	374,780	95,853	56,815	118,576				2,147,025
3	PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS				26,052	27,356	3,354	4,225				60,986
4	MODULOS FOTOVOLTAICOS	452,128	185,113	80,987	80,987	80,987	80,987	80,987	80,987	80,987	81,228	1,285,380
5	EMPRESAS ELECTRICAS	102,546	102,546	102,546								307,639
	<b>INVERSIONES ANUALES (Miles \$/)</b>	<b>1,281,021</b>	<b>886,137</b>	<b>567,725</b>	<b>591,388</b>	<b>322,015</b>	<b>141,156</b>	<b>203,788</b>	<b>80,987</b>	<b>80,987</b>	<b>81,228</b>	<b>4,236,432</b>
	<b>INVERSIONES ACUMULADAS (Miles \$/)</b>	<b>1,281,021</b>	<b>2,167,157</b>	<b>2,734,883</b>	<b>3,326,270</b>	<b>3,648,286</b>	<b>3,789,442</b>	<b>3,993,229</b>	<b>4,074,216</b>	<b>4,155,204</b>	<b>4,236,432</b>	
<b>II.- METAS FISICAS</b>												
1	POBLACION TOTAL (Habitantes)	1,008,648	606,945	351,026	537,532	225,992	159,880	230,396	86,772	86,772	87,030	3,380,993
2	VIVIENDAS BENEFICIADAS	287,943	155,405	96,495	134,049	63,729	47,201	64,830	28,924	28,924	29,010	936,510
3	C.E. RURAL	89.2%	93.0%	95.0%	98.1%	99.0%	99.1%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%	

Fuente: MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2020

Este cuadro muestra las inversiones anualizadas del Plan Nacional de Electrificación Rural del periodo 2016 - 2025 según el tipo de Electrificación Rural a implementarse. Podemos observar que para este periodo aproximadamente el 30% va destinado a la implementación de módulos solares fotovoltaicos; por otro lado, los sistemas eléctricos rurales también reciben el 50% del presupuesto programado. Con esto se busca electrificar al 99.8% de las comunidades rurales, beneficiando a más de tres millones de personas, accediendo a recursos básicos de electricidad y mejorando su calidad de vida.

Tabla 5: Inversiones programadas para Electrificación Rural 2016 – 2025

Departamento	Inversión Programada	Población Beneficiada
Amazonas	141,733,231	64,293
Áncash	75,275,838	29,372
Apurímac	38,164,243	33,039
Arequipa	71,307,680	51,240
Ayacucho	131,831,934	88,784
Cajamarca	586,014,742	347,418
Cusco	85,414,819	43,878
Huancavelica	40,972,979	28,611
Huánuco	151,139,356	121,085
Ica	5,024,274	3,743
Junín	59,592,996	63,965
La Libertad	141,362,199	139,944
Lambayeque	23,355,843	15,695
Lima	21,146,135	20,590
Loreto	184,724,760	100,879
Madre de Dios	19,462,171	20,131
Moquegua	19,142,659	23,851
Pasco	54,884,044	29,143
Piura	141,870,401	148,049
Puno	291,721,766	137,245
San Martín	30,914,104	24,304
Tacna	26,407,996	40,622
Tumbes	2,585,387	3,076
Ucayali	63,159,513	21,363
<b>Total (S/.)</b>	<b>2,407,209,070</b>	<b>1,600,320</b>

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2020

La Tabla 5 muestra los proyectos programados a la fecha para el periodo 2016 - 2025, siendo la inversión total de estos casi S/. 2,400 millones. Se busca beneficiar a más de un millón y medio de personas a través de diferentes proyectos, los cuales destacan la instalación domiciliaria de sistemas solares fotovoltaicos, estaciones minihidráulicas, entre otros sistemas renovables.

Para el año 2020, el Ministerio de Energía y Minas tenía asignado un presupuesto que asciende a S/. 737.9 millones planeando un total de 98 proyectos a lo largo de 19 regiones del país concentrando la mayor parte de la inversión y número de proyectos en Cajamarca, Puno y Loreto. A su vez, se tiene planeado alcanzar una cobertura eléctrica Nacional de 86% a través del primer programa masivo fotovoltaico a cargo de la supervisión de Dirección General de Electrificación Rural (DGER) del Ministerio de Energía y Minas (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

### **2.2.2. Proyectos de electrificación rural**

Uno de los principales promotores de los proyectos de electrificación rural es el Ministerio de Energía y Minas, hasta noviembre de 2019, se venía ejecutando un total de 19 proyectos por más de S/. 170 millones de soles. Hasta el momento, se “han beneficiado a 18,422 hogares de distintas regiones de nuestro país, lo que representa un total de 72,816 pobladores que ahora cuentan con ese servicio básico” como menciona (Ministerio de Energía y Minas, 2019); y como se viene mencionando, brindar una calidad de vida óptima es ofrecer los servicios básicos a las comunidades más alejadas, ya sea mediante la instalación de líneas de tensión o instalando módulos y sistemas independientes que permitan beneficiar a más peruanos.

Del mismo modo, una de las obras que más destacaron en el año 2019 según (Ministerio de Energía y Minas, 2019) fue la instalación del SER Ayabaca VII Etapa, llegando a beneficiar 10,418 pobladores de 339 localidades del Perú con una inversión superior a los S/. 20 millones.

Asimismo, según (Ministerio de Energía y Minas, 2018), uno de los proyectos que destacan es el Proyecto Fotovoltaico adjudicado a la empresa Ergon Perú SAC. A través de este proyecto, se planeaba la instalación de un total de 200 mil paneles solares, lo cual brindaría el servicio de energía eléctrica, además de la operación y mantenimiento por 15 años. Este proyecto abarca también la instalación de paneles solares en centros educativos y postas médicas, asegurando también condiciones mínimas de educación y salud en las comunidades beneficiadas; y, como resaltan, “cabe precisar que el mencionado proyecto es el primer programa de instalación masiva de sistemas fotovoltaicos que conduce el Estado peruano para el suministro directo de electricidad a poblaciones en áreas rurales y remotas del país, siendo un referente en América Latina como un proyecto de éxito.”

Por lo tanto, es de vital importancia impulsar proyectos sociales como estos, ya que el beneficio que se obtiene es inmenso, aportar al desarrollo económico, social y ambiental del Perú.

## CONCLUSIONES

- Si consideramos el periodo 2010-2019, el costo de producción de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica ha sido la que más ha disminuido dentro de las energías renovable no convencionales. Su costo ha disminuido cerca del 82% en un periodo de 9 años, lo cual muestra los importantes avances que realizan actualmente empresas privadas y laboratorios para hacer más asequible el uso de esta tecnología.
- En cuanto a las ventajas de utilizar fuentes de energía renovables encontramos que las principales es el largo tiempo de vida que tienen estos sistemas, y los mantenimientos mínimos que se tienen que realizar suponen un ahorro de dinero significativo.
- Las desventajas pueden resumirse en el deterioro del paisaje, debido a las construcciones que se tienen que realizar; la estacionalidad de la producción de energía, por ejemplo, la producción de energía hidroeléctrica depende de factores como el caudal del agua y la geografía del terreno, mientras que la energía solar depende del nivel de irradiación solar en la zona.
- El principal beneficio social que se puede identificar con la implementación de paneles solares fotovoltaicos es incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales, utilizando sistemas de energía solar se podría mejorar la calidad educativa y los servicios médicos de la zona garantizando suministro eléctrico.
- El costo de generación ha ido disminuyendo sustancialmente desde el 2010 y se proyecta que al año 2030 su costo disminuya en un 65%., disminuyendo así el costo de energía eléctrica para los consumidores finales y haciendo más accesible a este servicio básico.

- El uso de este tipo de energía solar fotovoltaica para diversos proyectos permite ser responsables con el cuidado de la calidad de aire y la reducción de la huella de carbono generada actualmente, logrando cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. Siendo su emisión de carbono de 10 a 15 kg CO<sub>2</sub>/GJ., casi 20 veces menos que la emisión de carbono utilizando fuentes de energía no renovables.
- La electrificación rural permite democratizar el acceso a servicios básicos de energía, salud y educación, que serían imposible lograr sin un adecuado acceso a la red eléctrica. Dentro del Plan de Electrificación Rural 2016-2025, se calcula que con una inversión de S/. 2,400,000,000, se puede beneficiar a más de 1,600,000 peruanos, permitiendo así que las comunidades crezcan sosteniblemente y mejoren su calidad de vida.
- Proyectos como Proyecto Fotovoltaico adjudicado a la empresa Ergon Perú SAC. A se realizó la instalación de un total de 200 mil paneles solares, los cual brindarían el servicio de energía eléctrica, además de la operación y mantenimiento por 15 años. Este proyecto abarca también la instalación de paneles solares en centros educativos y postas médicas, asegurando también condiciones mínimas de educación y salud en las comunidades beneficiadas.
- El Perú es considerado uno de los países con la matriz energética más limpia en todo el mundo, debido al amplio uso de fuentes energéticas renovables para la producción de energía eléctrica, siendo la energía hidroeléctrica como la más usada correspondiendo a un 16.3% de toda la matriz energética del Perú.
- La energía solar tiene una participación pequeña dentro de la matriz energética, pero es considerada como el futuro de la matriz energética del Perú. La central solar Rubí en Moquegua es una referencia de que proyectos solares resultan beneficiosos a largo plazo. Además, mientras se van desarrollando nuevas tecnologías solares, y reduciendo

costos, se vuelve una alternativa más viable para usos más industriales o para personas naturales también.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTE store. (2020). *COMPONENTS FOR YOUR SOLAR PANEL (PHOTOVOLTAIC) SYSTEM*. Retrieved Septiembre 7, 2020, from <https://www.altestore.com/howto/components-for-your-solar-panel-photovoltaic-system-a82/>
- América Economía. (2019). *Matriz energética del Perú destaca entre las más limpia de Latinoamérica, según Ministerio de Energía*. Retrieved Mayo 17, 2020, from <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/matriz-energetica-del-peru-destaca-entre-las-mas-limpia-de-latinoamerica-segun>
- Andina. (2014). *Implementarán secadores solares en la producción de orégano en Moquegua*. Retrieved Septiembre 7, 2020, from <https://andina.pe/agencia/noticia-implementaran-secadores-solares-la-produccion-oregano-moquegua-466124.aspx>
- Best, G. (2000). *Energía solar para el desarrollo rural*. Retrieved Julio 17, 2020, from <http://www.fao.org/Noticias/2000/001003-s.htm#:~:text=%22Los%20sistemas%20de%20energ%C3%ADa%20solar,de%20Energ%C3%ADa%20de%20la%20FAO.>
- Castellano, F. (2013). *Comparación de herramientas de cálculo de instalaciones de agua caliente sanitaria mediante energía solar*. Retrieved Septiembre 7, 2020, from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5198/fichero/1.+Sistemas+solares+t%C3%A9rminos.pdf>
- Congreso de la República. (2006). *LEY N° 28749. Ley general de electrificación rural*. Retrieved Junio 22, 2020, from [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Ley%20N%C2%B0%2028749%20-%20Ley%20General%20de%20Electrificaci%C3%B3n%20Rural.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Ley%20N%C2%B0%2028749%20-%20Ley%20General%20de%20Electrificaci%C3%B3n%20Rural.pdf)

- Diario El Peruano. (2019). *Fuentes renovables son el futuro energético del Perú*. Retrieved Mayo 18, 2020, from <https://elperuano.pe/noticia-fuentes-renovables-son-futuro-energetico-del-peru-86266.aspx>
- Díaz, T., & Carmona, G. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Barcelona: McGraw-Hill. Retrieved Abril 24, 2020, from <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Dirección General de Electrificación Rural. (2020). *Objetivos Estrategias*. Retrieved Diciembre 18, 2020, from [http://dger.minem.gob.pe/Institucional\\_ObjetoivosEstrategias.aspx](http://dger.minem.gob.pe/Institucional_ObjetoivosEstrategias.aspx)
- EERE. (2020). *Concentrating Solar Power*. Retrieved Septiembre 7, 2020, from <https://www.energy.gov/eere/solar/concentrating-solar-power>
- El Comercio. (2018). *Osinermin: El 6% de la población no cuenta con electricidad*. Retrieved Julio 17, 2020, from <https://elcomercio.pe/economia/osinermin-6-poblacion-cuenta-electricidad-noticia-493422-noticia/>
- El Economista. (2018). *La industria de la energía solar prevé crear 10,000 empleos en 2019*. Retrieved Julio 16, 2020, from <https://www.eleconomista.com.mx/capitalhumano/La-industria-de-la-energia-solar-pr-eve-crear-10000-empleos-en-2019-20180731-0056.html>
- El Economista. (2019). *Inversión privada, efecto positivo para el cliente y precios bajos al país: Miguel Ángel Alonso*. Retrieved Julio 17, 2020, from <https://www.eleconomista.com.mx/economia/Inversion-privada-efecto-positivo-para-el-cliente-y-precios-bajos-al-pais-Miguel-Angel-Alonso-20190928-0009.html>

- ENEL. (2018). *¿Qué es la energía hidroeléctrica y cómo funciona?* Retrieved Mayo 3, 2020, from <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-hidroelectrica-y-como-funciona.html>
- ENEL. (2018). *Planta Solar Rubí: la nueva era de la energía llegó al Perú.* Retrieved Mayo 18, 2020, from <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/rubi-la-central-solar-de-enel-mas-grande-del-peru.html>
- Enerkraft. (2020). *Types of Solar PV Systems.* Retrieved Septiembre 7, 2020, from <http://www.enerkraft.co/types-solar.html>
- García, M. (2017). *El mundo sin petróleo se acerca... y no será el apocalipsis.* Retrieved Septiembre 3, 2020, from <https://www.elindependiente.com/economia/2017/02/04/el-mundo-sin-petroleo-se-acerca-y-no-sera-el-apocalipsis/>
- HogarSense. (2020). *¿Qué componentes tiene un sistema de energía solar térmica?* Retrieved Septiembre 7, 2020, from <https://www.hogarsense.es/energia-solar/componentes-energia-solar-termica>
- Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética.* España: Instituto Tecnológico de Canarias. Retrieved Junio 15, 2020, from <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- La República. (2019). *Familias de Caylloma se benefician con la entrega de 30 cocinas solares en Arequipa.* Retrieved Junio 8, 2020, from <https://larepublica.pe/sociedad/2019/09/13/familias-de-caylloma-se-benefician-con-la-entrega-de-30-cocinas-solares-en-arequipa/>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2012). *Elaboración de la Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica, como instrumentos de Planificación.*

Retrieved Diciembre 20, 2020, from [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/Informe\\_completo\\_Estudio\\_NUMES.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/Informe_completo_Estudio_NUMES.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (2010). *Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.* Retrieved

Mayo 3, 2020, from [http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-9ozj22z9ap5zz33z-DL\\_de\\_promocion\\_de\\_la\\_inversion\\_para\\_la\\_generacion\\_de\\_electricidad\\_con\\_el\\_uso\\_de\\_energias\\_renovables\\_1002.pdf](http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-9ozj22z9ap5zz33z-DL_de_promocion_de_la_inversion_para_la_generacion_de_electricidad_con_el_uso_de_energias_renovables_1002.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (2012). *Elaboración de la Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación.* Retrieved Mayo 17, 2020, from

[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/Informe\\_completo\\_Estudio\\_NUMES.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/Informe_completo_Estudio_NUMES.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Instalan más de 80 mil paneles solares en zonas rurales del Perú.* Retrieved Julio 18, 2020, from

[http://www.minem.gob.pe/\\_detallenoticia.php?idSector=8&idTitular=8660](http://www.minem.gob.pe/_detallenoticia.php?idSector=8&idTitular=8660)

Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Minem ejecutó 19 proyectos de electrificación rural por más de S/ 170 millones en lo que va del 2019.* Retrieved Julio 18, 2020, from

<https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/65950-minem-ejecuto-19-proyectos-de-electrificacion-rural-por-mas-de-s-170-millones-en-lo-que-va-del-2019>

Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Presupuesto del año 2020 del Minem priorizará llevar energía eléctrica a más peruanos.* Retrieved Junio 22, 2020, from

<https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/69403-presupuesto-del-ano-2020-del-minem-priorizara-llevar-energia-electrica-a-mas-peruanos>

Osinermin. (2008). *Red de Transporte y Distribución de Gas Natural de Lima y Callao*.

Retrieved Mayo 17, 2020, from <http://www2.osinermin.gob.pe/pagina%20osinermin/gas%20natural/contenido/Redes001.html>

Osinermin. (2013). *Introducción a las energías renovables*. Retrieved Mayo 3, 2020, from

<http://www2.osinermin.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>

Plitt, L. (2010). *¿Cuál es el verdadero impacto de un derrame de petróleo?* Retrieved Mayo

3, 2020, from [https://www.bbc.com/mundo/internacional/2010/04/100428\\_derrame\\_petroleo\\_claves\\_lp](https://www.bbc.com/mundo/internacional/2010/04/100428_derrame_petroleo_claves_lp)

PV Magazine. (2020). *Argentina, Chile, México y Perú, entre los países con mejor potencial de la fotovoltaica del mundo*. Retrieved Septiembre 3, 2020, from

<https://energialimpiaparatodos.com/2020/08/19/banco-mundial-destaca-potencial-pv-america-latina/>

Schmerler, D. (2019). *Energías renovables no convencionales en el Perú: hacia un desarrollo energético eficiente y sostenible*. Retrieved Mayo 18, 2020, from

<https://revistaenergia.pe/energias-renovables-no-convencionales-en-el-peru-hacia-un-desarrollo-energetico-eficiente-y-sostenible/>

Tech4CDM. (2008). *La Electrificación Rural en Perú*. Retrieved Junio 22, 2020, from

<http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00282.pdf>

Tesla. (2014). *Tesla Gigafactory*. Retrieved Septiembre 3, 2020, from

<https://www.tesla.com/gigafactory>

The John A. Dutton e-Education Institute. (2020). *PV System Types and Components*.

Retrieved Septiembre 7, 2020, from <https://www.e-education.psu.edu/ae868/node/872>

Zipp, K. (2015). *What are some common types of solar PV and storage installations?*

Retrieved Septiembre 7, 2020, from

[https://www.solarpowerworldonline.com/2015/10/what-are-some-common-types-of-s](https://www.solarpowerworldonline.com/2015/10/what-are-some-common-types-of-solar-pv-and-storage-installations/#:~:text=There%20are%20three%20main%20types,)

[olar-pv-and-storage-installations/#:~:text=There%20are%20three%20main%20types,](https://www.solarpowerworldonline.com/2015/10/what-are-some-common-types-of-solar-pv-and-storage-installations/#:~:text=There%20are%20three%20main%20types,)

[get%20out%20of%20the%20system.](https://www.solarpowerworldonline.com/2015/10/what-are-some-common-types-of-solar-pv-and-storage-installations/#:~:text=There%20are%20three%20main%20types,)