

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**



TESIS

**BÚSQUEDA DE EMPLAZAMIENTOS ÓPTIMOS PARA ALBERGAR
INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REGIÓN PUNO**

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO RAMOS GONZALEZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

BÚSQUEDA DE EMPLAZAMIENTOS ÓPTIMOS PARA ALBERGAR
INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REGIÓN PUNO

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO RAMOS GONZALEZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE



.....
Dr. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA

PRIMER MIEMBRO



.....
Dr. IVÁN DELGADO HUAYTA

SEGUNDO MIEMBRO



.....
Dr. EDSON APAZA MAMANI

ASESOR DE TESIS



.....
Dr. MAXIMO AMANCIO MOLTALVO ATCO

Puno, 02 de julio de 2019

ÁREA: Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

DEDICATORIA

A Dios, quien diariamente vela por mi camino.

A mis familiares, quienes con su apoyo moral contribuyen a mi desarrollo profesional.

A mis amigos y allegados, quienes con su motivación y apoyo moral imperecedero, motivan la concreción de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, Alma Mater que me albergó en mis estudios de posgrado.
- A los docentes de posgrado, quienes contribuyeron en mi formación profesional.
- A los jurados y asesor de investigación, quienes con sus recomendaciones, contribuyeron a la ejecución de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I**REVISIÓN DE LITERATURA**

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Energías renovables	3
1.1.2. Energía solar fotovoltaica	6
1.1.3. Potencial solar-información base: base de datos de irradiación solar a nivel nacional	12
1.1.4. Estructura de la información geográfica	14
1.1.5. Funciones de un Sistema de Información geográfica (SIG)	15
1.1.6. Estructuras de los datos de un Sistema de Información geográfica (SIG)	15
1.1.7. Instrumentos Solarimétricos	17
1.1.8. Principio de funcionamiento	19
1.1.9. Marco legal para obtener la superficie apta	21
1.1.10. Marco legal para paneles solares	23
1.1.11. Importancia de los paneles solares en la agricultura	24
1.2. Antecedentes	25

CAPÍTULO II**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1. Identificación del problema	31
2.2. Enunciados del problema	32
	iii

1.2.1. Problema general	32
1.2.2. Problemas específicos	32
2.3. Justificación	33
2.4. Objetivos	34
2.4.1. Objetivo general	34
2.5. Hipótesis	34
2.5.1. Hipótesis general	34
2.5.2. Hipótesis específicos	34

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Lugar de estudio	35
3.2. Población y muestra de la investigación	36
3.2.1. Población	36
3.2.2. Muestra	36
3.3. Método de investigación	36
3.4. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	36
3.5.1. Tabla de recolección de datos por objetivos	43

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Localización de emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la Región de Puno	44
4.1.1. Características de la propuesta de ubicación de emplazamientos óptimos en el Distrito de Capachica	44
4.1.2. Propuesta de dimensionamiento e instalación de un sistema fotovoltaico en el Distrito de Capachica	47
4.1.3. Energía solar incidente diaria	48
4.1.4. Índice de radiación ultravioleta	49
4.1.5. Marco legal	49
4.2. Evaluación del impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno	51
4.2.1. Estudio tecnológico para albergar emplazamientos óptimos de ERNC	51
4.2.2. Encuesta sobre el grado de Satisfacción de las necesidades humanas y de la sociedad y atención a los grupos humanos más vulnerables	52

4.3.	Análisis de alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno	52
4.3.1.	Método de análisis de ciclo de vida (ACV)	53
4.3.2.	Vida útil de paneles fotovoltaicos	54
4.3.3.	Propuesta para la conservación de los paneles fotovoltaicos en Cotos, Capachica	55
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA	61
	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio nacional	13
2. Relación de estaciones meteorológicas utilizadas	38
3. Recolección de datos por objetivo	43
4. Consumo mensual y promedio diario	47
5. Impacto tecnológico de la instalación de equipos fotovoltaicos	52
6. Satisfacción de necesidades según vulnerabilidad de grupos humanos	52
7. Degradación de paneles fotovoltaicos	55
8. Comparación de antes y después de la instalación de panel solar en las viviendas. En Kw	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Clasificación de las fuentes de energía renovable y no renovable	5
2. Clasificación general de las fuentes renovables	6
3. Esquema general básico de un sistema fotovoltaico autónomo AC	8
4. Esquema básico de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica	10
5. Potencial solar (Energía solar incidente diaria anual)	13
6. Representación de la realidad en formato vector y raster	17
7. Pirómetro black y White, Eppley	18
8. Pirheliómetro para la medición de la radiación solar Directa	20
9. Accesorios del pirheliómetro: a) receptor de señal. b) adquisidor de datos c) filtros solares	21
10. Proceso a seguir para la obtención de superficies aptas	37
11. Índice de radiación Ultravioleta en el Departamento de Puno	39
12. Territorio de la Región de Puno	40
13. Evaluación tecnológica y social de energías renovables no convencionales	42
14. Ubicación del distrito de Capachica	45
15. Ubicación del emplazamiento óptimo en el distrito de Capachica, Comunidad de Cotos	46
16. Energía solar incidente diaria: media mensual	48
17. Índice de Radiación ultravioleta	49
18. Regulación de Energías no Renovables antes del 2008	50
19. Regulación de Energías no Renovables después del 2008	51

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	67

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ERNC: Energías Renovables No Convencionales

RESUMEN

En la investigación se plantea como objetivo: localizar emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la región de Puno. En cuanto a la metodología, la investigación es de enfoque cuantitativo, el diseño es descriptivo. En cuanto al objetivo general, el proceso metodológico utilizado fue: a) elección de la zona de estudio; b) Imposición de restricciones y c) determinación de superficies aptas. Para este efecto se utilizó información in situ (de campo) y del SENHAMI. Para la sistematización de la información se utilizó la hoja de cálculo de Excel. La muestra de investigación estuvo conformada por la zona de emplazamientos óptimos en el distrito de Capachica. Se planteó la siguiente hipótesis: La falta de Suministro de Energía eléctrica precisa la búsqueda de emplazamientos óptimos con el fin de mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental. Se arribó a la siguiente conclusión: La zona de emplazamiento óptimo se ubica en la zona este de la Península de Capachica, en la Comunidad Campesina de Cootos, en las coordenadas: 15°38'22"S y 69°58'37"O, cumple con los requerimientos para instalar la estructura solar fotovoltaica: a) El terreno es consistente y plano, b) la zona recibe luz solar durante todo el día, c) se ubica en la parte central del Distrito de Capachica, pudiendo abastecer energía a 22 familias y mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental.

Palabras clave: Emplazamientos óptimos, energías renovables, equipos fotovoltaicos, energía solar, instalaciones.

ABSTRACT

The objective of the research is to locate optimal locations to house renewable energy installations (solar photovoltaic) in the Puno region. Regarding the methodology, the research is quantitative, the design is descriptive. Regarding the general objective, the methodological process used was: a) choice of the study area; b) Imposition of restrictions and c) determination of suitable surfaces. For this purpose, in situ (field) and SENHAMI information was used. For the systematization of the information, the Excel spreadsheet was used. The research sample consisted of the area of optimal locations in the Capachica district. The following hypothesis was proposed: The lack of electricity supply requires the search of optimal sites in order to improve the quality of life of the population and reduce environmental pollution. The following conclusion was reached: The zone of optimal location is located in the eastern zone of the Peninsula of Capachica, in the Coomas Community of Cootos, at the coordinates: $15^{\circ} 38'22''$ S and $69^{\circ} 58'37''$ W , meets the requirements to install the photovoltaic solar structure: a) The ground is consistent and flat, b) the area receives sunlight throughout the day, c) is located in the central part of the Capachica District, and can supply energy to 22 families and improve the quality of life of the population and reduce environmental pollution.

Keywords: Installations, optimal locations, photovoltaic equipment, renewable energies, solar energy.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el acceso a la energía eléctrica es un factor importante en el desarrollo de la humanidad. Hoy en día, la producción de energía eléctrica depende en gran medida de los recursos fósiles disponibles y la posibilidad de acceso a la red eléctrica (Rosso y Kafarov, 2015). El desarrollo tecnológico e industrial a nivel mundial ha propiciado que actualmente se requieran grandes cantidades de energía para la producción de bienes y servicios. En el entendido de que el agua no es renovable, es prioritario el utilizarlos de forma racional y eficiente, al mismo tiempo que se desarrollan otras fuentes de suministro de energía. Estas últimas, en buena medida deberán ser renovables y con un mínimo de impacto ambiental, como la solar o la eólica. La intensa generación de bióxido de carbono (CO₂) por la quema de combustibles fósiles y la progresiva acumulación de este compuesto en la atmósfera está perturbando los patrones climáticos, lo que se manifiesta a través de los gases de efecto invernadero. Científicos de todo el mundo estiman que de mantenerse la actual tendencia, las alteraciones climáticas se agravarán con consecuencias catastróficas.

El tema del ahorro y uso eficiente de la energía, bajo el concepto de eficiencia energética, es un recurso que adquiere vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, generando como consecuencia la contaminación ambiental de los gases de efecto invernadero, cuyo objeto se enmarca en el planteamiento de soluciones y aplicación de medidas factibles y detener el deterioro ambiental del planeta.

De este problema ambiental ha surgido el concepto Green Economy, el cual ha ganado mucha importancia entre los académicos y los encargados de hacer políticas en lo que respecta a temas de producción de energía. El uso y producción de energía renovable no supera el 20% en el actual consumo a nivel nacional. Mientras tanto, la demanda de energía incrementa excesivamente a causa del aumento de la población y el desarrollo industrial, por este motivo se promueven políticas económicas, ambientales y sociales orientadas a la búsqueda de nuevas formas de suplir las necesidades energéticas de la población. Ante ello, es importante empezar a explotar el potencial solar de la Región de Puno, en ese marco, empieza a emerger una nueva economía climática como resultado de la escasez de recursos, los graves efectos del calentamiento global y la innovación industrial.

Tomando en cuenta que la radiación presentan niveles de radiación solar directa (DNI) por encima de $6.36 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$ (SENAMHI, 2018). Es importante señalar que para detonar las fuentes de energía renovable en el país, se hace necesario constituir un marco regulatorio que clarifique las condiciones del mercado.

Por otra parte, este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente. Dos ventajas en las instalaciones de generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico es que son autónomos y pueden estar interconectadas a la red de suministro eléctrico, de donde se deriva una de sus más importantes aplicaciones en la actualidad.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Energías renovables

Según Merino (2014) las energías renovables son inagotables. Utilizar la radiación solar para producir calor o electricidad no disminuye en ningún caso la cantidad de energía que el Sol envía a la Tierra. Otro tanto sucede con el viento. Por más aerogeneradores que extrajeran su fuerza y la convirtieran en electricidad nunca trastocarían el equilibrio térmico del planeta. Sí podría hacerlo el uso indiscriminado de biomasa natural, el primer recurso energético que utilizó el hombre, más allá de su fuerza bruta. Un aprovechamiento excesivo de la biomasa natural en forma de leña, por ejemplo provocaría una rápida degradación de los ecosistemas naturales. Aun así, sigue siendo la base del consumo energético de los países en vías de desarrollo que, en muchos casos, explotan las masas vegetales por encima de sus posibilidades productivas, lo que provoca problemas de erosión y desertización.

Lejos de ser inagotables, los combustibles fósiles se están acabando. Hasta el punto de que su control estratégico provoca conflictos políticos y sociales en el mundo, como se ha plasmado en la guerra de Irak, la primera guerra del Golfo o las revueltas acaecidas en Venezuela o Bolivia. Analistas de todo el mundo coinciden en que, más allá de los argumentos esgrimidos por la Administración de Estados Unidos, actor principal en los citados conflictos, se vislumbra un fenómeno que afecta a todos los países industrializados: su adicción al petróleo (Josa, 2013).

Acorde con las estadísticas, se espera que las fuentes de energías convencionales puedan ser usadas por 200-300 años de acuerdo con la velocidad de desarrollo actual. El desarrollo sostenible de las sociedades requiere un balance entre la generación de energía y la protección del medio ambiente.

La revisión del contexto energético mundial está generando cada vez más un mayor impacto en el mundo, y su incertidumbre viene disminuyendo. El sector energético es el responsable del 60 % de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y la falta del servicio básico de energía (1,5 billones de personas en el mundo) impacta la cobertura de las necesidades de la población. De hecho, las comunidades rurales representan el 85 % de las zonas con pobreza energética, pero el acceso a la energía es más afectado por la poca capacidad de pago que por el despliegue de infraestructura eléctrica o fuentes de generación.

Humberto (2014) menciona que la Red Inteligente, considerada la siguiente generación de la red eléctrica tradicional, tiene entre sus objetivos la integración de fuentes de energía renovables. Por su parte, la demanda energética actual obliga a buscar nuevas formas de generación de energía, entre las cuales las fuentes de energía renovable están teniendo gran acogida, ya que son formas alternativas de generación de energía diferentes a las fuentes convencionales y no contaminan el medio ambiente. De hecho, este estudio aborda el tema de las energías renovables, y hace especial énfasis en los sistemas fotovoltaicos, que son una tecnología promisoría para generar energía eléctrica a partir de la energía solar. Además, se muestra el contexto actual y los escenarios futuros de la utilización de la energía solar en el mundo, tanto en la parte técnica como en el campo económico, regulatorio y social. Las políticas de Estado y las reducciones en los costos de las tecnologías determinarán qué tanto demorará la migración a las redes inteligentes. Los resultados de esta investigación muestran no solo la necesidad de un marco regulatorio en cuanto a generación distribuida a partir de energías renovables, sino cómo la energía solar fotovoltaica, potenciada dentro de las redes inteligentes, está siendo considerada una alternativa eficiente y económica para la generación de energía, utilizada cada vez más a nivel mundial.

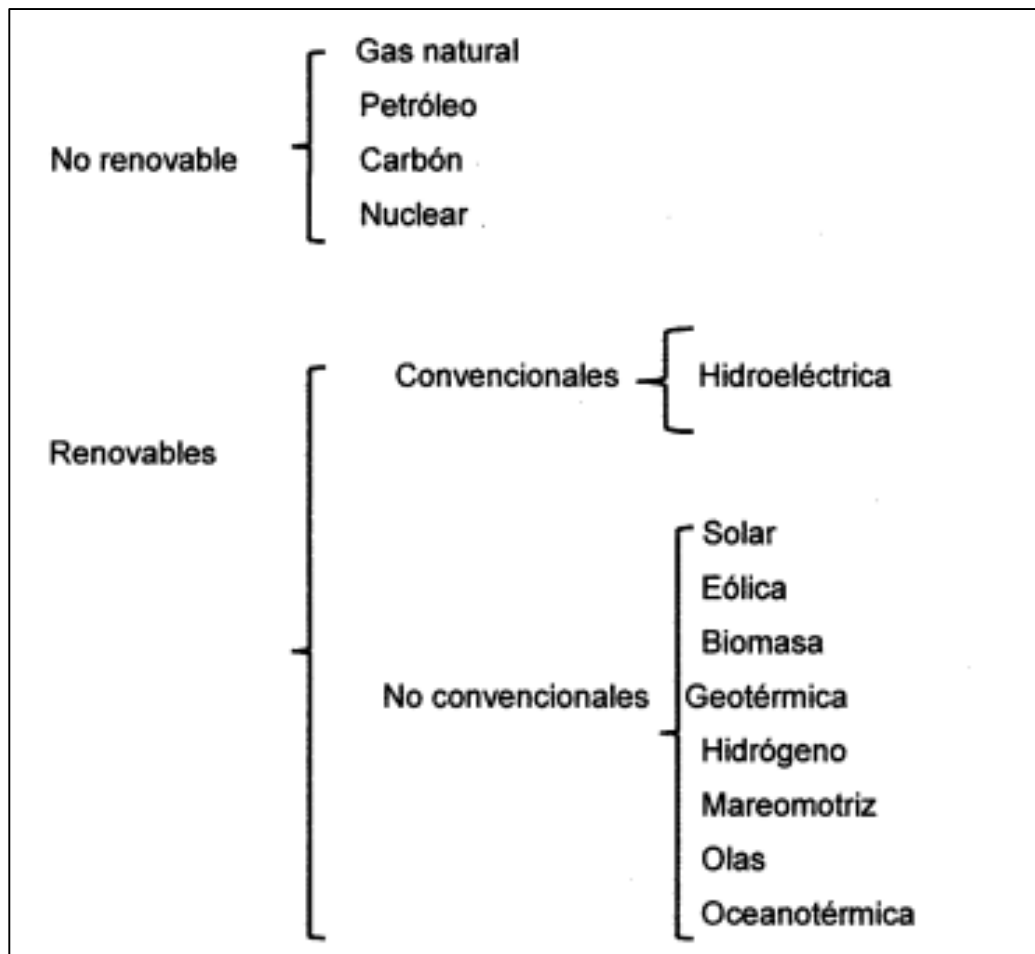


Figura 1. Clasificación de las fuentes de energía renovable y no renovable

Fuente: Huisa (2013).

1.1.1.1. Almacenamiento de energía

Debido a que el costo de las baterías en un sistema PV es del 15-50 % de los proyectos, es necesario lograr proteger su vida útil al máximo. Para ello se han ideado métodos para controlar la carga y descarga de las mismas [48]. Por su parte, en se plantea la conmutación automática entre la energía que provee el sistema PV y la red eléctrica nacional. Es decir, cuando la capacidad de los paneles solares y las baterías no son suficientes para abastecer la carga conectada, entonces se conmuta la generación de energía hacia la que suministra la red eléctrica que provee el proveedor.

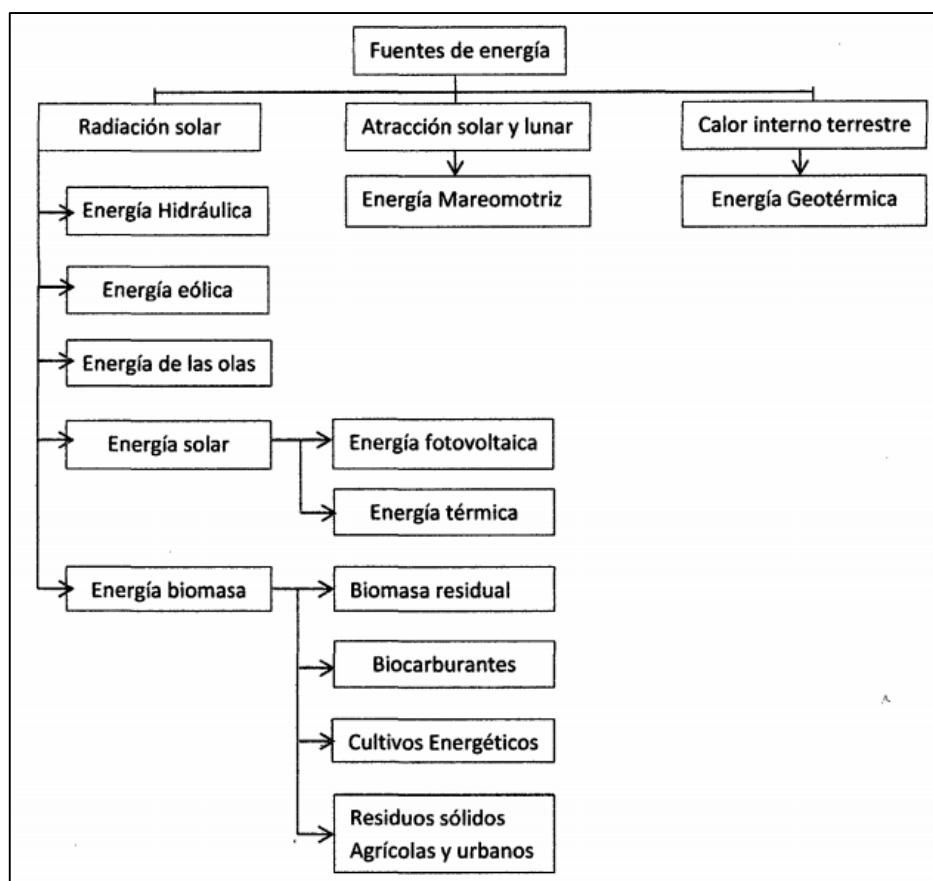


Figura 2. Clasificación general de las fuentes renovables

Fuente: Huisa (2013).

1.1.2. Energía solar fotovoltaica

Es la radiación solar transformada en electricidad por medio de células fotovoltaicas (FV). Una instalación solar fotovoltaica conectada a red está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, generando energía eléctrica en forma de corriente continua y adaptándola para hacerla utilizable (corriente alterna).

Según Feull y Fulp (2010) mencionan que los sistemas que conforman la instalación solar fotovoltaica conectada a la red son los siguientes:

- Sistema generador fotovoltaico, compuesto por paneles, placas o módulos (son el componente más conocido), que a su vez contienen un conjunto de elementos semiconductores conectados entre sí, denominados células, y que captan los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en

una corriente continua de electrones, es decir transformar la energía solar en energía eléctrica.

- Inversor que transforma la corriente continua producida por los módulos en corriente alterna de las mismas características que la de la red eléctrica.
- Conjunto de protecciones, elementos de seguridad, de maniobra, de medida y auxiliares.

Existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos: sistemas aislados y sistemas conectados a la red eléctrica (en este caso existen lugares en los que la regulación lo permite y otros en los que no es posible). También es importante destacar que existen diferentes tipos de placas fotovoltaicas según el material que forma las células, de materiales amorfos, de materiales policristalinos, de materiales monocristalinos, y esto incide en su costo y efectividad (Lucarelli, 2010).

El Ministerio de Energía y Minas (2013) en su Plan de Acceso Universal a la Energía, señala que la “energía es prioridad para las necesidades básicas humanas, especialmente en electricidad para *satisfacer la iluminación, comunicación y servicios comunitarios*”.

Por otro lado Lumbreras (2017) considera que la energía es más que electricidad o el combustible para el uso en transporte, calefacción o alimentación; la energía contribuye a facilitar el estudio, el acceso a la información, agua y un mejor servicio de salud, mejorando las condiciones de habitabilidad, entre otros aspectos. Además considera, que puede permitir la productividad y explotación de los recursos naturales. Es decir, el autor deja claro y de manera explícita que la energía ofrece servicios que es fundamental y un derecho para cualquier persona humana.

De las experiencias de otros países como es el caso de Bangladesh donde han demostrado que la electrificación rural contribuyó con el desarrollo de sus pueblos, se puede afirmar, que uno de los pilares para la lucha contra la pobreza es el acceso a la energía como condición mínima para el desarrollo de las comunidades, entendiéndose como energía las que se usa para iluminación artificial, funcionamiento de máquinas y equipos y para generar calor. Su

disponibilidad está asociada al mejoramiento de las condiciones de educación, salud, seguridad y actividades productivas (AIF, 2009).

1.1.2.1. Sistemas fotovoltaicos autónomos

Según Alonso (2002) la energía eléctrica producida a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir una determinada demanda eléctrica en lugares remotos aislados de la red eléctrica, donde resultan competitivos con los convencionales, tanto en términos económicos de fiabilidad de suministro.

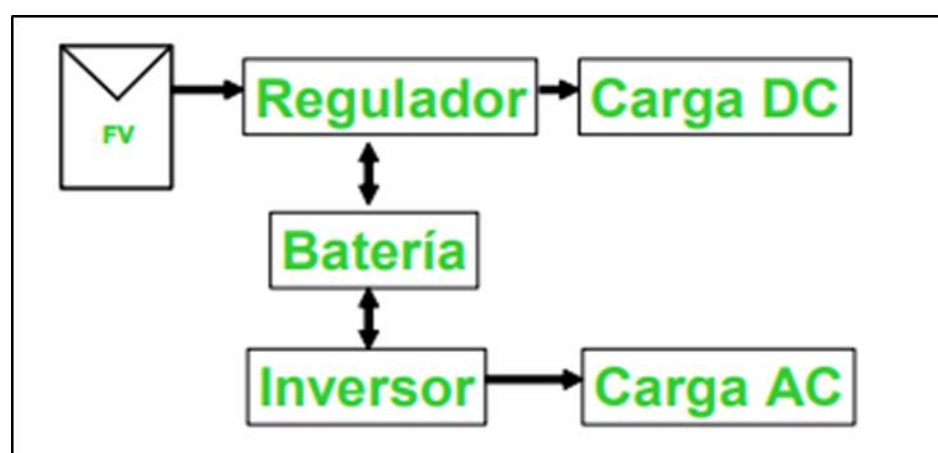


Figura 3. Esquema general básico de un sistema fotovoltaico autónomo AC

El sistema puede ser completamente AC o contar con otras fuentes de generación de energía, diesel, eólica,... formando sistemas híbridos (Alonso, 2002).

La energía solar fotovoltaica es inherentemente una tecnología descentralizada. La potencia eléctrica puede instalarse allí donde se necesite. Cada casa, escuela, centro comercial o transmisor puede contar con su propio sistema independiente. Sin embargo estos sistemas descentralizados necesitan de una cierta “vigilancia” por parte de los usuarios. Esta vigilancia puede reducirse en el caso de sistemas centralizados. Un sistema centralizado tiene todos los módulos, baterías, inversores y sistemas de control necesarios para, por ejemplo, dar suministro a un pueblo entero. En este caso se puede disponer de personal adecuado para el mantenimiento del sistema.

1.1.2.2. Sistemas de electrificación

Uno de los mercados con más demanda actual son el suministro de energía para viviendas (principalmente iluminación y electrodomésticos) aisladas de la red eléctrica tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados. Casas aisladas (electrificación distribuida) o pueblos enteros (electrificación centralizada) pueden generar su propia electricidad, sin necesidad de un mantenimiento sofisticado o suministros regulares de combustible. También pequeñas clínicas pueden operar con refrigeradores para vacunas, radios de emergencia y otras cargas críticas. Normalmente estas aplicaciones están en lugares remotos y no hay dinero para el mantenimiento de un generador o para combustible. Las casas para vacaciones o incluso residencias regulares pueden tener todo el confort de la vida moderna con un sistema de energía solar FV, incluyendo: iluminación, electrodomésticos, radio, TV, vídeo, microondas, ordenadores, herramientas y refrigeración.

1.1.2.3. Sistemas profesionales

Las telecomunicaciones y aplicaciones profesionales son uno de los mercados históricos de la energía solar fotovoltaica. El equipo utilizado en la mayoría de estas aplicaciones opera en DC, haciendo el acoplo a la energía DC FV simple y económico. El bajo tiempo de fallos en estos sistemas resulta terriblemente caro, por tanto la fiabilidad es crítica. Por otro lado la modularidad y flexibilidad de los sistemas FV hacen que se pueda utilizar para alimentar desde el más pequeño de los sistemas de telemetría hasta el mayor de los repetidores de microondas, situados a veces en lugares muy remotos e inaccesibles. También cabe mencionar las aplicaciones para radiocomunicaciones en zonas rurales aisladas. Como ejemplos de este tipo de aplicaciones se pueden citar:

- Repetidores de microondas, radio, TV o telefonía móvil.
- Estaciones de telemetría.
- Radioteléfonos.

1.1.2.4. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica tienen como objetivo principal maximizar anualmente la producción de energía eléctrica que es inyectada a la red.

Las principales aplicaciones de estos sistemas son para:

- Tejados en viviendas (integración en edificios), en los que la instalación está físicamente situada en un edificio que habitualmente se encuentra en un entorno urbano.
- Plantas de generación de energía (centrales fotovoltaicas), en las que la instalación FV funciona como una central convencional de generación de energía en el sentido de que inyecta toda la producción eléctrica a la red.

No obstante existen también otro tipo de aplicaciones en las cuales los módulos fotovoltaicos son utilizados como elementos constructivos en diversos entornos urbanos tales como barreras anti sonido en autopistas y vías de tren, cubiertas de piscinas y aparcamientos, etc.

Además de la maximización anual de la energía generada, también se han de tener en cuenta otros aspectos como la integración arquitectónica y con el entorno, las posibles pérdidas por sombreado, difícilmente evitables en muchos casos de sistemas integrados en edificios, aspectos de seguridad y calidad de la energía generada así como la ausencia de efectos perturbadores de la red eléctrica.

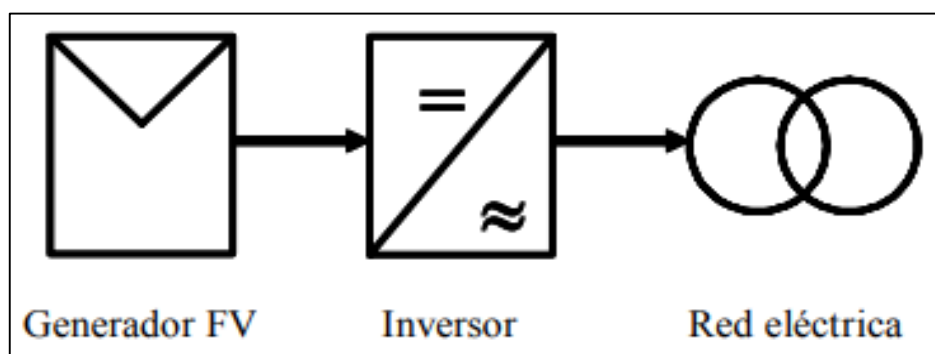


Figura 4. Esquema básico de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

La potencia nominal de las instalaciones en viviendas unifamiliares o edificios en general está relacionada con la superficie útil disponible para la instalación del generador fotovoltaico, aproximadamente de 8 a 10 m² por kWp en función del rendimiento del generador FV. La potencia típica de la mayor parte de las instalaciones se sitúa en torno a los 5 kWp en viviendas unifamiliares y hasta 100 kWp en otras instalaciones en edificios e integración urbana. La conexión a red de este tipo de instalaciones se puede realizar directamente a la red de baja tensión en modo monofásico hasta 5 kW y en trifásico para el resto.

1.1.2.5. Análisis de la situación de la energía solar en el mundo

El mundo está moviéndose rápidamente para adoptar más pequeñas y locales fuentes de generación de energía. Los gobiernos en todo el mundo quieren acelerar esta transición de un modelo completamente centralizado a un modelo distribuido. Incluso, las políticas del mercado están buscando maximizar un número de variables simultáneas en la búsqueda de una buena política de renovación energética. En Japón, Alemania, España y Estados Unidos la electricidad ha tenido un crecimiento importante: en promedio, 25 % para los últimos 25 años. Sin embargo, estos países no han logrado este despliegue de tecnología de una misma manera o dentro del mismo marco político. Por el contrario, otros países han intentado variar estas estrategias y no han logrado estimular un crecimiento similar. Más importante aún: las políticas que han llevado a un rápido crecimiento del mercado durante la última década en Europa han demostrado ser costosas e ineficaces para responder a las condiciones cambiantes del mercado. Mediante estos sistemas se pretende elevar el nivel del consumo de energía a un 10% de lo normal. Esta proyección responde a un análisis de situación respecto a los cambios actuales dentro de la región.

1.1.2.6. Emplazamientos de los módulos fotovoltaicos

El emplazamiento de un MFV afecta a su capacidad generadora en un doble sentido. Por una parte, el lugar determina el potencial de la radiación solar incidente (cantidad, distribución temporal y proporción de la radiación difusa). Por otro lado, la superficie particular (orientación,

inclinación y sombras) que aloja al generador determina el grado de aprovechamiento de dicho potencial. El Perú es un país de topografía muy variada, de gran diversidad climática y condiciones excepcionales que le confieren una variedad potencial de energía. Tales diferencias provocaran, como es fácil suponer, distintos comportamientos de posibles generadores fotovoltaicos (Huisa, 2013).

1.1.3. Potencial solar-información base: base de datos de irradiación solar a nivel nacional

Los principales estudios realizados en el marco del proyecto de electrificación rural, la DEP – MEM ha elaborado con la participación de SENAMHI el “Atlas de Energía Solar del Perú - 2003” (disponible en la página web del MEM, basado en las mediciones de las estaciones meteorológicas existentes, las que mayormente solamente registran la insolación (horas de sol). Si bien estos datos no son siempre los más precisos, la información disponible es suficiente para poder diseñar y dimensionar las diferentes aplicaciones (SENAMHI, 2003).

En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante uniforme durante todo el año, estando casi siempre dentro de un margen de +/- 20 % del promedio anual. es lo suficientemente alta y uniforme (comparada con otros países) para ser considerada como una fuente energética utilizable para fomentar el desarrollo de las comunidades En términos generales, este promedio anual es de 4-5 kWh/m² día en la costa y selva y de 5-6 kWh/m² día, aumentando de norte a sur (Ängström, 1924).

Zamfirescu y Dincer (2009) mencionan que se puede obtener de la radiación solar incidente mediante modelos termodinámicos, muy a la par de los modelos de sistemas de información geográfica. Donde este muestra que la máxima energía extraíble de un sistema se puede obtener por ambos ciclos que operan de una manera reversible y eficiente.

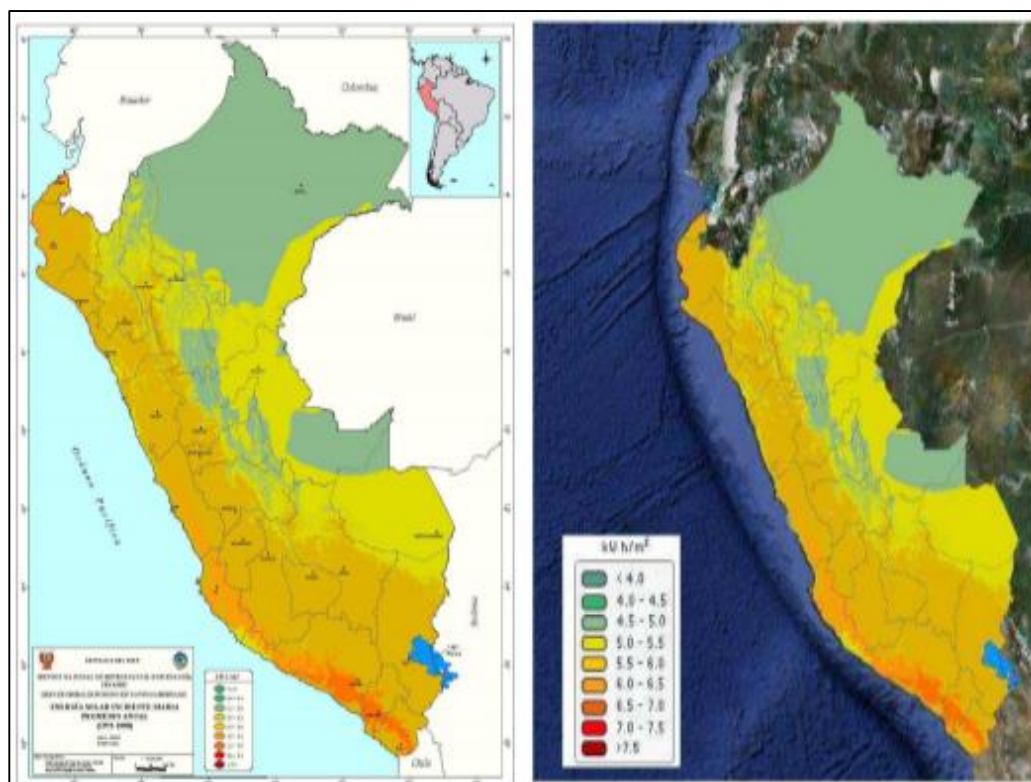


Figura 5. Potencial solar (Energía solar incidente diaria anual)

Fuente: (SENAMHI, 2003).

Tabla 1

Recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio nacional

Regiones del Perú	Promedio anual (Kwh/m ²)
Costa sur	6.0 – 6.5
Costa centro	5.5 – 6.0
Sierra	5.5 – 6.0
Selva sur	5.0 – 5.5
Selva norte	4.5 – 5.0

Fuente: Regiones geográficas de Perú (Buzai, 2001).

En este contexto, en mayo de 2008, el Estado Peruano emitió el Decreto Legislativo 1002 que promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de Recursos Energéticos Renovables (RER), tales como la energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, la biomasa y las pequeñas hidroeléctricas con una capacidad instalada de hasta 20MW (Peruano, 2008).

Las energías alternativas renovables, complementa los conocimientos en planificación de sistemas eléctricos de potencia, con un énfasis en la utilización de nuevas fuentes alternativas de energías renovables. En efecto, el futuro del aprovechamiento energético en nuestro planeta está marcado por muchos retos. Uno de los principales retos es la diversificación energética. Las energías alternativas renovables jugarán un papel cada vez más importante en este proceso de diversificación.

Las energías renovables tienen un importante papel que desempeñar, uno de ellos y el más importante es reducir las emisiones de carbono. Actualmente éstas sólo constituyen una proporción ínfima de la energía que se genera y consume en el mundo (Sanchez, 2012).

Por otra parte las energías renovables brindan oportunidades económicas. Algunas de estas tecnologías son ya competitivas a precios de mercado. La generación de electricidad descentralizada, por ejemplo, puede potenciar la inversión privada a pequeña escala. Asimismo, las energías renovables pueden hacer posible el desarrollo económico en los países en desarrollo, pues, en muchos casos, su buena situación geográfica les permite aprovechar el potencial energético (como los países situados en latitudes bajas con alta radiación solar) (Muneer, 2004).

1.1.4. Estructura de la información geográfica

La base de datos espacial de un SIG permite representar de forma digital el mundo real en función de objetos discretos, la información de estos objetos (de carácter temático o espacial), expresada de forma numérica, proporcionan una colección de datos referenciados que actúa como modelo de la realidad. La forma en la que se obtiene la información geográfica en este formato, se denomina modelo de datos. Los Sistemas de Información Geográfica utilizan dos tipos de modelos básicos de datos: el modelo raster y el modelo vectorial (Sanchez, 2012).

Rocha (2007) define a los sistemas de información geográfica como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente en la captura, almacenamiento, análisis, transformación y presentación de toda la información geográfica y sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Esta tecnología nos permite gestionar y analizar la

información espacial, que surge como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

1.1.5. Funciones de un Sistema de Información geográfica (SIG)

- Mantenimiento y análisis de datos espaciales: Transformación de formatos, geometrías, proyecciones, edición de elementos gráficos, generalización de coordenadas.
- Mantenimiento y análisis de datos no espaciales: Funciones de edición de atributos, funciones de consulta.
- Análisis integrado de datos: Recuperación, clasificación, medición, superposición, búsqueda, funciones topográficas, polígonos de Thiessen, interpolación, medición de contigüidad, proximidad, redes, dispersión, intervisibilidad, iluminación, vista en perspectiva.
- Formatos de salida: ilustración de mapas, rótulos, textos, patrones texturales, símbolos gráficos.

1.1.6. Estructuras de los datos de un Sistema de Información geográfica (SIG)

Hace referencia a como se muestran y organizan las variables y objetos para lograr una representación lo más adecuada posible. En un SIG existen dos estructuras de datos: formato raster y formato vectorial y estas a su vez, dan lugar a los dos grandes tipos de capas de información espacial.

Formato vector En esta estructura de almacenamiento, se utilizan para la descripción de los objetos geográficos, vectores, líneas o puntos, definidos por duplas de coordenadas con referencia a algún sistema de coordenadas, los cuales son expresados en función de algún tipo de proyección cartográfica. Parte de la definición de vector con respecto a magnitud y sentido. Los puntos (Figura 2) son definidos por un par de coordenadas cartesianas X, Y; las líneas o arcos son una serie de puntos ordenados secuencialmente; y los polígonos y áreas, son almacenados también como una lista de puntos ordenados secuencialmente, de tal manera que los puntos inicial y final coincidan, es decir, constituyan un nodo para

formar una figura cerrada y definida. Es así como un punto, es un nodo independiente con sus coordenadas geográficas definidas; una línea es simplemente la unión de dos nodos por medio de uno o varios arcos; y un polígono es la unión de varios nodos por intermedio de varios arcos, donde el nodo final y el inicial, son el mismo constituyendo una figura cerrada (Rocha, 2007).

Formato Raster Basa su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos. Su forma de proceder es dividir la zona correspondiente en una malla regular de pequeñas celdas denominadas píxeles y asignarle un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado que la malla es regular, el tamaño del píxel es constante y se conoce la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir entonces que todos los píxeles están georreferenciados. Así, el modelo raster es otra forma existente para el almacenamiento, procesamiento y visualización de datos geográficos.

No obstante que existen dos tipos de datos, vectoriales y raster, existe la posibilidad de convertir los primeros en los segundos, y viceversa. El procedimiento a través del cual se convierten datos vectoriales de puntos, líneas y polígonos a formato raster, formados a su vez por celdas o píxeles, con un valor temático discreto en cada una, es denominado rasterización de datos vectoriales. A su vez, el procedimiento que convierte una imagen formada por celdas en un archivo vectorial, que puede o no incluir la creación de topología se denomina vectorización de datos raster.

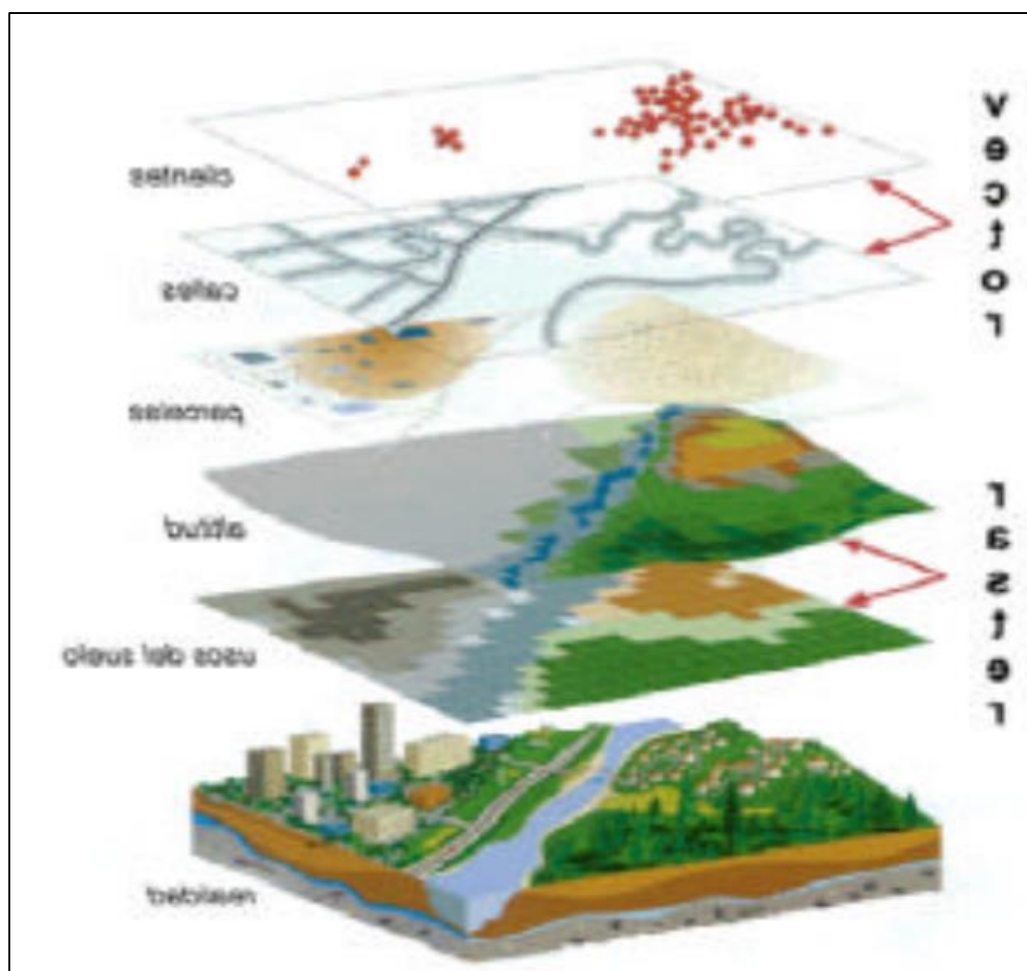


Figura 6. Representación de la realidad en formato vector y raster

Fuente: Sistemas de Información Geográfica (Rocha, 2007).

1.1.7. Instrumentos solarimétricos

La radiación solar que llega a la superficie comprende el espectro visible con longitudes de onda entre 0,4 y 0,7 μ m, una parte del ultravioleta entre 0,3 y 0,4 μ m, y también el infrarrojo entre 0,7 y 5 μ m. Esta irradiación solar llega al suelo en dos formas, como irradiación solar directa e irradiación solar difusa, y ambos tipos de irradiación constituyen la irradiación solar global (WMO, 1992).

Los componentes de la irradiación solar que están sujetos a mediciones para fines meteorológicos, y que son de uso más general, son los siguientes

- Irradiación solar directa medida a incidencia normal,
- Irradiación solar global recibida sobre una superficie horizontal,
- Irradiación solar difusa,

- Irradiación solar (directa, global y difusa) medidas en porciones restringidas del espectro.

La clasificación de los instrumentos está basada en diferentes criterios. Algunos se ciñen a criterios de estandarización, otros lo asocian a su grado de calidad.

a) **Piranómetro**

El piranómetro es el instrumento más común para medir la radiación solar (Figura 7), se emplea para registrar la radiación solar total dentro de su campo de vista hemisférico. El aparato usualmente se coloca sobre una superficie horizontal con el fin de registrar la radiación global en un sitio dado. La señal eléctrica generada puede servir para obtener gráficamente la radiación solar como función del tiempo, o bien, procesada en un integrador electrónico, puede servir además para obtener el total de la energía incidente en un periodo de tiempo dado (cada hora ó cada día) (Aleman, 2014).



Figura 7. Pirómetro black y White, Eppley

Fuente: Rocha (2007).

La Organización Meteorológica Mundial define radiación global como la radiación solar en el intervalo espectral de 0.3 a 3 μm recibida sobre una superficie plana horizontal desde un ángulo sólido de 2π sr. La radiación global es la suma de la radiación que procede directamente del disco solar (radiación directa) y de la radiación solar dispersada a su paso por la atmósfera (radiación difusa). La

medida de la radiación global se realiza por medio de piranómetros, de las palabras griegas fuego, hacia arriba y medida.

Los piranómetros de uso más extendido, como el Eppley modelo PSP, constan de dos cúpulas, cuya función principal es filtrar la radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol, evitando que alcance al receptor. Éste está constituido por una termopila, cuya unión caliente está recubierta de una pintura de alta absortividad. El cuerpo del instrumento, constituido por una pieza cilíndrica de bronce protegida por un disco de guarda pintado para reducir la absorción de irradiancia solar, aloja la circuitería electrónica y sirve de sumidero de calor para la unión fría de la termopila. El instrumento está dotado de un desecante para evitar la condensación en el interior del instrumento y de un nivel de burbuja para facilitar la nivelación. Mientras que su respuesta espectral es prácticamente plana en todo el intervalo de interés, la mayor fuente de incertidumbre es su respuesta direccional (Perez, 2012).

1.1.8. Principio de funcionamiento

Para la medida de la irradiación solar se emplean dos tipos de piranómetros. Un primer tipo se basa en el calentamiento de una superficie. En estos encontramos una superficie negra protegida del enfriamiento por una doble cúpula. La temperatura de esta superficie es determinada con una termopila. En el caso de los piranómetros Kip Zonen clásico la termopila está formada por una serie de 14 termopares, laminas planas de 10 mm de longitud, 1 mm de anchura y 5 mm de espesor, dispuestas en un plano horizontal, en el que las extremidades están soldadas a unas barras de cobre verticales solidarias a una placa de latón maciza. El conjunto está protegido por un barniz negro mate especial que absorbe la radiación. El calor de la superficie negra es evacuado parte por conducción a la masa de la termopila que es buena conductora. Debido a que las láminas son malas conductoras aparece una diferencia de temperaturas del orden de 20° C entre la línea mediana y las extremas y, por consiguiente una diferencia de potencial. El dispositivo se calibra comparándolo con otro de referencia (Aleman, 2014).

b) Pirheliómetros

El pirheliómetro tiene una abertura colimada que restringe su visión de la bóveda celeste, habitualmente a 5° , y por ello se utiliza para la medida de la radiación directa enfocándolo al sol. Los datos obtenidos del pirheliómetro deben interpretarse cuidadosamente en el diseño de concentradores solares de enfoque que permiten alcanzar altas temperaturas de operación.

Son instrumentos que miden la irradiación directa del sol en una superficie perpendicular al rayo solar (WMO, 1996). En estos instrumentos, el receptor se encuentra protegido de la irradiación indirecta y está usualmente ubicado en el fondo de un tubo, por ello las diferentes formas del receptor y del tubo derivan en diferentes tipos de pirheliómetros (Angstrom, 1924).



Figura 8. Pirheliómetro para la medición de la radiación solar directa

Fuente: (Aleman, 2014).

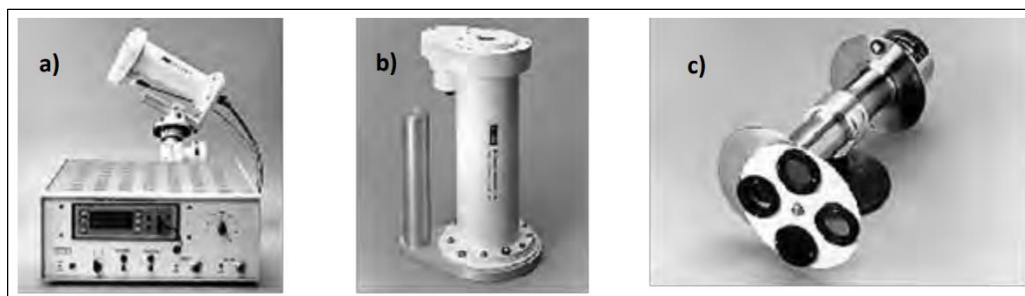


Figura 9. Accesorios del pirheliómetro: a) receptor de señal. b) adquireedor de datos c) filtros solares

Fuente: (Aleman, 2014).

1.1.9. Marco legal para obtener la superficie apta

Ley general del sistema nacional de bienes estatales - Ley N° 29151.- En concordancia con la legislación nacional actual el Reglamento de La Ley General del Sistema Nacional de Bienes Estatales en el Título I. en su Artículo 2, Ítem 2.2.

Establece que los bienes de dominio público.- son Aquellos bienes estatales, destinados al uso público como playas, plazas, parques, infraestructura vial, vías férreas, caminos y otros, cuya administración, conservación y mantenimiento corresponde a una entidad; aquellos que sirven de soporte para la prestación de cualquier servicio público como los palacios, sedes gubernativas e institucionales, escuelas, hospitales, estadios, aportes reglamentarios, bienes reservados y afectados en uso a la defensa nacional, establecimientos penitenciarios, museos, cementerios, puertos, aeropuertos y otros destinados al cumplimiento de los fines de responsabilidad estatal, o cuya concesión compete al Estado. Tienen el carácter de inalienables e imprescriptibles. Sobre ellos, el Estado ejerce su potestad administrativa, reglamentaria y de tutela conforme a ley

Bienes de dominio privado del Estado.- Aquellos bienes estatales que siendo de propiedad del Estado o de alguna entidad, no están destinados al uso público ni afectados a algún servicio público, y respecto de los cuales sus titulares ejercen el derecho de propiedad con todos sus atributos (SNE, 2014).

Concordancias

Constitución Política del Perú (art. 73)

Ley N° 29618

Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA

Ley General del Ambiente - Ley N° 28611.- en su Capítulo 3: Gestión ambiental, Artículo 24.- Del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

24.1 Toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta, de acuerdo a ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - SEIA, el cual es administrado por la Autoridad Ambiental Nacional. La ley y su reglamento desarrollan los componentes del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. 24.2 Los proyectos o actividades que no están comprendidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, deben desarrollarse de conformidad con las normas de protección ambiental específicas de la materia. CONCORDANCIAS: D.Leg. N° 1013, inc. b) del Art. 6 (Funciones generales).

Artículo 25.- De los Estudios de Impacto Ambiental Los Estudios de Impacto Ambiental

- EIA son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables e incluirá un breve resumen del estudio para efectos de su publicidad. La ley de la materia señala los demás requisitos que deban contener los EIA (MINAM, 2005).

Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación - Ley N° 28296.- en su Artículo II.-

Define que se entiende por bien integrante del Patrimonio Cultural de la Nación toda manifestación del quehacer humano material o inmaterial que por su importancia, valor y significado paleontológico, arqueológico, arquitectónico, histórico, artístico, militar, social, antropológico, tradicional, religioso, etnológico, científico, tecnológico o intelectual, sea expresamente declarado como tal o sobre el que exista la presunción legal de serlo. Dichos bienes

tienen la condición de propiedad pública o privada con las limitaciones que establece la presente Ley. **En su Artículo IV.- Declaración de interés social y necesidad pública.** Declárase de interés social y de necesidad pública la identificación, registro, inventario, declaración, protección, restauración, investigación, conservación, puesta en valor y difusión del Patrimonio Cultural de la Nación y su restitución en los casos pertinentes (Cultura, 2016).

1.1.10. Marco legal para paneles solares

- Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables – Decreto Legislativo 1002 (mayo 2008).
- Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables Decreto Supremo 012-2011-EM (Marzo 2011). Reemplaza al Reglamento original (Decreto Supremo 050-2008-EM).
- Bases Consolidadas de la primera Subasta con Recursos Energéticos Renovables (RER) aprobadas mediante Resolución Viceministerial N° 113-2009-MEM/VME del Ministerio de Energía y Minas.
- Bases Consolidadas de la segunda Subasta con Recursos Energéticos Renovables (RER), aprobadas mediante Resolución Viceministerial N° 036-2011-MEM/VME del Ministerio de Energía y Minas.

Decreto Legislativo N° 1002: Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables

Define como Energías renovables no convencionales a:

- Solar Fotovoltaico
- Solar Térmico
- Eólico
- Geotérmico
- Biomasa
- Hidroeléctrico sólo hasta 20 MW

Alcances del Marco Normativo

- Energías Renovables en la Matriz de Generación Eléctrica

Indica que el MINEM establecerá cada 5 años un porcentaje objetivo en que debe participar, en el consumo nacional de electricidad, la electricidad generada a partir de Recursos Energéticos Renovables (RER), tal porcentaje objetivo será hasta 5% anual durante el primer quinquenio (Rivera, 2012).

1.1.11. Importancia de los paneles solares en la agricultura

Las primeras demostraciones de electrificación independiente con sistemas solares en zonas rurales, destinados al bombeo de agua y proporcionar electricidad, ponían el acento en la comprobación de la tecnología sin contemplar las necesidades y condiciones locales. Numerosos proyectos fracasaron y los resultados demostraron que la participación local es fundamental para introducir tecnología (Campen, Guidi y Best, 2000).

Un informe elaborado para el Fondo Internacional del Desarrollo Agrícola (IFAD), señala que el abastecimiento de energía en las poblaciones rurales a partir de fuentes renovables es una de las principales oportunidades que tiene la comunidad científico tecnológica de aportar herramientas, cuyos posibles resultados son: el agregado de valor, la generación de nuevos productos y el efecto multiplicador en las economías regionales. Se plantea poner énfasis en la energía eólica y solar como fuente de electricidad en hogares; la caña de azúcar y nuevos cultivos oleaginosos adecuados para la producción rural de biocombustibles; y la generación de biogás a partir de la degradación de la biomasa (Poole, 2006).

Podemos definir a las energías renovables de la Agricultura Familiar como a aquellas fuentes inagotables que, a partir de tecnologías utilizadas para la captación y transformación, pueden ser introducidas y apropiadas en sistemas productivos de este tipo, permitiendo innovar en la producción y/o transformación de las materias primas, y mejorar la calidad de vida de las familias en un marco de sustentabilidad con el medio ambiente (Huerga y Venturelli, 2019).

Los sistemas solares pequeños también contribuyen a la creación de actividades productivas no agrícolas en muchos países, por ejemplo: bares, restaurantes, salas

rurales de cine, tiendas de teléfonos, talleres técnicos y artesanales, gracias a que facilitan la utilización de pequeñas herramientas y aparatos (taladros, cautines, licuadoras), luz, radio y televisión. Se ha demostrado que la instalación y el mantenimiento de los sistemas FV y las ventas de electricidad FV contribuyen a la creación de empleos rurales. En este sector se pueden seguir investigando las posibilidades de los sistemas híbridos de energía FV y eólica o de diesel. Además, los sistemas FV tienen cada vez más aplicaciones agrícolas. Algunas, como los abrevaderos para el ganado y las cercas eléctricas, ya tienen una amplia difusión comercial. Otras aplicaciones, como el riego por goteo accionado con energía FV. Se están formando otros mercados para ciertas aplicaciones de los sistemas FV, por ejemplo para riego por goteo. Se necesita investigar más otras aplicaciones interesantes, como el control de plagas, el bombeo de aireación para acuicultura y la iluminación para piscicultura y avicultura, para conocer sus posibilidades de difusión. Hay casos de éxito en la aplicación de sistemas híbridos de energía FV y diesel o eólica para un suministro más económico de energía a las actividades agrícolas que consumen mayores volúmenes de la misma (Campen, Guidi y Best, 2000).

1.2. Antecedentes

Los recursos energéticos renovables más difundidos son: Biomasa, Eólica, Solar, Geotérmica, Mareomotriz e Hidroenergía. Sin embargo, no todos estos tipos de fuentes de energía son usados para generar electricidad en zonas rurales con población en situación de pobreza, debido básicamente a aspectos técnicos y económicos, donde se requiere llegar a más beneficiarios con la menor inversión y mantenimiento de los equipos. Considerando estos criterios, se analizarán los recursos energéticos para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad en zonas rurales de la región Puno (Lucarelli, 2010).

Lucano y Fuentes (2010) en su investigación sobre la Evaluación del potencial de radiación solar global en el departamento de Cochabamba utilizando modelos de sistemas de información geográfica e imágenes satelitales obtenidos a través de la metodología SSE de la NASA para un periodo de registros de 22 años. Con estos valores de radiación, se obtuvo la distribución temporal y espacial de la radiación solar para el Departamento de Cochabamba mediante un proceso de interpolación que utiliza el paquete de análisis

geo estadístico ILWIS, considerando datos de una rejilla conformada por 16 casillas que abarcan el departamento; se utilizó el método de superficie móvil con distancia inversa, exponente de peso 1, distancia esférica y segundo grado parabólico. Se observó que los niveles de radiación más bajos corresponden a los meses de mayo a julio (invierno) y los niveles de radiación más altos corresponden a los meses de octubre a diciembre (primavera y verano). Asimismo, se observó que la parte noreste de Cochabamba presenta los valores más bajos de media anual de radiación global, entre 4.2–4.5kWh/m² al día, ya que ésta es una zona de baja altitud sobre el nivel del mar y se caracteriza por su clima tropical y alta humedad, generando una mayor dispersión de la radiación solar, en tanto que en la zona suroeste la radiación solar aumenta, ya que en esta se localiza la Cordillera Oriental Central con un clima seco cuyos valores varían entre 5.76.3kWh/m² al día. También se distinguen siete regiones de niveles de radiación que van aumentando de noreste a suroeste, tal como se observó en estudios anteriores. Los valores de radiación obtenidos mediante la interpolación fueron validados con datos medidos en superficie con un error porcentual medio anual del 10 %.

El Perú es un país de topografía muy variada, de gran diversidad climática y condiciones excepcionales que le confieren un elevado potencial de energías renovables. Sin embargo, para hacer posible el diseño de políticas y medidas para incentivar el mayor uso de estas energías limpias que promuevan el desarrollo especialmente en zonas rurales, es necesario e indispensable cuantificar esta disponibilidad así como conocer su distribución temporal en el territorio (Trebejo, 2003). En ese contexto tomando en cuenta que la Región de Puno tiene energía solar diaria de 6.36 Kwh/m², Heliofania relativa de 70% y durante un día normal se puede llegar a una temperatura máxima 14,7°C y mínima de 2.0°C.

Así mismo cabe mencionar que la heliofania es el tiempo, en horas, durante el cual el sol tiene un brillo solar efectivo en el que la energía solar directa alcanza o excede un valor umbral variable entre 120 y 210 W/m², que depende de su localización geográfica, del equipo, del clima y del tipo de banda utilizada para el registro. También se le suele denominar “brillo solar” o “insolación” (WMO., 1992).

Es así que las Energías Renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas; mientras que dentro de las segundas se ubica a las

generadoras eólicas, solares fotovoltaicas, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas (OSINERGMIN., 2013), tomando en cuenta lo dicho por el osinergmin la energía fotovoltaica es una de las fuentes de vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía (Guillen y Abreu, 2016).

Mediante el empleo de colectores solares la energía solar puede transformarse en energía térmica. A su vez, con el empleo de paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos demandan tecnologías diferentes que no tienen nada que ver una con la otra. Del mismo modo, en las centrales térmicas solares, la energía térmica captada por los colectores solares puede utilizarse para generar electricidad (Altomonte, Lutz y Coviello, 2003).

Lopez (2012) en su artículo menciona que la cadena de suministro instalada en México para el mercado de la energía solar, con base a una investigación exploratoria realizada en bases de datos especializadas de empresas dedicadas a la fabricación, proveeduría, comercialización y prestación de servicios de sistemas solares. Los resultados indican la no existencia en el Perú de una cadena de suministro articulada, sólo se perciben eslabones aislados, por ello se plantea que el gobierno a través de políticas públicas fomente su desarrollo a fin de fortalecer este segmento de mercado.

La gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero liberadas al medio ambiente, para satisfacer las necesidades de la población mundial, han producido grandes cambios en diversas regiones del planeta, tales como sequías agudas, tormentas cada vez más destructivas, inundaciones, así como procesos de erosión que se han generalizado y que han causado desequilibrios ambientales de consideración; que de no revertirse, podrán resultar en condiciones catastróficas a mediano plazo.

Minotta y Villavicencio (2006) en su estudio realizado de dos sistemas diferentes concluye que el primero es un sistema solar fotovoltaico conectado a la red en cual, para el cual se realiza un análisis de los componentes básicos necesarios para la óptima implementación del mismo, además se muestra detalladamente el diseño y la ubicación que tendría dicho sistema dentro de la zona, la selección de materiales que se requieren,

los componentes y las obras requeridas incluyendo las estructuras y demás accesorios que aseguren la efectividad del sistema.

Por otro lado, el otro sistema a analizar es un Ciclo de Potencia Rankine con energía solar concentrada para el cual se establecen los parámetros óptimos de diseño y se analizan detalladamente cada uno de los componentes, así mismo, se determina la ubicación más apropiada para la instalación de este Ciclo y su factibilidad. Por último, se realiza una comparación de los dos sistemas estudiados de manera que se evalúan factores tecnológicos y económicos para determinar cuál de los dos sistemas es el más apropiado para implementar dentro de la zona. Finalmente se plantean conclusiones y recomendaciones importantes a tener en cuenta para el estudio realizado y que puede servir como base para proyectos futuros.

Según Hernandez (2007) en su artículo menciona que Variados y profundos son los problemas actuales que afronta la Humanidad, pero la solución del problema energético es vital para el futuro del planeta, por lo que constituye uno de los temas prioritarios de la Ciencia. La energía es, al mismo tiempo, una solución y un problema para el desarrollo sostenible. Hace posible el progreso y, sin embargo, es una de las principales causas de contaminación del hábitat al originar perjuicios para la salud humana y el medio ambiente. El consumo energético actual es insostenible para nuestro planeta, tanto por el agotamiento de los recursos naturales como por los daños irreversibles que ocasiona al ecosistema. Para lograr el desarrollo sostenible de la Humanidad es imprescindible crear una educación energética que permita, sin derroche, continuar usando los combustibles fósiles para el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas más eficientes y en armonía con el medio ambiente. El uso de las energías renovables es un camino para alcanzar un progreso en lo económico, ecológico y de justicia social. La energía fotovoltaica desempeña un papel de suma importancia en esta estrategia.

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano, en la gran mayoría de localidades la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y uniforme durante todo el año, haciendo más atractivo su uso en comparación a otros países. La radiación solar, varía según la latitud (a mayor distancia de la línea ecuatorial menor radiación), la altura sobre el nivel del mar (a más altura más radiación), la orografía (valles profundos tienen menos horas de sol) y la nubosidad (a mayor nubosidad menos radiación) (Tamayo, 2011). La energía solar puede aprovecharse

de varias formas: para secar (ropa, frutas); para calentar (agua, viviendas, invernaderos), y para producir corriente eléctrica.

Según Sanchez (2012) indica que la aplicación SIG permite operar aislada y conjuntamente con las más diversas variables, espacialmente consideradas. Cuando cada una de estas variables constituye un criterio a evaluar, esta forma de manejo de la información geográfica favorece el análisis multicriterio. Un SIG desarrollado para la toma de decisión multicriterio permite transformar y combinar datos geográficos con juicios de valor para obtener información útil y apropiada para la toma de decisiones.

Así Mismo menciona que entre las diversas tecnologías estudiadas se observa que el mayor porcentaje de superficies óptimas se obtiene en instalaciones solares fotovoltaicas. Los porcentajes de superficies aptas para albergar parques eólicos y plantas solares termoeléctricas, aunque inferiores, son similares.

Josa (2013) menciona que la implementación de un prototipo de energía fotovoltaica aislada es una opción viable para comunidades que no tienen acceso a redes eléctricas, ubicadas en Lima (región de la costa) y en cuanto a las termas solares, en ciudades de la región andina de Perú son utilizadas desde hace varios años, mientras que en zonas de la costa y de la selva no se usaban. De igual forma comprobó que también en estas zonas, es muy eficiente desde el punto de vista de ahorro energético. La sensibilización a la sociedad civil en proyectos de energía renovable es muy importante, pues se puede incrementar el número de usuarios así como pequeñas empresas que ejecuten este tipo de proyectos, creándose una verdadera oportunidad de desarrollo económico local.

El efecto fotovoltaico se basa en el uso de materiales semiconductores. Éstos se caracterizan porque conducen la electricidad mejor que un aislante y menos efectivamente que un metal, pero sobre todo porque mejoran su capacidad para conducir la electricidad al ser iluminados. Cuando incide luz sobre un semiconductor, la energía suministrada ayuda a darle mayor movilidad a algunos de los electrones presentes en el material, por lo que su capacidad para conducir la electricidad aumenta. Sin embargo, para producir el efecto fotovoltaico no basta con liberar electrones. Es necesario que aparezca un voltaje que mueva a estos electrones en una dirección preferencial, generando una corriente eléctrica. La forma más común de lograr esto es unir dos materiales semiconductores de características electrónicas diferentes: uno de ellos debe ser capaz de ceder parte de sus electrones con facilidad (se le llama material tipo N), mientras que el

otro debe aceptar fácilmente electrones adicionales (material tipo P) (Arancibia y Best, 2009).

Arancibia y Best (2009) concluye que en contraste con fuentes de energía como los combustibles fósiles, que dependen de recursos limitados y acarrear importantes impactos ambientales, la energía solar se recibe de manera natural en todo el globo terráqueo, y su utilización no implica la destrucción del entorno. Existen diferentes tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, algunas de ellas muy maduras y otras que siguen siendo temas de investigación y que podrían tener impactos muy importantes en el futuro. Lejos de ser una opción ingenua y poco costeable, la energía solar es una de las pocas opciones realistas. Lo ingenuo es pensar que podemos sostener una sociedad que está acabando con sus fuentes de energía y su entorno, sin preocuparnos por lo que ocurrirá después.

Salamanca (2017) en su investigación menciona que la energía solar es un recurso renovable, es decir, está siempre disponible, no se agota y se puede aprovechar en cualquier momento gracias a que es posible almacenarla. Las difíciles condiciones medioambientales, la contaminación y, de otro lado, el avance tecnológico en el desarrollo de celdas solares cada vez más eficientes, han contribuido a que en la actualidad se promueva el uso de las energías renovables como la energía solar. Adicionalmente, se ha incrementado el uso de estos sistemas pues el nivel de contaminación que produce es muy bajo y los costos de instalación se recuperan al reducir la facturación del consumo de energía prestado por empresas de servicios públicos. Por lo tanto, el uso de sistemas fotovoltaicos es un tema de mucho interés en la actualidad e implementar este tipo de sistemas aislados en la región de Puno es posible.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

En la actualidad existe la necesidad de contar con energía eléctrica, en zonas que aún no llega el servicio ya que el acceso a las zonas rurales son muy dificultosas, entonces la única forma que tienen los pobladores de estos lugares es la utilización de medios artesanales de iluminación como el uso de velas, mecheros y/o pequeños grupos electrógenos, del mismo modo el costo de la luz eléctrica resulta ser elevado para la población que vive y radica en dichos lugares ya que ello afecta a la canasta familiar. Los grupos electrógenos, velas y mecheros liberan dióxido de carbono CO₂ contaminando el interior de las viviendas, Entonces una alternativa sustentable de solución para estos lugares es el uso de fuentes de energía renovable solar fotovoltaica.

Esta realidad pone de manifiesto que la electricidad no es sólo ese enchufe donde se conectan los equipos, es el final de la inmensa cadena que se origina en las grandes centrales de generación y para que llegue hasta un hogar debe ser generada en grandes y costosas plantas en el mismo instante en que se requiera; transportada hasta los centros poblados, recorriendo muchos kilómetros y utilizando inmensas torres, transformadores y cantidades de cables; distribuida en menores bloques de energía, hasta su hogar, para lo cual se requiere de equipos de medición, herramientas, personal para emitir y entregar facturas, así como para atender reclamos y solicitudes. Todo este sistema eléctrico debe mantenerse al día, lo cual requiere personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos.

Es por ello que la necesidad de generar energía es necesaria y que mejor si se logra sin perjudicar a las futuras generaciones, pues esta energía es limpia y no genera

contaminación ambiental. En ese entender se pretende plantear obtener y aprovechar energía que sería extraída por medio de recursos naturales (energía fotovoltaica), que resultaría ser de bajo costo y permitiría evitar la contaminación, así mismo esta investigación puede resolver el problema de localización, evaluando y buscando emplazamientos óptimos para instalar dichas energías renovables y poder hacer de estas que sean sostenibles en el tiempo. Ya que la energía solar es una de las fuentes de vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía. En ese contexto tomando en cuenta que la Región de Puno tiene energía solar diaria de 6.36 Kwh/m², Heliofania relativa de 70% y durante un día normal se puede llegar a una temperatura máxima de 14,7°C y mínima de 2.0°C. Es posible viabilizar proyectos energéticos de generación de electricidad.

Por tal razón, las empresas públicas y privadas, ya sean micras, medianas o grandes, se ven en la necesidad de implementar estrategias que les permitan incluir en su operación nuevas fuentes de energía renovables, pero desafortunadamente, el diseñar estas estrategias requiere la inversión de recursos técnicos, económicos y humanos que en muy pocas ocasiones las empresas están en la disposición de aportar.

En tal sentido se plantea las siguientes interrogantes:

2.2. Enunciados del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se localizará emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la Región de Puno?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo evaluar el impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno?

- ¿Cómo analizar las alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno?

2.3. Justificación

El presente trabajo se justifica porque la energía eléctrica es un servicio básico importante para el desarrollo de los pueblos, también es un derecho de las personas, y la electrificación de las zonas rurales y aisladas significa mejorar los derechos económicos y sociales de las personas que habitan en esas zonas y que están siendo excluidas del desarrollo de la región y del país.

El suministro de la energía eléctrica en las zonas rurales genera un impacto positivo en la calidad de vida del poblador, ya que se constituirá en un elemento dinámico del desarrollo socio económico y cultural de la región. Además en la presente era post industrial de globalización en el mundo, con el desarrollo de la ciencia y tecnología, casi todas las actividades productivas de bienes y servicios, las actividades caseras, las actividades de recreación y la vida misma de la población humana, dependen del uso de la energía en sus diversas formas, para lograr la productividad, el bienestar y el lujo o calidad de vida. Propósitos que son condicionadas por la avidez descomunal de crecimiento y lucro de las empresas transnacionales, la sujeción de la conducta humana a paradigmas consumistas inducidos por el marketing, enmarcados en el contexto de desarrollo de los pueblos y países del mundo; de tal manera que su disponibilidad efectiva es un indicador del nivel de vida de la población y un factor que evidencia la desigualdad mundial en relación con dicho desarrollo. Es así que los países más ricos tienen los consumos más altos de energía, mientras que los países más pobres muestran los consumos más bajos de la misma.

Considerando que no se emiten gases que contribuyan al efecto invernadero o humos tóxicos y la energía solo se produce donde es necesario siendo los costos de esta tecnología bajos en relación a tecnologías convencionales. Además, son muchas las posibilidades de reducción del consumo de energía que se gasta en una población pequeña, desde el simple cambio de una lámpara hasta la implementación de nuevos sistemas con equipamiento electrónico inteligente. Pensando en ello se ha desarrollado localizar emplazamientos óptimos que permita a la población generar su propia energía eléctrica.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Localizar emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la Región de Puno

2.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno.
- Análisis de alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

La falta de Suministro de Energía eléctrica precisa la búsqueda de emplazamientos óptimos con el fin de mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental

2.5.2. Hipótesis específicos

- Las zonas rurales aisladas de la red de servicio eléctrico pueden desarrollar de manera sostenible mediante el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, ERNC (solar fotovoltaica)
- La generación de energía permitirá reducir la contaminación ambiental mejorando la calidad de vida de la población rural

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en la región de Puno, ubicado al sur del país, limitando al norte con Madre de Dios, al este con Bolivia y el lago Titicaca, al sur con Tacna, al suroeste con Moquegua y al oeste con Arequipa y Cuzco. Con 72 000 km² es el cuarto departamento más extenso, por detrás de Loreto, Ucayali y Madre de Dios. Se fundó el 26 de abril de 1822.

La región Puno está ubicada en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao a: 13°00'66"00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita por el Sur, con la región Tacna. Por el Este, con la República de Bolivia y por el Oeste, con las regiones de Cusco, Arequipa y Moquegua. La región Puno se encuentra en el Altiplano entre los 3,812 y 5,500 msnm y entre la ceja de Selva y la Selva alta entre los 4,200 y 500 msnm. Cabe mencionar que la capital del departamento es la ciudad de Puno y está ubicada a orillas del lago Titicaca.

- **Ríos** Suche, Huancané, Ramis, Coata, Ilave, Desaguadero y San Gabán.
- **Lagos:** Titicaca (el lago navegable más alto del mundo) y Arapa.
- **Lagunas:** Lagunillas, Saca Cocha y Umayo.
- **Islas:** En el lago Titicaca: Amantani, Taquile, Soto, el archipiélago de las Islas Chirita, Ustute, Quipata, Chilata, Suasi, Esteves.
- En el lago Huiñaimarca: Sicaya, Lote, Caana, Pataguata y Yuspique.

- **Nevados:** Allin Cápac (6.000 msnm) y Ananea Grande (5.830 msnm).
- **Abras:** Cruz Laca (a 4.850 msnm) y Sipitlaca (a 4.800 msnm) en Chucuito; Iscay Cruz (a 4.800 msnm) en San Antonio de Putina; Susuyo (a 4.375 msnm) en Carabaya.

3.2. Población y muestra de la investigación

3.2.1. Población

La población está conformada por 13 provincias y 110 distritos (INEI, 2017).

3.2.2. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico a conveniencia Hernandez, Fernandez y Baptista (2010). Ya que se tiene antecedentes del (SENAMHI, 2003), donde existe 17 estaciones meteorológicas en distintas provincias de la región tal como se muestra en la tabla 2. Muestra que fue utilizada y seleccionada de acuerdo a la imposición de restricciones (ver figura 10).

En tal sentido se experimenta de manera no probabilística en la provincia y departamento de Puno, tomando en cuenta la estación de Capachica que tiene una altitud de 3933 msnm. Y en ésta la comunidad de Cotos con 22 familias.

3.3. Método de investigación

El método de investigación es cuantitativo, pero complementada con análisis interpretativos generales.

3.4. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

A. Objetivo general

Localizar emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la Región de Puno

Para la búsqueda de emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energía renovable (solar fotovoltaica) en la región de Puno se realizó con el procedimiento sistemático mostrado en la figura 10.

Se definió el marco legal de la zona objeto de estudio, es decir, la normativa vigente que deberá ser tenida en cuenta para llevar a cabo el análisis, ésta es municipal. Primeramente se investigó y evaluó a través del marco legal relacionado con la zona objeto de estudio para, para que posteriormente estos datos delimiten la imposición de restricciones (ver figura 10).



Figura 10. Proceso a seguir para la obtención de superficies aptas

Fuente: (Sanchez, 2012) Modificado y adaptado a la investigación.

1. Elección de la zona de estudio

Este paso consistió en la elección de la zona de estudio por medio de mediciones solarimétricas para lo cual se hizo uso de una base de datos (Microsoft excel) que es obtenida por medio del software (gvSIG) que en este caso corresponderá con la información cartográfica necesaria para comenzar con el tratamiento de datos en gvSIG, información que es analizada con la finalidad de evaluar el impacto técnico-social.

Las capas temáticas obtenidas por medio del software contienen toda la información posible relacionada con la implantación de una instalación de EERR en un espacio al aire libre y que incluso supusiera un gran impacto visual y medioambiental (Sanchez, 2012).

Cualquier aspecto que pudiera limitar llevar a cabo una instalación debe ser identificado y mencionado en la imposición de restricciones. La delimitación del territorio consiste en acotar el área de estudio sobre la cual se va a llevar a cabo el análisis posterior el área de estudio está situada dentro del territorio de la Región de Puno. Para llevar a cabo una búsqueda exhaustiva de emplazamientos óptimos con el objetivo de implantar instalaciones de EERR, se tomara en cuenta la relación de estaciones meteorológicas utilizadas por el SENAMHI. Tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2
Relación de estaciones meteorológicas utilizadas

CODIGO	ESTACION	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	LAT (S)	LONG (W)	ALT (msnm)
110761	Llally	Puno	Melgar	14°56´	70°53´	3980
110762	Pampahuta	Puno	Lampa	15°29´	70°40´	4400
110776	Ayaviri	Puno	Melgar	14°52´	70°35´	3928
110777	Macusani	Puno	Carabaya	14°04´	70°25´	4341
110778	Progreso	Puno	Azangaro	14°41´	70°22´	3970
110781	Azangaro	Puno	Azangaro	14°55´	70°11´	3863
110783	Arapa	Puno	Azangaro	15°08´	70°07´	3830
110785	Muñani	Puno	Huancane	14°46´	69°57´	3948
110786	Huanane	Puno	Moho	15°12´	69°45´	3890
110787	Huaraya moho	Puno	Puno	15°23´	69°29´	3890
110788	Capachica	Puno	Islay	15°37´	69°50´	3933
110800	Mollendo	Arequipa	Arequipa	17°02´	72°01´	12
110829	Sta Rita	Arequipa	Caraveli	16°28´	72°07´	1297
110830	Punta Atico	Arequipa	Camana	16°13´	73°41´	20
110831	Ocoña	Arequipa	Camana	16°26´	73°06´	58
110832	Camana	Arequipa	Camana	16°36´	72°41´	23
110833	Aplao	Arequipa	Castilla	16°04´	72°29´	645
110846	Punta Coles	Moquegua	Ilo	17°42´	70°22´	30
110850	Omate	Moquegua	S. cerro	16°40´	70°58´	2166
110852	Yacango	Moquegua	M. Nieto	17°05´	70°52´	2191
110853	Locumba	Tacna	Jorge Basadre	17°36´	70°46´	559
110874	Mirave	Tacna	Jorge Basadre	17°29´	70°33´	1200
110875	Sama Grande	Tacna	Tacna	17°47´	70°29´	552
110878	Mazo Cruz	Puno	Chucuito	16°44´	69°42´	4100
110879	Ilave	Puno	Callao	16°05´	69°38´	3880
110880	Juli	Puno	Chucuito	16°12´	69°27´	3812
110881	Pizacoma	Puno	Chucuito	16°54´	69°22´	1080
110882	Tahuaco - yunguy	Puno	Yunguyo	16°18´	69°04´	3890
110883	Desaguadero	Puno	Chucuito	16°34´	69°02´	3860
120101	Los Cedros	Tumbes	Tumbes	3°27´	80°32´	5
120208	Mallares	Piura	Sullana	4°51´	80°44´	45

Fuente: (SENAMHI, 2003).

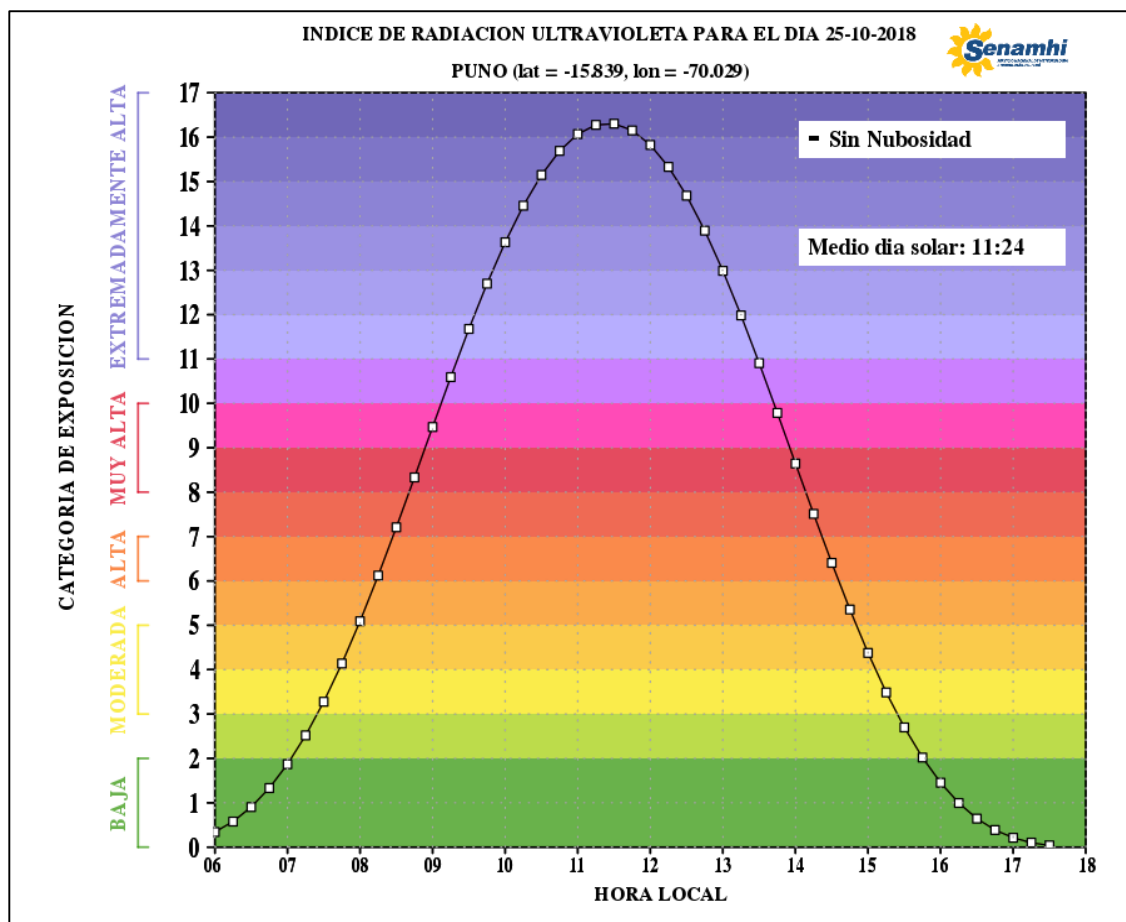


Figura 11. Índice de radiación Ultravioleta en el Departamento de Puno

Fuente: (SENAMHI, 2017).

Con la finalidad de obtener el emplazamiento óptimo mediante la utilización de instrumentos solarímetros inicialmente se identificó las restricciones medioambientales, tecnológicas y humanas:

El primero de ellos es la medición de la cantidad de energía asociada con la irradiación solar sobre un plano de orientación determinada. Mientras que el segundo, provee información acerca de la distribución espectral y espacial de esta energía (Muneer, 2004). Las mediciones solarimétricas en la superficie terrestre son de mayor importancia e interés para aplicaciones de energía solar y otros estudios como aquellos relacionados a la variabilidad y cambio climático.

Instrumental de medición de la irradiación solar

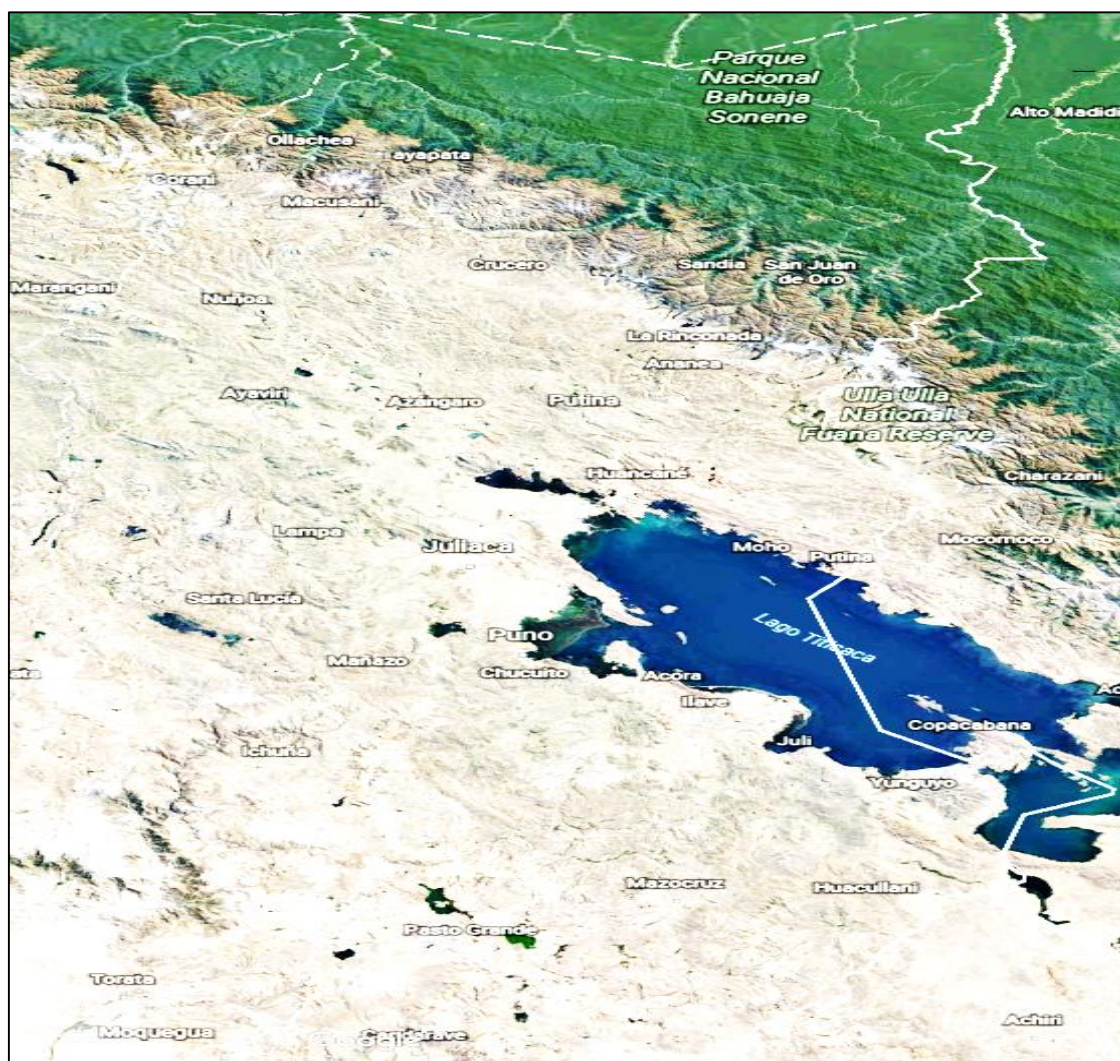


Figura 12. Territorio de la Región de Puno

Fuente: Google Eart, 2017.

2. Imposición de restricciones

- Restricciones legales de acuerdo a la legislación Nacional actual
- Restricciones medioambientales.- tenemos la tipología del suelo (suelo rural y/o urbano, áreas de alto valor paisajístico, suelo no urbano de protección especial), orografía (montes), hidrología (cauces y ríos), áreas protegidas por la legislación nacional y/o instituciones
- Tecnológicas.- comunicación (terrestre, fluvial, área)
- Humanas.- equipamiento del personal, Estudios y protección de patrimonio (arqueológico, cultural, paleontológico)

3. Superficies aptas- evaluación

Una vez obtenida las superficies aptas se evaluará el impacto técnico, económico y financiero así como el impacto ambiental, tecnológico y humano

B. Objetivo específico 1

Evaluar el impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno.

Se realizó un estudio de evaluación tecnológico-social de ERNC. Se debe tener en cuenta que en general este tipo de alternativas de electricidad, es de ahorros y no generador de ingresos, puesto la capacidad de generación normalmente no alcanza para poder exportar energía y venderla. Por ende, para efectos de mejorar la calidad de vida del poblador rural si es necesario este tipo de tecnologías.

Las ERNC sí constituyen una alternativa, y en muchos casos única, de solucionar dicho problema. La utilización de ERNC en la población rural, no sólo permite proveer de los servicios básicos que estos carecen, sino que además disminuye la brecha energética existente en los sectores más vulnerables, contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y evita que las familias migren y abandonen sus viviendas y terrenos. Al respecto, no hay instrumentos de fomento concretos que financien ni faciliten la implementación de sistemas de ERNC en poblaciones rurales, existiendo únicamente programas aislados y de bajo impacto.

Es importante destacar que la metodología a utilizar dará lugar a un Modelo de Evaluación Técnica y social de Proyectos de ERNC, basado en el análisis incremental, es decir, en la comparación de la situación actual contra la situación posterior, evaluando los beneficios que se generarían con la implementación del estudio.

Evaluación tecnológica y social de energías renovables no convencionales

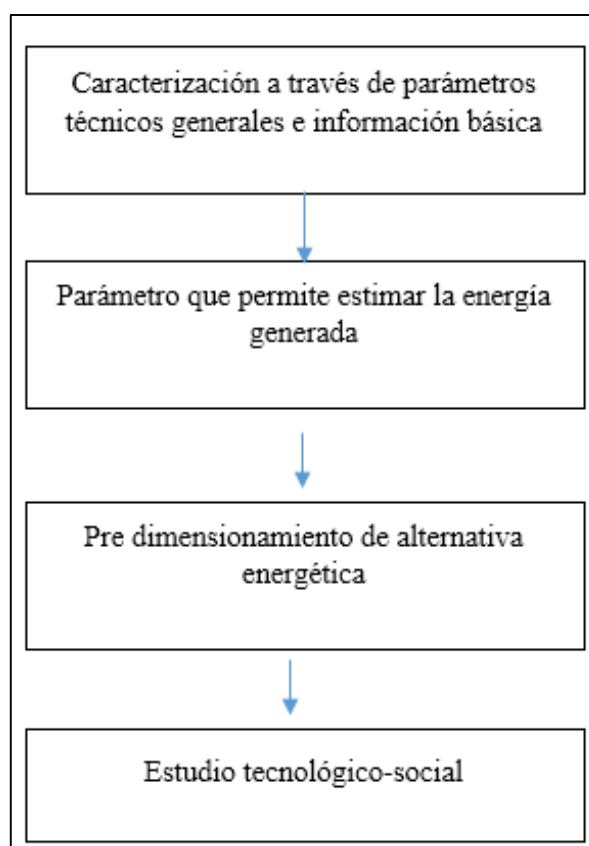


Figura 13. Evaluación tecnológica y social de energías renovables no convencionales

Fuente: (Hueso, 2007).

- Estudio tecnológico – influencia tecnológica para la generación de ERNC (solar fotovoltaica)
- Encuesta sobre el grado de Satisfacción de las Necesidades Humanas y de la Sociedad y Atención a los Grupos Humanos más Vulnerables

C. Objetivo específico 2

Análisis de alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno.

Método de análisis de ciclo de vida (ACV) como una herramienta de gestión medioambiental para la realización de la evaluación de impacto ambiental

- La reducción de uso de materias primas

- El ahorro energético
- Minimización de la contaminación.

Para realizar el análisis de ciclo de vida en este estudio se utiliza el software denominado Sima-Pro versión 7.1. Empleando el método del eco indicador 99, que toma en consideración 11 categorías de impactos que son: carcinogénesis, respiración de orgánicos, respiración de inorgánicos, cambio climático, radiación, capa de ozono, ecotoxicidad, acidificación, uso del suelo, minerales y combustibles fósiles (Garzon, 2010)

Considera 3 categorías de daños que son: salud humana, calidad del ecosistema y recursos; mediante este método se analizara el impacto de cada tecnología considerada al medio ambiente durante el ciclo de vida en la fase de generación de energía eléctrica y seleccionar la más atractiva para el caso del estudio considerado.

3.5.1. Tabla de recolección de datos por objetivos

Tabla 3
Recolección de datos por objetivo

OBJETIVOS	RECOLECCIÓN DE DATOS
OG: Localizar emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la región de puno	<ul style="list-style-type: none"> - Marco legal - Elección de zona de estudio Base de datos del sistema de Información Geográfica (SIG) por medio del software (gvSIG) instrumento de medición- piranómetros - Imposición de restricciones - Superficies aptas - Estudio tecnológico para albergar emplazamientos óptimos de ERNC.
OE. 1: Evaluar el impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno.	<ul style="list-style-type: none"> - Encuesta sobre el grado de Satisfacción de las Necesidades Humanas y de la Sociedad y Atención a los Grupos Humanos más Vulnerables
OE. 2: Análisis de alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno.	<ul style="list-style-type: none"> - Método de análisis de ciclo de vida (ACV) <ul style="list-style-type: none"> ▪ la reducción de uso de materias primas ▪ el ahorro energético ▪ minimización de la contaminación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Localización de emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la Región de Puno

La Región Puno se encuentra dentro del cinturón solar del planeta tierra, por tal razón la instalación de energías renovables es viable y necesario; en tal sentido en el presente capítulo se exponen los resultados de investigación descriptiva, considerando a los paneles fotovoltaicos como propuesta y a la Comunidad de Cotos como muestra con 22 familias.

4.1.1. Características de la propuesta de ubicación de emplazamientos óptimos en el Distrito de Capachica

En la actualidad el distrito de Capachica cuenta con una población aproximada de 12 mil habitantes y se ubica a 3,819 msnm; se encuentra a 62 km en dirección norte de la ciudad de Puno. La carretera que conduce de la Ciudad de Puno hasta Capachica tiene 25 km de pista asfaltada de doble vía y 37 km de pista asfaltada de una vía. La duración de un viaje normal es de 1 hora.

La península de Capachica presenta en la parte ribereña del lago una ligera pendiente permitiendo la formación de playas abrigadas, las formaciones rocosas y depresiones actúan a manera de contrafuertes contra los embates de los vientos y el oleaje producido especialmente en horas de la tarde. Sobre la zona ribereña la topografía es irregular, presentándose laderas y cerros rocosos. Existen pampas, pequeños cerros y quebradas, combinándose en gran parte de su extensión. Allan Pucara, es el cerro más pronunciado, es el apu más alto y el guardián del Distrito de Capachica.

El clima de la zona de Capachica es frío y húmedo con una temperatura media anual de 8 a 12 °C. La temperatura más alta registrada hasta el momento es de 18.6 °C.

Las oscilaciones diarias de temperatura son más significativas que las variaciones mensuales, sobre todo en horas de la noche, puesto que estas bajan a veces hasta los -3° C. Las heladas se presentan en una temporada (mayo, junio y julio) Cuando las heladas se presentan en tiempo de lluvias perjudican los cultivos (25 de diciembre, 6, 20, de enero, 2 de febrero y al final del mes de febrero) no permiten el buen desarrollo de las plantas, bajando la producción y productividad.

Las precipitaciones anuales varían en el rango de 0.0 mm a 580 mm y se presentan en épocas definidas: entre los meses de diciembre a marzo y otra de escasa precipitación entre los meses de abril a noviembre.

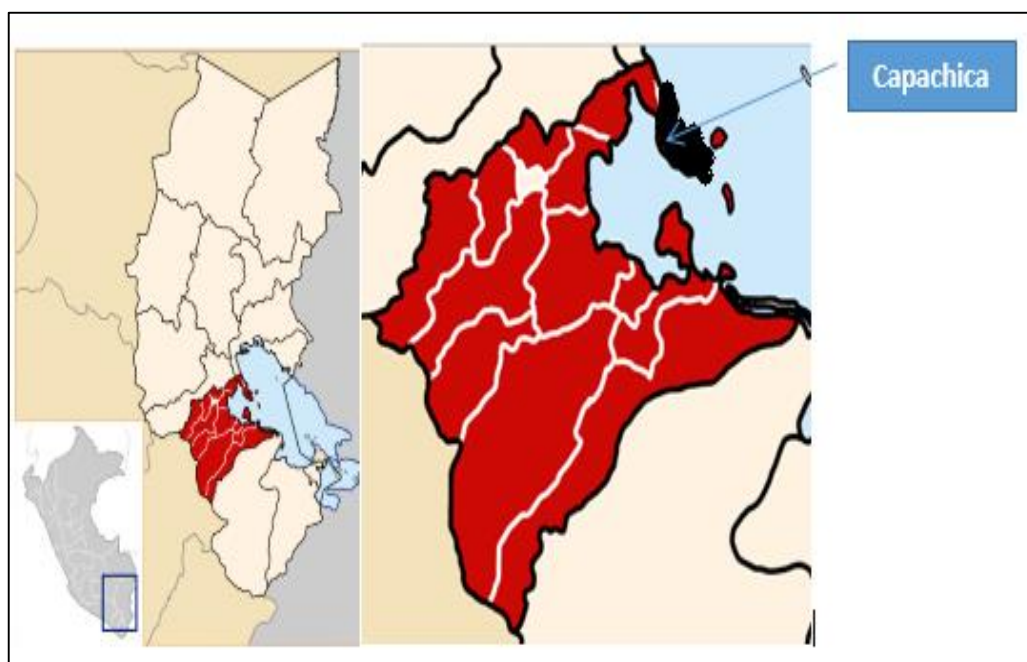


Figura 14. Ubicación del distrito de Capachica

Fuente: Google Maps.

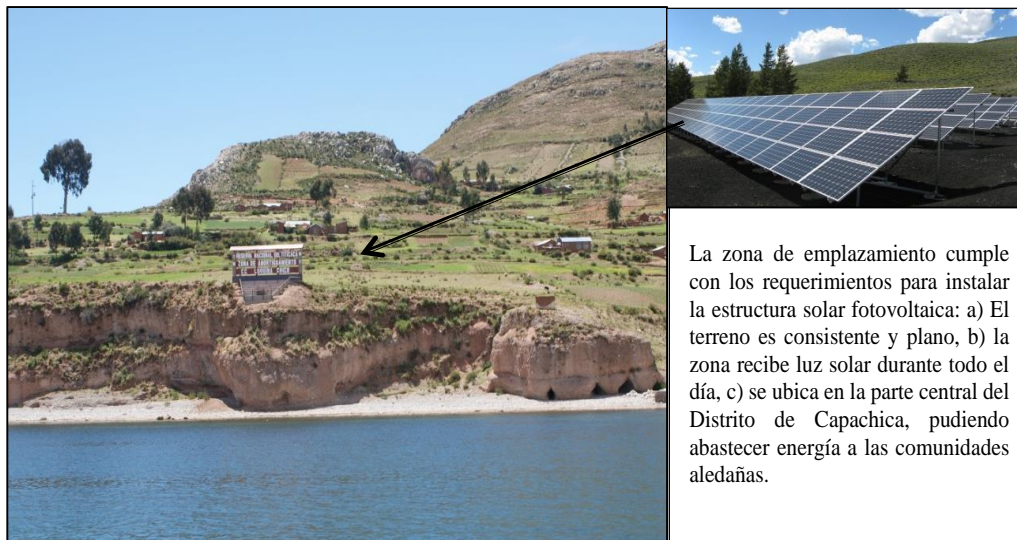


Figura 15. Ubicación del emplazamiento óptimo en el distrito de Capachica, Comunidad de Cotos

Fuente: Google Maps.

4.1.1.1. Coordenadas del Distrito de Capachica

- a) Latitud : 15°38'22"S
- b) Longitud : 69°58'37"O

4.1.1.2. Superficie del distrito

- a) Total : 117,06 km²

4.1.1.3. Altitud

- a) Media : 3860 msnm

4.1.1.4. Población del distrito de Capachica

- a) Total : 7540 hab.

4.1.1.5. Población de la Comunidad Campesina de Cotos

- b) Total : 319 hab.

4.1.2. Propuesta de dimensionamiento e instalación de un sistema fotovoltaico en el Distrito de Capachica

Para el dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico albergado en la zona este de la península de Capachica (ver figura 15), precisa determinar el perfil de carga y la radiación en dicho emplazamiento. Meteorológicamente se caracteriza por tener una temperatura media anual de 8 a 12 °C. La temperatura más alta registrada hasta el momento es de 18.6 °C.

La zona propuesta para instalación cuenta con una superficie adecuada para la instalación del generador fotovoltaico de 245 m² (35m x 7m), ésta superficie se encuentra en la cara este de la Península de Capachica (Comunidad Campesina de Cotos), tiene una inclinación de siete grados y un ángulo acimutal de cuarenta grados.

Este generador es adecuado para un consumo anual de 313357 kWh para 22 familias.

Tabla 4
Consumo mensual y promedio diario

Mes	N° de familias	Promedio diario por familia kWh	Promedio diario de la muestra de la Comunidad de Cotos (kWh)	Consumo mensual de la muestra de la Comunidad de Cotos (kWh)
Enero	22	34,03	748,66	23208,46
Febrero	22	30,54	671,88	18812,64
Marzo	22	32,98	725,56	22492,36
Abril	22	39,65	872,3	26169
Mayo	22	36,44	801,68	24852,08
Junio	22	40,32	887,04	26611,2
Julio	22	41,45	911,9	28268,9
Agosto	22	39,43	867,46	26891,26
Septiembre	22	39,76	874,72	26241,6
Octubre	22	46,65	1026,3	31815,3
Noviembre	22	43,25	951,5	28545
Diciembre	22	44,62	981,64	29449,2
TOTAL	22	469,12	10320,64	313357

Fuente: Encuesta de consumo de población de la Comunidad de Cotos

4.1.3. Energía solar incidente diaria

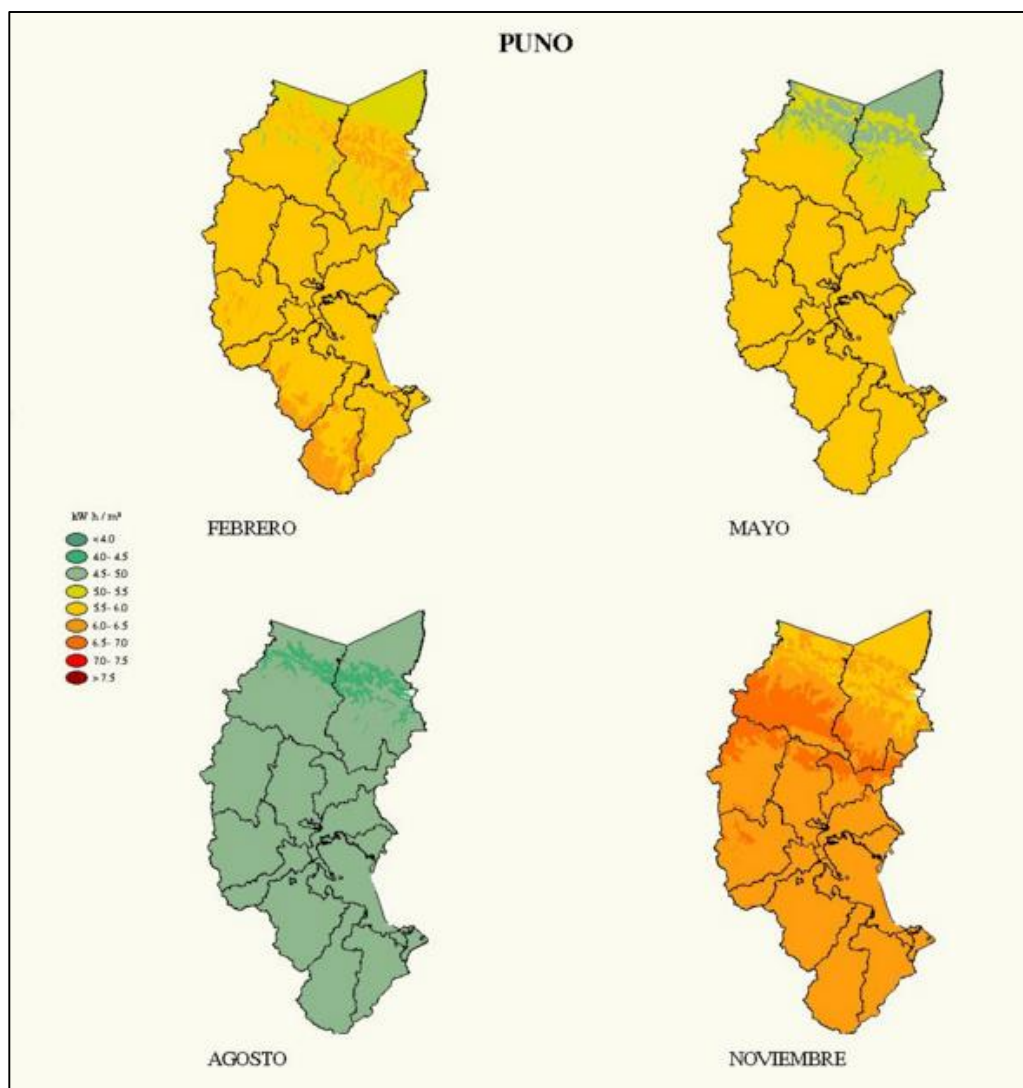


Figura 16. Energía solar incidente diaria: media mensual

Fuente: SENAMHI (2017).

4.1.4. Índice de radiación ultravioleta

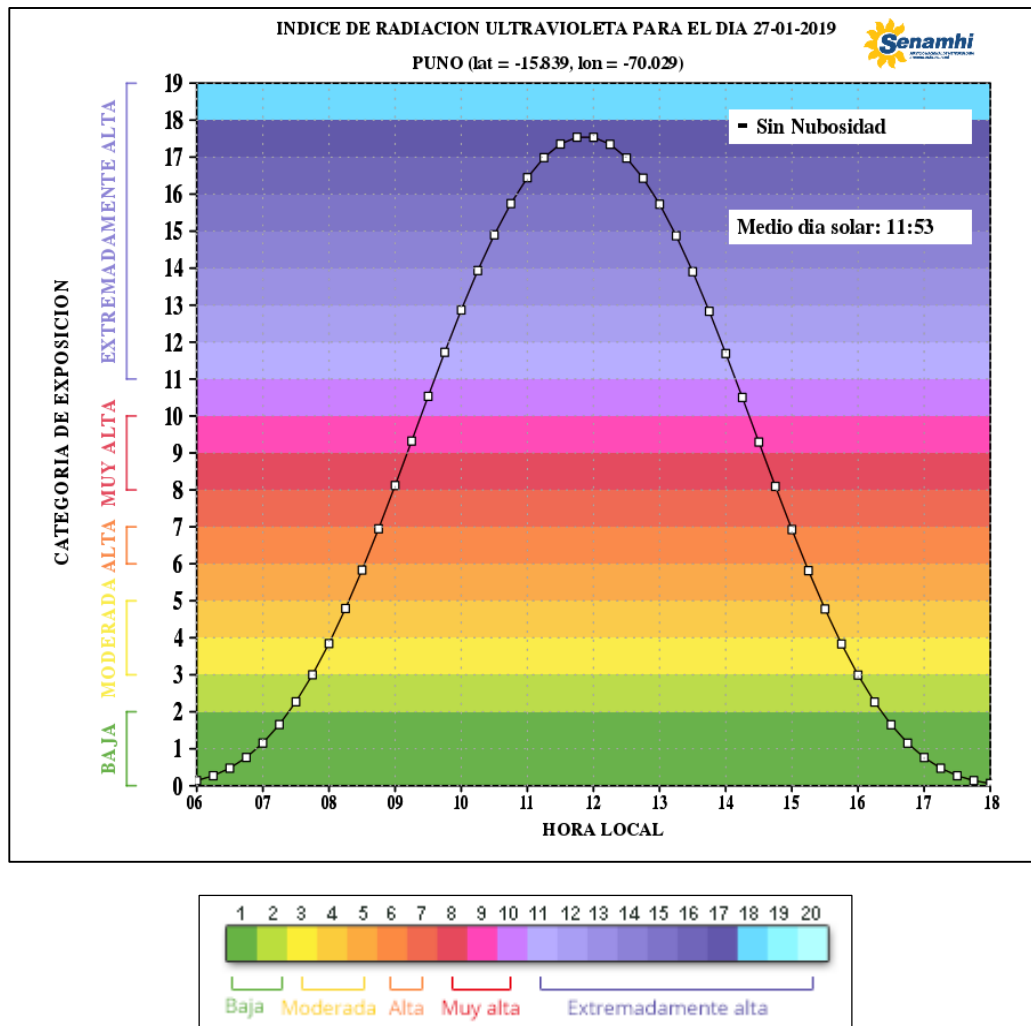


Figura 17. Índice de Radiación ultravioleta

Fuente: SENAMHI (2019).

4.1.5. Marco legal

- a) Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables
- b) Decreto Legislativo 1002 (mayo 2008)
- c) Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables
- d) Decreto Supremo 012-2011-EM (Marzo 2011)

- e) Bases de la segunda Subasta RER , aprobadas mediante Resolución Viceministerial N° 036-2011-MEM/VME del Ministerio de Energía y Minas

4.1.5.1. Evolución del marco regulatorio

a) Antes del año 2008

Inicialmente, el marco regulatorio evolucionó hacia el desarrollo de la electrificación rural y el uso eficiente de energía:

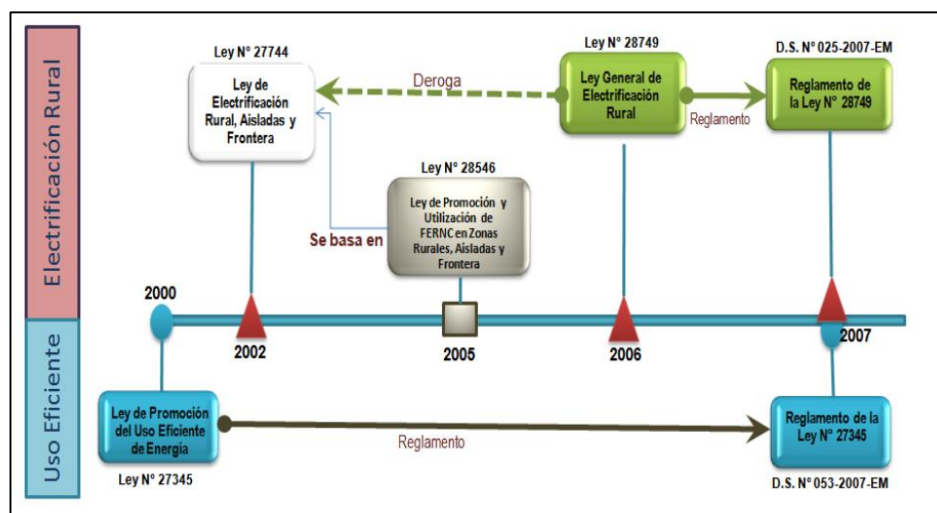


Figura 18. Regulación de Energías no Renovables antes del 2008

Fuente: Mitma (2013).

b) Después del año 2008

El marco regulatorio ha evolucionado hacia el desarrollo de la producción de electricidad con energías renovables a gran escala (On-grid y Off-grid)

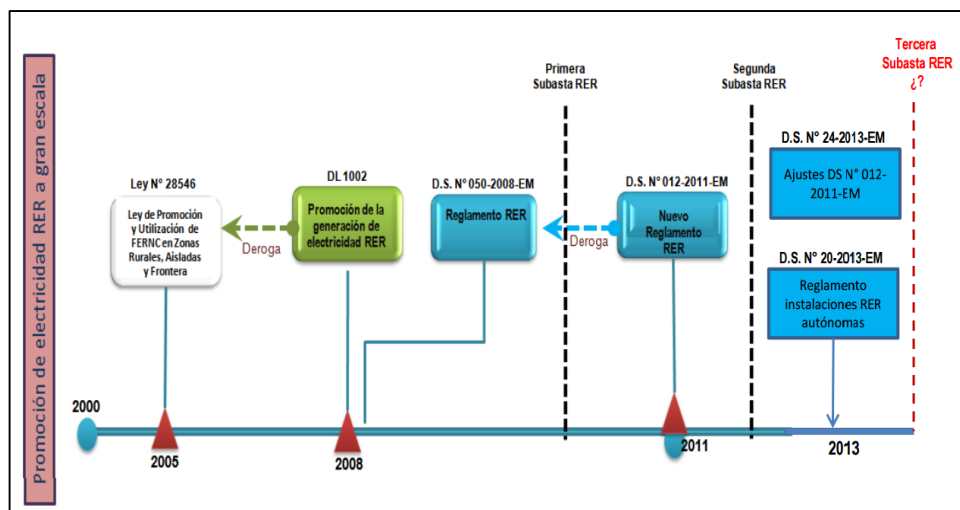


Figura 19. Regulación de Energías no Renovables después del 2008

Fuente: Mitma (2013).

4.2. Evaluación del impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno

4.2.1. Estudio tecnológico para albergar emplazamientos óptimos de ERNC

La generación de energía eléctrica a través de cualquiera de las tecnologías disponibles genera un impacto en el entorno (Hung, 2011) no obstante los equipos instalados como paneles solares, armazones, baterías, postes y cables eléctricos, tienen un impacto en la parte oriental de la Península de Capachica.

Sin embargo, el mayor impacto medioambiental de la generación de electricidad en la actualidad es la emisión de CO₂ por parte de las centrales que consumen combustibles fósiles (carbón, gas, fuel). Existen también otros impactos, como la generación de residuos radioactivos de prolongada vida media (nuclear) y los impactos físicos sobre el territorio, tanto visuales como de alteración de ecosistemas (AUMA, 2000). Las energías renovables son más respetuosas con el medio ambiente que las no renovables, ya que no producen emisiones contaminantes ni residuos tóxicos o radioactivos. Entre ellas, la solar fotovoltaica ha sido identificada en diversos estudios como la que genera electricidad con los menores impactos ambientales (Marcano, 2016). Otros informes destacan factores positivos como la no utilización de sustancias peligrosas en su fabricación, su facilidad para adaptarse a la morfología de los lugares en que se instala, el

reducido impacto acústico o existencia de vibraciones, y escasa incidencia de la captura de radiación solar al representar sólo un 10% de la radiación solar incidente.

A pesar de lo manifestado el impacto es mínimo, como:

Tabla 5
Impacto tecnológico de la instalación de equipos fotovoltaicos

IMPACTO	ÍNDICE		
	Bajo	Medio	Alto
	(0-33,3%)	(33,4%-66,6%)	(66,7%-100%)
- Ocupación espacial, con contaminación visual.	X		
- Obstrucción del paso natural para las poblaciones aledañas por el lugar de instalación.		X	
- Pérdida de terreno para cultivo o ganadería.		X	
- Repercusión electromagnética de elementos electromagnéticos como pequeñas antenas, baterías, cables, armazones y paneles solares.		X	

Fuente: Análisis de campo.

4.2.2. Encuesta sobre el grado de Satisfacción de las necesidades humanas y de la sociedad y atención a los grupos humanos más vulnerables

Tabla 6
Satisfacción de necesidades según vulnerabilidad de grupos humanos

Grupos Humano	Satisfacción de las Necesidades Humanas y de la Sociedad							
	Baja		Media		Alta		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Vulnerable	2	9%	3	14%	11	50%	16	73%
No vulnerable	1	5%	2	9%	3	14%	6	27%
TOTAL	3	14%	5	23%	14	64%	22	100%

Fuente: Encuesta sobre Satisfacción de necesidades y vulnerabilidad de grupos humanos.

4.3. Análisis de alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno

La modificación de la geología y geomorfología. La alteración producto de este componente en el ecosistema es fundamentalmente por el movimiento de tierras de las

canteras, por excavación y la acumulación de los mismos sobre los lugares de depósito de material excedente los cuales pueden ocasionar inestabilidad de laderas, originando deslizamientos de masas de tierra, así también pueden causar erosión y formación de cárcavas en los cortes de canteras y en los botaderos de material excedente. En cuanto a la alteración que ocasionan los cortes y rellenos del ensanchamiento del camino, son de menor escala que los anteriormente nombrados, pero que amerita igual cuidado.

Las alteraciones generadas por la pérdida del suelo están directamente relacionadas con los impactos generados por la pérdida de la cobertura vegetal, la alteración que experimente tanto la calidad edáfica de los suelos (sobre la fertilidad principalmente), la productividad primaria de las plantas, la productividad agropecuaria y el valor de la tierra. Estas afectaciones se generarán por la implementación de desvíos y accesos a canteras y depósitos de materiales excedentes, contaminación por derrames de combustibles y lubricantes, compactación del suelo por el constante tránsito vehicular y maquinaria pesada por los accesos. Por lo expuesto, se considera que la pérdida de suelo ocasionado por la rehabilitación de la carretera causará un impacto negativo a lo largo del mejoramiento de la infraestructura vial.

Disminución de la calidad edáfica La obra vial proyectada, conllevará la ocupación de superficies edáficas, debido al ensanchamiento que se realizará en todo el tramo. Además, hay que añadir las pérdidas de la calidad edáfica, debido a otros factores, tales como explotación de canteras, depósitos de los materiales excavados en botaderos, vías de acceso (a canteras, botaderos y fuentes de agua), la compactación del suelo como consecuencia de movimientos de maquinaria pesada, los vertidos incontrolados. y/o accidentales, de las maquinarias (aceites y grasas), construcción y abandono de plantas de tratamiento, campamentos y patios de máquinas. Esta disminución de la calidad edáfica podría dar inicio a la desertificación. En concordancia con las "Normas para el Diseño de Carreteras" del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el derecho de vía, cuando la carretera cruza por propiedades privadas debe tener un ancho de 20 m. (10 m. a cada lado del eje).

4.3.1. Método de análisis de ciclo de vida (ACV)

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce

cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 A a 0,5 V (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un campo de normalmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Por otro lado, los paneles solares que generan esa energía no duraran para siempre. La vida útil estándar de la industria es de unos 25 a 30 años, lo que significa que algunos de los paneles instalados en aquellos inicios, no tardan en ser retirados. Y cada año que pasa, más y más serán retirados del servicio, módulos fotovoltaicos de vidrio y metal que pronto comenzarán a sumar millones, y luego decenas de millones de toneladas métricas de material (Ovacen, 2017).

4.3.2. Vida útil de paneles fotovoltaicos

La potencia de salida nominal de los paneles solares generalmente se degrada en aproximadamente 0.5% / año.

Sin embargo, los paneles solares de película delgada (a-Si, CdTe y CIGS) se degradan más rápido que los paneles que se basan en paneles fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos.

Tabla 7
Degradación de paneles fotovoltaicos

Tipo de célula solar	Pérdida de producción en porcentaje por año	
	Antes de su uso (%)	Primer año (%)
Silicio amorfo (a-Si)	0.96	0.87
Telururo de cadmio (CdTe)	3.33	0.4
Seleniuro de galio de indio y cobre (CIGS)	1.44	0.96
Silicio monocristalino (mono-Si)	0.47	0.36
Silicio policristalino (poli-Si)	0.61	0.64

Fuente: AUMA (2000).

4.3.3. Propuesta para la conservación de los paneles fotovoltaicos en Cotos, Capachica

4.3.3.1. La reducción de uso de materias primas

Los elementos y equipos para la instalación de energía eléctrica en los hogares debe ser minimizada con el propósito de consolidar una alta conciencia ambiental sin dañar el ecosistema ni el entorno visual (zona turística).

Asimismo, debe reducirse el uso de materias primas tanto en el emplazamiento como en los hogares, de tal modo que exista un exceso de materias primas y se opte por la cantidad suficiente de paneles con el propósito de no exista un impacto visual ni ambiental.

4.3.3.2. El ahorro energético

Para que no exista un impacto desproporcionado en el entorno ambiental, social ni visual (por tratarse de una zona turística), es necesario recurrir a las siguientes recomendaciones:

- Cambio de los sistemas de ahorro de electricidad con la sustitución del 30% de focos por las de bajo consumo.

- Es necesario preferir equipos y aparatos electrodomésticos eficientes.
- En zonas comunes en las que haya iluminación suficiente desconexión de determinados fluorescentes o focos, siempre y cuando la luminosidad sea suficiente.
- Monitorización de las instalaciones en viviendas rurales con el propósito de identificar zonas de mayor consumo y concientizar a que reduzcan o utilicen adecuadamente la energía.

Tabla 8
Comparación de antes y después de la instalación de panel solar en las viviendas. En Kw

	Antes	Después	Ahorro
1	30,54	14.76	15.78
2	20.06	16.91	3.15
3	60.08	40.67	19.41
4	10.34	14.56	4.22
5	20.06	11.89	8.17
6	21.09	06.54	14.55
7	34.04	12.38	21.66
8	14.08	10.92	3.16
9	29.18	05.34	23.84
10	32.99	09.52	23.47
11	13.06	04.76	8.3
12	28.09	12.49	15.6
13	31.24	09.99	21.25
14	60.76	40.03	20.73
15	29.87	05.81	24.06
16	35.95	11.93	24.02
17	13.07	10.43	2.64
18	36.89	08.05	28.84
19	22.87	09.94	12.93
20	30.46	16.09	14.37
21	24.75	08.46	16.29
22	72.42	63.00	9.42
Total	641.35	344.47	327.42
Promedio	30.54	15.65	14.88

Como se muestra en la tabla 7, después de la instalación de los paneles solares a las 22 familias beneficiarias, pero antes se verificó el medidor de luz que tienen las viviendas que en promedio fue 30.54 kw por mes que consume una familia, y al cabo de un mes se volvió a revisar el medidor de las mismas viviendas, donde en la mayoría bajó en promedio de 15.65 Kw de consumo, eso indica que ahorraron en promedio 14.88 kw por familia.

4.3.3.3. Minimización de la contaminación

Los impactos de contaminación medioambiental, deben ser cubiertos con programas de forestación intensiva, charlas constantes de concientización del cuidado del medioambiente y el uso adecuado de la energía eléctrica a partir del enfoque de renovación.

CONCLUSIONES

- La zona de emplazamiento óptimo se ubica en la zona este de la Península de Capachica, en la Comunidad Campesina de Cootos, en las coordenadas: 15°38'22"S y 69°58'37"O, cumple con los requerimientos para instalar la estructura solar fotovoltaica: a) El terreno es consistente y plano, b) la zona recibe luz solar durante todo el día, c) se ubica en la parte central del Distrito de Capachica, pudiendo abastecer energía a 22 familias y mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental.
- Las zonas rurales aisladas de la red de servicio eléctrico pueden desarrollarse de manera sostenible mediante el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, ERNC (solar fotovoltaica), debido a que según los resultados el índice de impacto es medio (33,4% - 66,6%) en la obstrucción del paso natural, en la pérdida de terreno y en la repercusión electromagnética; mientras que en la ocupación espacial con contaminación visual es bajo (0%-33%). El grupo más beneficiado es el vulnerable con una satisfacción alta (50%), en segundo lugar el grupo más beneficiado es el vulnerable con una satisfacción media (14%).
- La reducción de la contaminación ambiental está directamente relacionada con: a) la reducción de uso de materias primas (elementos y equipos para la instalación de energía eléctrica en los hogares debe ser minimizada); b) el ahorro energético (Para que no exista un impacto desproporcionado en el entorno ambiental, social ni visual; c) minimización de la contaminación (los impactos de contaminación medioambiental, deben ser cubiertos con programas de forestación intensiva, charlas constantes de concientización del cuidado del medioambiente y el uso adecuado de la energía eléctrica a partir del enfoque de renovación).

RECOMENDACIONES

- A los docentes y estudiantes de la Escuela de Posgrado, de los programas de Doctorado, de la Universidad Nacional del Altiplano, a los profesionales vinculados a la instalación de energías renovables, se les recomienda investigar sobre nuevos emplazamientos, con el propósito de suministrar energía eléctrica con el fin de mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental.
- A los docentes y estudiantes de la Escuela de Posgrado, de los programas de Doctorado, de la Universidad Nacional del Altiplano, a los profesionales vinculados a la instalación de energías renovables, se les sugiere plantear propuestas para desarrollar de manera sostenible el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, ERNC (solar fotovoltaica).
- A los docentes y estudiantes de la Escuela de Posgrado, de los programas de Doctorado, de la Universidad Nacional del Altiplano, a los profesionales vinculados a la instalación de energías renovables, se les recomienda investigar sobre los índices de contaminación de las energías renovables.
- Al Gobierno Central, crear una institución nacional, que sea como organismo autónomo, que coordine y promueve todas las actividades en energías renovables como los paneles solares, para que se pueda instalar plantas que generen electricidad en comunidades que aún no cuentan con este servicio, ya que una parte de estas comunidades se dedica al turismo artesanal, recreacional o vivencial.
- Al Gobierno Regional de Puno, a que pueda implementar plantas que puedan generar electricidad mediante los paneles solares en la península de Capachica,

luego implementar programas de capacitación para que los pobladores beneficiarios de la localidad aprendan, ya que este sistema de generación solar es de fácil operación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- AIF. (2009). *Servicios de energía para reducir la pobreza y promover el crecimiento*. Asociación Internacional de Fomento. Obtenido de <http://siteresources.worldbank.org/EXTIDASPANISH/Resources/IDA-Energy-ES.pdf>
- Aleman, Y. (2014). *Instalación y análisis de datos de la estación solarimétrica de la universidad de Quintana Roo* (Tesis de doctorado). Universidad de Quintana Roo, Mexico.
- Alonso, M. (2002). *Master en energías renovables y mercado energético*. Madrid-España: Energía solar fotovoltaica, Escuela de organización industrial.
- Altomonte, H., Lutz, F. y Coviello, M. (2003). *Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y perspectivas*. CEPAL.
- Ångström, A. (1924). *Solar and Terrestrial Radiation*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.
- Arancibia, C. y Best, R. (2009). *Energía del sol*. Mexico: Instituto de Geofísica de la UNAM.
- AUMA. (2000). *Impactos medioambientales de la producción eléctrica: Análisis de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica*. IDAE.
- Buzai, G. (2001). *Geografía global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del siglo XXI*, Estudios Geográficos.
- Campen, B., Guidi, D. y Best, G. (2000). *Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles*. Roma: FAO. Obtenido de

<http://www.fao.org/uploads/media/Solar%20photovoltaic%20for%20SARD%20ES.pdf>

- Cultura. (2016). *Marco legal de proteccion del patrimonio cultural*. Lima, Peru: Ministerio de Cultura, Direccion General de Defensa del Patrimonio cultural.
- Feull y Fulp, (2010). *Eficiencia energética y medio ambiente en establecimientos hoteleros* (Tesis de doctorado). Universidad de La Laguna y Fundación Universitaria de Las palmas, España.
- Garzon, P. (2010). *Evaluacion de alternativas y pruebas electroenergeticas (CIPEL)* (Tesis de doctorado). Universidad Tecnica de Cotopaxi, Facultad de Energia Electrica, La Habana, Cuba.
- Guillen, A. y Abreu, J. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía (Renewable Energies and Energy Conservation). *International Journal of Good Conscience*, 141-155.
- Hernandez, L. (2007). *Energia, Energia fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia*. La Habana: Revista Digital Universitaria, Universidad de la Habana.
- Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, P. (2010). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Huerga, I. y Venturelli, L. (2019). *Energías Renovables. Su implementación en la Agricultura Familiar de la República*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Ingeniería Rural (IIR). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-energias_renovables.pdf
- Hueso, A. (2007). *Estudio sobre el impacto social, económico y ambiental de pequeñas centrales hidroeléctricas implantadas en comunidades rurales de La Paz, Bolivia* (Tesis de doctorado). Universidad Mayor de San Andres, Instituto de Hidraulica e Hidrologia, La Paz, Bolivia.
- Huisa, F. (2013). *Acondicionamiento para el aprovechamiento de la energia solar en la I.E. alfonso Ugarte* (Tesis de doctorado) Universidad Nacional del Centro del Peru, Facultad de Arquitectura, Huancayo, Peru.

- Humberto, L. (2014). *Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: una revisión en el contexto energético mundial*. Colombia, Medellín: Ingeniería y Desarrollo.
- Hung, V. (2011). *Propuesta metodológica de selección de emplazamientos viables para instalaciones de energía solar fotovoltaica: Lanzarote* (Tesis de doctorado). Universidad Complutense de Madrid, España.
- INEI. (2017). *Muestra poblacional*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/>
- Josa, A. (2013). *Energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú*. Barcelona, España: Escola de camins, Ingeniería ambiental.
- Lopez, A. (2012). *La cadena de suministro de la energía solar*. Mexico, Aguascalientes: Ciencia tecnológica, Instituto tecnológico de Aguascalientes.
- Lucarelli, V. (2010). *Eficiencia energética y energías renovables en los hoteles de Uruguay* (Tesis de doctorado). Universidad de Alicante, España.
- Lumbreras, E. (2017). *Energías renovables y sistemas fotovoltaicos*. Lima: MARAVED.
- Marcano, J. (2016). *Educación ambiental*. Recuperado el 27 de enero de 2019, de <http://www.jmarcano.com>
- Merino, L. (2014). *Las energías renovables*. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid.
- MINAM. (2005). *Ley General del Ambiente*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- MINEM. (2013). *Portal de transparencia*. Obtenido de <http://www.minem.gob.pe/>
- Minotta, M. y Villavicencio, A. (2006). *Diseño de alternativas para la generación de energía eléctrica conectada a la red por medio de energía solar para el edificio almendros de la Universidad Javeriana Cali: Sistema fotovoltaico de ciclo Rankine con energía solar concentrada* (Tesis de doctorado). Pontificia Universidad Javeriana, Ingeniería Industrial, Bogotá.
- Mitma, R. (2013). *Regulación de las Energías Renovables en el Perú*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicacione>

s/EventosRealizados/ForoTacna/2/6-Regulacion%20RER%20Peru-
Riquel%20Mitma.pdf

Muneer, T. (2004). *Solar Radiation and Daylight Models*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-075065974-1/50015-2>

OSINERGMIN. (2013). *Introducción a las energías renovables*. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>

Ovacen, G. (2017). *Qué haremos con todos los paneles solares cuando terminen su vida útil*. Recuperado el 14 de enero de 2019, de <https://ovacen.com/paneles-solares-vida-util/>

Perez, D. (2012). *Medidas de la radiacion solar*.

Peruano, E. (2008). *Decreto legislativo 1002*.

Poole, N. (2006). *La población rural pobre ante los retos, dificultades y posibilidades que plantea*. Roma: Internacional Found Agricultural Development. Obtenido de <http://www.ifad.org/events/gc/29/panel/s/poole.pdf>

Rivera, J. (30 de diciembre de 2012). *¿Cuál es el marco legal de la energía solar en Perú?* Recuperado el 09 de setiembre de 2019, de Minería y Responsabilidad Social: <https://perumineria.wordpress.com/2012/12/30/cual-es-el-marco-legal-de-la-energia-solar-fotovoltaica-en-peru/>

Rocha, L. (2007). *Sistemas de información geográfica*. Colombia.

Rosso, A. y Kafarov, V. (2015). *Barriers to social acceptance of renewable energy systems in colombia*. Vol. 10. Current Opinion in Chemical engineering.

Salamanca, S. (2017). *Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica*. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *30(3)*, 263-277.

Sanchez, J. (2012). *Búsqueda y evaluación de emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables en la costa de la región de murcia: combinación de sistemas de información geográfica (sig) y soft computing*. Universidad Politecnica de cartagena.

- SENAMHI. (2017). *Energía Solar Incidente Diaria*. Recuperado el 28 de enero de 2019, de <https://deltavolt.pe/phocadownload/Puno.jpg>
- SENAMHI. (2018). *Atlas de energía solar del Peru*. Lima, Peru.
- SENAMHI. (2019). *Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar)*. Recuperado el 19 de enero de 2019, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv>
- SNE. (2014). *Sistema Nacional de Bienes Estatales*. Lima, Peru: Marco general de inmuebles. Obtenido de <http://www.unac.edu.pe/images/documentos/ogp/normatividad/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-GENERAL-DE-BIENES-ESTATALES.pdf>
- Tamayo, R. (2011). *Potencial de las energías Renovables en el Peru*. Lima, Peru.
- Trebejo, I. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*.
- Wikipedia. (2017). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Puno#Demograf.C3.ADa
- WMO. (1992). *Instrument and observing methods*. Suiza: World Meteorological Organization.
- Zamfirescu, C. y Dincer, I. (2009). How much exergy one can obtain from incident solar radiation. *Journal of applied physics*(105, 044911).



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

INTERROGANTE S ESPECIFICAS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOS	PRUEBAS ESTADÍSTICAS
PG: ¿cómo se localizará emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la región de puno	HG: La falta de Suministro de Energía eléctrica precisa la búsqueda de emplazamientos óptimos con el fin de mejorar la calidad de vida del poblador y disminuir la contaminación ambiental	OG: Localizar emplazamientos óptimos para albergar instalaciones de energías renovables (solar fotovoltaica) en la región de puno	VI: emplazamientos óptimos VD: energías renovables	- Marco legal - Elección de zona de estudio (Base de datos del sistema de Información Geográfica (SIG) por medio del software (gvSIG) instrumento de medición- piranometro) - Imposición de restricciones - Superficies aptas	- Diseño experimental - muestreo no probabilístico a conveniencia	- Software (gvSIG 2.2 Desktop) sistema de información geográfica
PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	HIPÓTESIS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS				
PE.1: ¿Cómo Evaluar el impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno?	HE. 1: Las zonas rurales aisladas de la red de servicio eléctrico pueden desarrollar de manera sostenible el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, ERNC (solar fotovoltaica)	OE. 1: Evaluar el impacto tecnológico-social, de las alternativas energéticas para la generación de electricidad con el uso de las ERNC (solar fotovoltaica), focalizadas en zonas rurales de la región Puno.	VI: Impacto tecnológico-social VD: generación de electricidad	- Estudio tecnológico de recursos - Encuesta sobre el grado de Satisfacción de las Necesidades Humanas de la Sociedad y Atención a los Grupos Humanos más Vulnerables	- Análisis técnico - Cuestionario con preguntas simplificadas	- Software SPSS (Statistical package for the social sciences) de la AN IBM COMPAN Y version 22
PE. 2: ¿Cómo Analizar las alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno?	HE. 2: La generación de energía permitirá reducir la contaminación ambiental mejorando la calidad de vida de la población rural	OE. 2: Análisis de alternativas de generación de electricidad mediante el uso de las ERNC (solar fotovoltaica) a partir de la evaluación del impacto ambiental en las zonas rurales de la región Puno	VI: Impacto medio ambiental VD: generación de electricidad	- Método de análisis de ciclo de vida (ACV)	- la reducción de uso de materias primas - el ahorro energético minimización de la contaminación	- Para realizar el análisis de ciclo de vida en este estudio se utilizara el software denominado - Sima-Pro versión 7.1.