



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Generación distribuida con energías renovables en Perú

Tesis para optar el Grado de
Máster en Ingeniería Mecánico - Eléctrica con mención en Sistemas Eléctricos y
Automatización Industrial

Henry Cóndor Lucchini

Asesor:
Dr. Ing. Mario Daniel Marcelo Aldana

Piura, octubre del 2020





*Dedico a mis seres queridos:
Mis padres, por los ejemplos de
perseverancia y constancia con que
me forjaron; a mi esposa e hijos
quienes son mi inspiración.*



Resumen Analítico-Informativo

Generación distribuida con energías renovables en Perú

Henry Córdor Lucchini

Asesor(es): Dr. Mario Daniel Marcelo Aldana

Tesis.

Máster en Ingeniería Mecánico – Eléctrica con mención en Sistemas Eléctricos y Automatización Industrial

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, octubre del 2020

Palabras claves: Sistemas de energía de generación solar, energías renovables, energía solar, mercados, estrategia, modelo de negocios, propuesta de valor, GD, ER, GEI, MW, CO₂, SO₂, NO_x, RER, FED, GDA.

Introducción: La evolución del esquema tradicional centralizado de los Sistemas Eléctricos de Potencia obliga el cambio de paradigmas y la Generación Distribuida (GD) surge como solución a las necesidades crecientes de energía con fuentes alternas; en tal sentido, en la presente tesis se plantea promover la generación distribuida (GD) utilizando energías renovables (ER) como en los mercados de América Latina y el Caribe; en el Perú el propósito es de incrementar la competitividad y lograr un crecimiento económico sostenible, toda vez que, el creciente interés por las nuevas fuentes de energía renovables es evidente, los recursos renovables como la radiación solar o el viento son elementos esenciales para impulsar la autogeneración de energía y el modelo de generación distribuida, reduciendo el costo de la electricidad de todo un país.

Metodología: La metodología empleada para el desarrollo de la presente tesis de investigación, es de tipo cualitativo, ya que se investigó y describió los casos de éxito de los países de Chile, Argentina, Colombia, Guatemala, México y Brasil. En tal sentido a partir de los resultados obtenidos, propongo un modelo de generación distribuida para el Perú, a fin de incrementar la competitividad energética sostenible y acceso seguro a la energía.

Tipo de Investigación: El tipo de investigación es **descriptiva**, el cual implica observar y describir los objetos de estudio y catalogar la información que es observada para que se pueda usarse y replicarse por otros, tal como hoy en día funciona el mercado energético de América Latina. “El investigador no debe influir en el funcionamiento del objeto de investigación” (Espinoza, 2010).

Resultados: Un mercado eléctrico competitivo se logrará, gracias a la generación distribuida, la misma que está siendo posible con los recursos renovables, el cual fomentará el uso de vehículos eléctricos, a fin de minimizar la emisión de CO₂ al medio ambiente, ya que, la reducción de emisiones es, sinónimo de sostenibilidad, reducción de costos de producción, incremento de la competitividad, mayor productividad y la mejora de calidad de vida en el Perú.

Propuesta de la aprobación del reglamento de generación distribuida (hoy en proyecto), a fin de fomentar la competitividad del mercado energético peruano con recursos renovables que garantiza la disminución de la emisión de CO₂ al medio ambiente.

Con la reglamentación de la generación distribuida y una política financiera de subsidios a la energía renovable (fotovoltaica), fomentaremos la electrificación masiva en el Perú,

contribuiremos al incremento de la calidad de vida, **¿Cómo?** se crearán polos de desarrollo en la industria del turismo, en la agroindustria, el cacao, café, papaya etc. (en la región de la selva), por lo que a la fecha al no contar con energía eléctrica la región en mención no puede desarrollarse adecuadamente.

Propuesta de incentivar, un mercado para la energía renovable fuera de la infraestructura convencional, a fin de diversificar la matriz energética del Perú para no depender de fuentes fósiles y del gas natural (recursos no renovables); con ello se incrementará la competitividad energética, sostenibilidad ambiental y acceso a la energía limpia y seguro.

Propuesta de reglamentar el impuesto al carbono (reducir emisiones de gases), con la finalidad de fomentar la generación distribuida con recursos renovables y desincentivar el uso de combustibles fósiles. Lo que impactará positivamente en la calidad del aire y la salud ambiental.

Propuesta de reglamentar la generación distribuida, por cuanto, el silencio normativo no es bueno para el desarrollo económico ni para la sociedad peruana. En tal sentido el ordenamiento peruano permitirá minimizar las pérdidas técnicas en las redes eléctricas; asimismo se minimizará los costos de nuevos proyectos tal como: construcción de líneas de transmisión y distribución, que impactan directamente con el ecosistema y el medio ambiente creando impacto visual negativo en los transeúntes.

Conclusiones: Es importante señalar que, la generación eléctrica convencional, las centrales de generación se localizan alejadas de los centros de consumo, por lo que el porcentaje de pérdidas va desde 4% a 19% en pérdidas de transmisión, distribución y robo, dependiendo de la tensión de la red y de la región tarifaria del país. Lo cual conlleva a que, la Generación Distribuida minimiza las pérdidas técnicas por estar localizadas cercano a los centros de consumo.

La generación distribuida con energía renovable limpia (verdes) de mayor importancia hoy en día es la energía fotovoltaica, ya que mediante la radiación solar obtenemos la energía eléctrica que se requiere para el desarrollo de un País, con ello se evita el deterioro del medio ambiente; como ejemplo tenemos a los países México y Brasil que poseen instalaciones solares que va desplazando enormemente a los fósiles como es el carbón y petróleo. Por lo que, generando energía renovable limpia contribuyera enormemente a minimizar la emisión de gases al medio ambiente de CO₂, el cual, perjudica enormemente en especial a la capa de ozono del planeta.

La generación distribuida con energías limpias, incrementan la independencia energética de los países y, por tanto, mejoran o compensan su déficit comercial y los libera de la influencia política y económica de países con recursos energéticos (petróleo, gas, carbón, etc.).

El empleo de las energías renovables, posee la capacidad para abaratar el precio de la electricidad en el mercado mayorista por tener prioridad de entrada en la red y por expulsar de la subasta a las tecnologías más caras e ineficientes tal como el petróleo, gas etc.

Fecha de elaboración del resumen: octubre del 2020

Analytical-Informative Summary

Generación distribuida con energías renovables en Perú

Henry Cóndor Lucchini

Asesor(es) Dr. Daniel Marcelo Aldana

Tesis

Máster en Ingeniería Mecánico – Eléctrica con mención en Sistemas Eléctricos y Automatización Industrial

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, octubre 2020

Keywords: Solar generation energy systems, renewable energies, solar energy, markets, strategy, business model, value proposition, GD, ER, GEI, MW, CO₂, SO₂, NO_x, RER, FED, GDA.

Introduction: The evolution of the traditional centralized scheme of Electric Power Systems forces the change of paradigms and Distributed Generation (DG) appears as a solution to the growing needs of energy with alternative sources; in this sense, in this thesis it is proposed to promote distributed generation (DG) using renewable energy (RE) as in the markets of Latin America and the Caribbean; in Peru the purpose is to increase competitiveness and achieve sustainable economic growth, since the growing interest in new renewable energy sources is evident, renewable resources such as solar radiation or wind are essential elements to promote the self-generation of energy and the distributed generation model, reducing the cost of electricity for an entire country.

Methodology: The methodology used for the development of this research thesis is qualitative, since the success stories of the countries of Chile, Argentina, Colombia, Guatemala, Mexico and Brazil were investigated and described. In this sense, based on the results obtained, I propose a distributed generation model for Peru, in order to increase sustainable energy competitiveness and secure access to energy.

Type of Research: The type of research is descriptive, which involves observing and describing the objects of study and cataloging the information that is observed so that it can be used and replicated by others, just as the energy market in Latin America works today. "The researcher should not influence the operation of the research object" (Espinoza, 2010).

Results: A competitive electricity market will be achieved, thanks to distributed generation, the same that is being possible with renewable resources, which will promote the use of electric vehicles, in order to minimize the emission of CO₂ to the environment, since the reduction emissions is synonymous with sustainability, reduction of production costs, increased competitiveness, higher productivity and improved quality of life in Peru.

Proposal for the approval of the distributed generation regulation (currently in project), in order to promote the competitiveness of the Peruvian energy market with renewable resources that guarantees the reduction of CO₂ emissions to the environment.

With the regulation of distributed generation and a financial policy of subsidies for renewable energy (photovoltaic), we will promote massive electrification in Peru, we will contribute to an increase in the quality of life. How? Development poles will be created in the tourism

industry, in agribusiness, cocoa, coffee, papaya, etc. (in the jungle region), so to date, since it does not have electricity, the region in question cannot develop properly.

Proposal to encourage a market for renewable energy outside of conventional infrastructure, in order to diversify Peru's energy matrix so as not to depend on fossil sources and natural gas (non-renewable resources); this will increase energy competitiveness, environmental sustainability and access to clean and safe energy.

Proposal to regulate the carbon tax (reduce gas emissions), in order to promote distributed generation with renewable resources and discourage the use of fossil fuels. Which will positively impact air quality and environmental health.

Proposal to regulate distributed generation, since regulatory silence is not good for economic development or for Peruvian society. In this sense, the Peruvian system will allow to minimize technical losses in electrical networks; likewise, the costs of new projects will be minimized, such as: construction of transmission and distribution lines, which directly impact the ecosystem and the environment, creating a negative visual impact on passers-by.

Conclusions: It is important to point out that, in conventional electricity generation, the generation plants are located far from the consumption centers, so the percentage of losses ranges from 4% to 19% in transmission, distribution and theft losses, depending on the tension of the network and the tariff region of the country. Which means that Distributed Generation minimizes technical losses by being located close to consumption centers.

The generation distributed with clean renewable energy (green) of greatest importance today is photovoltaic energy, since through solar radiation we obtain the electrical energy that is required for the development of a Country, thereby avoiding the deterioration of the environment; As an example, we have the countries Mexico and Brazil that have solar installations that are massively displacing fossils such as coal and oil. Therefore, generating clean renewable energy will contribute enormously to minimizing the emission of gases into the environment of CO₂, which, especially damages the planet's ozone layer.

Generation distributed with clean energy increases the energy independence of countries and therefore improves or compensates their trade deficit and frees them from the political and economic influence of countries with energy resources (oil, gas, coal, etc.).

The use of renewable energies has the ability to lower the price of electricity in the wholesale market by having priority entry into the network and by expelling the most expensive and inefficient technologies such as oil, gas, etc. from the auction.

Summary preparation date: october 2020

Prólogo

La política energética peruana ha sido consecuencia de las reformas emprendidas durante las últimas dos décadas, recoge el estándar internacional con los tres pilares: competitividad, seguridad (incluye acceso a la energía) y sostenibilidad.

Las energías renovables han sido un factor determinante en su participación en América del Sur y, en particular en el Perú. Resulta ser una región con alta participación renovable en el planeta por el origen de sus fuentes (convencional y no convencional); a fin de no depender de las energías fósiles que son muy caras e impactan enormemente en el medio ambiente y ser competitivos y atractivos para la inversión. En tal sentido, nuestra legislación en el marco de sistemas de Generación Distribuida en comparación con el sector de Latino América hay ciertas debilidades que se deben reforzar, a fin que como país emergente se puede contar con una reserva energética limpia, confiable, competitiva y no ser dependiente de energías fósiles, caso contrario para el futuro se va a tener problemas de oferta energética llegando a racionalización de la energía; por lo que nuestra matriz energética debe diversificar acorde al impulso de las energías renovables.

En la presente tesis se busca explicar los conceptos y normativa fundamental relacionada con el desarrollo sostenible de las tecnologías energéticas renovables y el aumento en el uso de las energías limpias nacionales, siendo esta una parte importante de la lucha contra el cambio climático y el aumento de nuestra seguridad energética. En consecuencia, la Dirección de Energía Renovable es el órgano técnico que tiene a su cargo todos los aspectos de Política Energética Nacional referidos a energías renovables, comprendiendo tanto la formulación de las propuestas de política, como el análisis y elaboración de instrumentos y las fases de promoción, consulta, coordinación y seguimiento. El marco regulatorio referente a las Energías Renovables en nuestro país se encuentra regulado por el Decreto Legislativo N° 1002 (“DL – 1002”), de fecha 02/05/2008, el cual declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de la generación de electricidad mediante recursos renovables. Y mediante el Decreto

Supremo N° 012-2011-EM, de fecha 23/03/2011 aprobó reglamento de la generación de electricidad con recursos renovables.



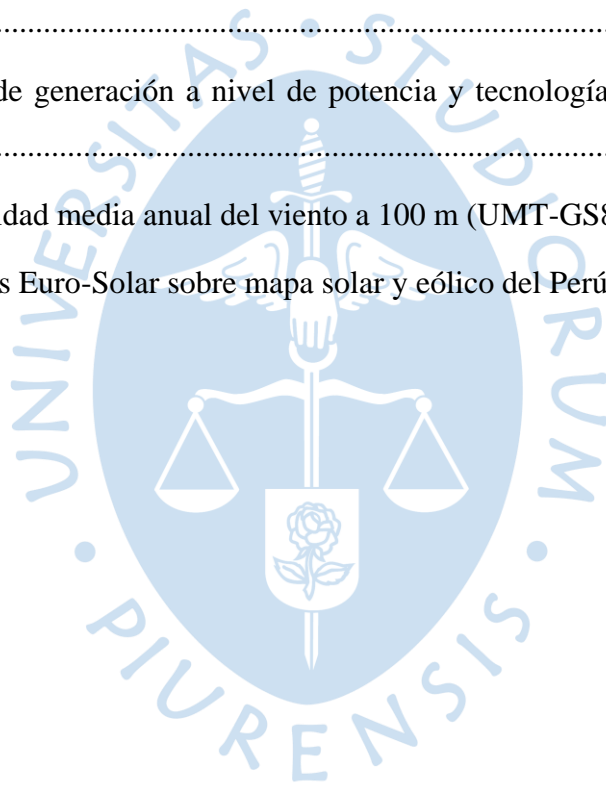
Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1	3
Fundamento teórico.....	3
1.1. Aspectos generales	3
1.2. La generación distribuida de energía	3
1.3. Funcionamiento.....	4
1.4. Ventajas de la generación distribuida.....	5
1.4.1. Técnicas.....	5
1.4.2. Económicas	6
1.4.3. Medio ambiental.....	7
1.5. ¿Por qué es importante la generación de electricidad por fuentes renovables?	7
1.5.1. La energía renovable lucha directamente contra el cambio climático	8
1.5.2. La energía renovable contribuye a un aire puro.....	9
1.5.3. La energía renovable mantiene intactos los recursos del planeta.....	9
1.5.4. La energía renovable contribuye a una economía más estable	10
Capítulo 2	11
Generación distribuida con energías renovables y análisis de estudios para el Perú.....	11
2.1. Introducción	11
2.2. Análisis de estudios para el Perú.....	12
2.3. Conclusión.....	21
2.4. El potencial de la energía renovable en el Perú	22
2.4.1. Energía solar.....	23

2.4.2. Energía eólica.....	26
2.4.3. Energía mini hidráulica	27
2.4.4. Energía geotérmica.....	27
2.4.5. Biomasa.....	27
2.4.6. Mareomotriz y oleaje	29
2.5. Energías renovables: ¿cómo benefician a la economía y la sociedad?	30
Capítulo 3	31
¿Por qué promover las energías renovables en el Perú?	31
3.1. Introducción	31
3.2. Es necesario desarrollar energías “limpias” frente al cambio climático	32
3.3. ¿Cuánto se ha avanzado hasta el momento?	33
3.4. Los beneficios son múltiples	34
3.5. Acuerdos internacionales que comprometen al Perú	35
3.6. La energía fuente fundamental contra la pobreza por las siguientes razones:	35
3.7. Desarrollo de las energías renovables en Brasil.....	37
3.7.1. Brasil con mayor porcentaje de empleo en el sector energético renovable	39
3.7.2. Sobre compensación de energía	41
Capítulo 4	43
Regulación de la generación distribuida y el plan propuesto en Perú.....	43
4.1. Generación distribuida	43
4.2. Centrales de energías renovables parques eólicos.....	44
4.2.1. Central solar fotovoltaica	45
4.2.2. Centrales solares térmicas de alta temperatura	47
4.3. La biomasa	49
4.4. Consideraciones experimentales	50
4.5. Determinar tipo de generación factible a implementar en la zona de estudio.....	54
4.6. Almacenamiento de energía.....	54

4.7. Impulso de cogeneración en el Perú: Barreras y alcances en materia de regulación	55
4.8. Análisis de propuestas regulatorias para la generación distribuida en Perú	56
4.8.1. Características técnicas para la conexión de generación distribuida.....	58
4.8.2. Tecnologías de generación	59
4.8.3. Características del generador distribuidor.....	60
4.8.4. Requerimientos básicos de conexión	60
4.8.5. Estudio de nuevos proyectos	62
4.9. Aspectos legales	62
4.9.1. Ley N° 28832, para asegurar el desarrollo eficiente de la energía eléctrica	63
4.9.2. Reglamento de cogeneración	63
4.10. Descripción general del plan propuesto.....	65
4.10.1. Estructura del plan propuesto en relación con el mercado energético	66
4.10.2. Detalles y especificaciones del plan propuesto	67
4.11. Marco normativo.....	68
4.11.1. Entidades responsables.....	69
4.12. Caso de estudio: Central hidroeléctrica Santa Rosa.....	69
4.12.1. Análisis de Flujos de Energía.....	71
4.12.2. Sistema secundario de transmisión	73
4.12.3. Calificación de la central hidroeléctrica Santa Rosa.....	73
Capítulo 5	75
Caso de estudio: Sistema fotovoltaico para consumo eléctrico	75
5.1. Descripción del sistema del plan propuesto	75
5.2. Ingeniería básica: Sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica.....	75
5.2.1. Demanda de energía eléctrica	77
5.3. Evaluación de la energía solar disponible	78
5.3.1. Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico.....	81
5.3.2. Paneles solares.....	82

5.4. Cálculo de Inversores	86
5.5. Sistema de puesta a tierra	88
5.6. El Medidor bidireccional.....	89
5.7. Conductor del Sistema Fotovoltaico	90
5.8. Análisis de Precios unitarios	92
Conclusiones	93
Recomendaciones.....	95
Referencias bibliográficas	97
Anexos.....	101
Anexo: A. Centrales de generación a nivel de potencia y tecnología, existente y proyectada	103
Anexo B: Mapa velocidad media anual del viento a 100 m (UMT-GS84-S18).....	104
Anexo C: Instalaciones Euro-Solar sobre mapa solar y eólico del Perú.....	105



Lista de figuras

Figura 1. Curva tipo U. Pérdidas en red de distribución en funcionamiento del grado de penetración de la generación distribuida.....	6
Figura 2. Emisión de gases en central térmica. La contaminación ambiental riesgo para la salud de los seres vivos que habitan los ecosistemas contaminados, incluyendo a seres humanos	9
Figura 3. Integración de las energías renovables con el sistema eléctrico.....	13
Figura 4. Evolución de la red eléctrica.....	14
Figura 5. Energía tradicional y energía distribuida.....	14
Figura 6. Sistema eléctrico de potencia.....	15
Figura 7. Circuito equivalente simplificado.....	15
Figura 8. Diagrama unifilar de una red.....	16
Figura 9. Esquemas planteados para la interconexión.....	17
Figura 10. Esquemas considerados para cogeneración.....	19
Figura 11. Diagrama de: Sistema DC y sistema AC.....	20
Figura 12. Sistemas de almacenamiento de energía SMES.....	21
Figura 13. Esquema de una conexión SFCR.....	24
Figura 14. Instalación de paneles solares.....	25
Figura 15. Parque de aerogenerador.....	26
Figura 16. Energía mini hidráulica.....	27
Figura 17. Energía geotérmica.....	28
Figura 18. La biomasa y la energía solar.....	28
Figura 19. Energía mareomotriz.....	29
Figura 20. Parque de aerogeneradores.....	33
Figura 21. Ubicación de empresas de energía solar fotovoltaica.....	38
Figura 22. Instalación fotovoltaica.....	38
Figura 23. Instalación eólica.....	39
Figura 24. Empleo de energías renovables en países seleccionados.....	40
Figura 25. Líderes en empleo de biocombustibles líquidos.....	41

Figura 26. Parque eólico más grande del Perú.....	45
Figura 27. Funcionamiento de una central fotovoltaica.....	46
Figura 28. Transformador de energía solar térmica en energía eléctrica.....	48
Figura 29. Transformador de energía solar térmica en energía eléctrica.....	48
Figura 30. Ubicación de la biomasa dentro de las energías renovables.....	49
Figura 31. Ciclo de biomasa.....	50
Figura 32. Funcionamiento generación distribuida autónoma.....	52
Figura 33. Excedente de energía va al sistema eléctrico.....	53
Figura 34. Energía solar cubre parte del consumo y lo restante el sistema eléctrico.....	53
Figura 35. La energía eléctrica es captada del sistema eléctrico.....	54
Figura 36. Planta de almacenamiento con energía eólica.....	55
Figura 37. Política de generación solar.....	66
Figura 38. Diagrama del sistema secundario de transmisión (SST).....	70
Figura 39. Flujo de energía línea transmisión 66kv Huacho - Andahuasi.....	72
Figura 40. Panel solar Jimkosolar JKM330PP-72.....	76
Figura 41. Curva característica de Módulo Fotovoltaico.....	83
Figura 42. Efecto de la corriente y la tensión celda fotovoltaico.....	84
Figura 43. Esquema de conexión del panel solar.....	85
Figura 44. Fonios SYMO HIBRID 4.0-3-S.....	86
Figura 45. Diagrama Unifilar del Sistema Interno.....	88
Figura 46. Diagrama sistema puesta a tierra sistema fotovoltaico.....	89
Figura 47. Modelo de medidor monofásico y trifásico.....	89
Figura 48. Foto volt N2X2X 1,5/1,5KV (CC).....	90

Lista de tablas

Tabla 1. Aplicación de las energías renovables	23
Tabla 2. Tecnologías aplicables a la generación distribuida.....	42
Tabla 3. Energías renovables en matriz energética en el Perú.....	51
Tabla 4. Proyecto de recursos energéticos renovables (RER)	52
Tabla 5. Sistema de generación distribuida.....	59
Tabla 6. Tecnologías de generación.....	60
Tabla 7. Rendimiento eléctrico efectivo	64
Tabla 8. Resultado de flujo de carga para máxima demanda.....	72
Tabla 9. Características del panel solar JIMKSOLAR	77
Tabla 10. Consumo de energía promedio diario para la vivienda.....	78
Tabla 11. Datos de meteorología de superficie y energía solar – NASA.....	79
Tabla 12. Radiación solar promedio en la Región Ica	80
Tabla 13. Radiación solar – Análisis de rendimientos	80
Tabla 14. Radiación solar – diagrama solar	81
Tabla 15. Especificaciones técnicas del inversor 48 V-4k W	87
Tabla 16. Análisis de costo unitario.....	92



Introducción

La presente tesis tiene como objetivo general desarrollar propuestas para promover la generación distribuida, utilizando energías renovables con el propósito de incrementar la competitividad energética y lograr un crecimiento económico sostenible en el Perú.

El creciente interés por las nuevas fuentes de energía es evidente y los recursos renovables como la radiación solar o el viento son elementos esenciales para impulsar la autogeneración de energía y el modelo de energía distribuida, promoviendo la implementación de sistemas mixtos (energía eléctrica comercial y la energía solar o el viento) en el sector residencial, comercial e industrial, el cual influirá positivamente en la cultura del uso energético en sistemas ambientalmente aceptables y sostenibles; de tal manera que, promover energías limpias haría decrecer de manera considerable los conflictos socios ambientales relacionados a hidrocarburos y energía.

La propuesta de energías renovables en el sector eléctrico peruano es parte de la política energética y supone la combinación óptima (eólica, solar, biomasa, mini hidroeléctricas, etc.) y sustentable para el abastecimiento a largo plazo de un país. Por lo que, se debe implementar las tecnologías de energías renovables más adecuadas con el fin de diversificar las fuentes de generación eléctrica y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático. Implementar en el Perú el prototipo de generación distribuida con energías renovables puede ser una opción viable para comunidades que no tienen acceso a redes eléctricas ubicadas en las regiones de costa y selva, por cuanto los resultados económicos muestran que, cuando no se tiene en cuenta incentivos económicos gubernamentales o institucionales por generación de energía limpia, el proyecto no será rentable económicamente, además esto hace que también se reduzcan el tamaño y número de las líneas eléctricas que deben construirse y mantenerse en óptimas condiciones.

En tal sentido, el trabajo de investigación ha sido estructurado en 5 capítulos. En el primer capítulo trata sobre el Fundamento Teórico de la generación distribuida. El segundo capítulo describimos la generación distribuida y análisis de estudios para el Perú. El tercer capítulo justificamos por que promover las energías renovables en el Perú. En el cuarto capítulo tratamos

sobre la regulación de la generación distribuida y el plan propuesto en el Perú y finalmente en el capítulo quinto tratamos de un caso de estudio de un sistema fotovoltaico.

Quiero dejar constancia de mi eterno agradecimiento a los jurados por las orientaciones invaluable; asimismo a mi asesor Dr. Daniel Marcelo Aldana, por haber apoyado decisivamente en la culminación de esta investigación.



Capítulo 1

Fundamento teórico

1.1. Aspectos generales

En la actualidad, cada día se está ante un horizonte de cambio donde el consumo eléctrico se sustenta gracias a fuentes de energías renovables, una forma limpia, sostenible y eficiente de encarar el futuro para mantener nuestro modo de vida. El sol, el viento o el agua son algunos de los elementos que se puede utilizar para abastecer nuestras necesidades energéticas, y aunque los modelos existentes son todavía muy nuevos, poco a poco es más habitual ver sistemas que facilitan la autogeneración, distribución y consumo. Por lo que a continuación se presenta el fundamento teórico del tema de investigación planteado: la generación distribuida (GD) utilizando energías renovables (ER) en mercados emergentes de América Latina y análisis de estudios en el Perú con el propósito de incrementar la competitividad y lograr un crecimiento económico sostenible.

1.2. La generación distribuida de energía

El concepto mundial de generación distribuida¹, vendría a decir que es aquella que se conecta a la red de distribución de energía eléctrica y se caracteriza por encontrarse instalada en puntos cercanos al consumo. Cuyas características generales son las siguientes:

- Disminuyen pérdidas en la red, al disminuir los flujos de energía por la misma.
- Su energía vertida no revierte flujos hacia la red de transporte.
- Suelen tener potencias inferiores a 3 kW, aunque, en general, no sobrepasan 10 kW de potencia instalada.

¹ Generación distribuida - Energía de calidad. - La Generación Distribuida (GD) representa un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica centralizada. James Paul Valencia Quintero** Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. Fecha de recepción: noviembre 22 de 2007 Fecha de aceptación: abril 23 de 2008

La generación distribuida será la pieza clave para que cada uno de los usuarios de la red eléctrica, genere parte o la totalidad de la energía que consume, aprovechando el recurso natural renovable e inagotable como la energía solar.

1.3. Funcionamiento

Un sistema de generación distribuida, está constituido por un generador de fuente renovable (ejemplo, paneles solares) y un equipo de acople a la red (ejemplo, un inversor que convierte la corriente continua en corriente alterna), pueden instalarse en industrias, PyMEs y hogares, los cuales generaran un ahorro económico en la factura del servicio eléctrico.

El marco regulatorio referente a las energías renovables Decreto Legislativo N° 1002 (“DL – 1002”), de fecha 02/05/2008, el cual declara de interés nacional y necesidad publica el desarrollo de la generación de electricidad mediante energías renovables. Y mediante el Decreto Supremo N° 012-2011-EM, de fecha 23/03/2011 aprobó el reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.

Según la complejidad del sistema, la instalación puede ser de tres tipos:

- **Generación distribuida:** En este sistema, el usuario mantiene su conexión a la red centralizada, utilizando la red momentos en los que no hay disponibilidad de generación debido a la intermitencia natural de las fuentes renovables.
- **Generación distribuida + Integración de sistemas de almacenamiento:** Al nivel del sistema antes referido se le agregan sistemas de almacenamiento de electricidad, como las baterías. Con ello reducimos la dependencia de la red y se puede tramitar el excedente de energía almacenándola para el siguiente uso. Este tipo de sistemas es cada vez más constante su implementación ya que los costos de las baterías en los últimos años se han reducido, llegando a ser la red eléctrica un sistema de respaldo.
- **Instalación fuera de la red (off-Grid):** En este sistema, el consumidor no está conectado a la red centralizada, debido a que toda la energía que consume proviene de fuentes renovables generadas localmente en una pequeña red creada en sus instalaciones. En este tipo de sistema es indispensable las baterías para almacenamiento y garantizar la estabilidad y operatividad de la red. Se suelen conocer como micro redes, porque tienen las mismas capacidades que una gran red. Este sistema es clave para electrificación en zonas rurales.

1.4. Ventajas de la generación distribuida

Hoy en día se tiene un modelo energético en torno a un sistema de generación centralizada, en la cual, la energía eléctrica se produce en plantas de gran potencia (hidroeléctricas, térmicas, etc.), la generación distribuida supone un cambio enorme, ya que la electricidad pasa a ser producida en centrales de pequeñas potencias situadas en zonas donde hay gran demanda de consumo.

Por lo que el empleo de la generación distribuida, en el sistema eléctrico presenta numerosas ventajas, lo que podemos clasificarlos como: ventajas técnicas, ventajas económicas y ventajas medioambientales.

1.4.1. Técnicas

- a) Mejora la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica, reduciendo la probabilidad de fallos por caídas de las líneas de alta tensión al minimizar su uso.
- b) Ayuda en la demanda en horas punta y en los programas de gestión del consumo, ya que en este periodo se emplea la generación distribuida.
- c) Aumenta calidad de la onda eléctrica mediante su conveniente localización y las características de la energía inyectada a la red.
- d) Reduce las pérdidas de energía eléctrica tanto en las redes de distribución como de transporte. Al reducir estas pérdidas se aumentan capacidad de distribución de la red eléctrica.

En un sistema de distribución eléctrico determinado, las pérdidas de energía evolucionan en forma de “U” con la penetración de la energía distribuida (ver: Figura 1).

- e) Una red eléctrica sin generación y las conexiones de generación distribuida sumadas a dicho sistema van a minimizar las pérdidas técnicas; sin embargo, conforme aumenta la producción se pueden llegar a un punto donde la pérdida puede incrementar, debido al exceso de generación. Por lo que, es necesario que la carga (demanda) aumente de manera coordinada con la generación distribuida, para que de ésta forma puedan, trabajar equitativamente en el punto más bajo en cuanto a pérdida.
- f) Participan en la estabilidad del sistema, toda vez que, se pueden utilizar como suministros de reservas la energía requerida. Se puede hacer uso también para la inyección/consumo de potencia reactiva para estabilizar la tensión.

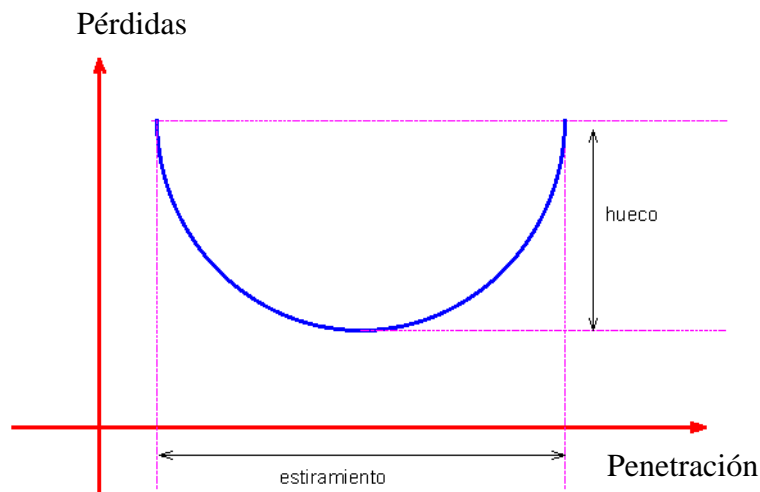


Figura 1. Curva tipo U. Pérdidas en red de distribución en funcionamiento del grado de penetración de la generación distribuida

Fuente: “Libro generación distribuida y autoconsumo y redes inteligentes²”

www.sancristoballibros.com/libro/generacion-distribuida-autoconsumo-y-redes-inteligentes_61099

1.4.2. Económicas

- a) Minimizan las inversiones en infraestructura eléctrica, reduciendo la construcción de nuevas líneas de transporte y distribución instalándolos en centros de cargas potenciales, mejorando los sistemas eléctricos existentes durante la etapa de planificación.
- b) Disminuye los costes de operaciones y mantenimientos de los equipos del sistema de transporte y distribución (transformadores).
- c) Reducción de los costes de suministro de combustible debido a la mejora de la eficiencia, en los casos de aplicaciones de cogeneración, empleando el calor residual para calefacción, para refrigeración o para aumentar su eficiencia mediante la generación de más energía eléctrica. Ahorramos la energía primaria.
- d) Incrementan la seguridad y fiabilidad para las cargas críticas; éste beneficio está directamente relacionado con el aumento de la calidad de la onda eléctrica.
- e) Conforme las diferentes tecnologías de generación distribuida, los tipos de recursos energéticos y combustibles utilizados están diversificados; en tal sentido, no hay más interés por un cierto tipo de combustible que por otro.

²http://www.sancristoballibros.com/libro/generacion-distribuida-autoconsumo-y-redes-inteligentes_61099

- f) A grandes plantas, se requieren tiempos menores de instalación y menores inversiones, por consiguiente, menores riesgos financieros, con el potencial de reducir los costes mundiales del servicio eléctrico.
- g) Participación de un gran número de pequeñas y medianas empresas locales en negocios de generación de energía, debido por lo regular a la generación en escala convencional, está limitada a empresas extranjeras multinacionales de gran capital de aporte.

1.4.3. Medio ambiental

- a) El empleo de sistemas de generación distribuida con energías renovables reduce la emisión de contaminantes a la atmósfera. Sin embargo, cualquier sistema de generación distribuida puede influir en la emisión de contaminantes debido a la reducción de pérdidas energéticas que ocasiona.

CO2 en 2012: -8% de reducción respecto 1990

CO2 en 2020: -20%

- b) Disminución de redes de transporte y centros de transformación, compromete una reducción del impacto visual, mejor aceptación social y menores inversiones. Logrando que los sistemas de generación distribuida (GD) disponen una opción de mayor valor añadido a las grandes plantas productoras
- c) Como resultado, el sistema de generación distribuida posee una alternativa de mayor valor añadido a las grandes plantas productoras, además de que las zonas para las plantas productoras son cada vez más escasas.

1.5. ¿Por qué es importante la generación de electricidad por fuentes renovables?

Porque las energías renovables son fuentes de energías limpias, inagotables y hoy en el día son competitivas³. Se distinguen de los combustibles fósiles, principalmente en su actividad, abundancia y potencial de aprovechamiento en el cualquier parte del planeta, sobre todo porque no producen gases de efecto invernadero (causantes del cambio climático) ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a disminuir de forma sostenida, sin embargo, la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta, al margen de su volatilidad coyuntural.

³ Nicolás Guevara A. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos – DRME Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET – PERU Teléfono: (51 1) 618 9800 Anexo 412 - San Borja – LIMA - PERU

El desarrollo de las energías limpias es imprescindible para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores. El 2014 fue el año más cálido desde que existen registros. La Tierra ha sufrido un calentamiento de 0,85°C de media desde finales del siglo XIX, apunta National Geographic en su número especial del Cambio Climático de noviembre de 2015.

El crecimiento de las energías limpias es imparable, como queda reflejado en las estadísticas aportadas en 2015 por la Agencia Internacional de la Energía (AIE): representan cerca de la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica instalada en 2014, toda vez que se han constituido en la segunda fuente global de electricidad, sólo superada por el carbón.

1.5.1. La energía renovable lucha directamente contra el cambio climático

La constante emisión de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases que contribuyen al efecto invernadero, se está acelerando el cambio climático, aumento de la temperatura del planeta, creando desequilibrios considerables tales como: las sequías, deshielos de los andes y otros, por lo que están extinguiendo las especies y los fenómenos meteorológicos son cada vez más radicales; por lo tanto, el cambio climático es un enorme riesgo para los ecosistemas del planeta.

Siendo así, para preservar el planeta y no seguir contaminando con la emisión de gases tóxicos, surge la importancia del uso de la energía renovable para reducir las emisiones de CO₂ y otros gases tóxicos que afectan al cambio climático.

Para la generación de energías renovables, hoy en el día se cuenta con tecnologías en el mercado, por lo que los paneles solares son más eficientes en la generación de electricidad e incluso su fabricación e instalación es mínima en comparación de la construcción de una central hidroeléctrica.

Una central hidroeléctrica es aquella en la que la energía potencial del agua almacenada en un embalse se transforma en la energía cinética necesaria para mover el rotor de un generador, y posteriormente transformarse en energía eléctrica.

El otro alcance de las energías renovables es que en NUESTRO MUNDO los países menos desarrollados tienen un alto porcentaje de gente que no cuenta con electricidad y, el inconveniente es que si se desea que cuenten con electricidad al intentar conectarlos al sistema eléctrico esto representaría a veces costos prohibitivos por la lejanía de un tendido eléctrico o inaccesibilidad, por eso la solución son las Energías Renovables ya que con ellas se podría dar electricidad a los centros poblados más alejados, y con ello subir la calidad de vida de los pobladores.

1.5.2. La energía renovable contribuye a un aire puro

Generar electricidad con fuentes de energías renovables contribuye a reducir el calentamiento de la tierra que produce el efecto invernadero y el impacto medioambiental; asimismo no se altera el equilibrio de los ecosistemas del planeta (ver: Figura 2).



Figura 2. Emisión de gases en central térmica. La contaminación ambiental riesgo para la salud de los seres vivos que habitan los ecosistemas contaminados, incluyendo a los seres humanos

Fuente: La importancia de la energía renovable

www.energyavm.es › importante-la-energía-renovable

Los gases, como el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) tienen efectos directos muy nocivos en nuestra salud y contribuye en el desarrollo del cáncer, el asma y las alergias. Estos gases nocivos, también se producen por generación de energía proveniente de fuentes no renovables (la combustión de altas temperatura).

1.5.3. La energía renovable mantiene intactos los recursos del planeta

Se debe tener en cuenta que, solo se tiene un planeta y, lo que se puede hacer, está restringido por los recursos disponibles en él.

Pero, **¿Qué sucedería si no agotáramos esos recursos?** Nuestra capacidad para generar energía y nuestros avances no se verían limitados. Ese es la otra gran razón del por qué es tan importante generar electricidad en base a las energías renovables.

El sol va a seguir existiendo durante miles de millones de años y el viento va a seguir soplando mientras la tierra gire.

Lo mismo sucede con el mar y el agua, especialmente mientras se conserve el equilibrio del planeta. Conviviendo sin alterar los recursos de la Tierra, se puede tener la energía necesaria para seguir avanzando tecnológicamente, mejorando nuestro modo de vida y sin gastar los recursos del planeta.

1.5.4. La energía renovable contribuye a una economía más estable

Que, con el impacto medioambiental mínimo, se puede contar con mejor calidad de aire y consiguientemente reducir las enfermedades, en tal sentido, la energía renovable contribuye produciendo una mejor calidad de vida⁴, no solo para los seres humanos sino también para el resto de las especies que habitan el planeta. El potencial de competitividad de la energía renovable en términos de costo, se puede producir a un precio más estable que la producción convencional de la energía. **¿Cómo?** Gracias a la independencia de proveedores externos que pueden alterar ese precio. Además, los combustibles fósiles no renovables, como el petróleo, pueden ver sus precios alterados rápidamente, lo que ha llevado a producir incluso unas crisis económicas.

⁴ www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf

Capítulo 2

Generación distribuida con energías renovables y análisis de estudios para el Perú

2.1. Introducción

Según un informe de la Corporación Financiera Internacional (IFC), se identifica siete sectores de enorme potencial para atraer inversión privada: energía renovable, almacenamiento de energía y energía solar fuera de la red, agro negocios, construcción verde, transporte urbano, suministro de agua y gestión de residuos urbanos.

América Latina y el Caribe⁵ es una región líder en atraer inversiones a sectores clave para la lucha contra el cambio climático, indica un nuevo informe de la Corporación Financiera Internacional (IFC), miembro del Grupo del Banco Mundial. De acuerdo al informe, se prevé que los sectores de transporte y de infraestructura climáticamente inteligente generen más de \$1 billón de dólares en inversiones para 2030 en la región. **Ver: Anexo A**

El informe *Creando Mercados para Negocios Climáticos* (publicado el 03/11/2017 por Gestión El diario de Economía y Negocios/tía María/PBI/...) “indica que para desarrollar el potencial y catalizar inversiones privadas se deben impulsar una combinación de reformas políticas y modelos de negocio innovadores. Ello contribuiría a que América Latina y los países en desarrollo puedan alcanzar los objetivos climáticos fijados en el histórico Acuerdo de París. Treinta y tres países en la región han firmado este acuerdo. Se ha avanzado mucho. Cinco de los países más grandes de la región -Brasil, Chile, Colombia, México y Perú- lideran el desarrollo sostenible en sectores como el de las energías renovables, la infraestructura urbana ecológica y la eficiencia energética, así como el de las ciudades inteligentes”.

En el Perú, de acuerdo con la información del Ministerio de Energía y Minas, se cuenta con 60 GW de potencial hidroeléctrico, el mayor parte ubicado en la cuenca del Amazonas (cuenca del atlántico); 22 GW de potencial eólico, ubicado fundamentalmente en el litoral de

⁵ América Latina es líder en atraer inversiones para la lucha contra el cambio climático, según el informe de la Corporación Financiera Internacional (IFC). Actualizado el 03/11/2017.

la costa; 3 GW de potencial geotérmico, ubicado en la cordillera de los Andes; abundantes recursos biomásicos ubicados en las costa y selva; y, un enorme potencial de energía solar con irradiancia de un promedio anual del orden de 6,5 kWh/m² en la costa sur.

Este potencial energético, comparado con el consumo nacional actual de electricidad que ronda aproximadamente en los 6 GW, permite descubrir que el Perú es un país privilegiado no solo por tener un alto potencial energético renovable por explotar, sino porque, además, este potencial no solo es hidroeléctrico, como usualmente se piensa, se difunde y se decide en el Perú; sino que también es eólico, solar, geotérmico y biomásico.

2.2. Análisis de estudios para el Perú

El Perú es favorecido con un gran potencial de recursos energéticos, tales como renovables y no renovables, por lo que la propuesta es la mejor estrategia, programando el abastecimiento de demanda energética para el crecimiento económico sostenido del país. En tal sentido, para sustentar el presente análisis, es de vital importancia referirnos como se viene produciendo la electricidad. En tal sentido somos enfáticos en señalar que, en el Perú se genera electricidad mediante las grandes centrales hidroeléctricas alejadas del centro de consumo, para transmitir la energía es necesario construir redes enormes de transmisión y redes de distribución con sus respectivos transformadores para los niveles comerciales de tensión. Por lo que las redes de distribución van a representar alrededor de un veinte por ciento del costo total del suministro eléctrico y cuando la demanda empieza a desarrollar, es obligatorio ampliar la capacidad de conducción de corriente y la función operativa de las subestaciones de distribución, aunque su capacidad puede ser superada durante pocas horas del día y del año.

Para otras fuentes, el costo puede ser aún menor. Por lo que, la propuesta es la instalación de la generación distribuida (GD), las mismas que a continuación se fundamentan:

a) Generación distribuida (GD)

La generación distribuida, es aquella que se conecta a la red de distribución de energía eléctrica⁶ y que se caracteriza por encontrarse instalada en puntos cercanos al consumo (ver: Figuras 3, 4 y 5).

⁶ Vol. 4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158 - IMPACTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

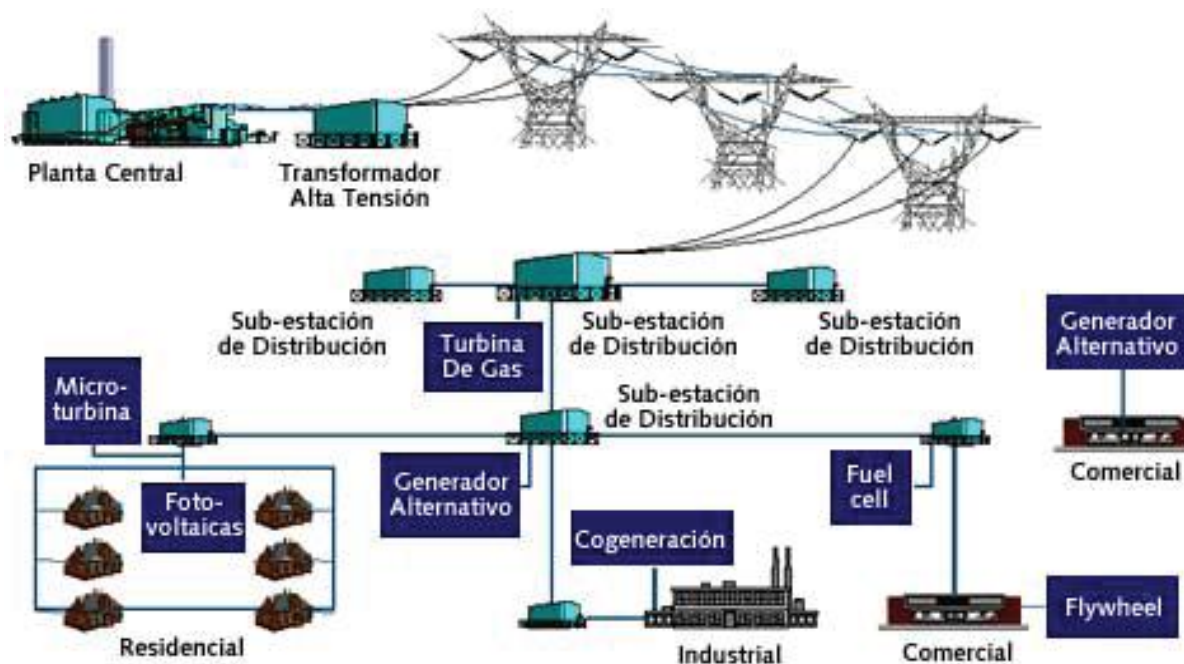


Figura 3. Integración de las energías renovables con el sistema eléctrico

Fuente: Reproducido de la "Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida" PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

Los sistemas utilizados como fuentes de generación distribuida, son plantas que generan la energía a una pequeña escala, generalmente entre el rango de 3 kW a 10 kW, las cuales son usadas como apoyo a las centrales de generación eléctrica.

Para las funciones de comunicación se emplean protocolos y sistemas abiertos, y para las funciones propias de la red de distribución eléctrica; por lo que la distribución eléctrica viene a ser parte del control de la generación distribuida con ello se minimizan las pérdidas técnicas y se mejora la gestión de las comunicaciones y los activos, con los que se integran con seguridad las distintas tecnologías.

b) Consideraciones experimentales

En el presente apartado se enfoca dar mayor importancia, acostumbrarse con el sistema tradicional de potencia, toda vez que, las energías renovables pasarán a ser parte del sistema antes referido, considerando que las mismas se integrarán como elemento fundamental en el sistema (ver: Figuras 6 y 7).

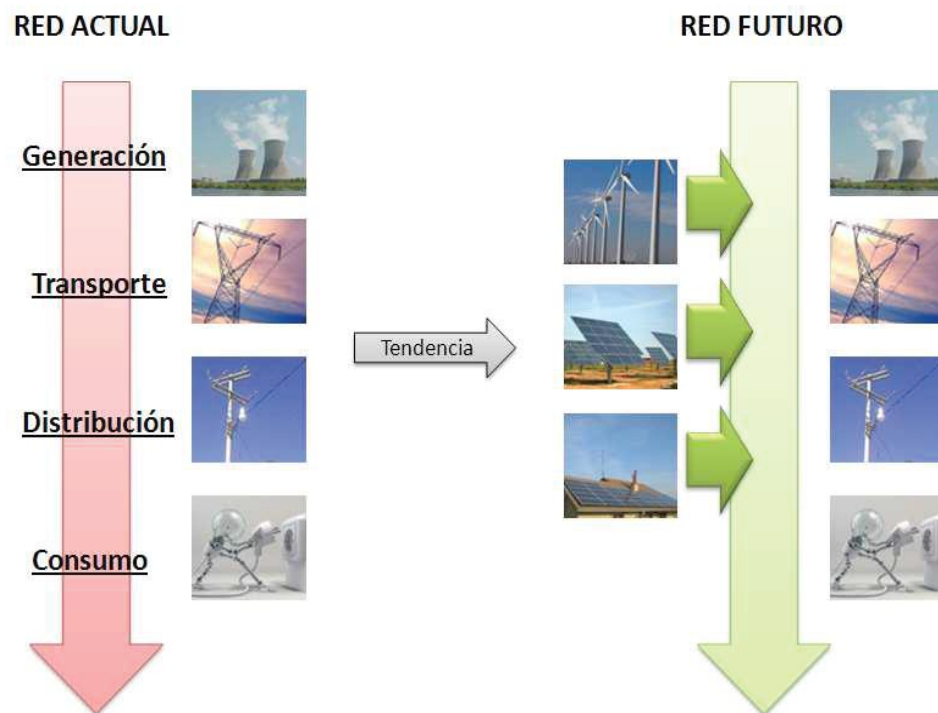


Figura 4. Evolución de la red eléctrica

Fuente: Reproducido de la "Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida" PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique



Figura 5. Energía tradicional y energía distribuida

Fuente: Jorge Mírez – Facultad de Ciencias –CITIC-Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) – Lima – Perú. Jorgemirez2002@gmail.com

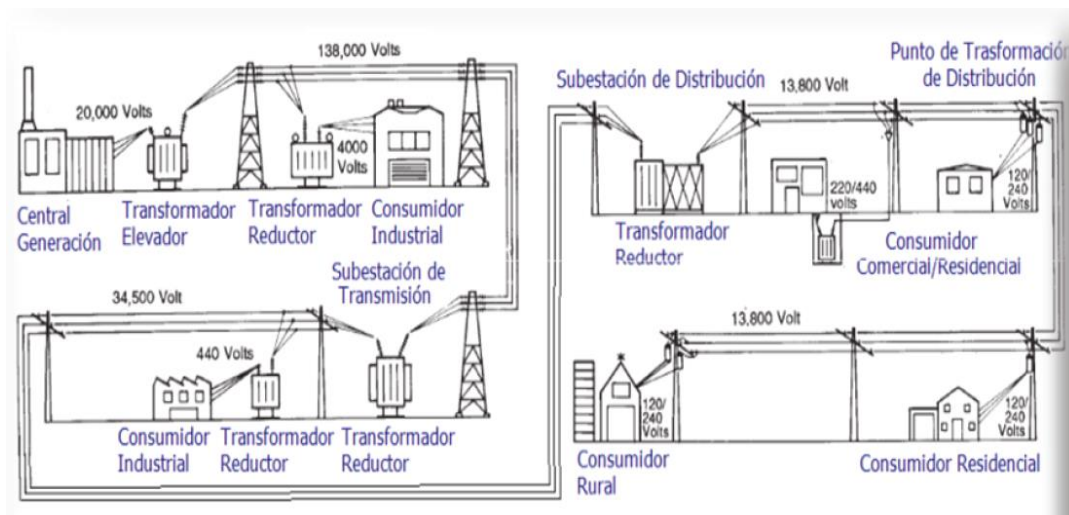


Figura 6. Sistema eléctrico de potencia

Fuente: Reproducido de la "Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida" PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

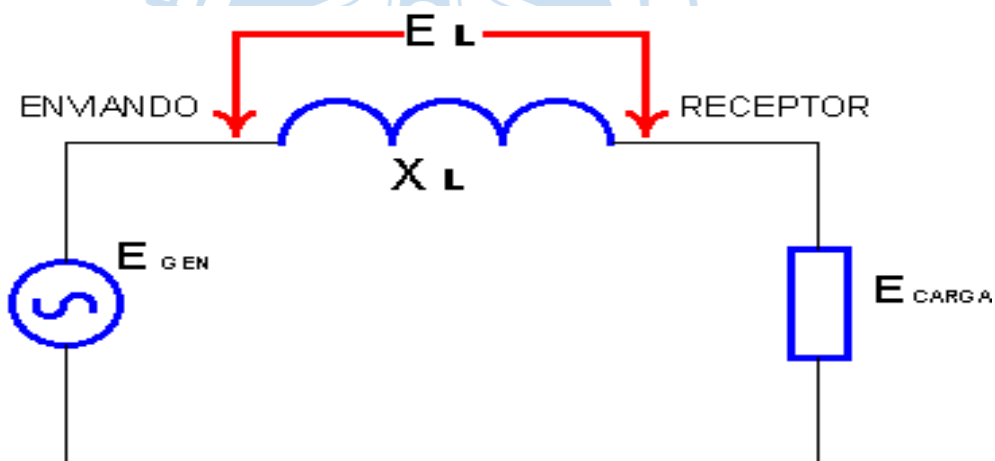


Figura 7. Circuito equivalente simplificado

Fuente: Reproducido de la "Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida" PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

Denominamos circuito equivalente simplificado a una línea de transmisión de potencia la cual transporta la potencia deseada, y este a su vez posee una estación de potencia (lado del emisor) y otra estación de distribución (lado del receptor); ya que ello es capaz para extender a cualquier punto de la red en baja tensión.

Ahora bien, teniendo el sistema de potencia eficiente planteado por el sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN), tal como se muestra el diagrama unifilar de la red de 14 barras, se empleó el simulador Power World a fin de resolver las variables en las barras de generación en MVA, referencias que servirán para calcularla cantidad de MVA que se pueda obtener de las energías renovables (ver: Figura 8).

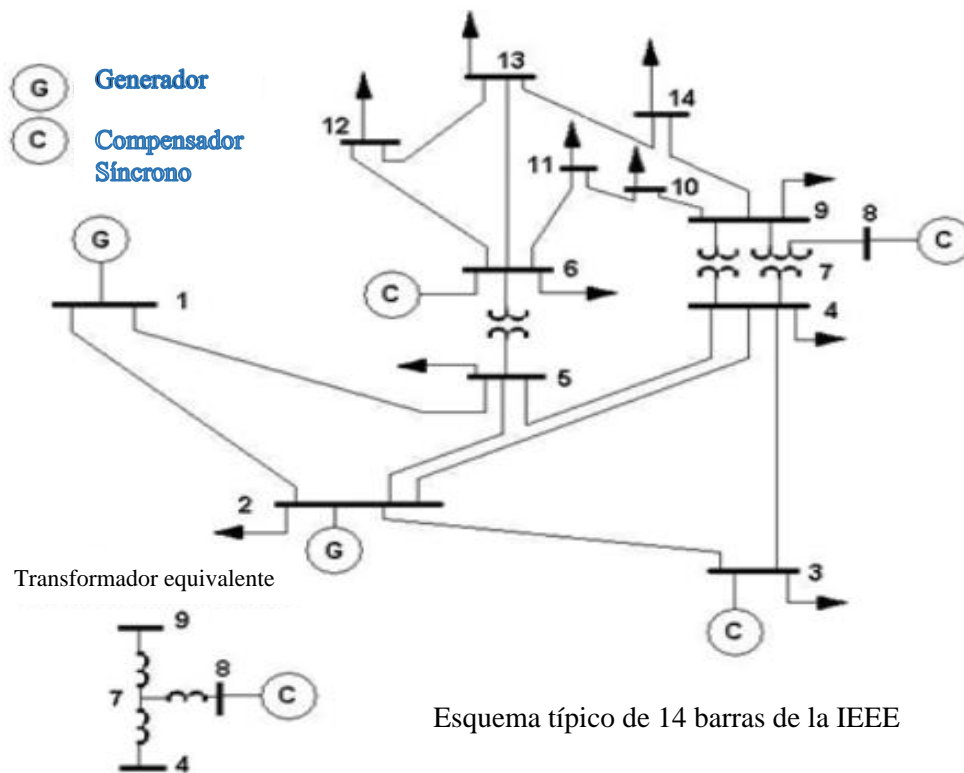


Figura 8. Diagrama unifilar de una red Sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN)

Fuente: Reproducido de la “Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida” PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

Es primordial señalar, que el programa además permite averiguar las variables en la línea de transmisión, con lo cual podemos decidir respecto los beneficios que se obtendrán con las energías renovables (generación distribuida) por encontrarse en el mismo sitio de los consumidores.

c) Aspectos técnicos en la interconexión al sistema

Ahora bien, conociendo las variables de la generación, es importante y necesario la generación distribuida ya que la interconexión con la red eléctrica cubrirá la

contingencia al sistema de compra y/o venta de la energía eléctrica (ver: Figura 9).

A continuación, la propuesta de equipos técnicos básicos a tener presente en la interconexión, los cuales son los siguientes:

- Relevador de protección.
- Conexiones de los transformadores.
- Sistemas de puestas a tierra.
- La coordinación de protección y la regulación de la tensión de la entidad.
- Equipo para la calidad del servicio eléctrico.
- Control y monitoreo remoto de los grupos.
- Mantenimientos preventivos y correctivos periódicamente.
- Sistemas de combinación entre los operadores privados y los controladores de la red de distribución.



Figura 9. Esquemas planteados para la interconexión

Fuente: Reproducido de la “Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida” - PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

Por lo que, la generación distribuida posee una pieza fundamental para la automatización de subestaciones, las que necesariamente van a necesitar equipos de protecciones integrados para evitar las perturbaciones de los armónicos que genera la corriente alterna (AC).

Estos sistemas son los siguientes:

- Regulación Automática de Tensión (RAT).
- Transferencia Automática de Cargas (TAC).
- Comunicación e Interoperabilidad de los dispositivos bajo el estándar de la norma IEC 61850.

d) Para determinar el tipo de generación requerida a implementar en el lugar del estudio, fue obligatorio atender las siguientes interrogantes:

1. ¿Requerimos producir calor a efecto de minimizar el empleo de combustibles fósiles para la calefacción?

El empleo del sistema biomasa vegetal o animal puede ser el indicado en este caso. Del mismo modo, es posible que se puede incorporar calefacción solar del agua, al sistema fotovoltaico.

2. **¿La finalidad fundamental es abastecer de electricidad a un emplazamiento rural?**

En este caso, el sistema hidroeléctrico, fotovoltaico o eólico a pequeña escala, sería la mejor opción. En consecuencia, sería complejo producir electricidad a partir de biomasa en comparación a otros sistemas; debido a que la tecnología todavía es muy limitada.

3. **Disponibilidad y tipo de recurso en el lugar de estudio**

Siguiendo la secuencia con lo referido, se averigua el recurso renovable que predomina en el lugar del estudio; por ejemplo, se tiene lo siguiente:

El caso en una región de fuertes vientos, el aspecto fundamental a considerar será generar energía a partir de los recursos naturales y como poder integrar al sistema eléctrico con la generación distribuida. El planteamiento fue como se señala a continuación:

¿Cómo se puede vender la electricidad producida? ¿Se cuenta con una normativa sobre medición de la energía inyectada?

En el Perú, al respecto, las políticas son bastantes incipientes, pero con la implementación del medidor inteligente (Smart Meter) y la red inteligente (Smart Grid), se están desarrollando la generación distribuida con un nuevo concepto del productor consumidor de energía.

Asimismo, la cogeneración, se considera otra posibilidad en la producción de energía, en numerosos casos cubren al 100% las necesidades térmicas de

los sectores comerciales e industriales en los que se instalaran, por lo que, se tendrá ahorros de energía primaria de 30 a 35% con relación al consumo anterior al desarrollo del proyecto. Asimismo, tienen alcances eficientes de aprovechar la energía primaria superior al 70% y además entregar energía eléctrica excedente a la red (ver: figura 10).

En tal sentido, utilizar la cogeneración se considera una ventaja competitiva, toda vez, que se tendría una eficiencia energética, la cual utiliza el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso en vez de emplear una central.

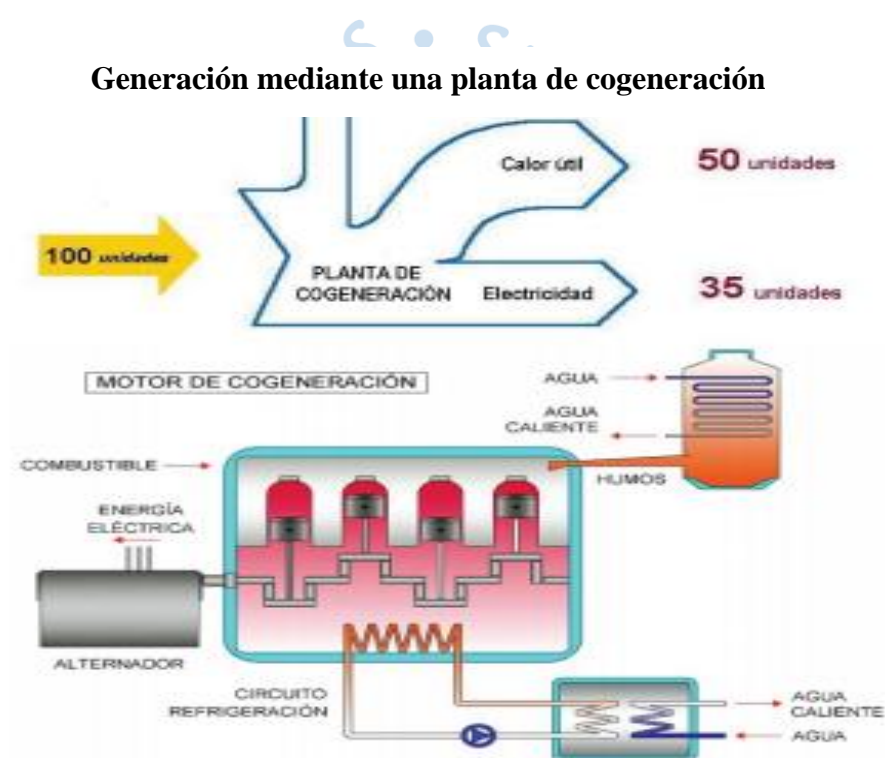


Figura 10. Esquemas considerados para cogeneración

Fuente: Reproducido de la “Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida” - PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

4. Sistema para almacenar la energía renovable

Las energías renovables producen corriente continua (DC), el cual es acumulada para su posterior inversión en corriente alterna (AC) y luego ser utilizado. Existen principalmente dos sistemas fotovoltaicos: el sistema DC y el sistema AC.

En el sistema DC, las celdas fotovoltaicas cargan una batería durante el día (según la disponibilidad de sol), y esta proporciona energía a una carga según se requiere. Un regulador interrumpe el circuito de carga cuando la batería está cargada. El sistema cuenta con fusibles para proteger las cargas en caso de malfuncionamiento.

El sistema AC cuenta con un generador de apoyo a las celdas fotovoltaicas, y éste se acciona para satisfacer la carga o bien para cargar la batería que es alimentada por las celdas. A continuación, se presenta un diagrama de ambos sistemas (ver: Figura 11).

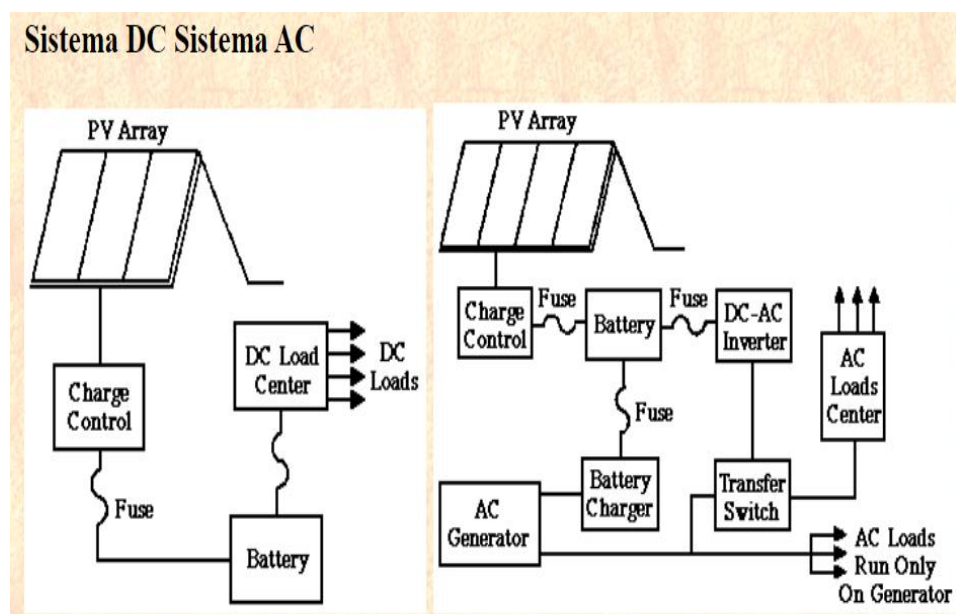


Figura 11. Diagrama de: Sistema DC y sistema AC

Fuente: Tecnologías de energías renovables

<http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno98/rural/pagina9.html>

Concerniente a ello se investigaron una gama de tecnologías que van a cumplir con la función requerida tales como:

Los sistemas con baterías (UPS): Son dispositivo que, gracias a sus baterías u otros elementos almacenan la energía, durante un apagón eléctrico pueden proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado a todos los dispositivos que se tengan conectadas.

En las tecnologías de almacenamiento eléctrico, se tiene los siguientes:

- **Baterías de marca Flywheel:** Este tipo de tecnología consiste en una masa que, rota en torno a un eje, lo que almacena energía mecánica en forma de energía cinética.
- **SMES:** Es el almacenamiento magnético superconductor (ver: Figura 12).
- **Los sistemas CAES:** Utiliza la energía comprimida asociada al aire presurizada contenido en depósitos subterráneos (cavidades naturales o antiguas minas).

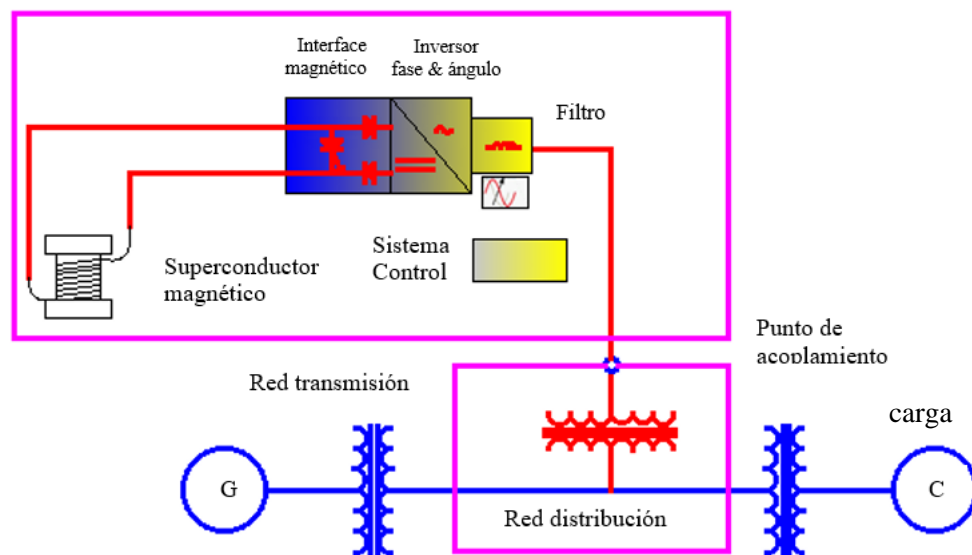


Figura 12. Sistemas de almacenamiento de energía SMES

(Se almacena energía en campo magnético)

Fuente: Reproducido de la "Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida" - PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

2.3. Conclusión

Después del 2016, el Perú no dispone con una cartera de proyectos nuevos de generación y a éstos se suman los prolongados tiempos de ejecución de proyectos por los diferentes permisos necesarios que se requieren tales como: la licencia social y/o trámites burocráticos, la vulnerabilidad del sistema se incrementaría con los costos que ello acarrea. Según el análisis elaborado por el COES, se proyecta que para el 2018; los costos marginales promedio ponderado, se ubicarían alrededor de los 300 US\$/Megawatt.hora, los cuales superó a los precios registrados en el 2008. Por ello, se considera necesario poner en marcha medidas con visión a largos plazos concernientes a proyectos de energías renovables y no se debe focalizarse en soluciones a cortos plazos, a fin de garantizar la confiabilidad del sistema eléctrico

interconectado nacional (SEIN), el objetivo es evitar costos que resultan de planificaciones inadecuados.

Es primordial tener en cuenta que, la generación de la electricidad convencional (energía hidráulica), las plantas están localizadas en zonas lejanas del lugar del consumo; por tal motivo se tiene de un 4% a un 19% de pérdidas en: transmisión, distribución y por hurto de energía y que la misma depende de la tensión (alta, media y baja) de la red y de la región tarifaria del país.

Con la cogeneración se ha logrado establecer que, las pérdidas referidas en el párrafo anterior disminuyen o se vuelven nulas por encontrarse instaladas en el mismo lugar del centro de consumo, toda vez que, la cogeneración consume menos combustible, motivo por el cual, disminuye las emisiones contaminantes al medio ambiente.

Por consiguiente, al contar con mayor eficiencia de conversión y disminuir el consumo de la energía primaria en las plantas de cogeneración los costos de energía eléctrica son inferiores de las tarifas de la red de servicio público. Por lo que, se considera que se puede aplicar para la mayoría de los sectores agroindustriales, industriales y sectores de servicios como: centros comerciales, hospitales, hoteles, centros deportivos y otros. Entonces, contando con la planta de cogeneración y el respaldo de la red pública, se logra reducir costos incrementando la competitividad y evitar los riesgos de cortes de servicio eléctrico.

2.4. El potencial de la energía renovable en el Perú

Las fuentes de energías renovables se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energías inagotables e infinitas. Por ejemplo, como: la energía eólica, la energía solar, biomasa, entre otras. **Ver: Anexo B**

El Perú tradicionalmente, su generación de energía eléctrica se ha sustentado en fuentes renovables, por el hecho de ser un gran potencial de la energía renovable⁷. Hasta el año 2002 las energías generadas con centrales hidroeléctricas han representado un 85% del total de energía eléctrica en el país. Al emplearse el gas de Camisea como generación eléctrica, la participación de las hidroeléctricas se ha reducido paulatinamente a un 41% (participación de generación con el gas).

Se vaticina que, para la próxima década la matriz energética del Perú se basará en el gas natural, sin embargo, se debe diversificar las fuentes, considerando que el hidrocarburo (gas) se agotará. Ahora bien, los recursos energéticos renovables (RER), según la publicación de

⁷ Potencial de las Energías Renovables en el Perú-octubre de 2011. Ing. Roberto Tamayo Pereyra Director General de Electricidad.

fecha 17 de junio del 2016, se produce aproximadamente el 5% de toda la energía eléctrica generada en el país; sin embargo, el Perú cuenta con un gran potencial de las energías renovables a desarrollar y a continuación se detalla.

La energía que utilizamos en mayor proporción proviene de recursos no renovables (combustibles fósiles), de los cuales se dicen que están “almacenados” y cuyas reservas se agotan a medida que son utilizados. Lo contrario ocurre con las energías renovables, las cuales provienen de recursos que están relacionados con los ciclos naturales de nuestro planeta, haciendo posible que dispongamos del recurso de manera permanente (ver: Tabla 1).

Tabla 1. Aplicación de las energías renovables

RECURSO	TECNOLOGÍA	ELEMENTOS	APLICACIÓN
SOLAR	Fotovoltaica	Celdas solares	Electricidad
	Térmica	Colectores	Calor, electricidad
	Pasiva	Muros, ventanas, etc.	Calor, iluminación
EÓLICA	Generación eléctrica	Aerogeneradores	Electricidad
	Fuerza motriz	Aerobombear	Fuerza motriz
BIOMASA	Digestión anaerobia	Biodigestión	Biogás combustible
	Gasificación	Gasificador	Gas combustible
	Pirólisis	Pirólisis	Combustible
	Fermentación	Destilería	Bioetanol
	Alcohólica		
	Esterificación	Unidad de esterificación	Biodiesel
	Combustión	Hornos, calderas	Calor, electricidad
HIDRÁULICA	Centrales	Pequeñas centrales	Electricidad
	Hidroeléctricas	Hidráulica	
	Pequeños aprovechamientos	Rueda	Fuerza motriz
OCÉANOS	Mareas	Barreras, turbinas	Electricidad
	Olas	Flotadores, columnas, aparatos focalizadores	Electricidad
	Diferencias de temperaturas	Turbinas condensadores	Electricidad
	Corrientes marinas		Electricidad
GEOTERMIA	Generación eléctrica	Plantas de energía	Electricidad
	Usos directos	Aguas termales	Calor, recreación, salud

Fuente: Ministerio de Energías y Minas

Ing. Roberto Tamayo Pereyra Director General de Electricidad

Potencial de Energías Renovables DGE PUCP

www.osinerg.gob.pe › Público › SeminarioIntEFERP

2.4.1. Energía solar

Es aquella producida por captación de la luz (energía fotovoltaica) o el calor del sol (termo solar) para la generación de electricidad o la producción de calor. Inagotable y renovable, pues procede del sol, se obtiene por medio de paneles y espejos.

Las conectadas a red, están formadas por un generador fotovoltaico y un sistema de acondicionamiento de potencia, las cuales se encargan de transformar la energía en forma de corriente continua a corriente alterna, con las características correspondientes de la red de distribución, como se ve en la figura 13. El sistema de acondicionamiento de potencia es el inversor, que debe cumplir todos los requisitos de seguridad y garantía para que, su funcionamiento no provoque alteraciones en la red ni disminuya su seguridad, contando para ello con las funciones de protección respectivo.

Se describen las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, porque el proyecto consistirá en una instalación de este tipo.

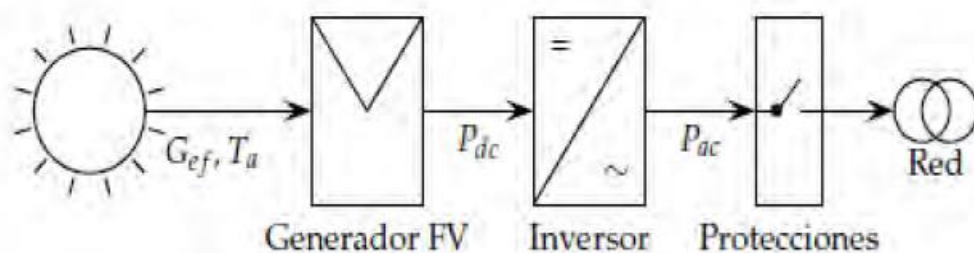


Figura 13. Esquema de una conexión SFCR

Fuente: Libro de energía solar fotovoltaico (pág. 3 de 04/10/2010) de Oscar Lamigueiro

[https://oscarperpinan.github.io/esf/Radiación Solar](https://oscarperpinan.github.io/esf/Radiación%20Solar)

La radiación solar, captada en los paneles solares se puede transformar en distintas formas de energía. Con los colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica (ver: Figura 14).

En el Perú, existe un uso mínimo de la energía solar para la transformación en energía eléctrica, éste último está limitado para algunos pueblos en la sierra y selva a los que no llega el sistema interconectado por encontrarse en lugares alejados de la ciudad. Empero, la opción de energía solar fotovoltaica se presenta con un gran potencial para dotar de energía eléctrica a nivel nacional.

Hoy en día se cuenta con plantas de energía solar fotovoltaicas tales como:

- 1) Según fuente de la empresa Enel Perú, la planta de energía solar fotovoltaica Rubí, considerada la más grande del Perú con más de medio millón de paneles fotovoltaicos que producirán 144,48 megavatios (MW) de potencia efectiva.

La planta está ubicada en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, en la región Moquegua.



Figura 14. Instalación de paneles solares⁸

Fuente: Artículo "Introducción a las energías renovables", publicado por Osinerg Publicado el 17 de junio 2016 a las 1:26 p.m.

<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/el-potencial-de-la-energia-renovable-en-el-peru/>

La puesta en operación comercial de Rubí, superarán los 240,8 MW lo que fortalecerá la generación de energía en el sur del país, permitirá cumplir los compromisos internacionales de energía limpia y ayudará a diversificar la matriz energética.

- 2) La Central Fotovoltaica de Tacna, en la zona de Alto de la Alianza, tuvo una inversión de 250 millones de soles (US\$95,7 millones), cuenta con 121 hectáreas de superficie y su producción anual de energía se estima en 47,196 megavatios.

Está situada en el distrito Alto de la Alianza, en el departamento de Tacna. Ocupa una superficie de 121 hectáreas, y tiene una potencia de 20 megawatts (MW).

Cuenta con 74,988 módulos solares de acero galvanizado móviles (que cambian de posición siguiendo la trayectoria del sol), y con 16 centros de

⁸ Ver: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/06/el-potencial-de-la-energia-renovable-en-el-peru/>.

transformación (de 1.25 MW cada uno), en los cuales la corriente continua es convertida en alterna. Se halla interconectada al sistema eléctrico nacional mediante una línea de transmisión a 66 kilovoltios (KV).

2.4.2. Energía eólica

La energía eólica es una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, “molinos de viento” de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica (ver: Figura 15). **Ver: Anexo C**

Hoy en día, los mayores generadores tienen una potencia nominal entre los 4 y 6 megavatios (MW). Según el Atlas Eólico del Perú⁹, se cuenta con un excelente recurso eólico. El departamento con mayor potencial para el desarrollo energético eólico es Ica. También hay potencial en las costas de Piura, Lambayeque, algunas zonas de La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa.



Figura 15. Parque de aerogenerador

Fuente: Wayra I, energía del viento para una nueva era-Enel Perú
www.enel.pe › Inicio › Innovación y Sostenibilidad

⁹ Ver: Atlas eólico del Perú – Osinergmin.

2.4.3. Energía mini hidráulica

Se denomina energía hidráulica o energía hídrica, aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y del potencial de las corrientes de los ríos, saltos de agua o mareas. Es un tipo de energía renovable no convencional cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable convencional (ver: Figura 16).



Figura 16. Energía mini hidráulica

Fuente. Osinergmin www.osinergmin.gob.pe/energias-renovables/energia.

<https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables>

2.4.4. Energía geotérmica

La energía geotérmica es una energía renovable que aprovecha el calor del subsuelo para climatizar y obtener agua caliente sanitaria de forma ecológica. Aunque es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas, sus efectos son espectaculares de admirar en la naturaleza (ver: Figura 17).

En el sur del Perú, hay cadenas volcánicas que constituyen un gran potencial para desarrollar este tipo de energía.

2.4.5. Biomasa

Esta fuente de energía renovable es de origen vegetal o animal, que en términos energéticos las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis y parte de la energía química queda almacenada en forma de materia orgánica (ver: Figura 18).

¿Cómo fluye la energía a través de la biomasa?

El primer paso para que fluya la energía a través de la biomasa es el proceso de la fotosíntesis, donde se transforma la energía solar en energía química, formando compuestos tales como la glucosa, que contienen más energía que el dióxido de carbono y el agua.



Figura 17. Energía geotérmica

Fuente: Osinerming

www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-geotermica/que-es-la-energia-geotermica

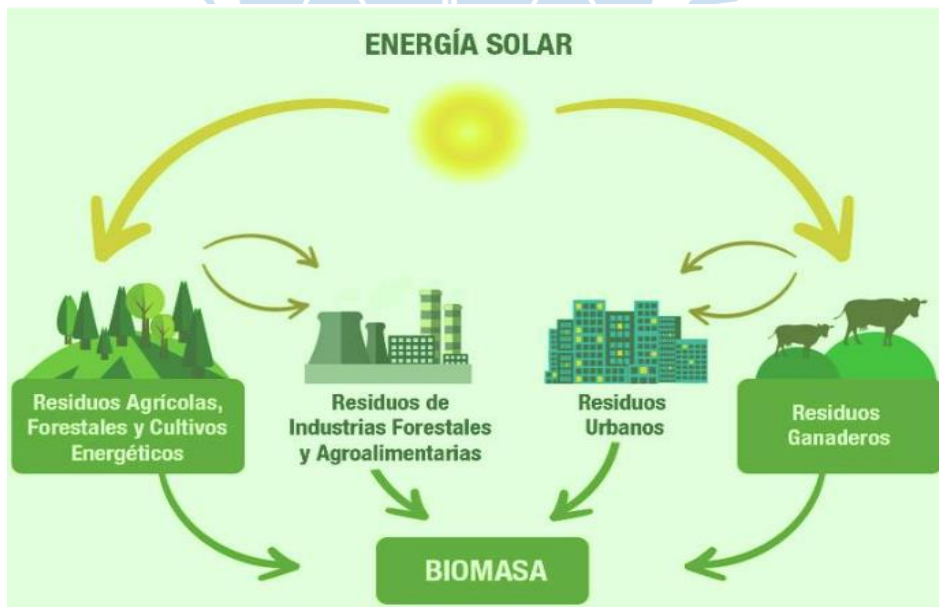


Figura 18. La biomasa y la energía solar

Fuente. Todo sobre la Energía de Biomasa¹⁰

<https://energiasae.com/biomasa/>

¹⁰ Ver: <https://energiasae.com/biomasa/>

Luego la energía pasa de un organismo a otro, mediante la alimentación como la típica pirámide alimentaria, en que cada unidad de energía es consumida en los escalones altos de la pirámide; se requiere un aporte mucho mayor de energía desde la base, que suele ser la fotosíntesis, por haber tenido que pasar por muchos más pasos intermedios.

2.4.6. Mareomotriz y oleaje

La energía mareomotriz, se produce por los movimientos generados por las aguas del mar (mareas), ésta energía es aprovechada por las turbinas y que, las mismas a su vez mueven la mecánica del alternador que genera energía eléctrica, luego éste último se encuentra conectado con una central en tierra que distribuye energía para el consumo de las industrias y otros (ver: Figura 19).

El origen de las mareas, son causadas por las fuerzas gravitacionales existente entre la Luna, la Tierra y el Sol. Las mareas considerablemente se podrían aprovecharse en los golfos, bahías o estuarios mediante el empleo de turbinas hidráulicas que, se interpondrán al movimiento de las aguas, conjuntamente con el mecanismo de canalización y deposito; con ello, obtendríamos el movimiento necesario para el eje. Se acoplaría a este sistema un alternador que generaría electricidad, transformando la energía mareomotriz en energía eléctrica.



Figura 19. Energía mareomotriz

Fuente. Osinergmin

www.osinergmin.gob.pe › que-es-la-energía-mareomotriz

2.5. Energías renovables: ¿cómo benefician a la economía y la sociedad?

Se beneficiará económicamente a la sociedad peruana¹¹, evitando la dependencia del petróleo, el cual contrarrestará el cambio climático y aumentará puestos de trabajo, contribuyendo a la descentralización.

En zonas aisladas en el interior del Perú, donde no llegan las redes eléctricas por su inaccesibilidad y la orografía de la zona. Por lo que, mediante el sistema de generación de energías (recursos renovables) se puede atender a bajo costo a las comunidades dotando de energía eléctrica limpia (verde) y mejorar la calidad de vida de un país con miras a una sociedad solidaria y económicamente sostenible.

Las energías renovables, para el 2025, tendrán una participación del 5 % de la matriz energética en el Perú, las cuales se basará en las energías renovables (RER). La cifra no es grande en comparación del 20 % que pronostican países como, Ecuador, Chile y Colombia, a pesar de que, beneficiarían a la economía y a la sociedad en general.

El Perú, de acuerdo a la citada matriz cuenta con una participación del 2,7 % de recursos energéticos renovables, el cual sucede pese de contar con una cartera de 16 proyectos en espera y se sí llegáramos a ejecutarlos, el porcentaje de incidencia aumentaría. La razón principal que conlleva a la no ejecución de estos proyectos son las trabas institucionales existentes que impiden el crecimiento de la seguridad energética en el Perú.

¹¹ Ver: www.esan.edu.pe > apuntes-empresariales > 2018/07 > energias-renovables-como-benefician-a-la-economia-y-la-sociedad-peruana.

Capítulo 3

¿Por qué promover las energías renovables en el Perú?

3.1. Introducción

El futuro energético en el Perú, requiere de una política de estado¹², la cual debe direccionarse directamente a las leyes a fin de tener asegurada la seguridad energética del país, las que serán orientadas en tres pilares primordiales; competitividad, protección ambiental y la erradicación de la pobreza. En consecuencia, la política energética debe contrarrestar directamente el uso del petróleo para minimizar las emisiones de carbono a la atmosfera; con lo que, se hará frente a los impactos climáticos (desequilibrio ambiental). Los países del planeta están diversificando su matriz energética y promoviendo el uso de las fuentes renovables de energía. Con ello se está generado una expansión del mercado de energías renovables y el desarrollo de estándares elevados de eficiencia energética.

Si hacemos una comparación, del nivel de emisión de CO₂ entre el Perú y Nueva Zelanda¹³ obtenemos resultados similares. Pero la diferencia existente entre estos países es que, el PBI del citado país es 5 veces mayor que del Perú. Por lo que concluimos en decir, que la intensidad energética de los países sirve como un indicador importante que se da para el desarrollo económico y esto es igual al consumo de energía por unidad del Producto Bruto Interno. En consecuencia, China e India, se comprometieron a nivel internacional reducir sus emisiones de CO₂ por unidad del Producto Bruto Interno al año 2020 a comparación con los niveles del año 2005. El compromiso chino es de 40-45% y el hindú es de 20-25%.

¹² Pedro Gamio Aita Abogado, profesor de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Magíster en Gestión y Análisis de Políticas Públicas por la Universidad Carlos 111 de Madrid. Exviceministro de Energía del Ministerio de Energía y Minas. Especialista en Derecho Administrativo y Derecho Minero y de Hidrocarburos. Miembro de la Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente. Miembro de la Asociación de Derecho Administrativo de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Actualmente es director para América Latina del Global Village Energy Paternship.

¹³ Ver: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/fossil-co2-emissions-all-world-countries-2018-report>

El Perú debe conservar su nivel de crecimiento, lo cual es indispensable a fin de garantizar mayores niveles de eficiencia energética y, para ello se harán uso de nuevas tecnologías existentes a fin de ahorrar los recursos energéticos y asegurar la competitividad económica.

La energía eléctrica, es base para la lucha contra la pobreza y alcanzar el desarrollo sostenible. En consecuencia, el desarrollo social, económico, ambiental, calidad de vida, acceso a servicios básicos, de agua, la salud, y educación dependen de la energía.

3.2. Es necesario desarrollar energías “limpias” frente al cambio climático

Es más vulnerable el Perú frente al cambio climático, en tanto que, se siga emitiendo gases de efecto invernadero por la combustión de combustibles fósiles para generar energía eléctrica, la perturbación climática será mucho más mayor, por consiguiente, resulta necesario diversificar las fuentes de energía en el mundo y enfatizar en energías renovables no convencionales, conocidas como “limpias”. “Si bien el Perú no es un principal país emisor de gases de efecto invernadero en la Tierra (sólo genera hasta 0.4 % del total), pero sí se encuentra entre las naciones que están más afectadas por el cambio climático”.

Conforme World Wildlife Fund¹⁴, en su informe del 2013 que lleva por título Mythbusters (cazadores de mitos): terminando con los mitos sobre energías renovables, fue “Cuadruplicar el consumo de energía renovable para el año 2035 (en todo el mundo), esto se podría evitar hasta un 23% al reducir las emisiones de CO₂ para estar encaminados hacia el objetivo de 2°C de temperatura mundial”, meta que ratificó el Perú para el año 2015, al firmar el Acuerdo de París¹⁵, en conjunto a otros 195 países, durante la COP 21 realizado en Francia.

De acuerdo con Pedro Gamio y Calle¹⁶, la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente son las fuentes de energía fósil, como los hidrocarburos (ejemplo, el petróleo). Al otro lado, están las energías renovables convencionales y las no convencionales.

¹⁴ https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/mythbusters___baja.pdf

¹⁵ <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/COP21-Final.pdf>

¹⁶ La nota contiene comentarios de Pedro Gamio, ex viceministro de Energía del MEM; e Isabel Calle, directora del Programa de Política y Gobernanza Ambiental de la SPDA.

Sin embargo, en el Perú nos encontramos muy lejos de impulsar al 100% de todo el potencial energético de manera “limpia” (ver: Figura 20).

Figura 20. Parque de aerogeneradores¹⁷



Fuente: Osinergmin

www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-parque-eolico

3.3. ¿Cuánto se ha avanzado hasta el momento?

Conforme con, Isabel Calle directora del Programa de Política y Gestión Ambiental de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), las normas en materia de ejecución y promoción de las energías renovables en el Perú los avances son limitados. “El tránsito más importante que se ha dado fue en el año 2008 con el marco de desarrollo de las energías renovables promulgado mediante el decreto legislativo número 1002, cuyo impulso fue para la inversión privada en esta materia. Razón a esto, se alcanzó generar energía fotovoltaica para 2000 hogares que se encuentran fuera de concesiones (hogares rurales)”.

Luego del decreto legislativo número 1002 actualizado al 13 de setiembre de 2010 -Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables- se redactó la Política Nacional Energética, la cual establecía que para el 2040 el Perú, debería haber terminado diversificar su matriz energética al 100%. Diversificar la matriz energética significa combinar fuentes de energía primaria (fuente de energía primaria es toda forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada), que se utiliza en

¹⁷ <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-eolica>

una zona geográfica. La matriz energética¹⁸ no solo incluye las fuentes empleadas, sino también el porcentaje de cada fuente; por ello la diversificación de la matriz energética a través de las energías renovables no convencionales es uno de los principales retos del Perú. En el 2015 se promulgó el decreto legislativo N° 1221 a fin de promover el uso de paneles solares de manera personal o para integrarlos a la red eléctrica nacional y que a la fecha no ha sido reglamentado, es decir, que el citado decreto no entra en vigencia.

Desde la promulgación del decreto legislativo N° 1002 se ha alcanzado el 4% en la diversificación energética, en comparación con el país del vecino Chile, quien alcanzó un 19% en su matriz energética. Sumados a esto se tiene el lento proceso hacia el uso de energías renovables no convencionales de manera general.

3.4. Los beneficios son múltiples

El uso de las energías renovables no convencionales limpias, el Perú y el mundo va a mitigar el cambio climático mediante la retención de carbono. También utilizando las energías renovables no convencionales atenúa el índice de conflictos socio ambiental, toda vez, que al no desplegar actividades que no vulneran tierras comunales o indígenas, descartan futuros enfrentamientos.

Por otro lado, de acuerdo a la presentación de la “Economía mundial y cambio climático año 2017”, el Perú ocupa el segundo lugar, detrás de Haití, como el país con más población sin acceso a la electricidad en América Latina y El Caribe.

Ante la falta de una cobertura de la energía eléctrica, especialmente en las zonas que se encuentran fuera de concesiones (rurales y amazónicas), la promoción de estas energías limpias ayudaría inmensamente en la reducción de brechas para el acceso a la energía eléctrica. “En especial podrían ser utilizadas los paneles solares en las zonas alejadas de las grandes ciudades del Perú. Con este tipo de instalaciones se omitirían los extensos cableados o instalaciones de torres de alta tensión en zonas agrestes o donde el clima no es propicio para su construcción”.

¹⁸ MATRIZ ENERGETICO EN EL PERU Y ENERGIAS RENOVABLES. VII. BALANCE Y PERSPECTIVAS DEL APORTE DE LA ENERGÍA AL DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL PERÚ. Autores. José Carlos Machicao Juan Olazabal Reyes. Producción: Fundación Friedrich Ebert (FES) en colaboración con Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) Coordinadores temáticos: Javier Coello Guevara Oliver Marcelo Bret Coordinador FES: Raúl Tecco Miyano Edición y corrección de estilo: Carolina Herrera Pecart Diseño y diagramación: Sonia Gonzales Sutta Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°: 2012-03206 Primera edición: 2013 Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido, siempre y cuando se cite la fuente.

3.5. Acuerdos internacionales que comprometen al Perú

Con los países firmantes del Acuerdo de París, el Perú está obligado a disminuir hasta el año 2030 del 30% de sus emisiones totales de gases de efecto invernadero, conforme la información de las contribuciones nacionales que se fijó en el Pacto de Varsovia durante la COP 19, y que precisó en la COP 21 en París. “De ese 30%, el 20% es no condicionado, es decir, imperativo. El 10% restante está condicionado a la inversión privada y la cooperación internacional”.

El objetivo central del Acuerdo de París, es mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles industriales, lo que significa que al limitar el incremento de la temperatura se reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático.

Junto con los países de las Naciones Unidas en el año 2015, el Perú aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, el cual incorpora los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible. Dentro de estos 17 objetivos podemos encontrar el objetivo número 7 que se refiere a garantizar el acceso a una energía accesible, segura, sostenible y moderna para todos. En especial, las Naciones Unidas especifican que al año 2030 se debe “aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas”.

El avance que se consiga en el desarrollo de las energías limpias en el Perú y el mundo, será para la supervivencia del ser humano. “La naturaleza se defiende sola, sí se sigue emitiendo los gases de efecto invernadero mediante los combustibles fósiles y así se rebase la capacidad de retención de carbono por los mares y los bosques, quién estará en peligro no es la Tierra, sino la humanidad”.

3.6. La energía fuente fundamental contra la pobreza por las siguientes razones:

En el presente apartado, previamente se debe señalar, que la pobreza vinculada a la energía significa dos cosas: las personas pobres son quienes menos posibilidades tienen de acceder a la energía, y son las más propensas a seguir siendo pobres si carecen de electricidad, en el mundo. Según datos recientes del banco mundial¹⁹, el mundo avanza hacia los objetivos de energía sostenible, pero aún se está lejos de la línea de llegada, más personas pobres están obteniendo acceso a la electricidad a una tasa más rápida, nunca antes vista. Sin embargo, la

¹⁹ www.bancomundial.org/es/news/press-release/2015/05/18/new-report-finds-world-progressing-on-sustainable-energy-goals-but-still-far-from-finish-line

proporción de energías renovables no está aumentando a la misma velocidad, por lo que, se está rezagado en cuanto a la mejora de la eficiencia energética.

La mayor parte de la actividad económica, no es posible sin la existencia de una energía moderna, adecuada, confiable y a precios competitivos. Por lo que, la propuesta es promover la generación de energía renovable, para que más personas pobres tengan acceso a la electricidad y los sistemas energéticos sean asequibles, seguros y sostenibles.

La energía como fuente fundamental para la lucha contra la pobreza y el desarrollo sostenible es importante por las siguientes razones:

- a) Ninguno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio se puede conseguir si no se mejora la calidad y cantidad de los servicios de energía. Adicionalmente, la gobernabilidad del sector energía es clave para prevenir conflictos por el control de la producción de energía o de sus fuentes (como ejemplo, el agua en las hidroeléctricas). El Perú anunció en la Organización de las Naciones Unidas su compromiso de modificar su matriz energética actual, a fin de que, al año 2021 las energías renovables no convencionales, representen como máximos, un 40% de la energía consumida en el país.
- b) Si no diversificamos la matriz energética, el Perú se podría volver altamente vulnerable al estrés hídrico y las alzas de precio del petróleo, y se reduciría la seguridad energética. Por lo que, los costos de producción nacional serían elevados en comparación con otros países; en consecuencia, se perdería competitividad. Los productos peruanos de exportación serían "castigados" en el mercado internacional por su alta huella de carbono.
- c) Sin energía limpia no existe desarrollo sostenible; por lo que debemos avanzar en la diversificación de la matriz energética, promoviendo la economía con la masificación del uso del gas en los hogares, la industria y el transporte. Esto va a contribuir a la competitividad en la economía peruana. El gas suma para la economía nacional y puede hacerlo más, pero este es un recurso no renovable, siendo más eficiente en transporte, industria y hogares.
- d) Un país que busca el progreso del desarrollo sostenible, va apostar forzosamente por la infraestructura junto a la construcción de capacidades humanas. El Perú tiene una serie de obstáculos estructurales, a ello se suma la debilidad que tienen sus instituciones. El déficit total de la infraestructura se estima en casi 35 mil millones de dólares, aproximadamente la tercera parte del Producto Bruto Interno peruano. El déficit de infraestructura energética en el Perú se calcula en más de 12 mil

millones de dólares, que representa casi a la décima parte del Producto Bruto Interno. De éste déficit, corresponde a 8.3 mil millones de dólares al déficit en infraestructura eléctrica y 3.7 mil millones de dólares al déficit de infraestructura de gas natural. Según algunos estimados del IPE (instituto peruano de economía), se requiere actualmente aproximadamente 615 millones de dólares de inversión en la generación, transmisión y cobertura eléctrica y 345 millones de dólares en la infraestructura de aprovechamiento de gas natural (según información del año 2017).

- e) El Perú no está aún entre los países más competitivos del mundo. Siguiendo los criterios del World Economic Forum, los pilares básicos para la competitividad son las instituciones, ya que el marco legal y su eficacia juegan un rol protagónico en la estabilidad macroeconómica, la salud y la educación básica e infraestructura. Si consideramos el sector energético, a lo que se refiere a electricidad; Chile tiene una cobertura nacional de 99.4%, mientras que el Perú llega a 83.5%, según reportes oficiales. (informe del año 2011)²⁰.

3.7. Desarrollo de las energías renovables en Brasil

Brasil, consiguió una marca histórica de 250 MW de potencia instalada en sistemas de micro y mini generación distribuida solar fotovoltaica en; residencias, comercios, industrias, edificios públicos y en la zona rural. Según el mapa de la Asociación Brasileña de energía solar Fotovoltaica²¹, Brasil posee hoy 27.803 sistemas solares fotovoltaicas conectados a la red, trayendo economía a 32.924 unidades consumidoras, sumando más de \$ 1.9 millones (518 millones de dólares) en inversiones acumuladas desde 2012, distribuidas alrededor de todas las regiones del país (ver: Figuras 21 y 22).

En referencia a la potencia, los consumidores de los sectores de comercio y servicios, lideran el uso de la energía solar fotovoltaica con el 42,8 % de la potencia instalada en Brasil, seguidos de cerca por consumidores residenciales (39,1 %), industrias (8,1 %), (5,6 %), poderes públicos (3,7 %) y otros tipos, como iluminación pública (0,03 %), y servicios públicos (0,6 %). Referente a la ubicación, actualmente, el Estado de Minas Gerais lidera el ranking nacional

²⁰ Fuente: Tomado y adaptado de: ¿Por qué Promover las Energías Renovables en el Perú? Pedro Gamio Aita. 2011

²¹ <https://www.energiaestrategica.com/la-solar-de-brasil-alcanza-250-mw-de-generacion-distribuida/>

con el 22,9 % de la potencia instalada en el país, seguida por Rio Grande do Sul (13,9 %), São Paulo (13,5 %), Ceará (5,9 %) y Santa Catarina (5,9%).



Figura 21. Ubicación de empresas de energía solar fotovoltaica²²

Fuente: Portal solar

www.portalsolar.com.br

Los consumidores residenciales que representan el 77,4% del total, están las empresas de los sectores de comercio y servicios (16 %), consumidores rurales (3,2 %), industrias (2,4 %), poderes públicos (0,8 %) y otros tipos, como servicios públicos 0,2 %) e iluminación pública (0,03 %).



Figura 22. Instalación fotovoltaica

Fuente: Tomado pv-maganiza-latam www.pv-magazine-latam.com²³

²² <https://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/>

²³ <https://www.pv-magazine-latam.com/2018/05/17/la-solar-de-brasil-alcanza-250-mw-de-generacion-distribuida/>

Con respecto a la potencia, el sector comercial y servicios lideran el uso de la energía solar fotovoltaica, con un 42.8% de la potencia total instalada en el país, seguidos por los consumidores residenciales (39.1%), industrias (8.1%), poder públicos (3.7%) y otros tipos, como iluminación pública (0.03%) y servicios públicos (0.6%).

En relación a la ubicación, el Estado de Minas Gerais lidera el ranking nacional con 22.9% de la potencia instalada en el país, seguida por Rio Grande do Sul (13.9%), Sao Paulo (13.5%), Ceará (5.9%) y Santa Catarina (5.9%).

3.7.1. Brasil con mayor porcentaje de empleo en el sector energético renovable

Conforme la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) -último informe publicado-, Brasil oferto unos 1 076,000 nuevos trabajos, lo que representa un 10.4% del total mundial en el sector respecto al 2017 (ver: Figuras 23 y 24).

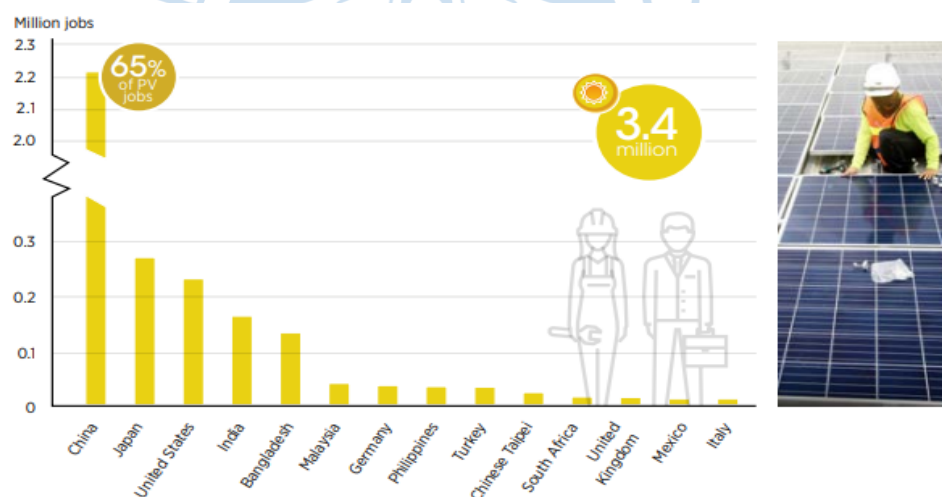


Figura 23. Instalación eólica

Fuente: Base de datos de trabajos –IRENA²⁴

https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf

Los países de Alemania, India, Estados Unidos, China, Japón, Brasil²⁵ conforman el grupo de países que generan más de 70% de puestos de trabajo de la industria a nivel mundial.

²⁴ https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf

[/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf)

²⁵ <https://www.energiaestrategica.com/brasil-es-el-pais-latinoamericano-con-mayor-porcentaje-de-generacion-de-empleo-en-el-sector-energetico-renovable/>

Según el balance anual de “Energías Renovables y Empleos” la mayoría del empleo en el país latinoamericano está en biocombustibles líquidos y en grandes hidroeléctrica.

El informe, que fue publicado en marco de la 15ava reunión del Consejo de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) en Abu Dabi, reveló además que a nivel mundial el sector de las energías renovables generó 500,000 nuevos puestos de trabajo en 2017, lo que significó un aumento de 5.3% respecto al 2016 y que, a su vez permitió superar por primera vez la cifra de 10 millones de trabajadores.

De acuerdo a las cifras que parten de la base de datos de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), Brasil se sumó 1076,000 nuevos trabajos, sí se tienen en cuenta la generación de energía hidroeléctrica de gran tamaño; de otro lado, excluyendo a las grandes hidroeléctricas, serían 893,000 los empleos adicionales en el año 2017.

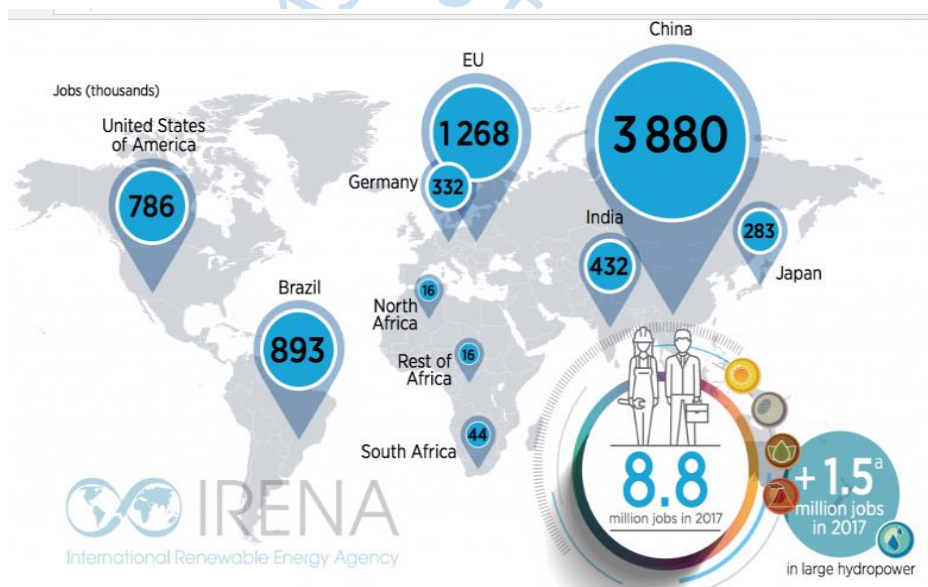


Figura 24. Empleo de energías renovables en países seleccionados

Fuente: Base de datos de trabajos –IRENA

[https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf)

[IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf)

Detallado tecnologías empleadas para generar energía, se han generado empleos directos e indirectos estimados en Brasil, las cuales serían de; 10,000 en solar fotovoltaica, 7,950 en biocombustibles líquidos, 34,000 en eólica, 42,000 en solar térmica y 12,000 en pequeños aprovechamientos hidro; por otro lado, 183,000/184,000 en grandes hidroeléctricas (ver: Figura 25).

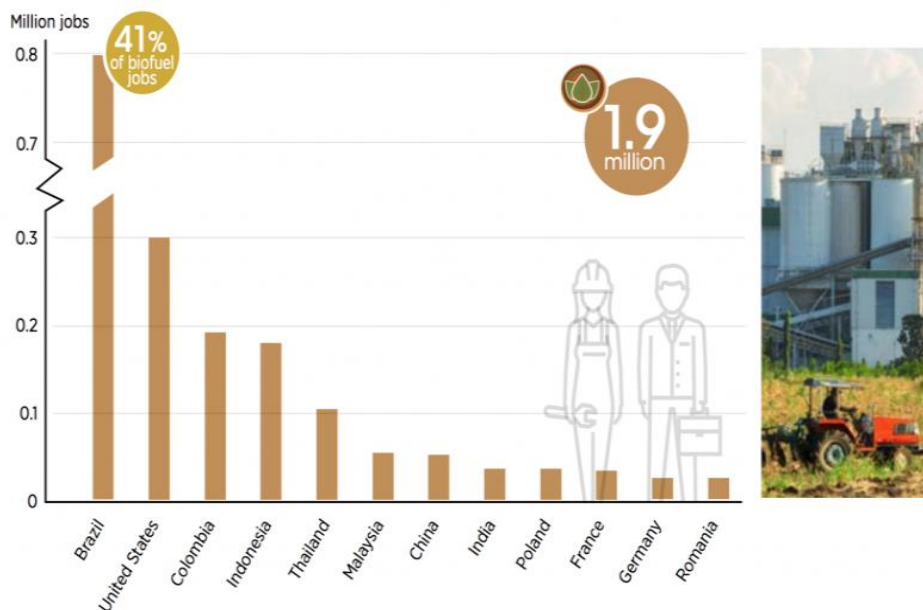


Figura 25. Líderes en empleo de biocombustibles líquidos

Fuente: Base de datos de trabajos –IRENA

https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2018.pdf

3.7.2. Sobre compensación de energía

Cuando la agencia nacional de energía eléctrica (ANEEL 17 de abril del 2012) creó el sistema de compensación de energía eléctrica, el usuario brasilero puede generar su propia energía eléctrica (bajo su propio riesgo) a partir de fuentes renovables o cogeneración calificada e, inclusive, suministrarle el excedente a la red de distribución de su localidad, mediante un sistema de compensación. La compañía energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG), alineada al desarrollo de la tecnología, ha conectado la primera unidad de micro generación de energía eléctrica de Brasil en septiembre de 2012. Desde entonces, es líder en el mercado de conexiones de generación distribuida en Brasil.

En marzo de 2017 (08/03), la compañía energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) poseía un total de 1831 unidades de generación distribuida (consumidores conectados), totalizando una capacidad instalada de 19,3 MW, esto representa aproximadamente el 0,2% de la potencia instalada. Brasil posee 8801 plantas de energías, que representa una capacidad instalada equivalente a 99 MW, teniendo a la fuente solar fotovoltaica que presente un total de 8704 plantas de energías (98,8% del total), lo que equivale a 66 MW (67% de la capacidad total).

Las otras tecnologías disponibles son las siguientes (ver: Tabla 2).

Tabla 2. Tecnologías aplicables a la generación distribuida

TIPO	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA (kW)
Hídrica	11	7 115,00
Eólica	48	10 168,00
Fotovoltaica	8 704	66 755,25
Termoeléctrica	38	15 077,00
TOTAL	8 801	99 116,05

Fuente: Compañía energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG)

https://www.cemig.com.br/es-es/Cemig_y_el_futuro/Sostenibilidad/Paginas/Geracao-Distribuida.aspx



Capítulo 4

Regulación de la generación distribuida y el plan propuesto en Perú

4.1. Generación distribuida

En el Perú²⁶, los clientes del servicio público de electricidad tales como el sector residencial, comercial e industrial, tienen una dependencia total del sistema eléctrico convencional para abastecer sus necesidades energéticas; también existe un desaprovechamiento de los recursos energéticos renovables por parte de estos clientes, debido a la falta de políticas de promoción e implementación, especialmente para la generación de electricidad para el consumo.

En el marco regulatorio peruano no está considerada la regulación del uso de las redes de distribución y transmisión eléctrica para la generación distribuida. En consecuencia, no hay un mecanismo alguno de promoción de parte del estado, hacia la generación distribuida que brinda la seguridad legal respectiva, tal como sí, lo poseen países de nuestro continente.

- En Chile el principal beneficio que se da, es la exención en el pago de peajes en el sistema troncal, también se permite inyectar el excedente de energía al sistema eléctrico, lo cual esto puede servir para el descuento en la facturación mensual en el consumo de energía eléctrica.
- En Guatemala el generador privado o público puede comercializar la energía eléctrica a distribuidores o en el Mercado Mayorista en calidad de participante productor, estas opciones no son excluyentes entre sí. Adicionalmente el generador está exento de pagar peajes transmisión y distribución por el uso de las redes. El generador puede generar para autoconsumo y optar por el mecanismo de ‘net-metering.
- En Honduras acorde al Decreto No. 138-2013 menciona que se regula la interconexión de pequeñas instalaciones menores a 250 kWp, las cuales podrán entregar su generación a la red y contabilizarla mediante un esquema ‘net metering.

²⁶ www.sectorelectricidad.com/21134/la-generacion-distribuida-para-autoconsumo-en-el-peru/

4.2. Centrales de energías renovables parques eólicos

Los efectos del calentamiento global; así como, el aumento constante de los precios de los combustibles fósiles, tradicionalmente utilizados en la industria y en el transporte, han incentivado la búsqueda de la ansiada diversificación de la matriz energética.

Debido a la ubicación geográfica, a la diversidad climática y topográfica, el Perú²⁷ cuenta con gran potencial de recursos renovables, los cuales con el correcto estudio y desarrollo podrían llegar a satisfacer la demanda energética interna y externa.

Central eólica tiene como concepto de una instalación que cuenta con aerogeneradores y en la que se emplea la energía cinética del aire al moverse para transformarla en energía mecánica de rotación, que a su vez produce electricidad.

¿Cómo es esto posible? Para que se realice esta transformación, se instala en la parte alta de una torre un rotor con varias palas que van orientadas en la dirección del viento. Estas hélices o palas hacen girar un eje horizontal que producirá electricidad.

Pero debemos tener en cuenta que, esta energía no se distribuye uniformemente y, además, es intermitente; por lo que se necesitan otras fuentes energéticas de respaldo para los momentos en los que el viento pierde su uniformidad.

El número de horas que este tipo de centrales está disponible para poder producir **energía** eléctrica va de un 20% a 30% de las horas totales correspondientes a un año. Estos valores son bajos sí se compara con las centrales térmicas y nucleares que tienen disponibilidades en el entorno del 90%.

¿Qué son los aerogeneradores? Es un generador eléctrico, que funciona convirtiendo la energía cinética del viento en energía mecánica, a través de una hélice en energía eléctrica gracias a un alternador (generador de corriente eléctrica alterna). Sus precedentes directos son los molinos de viento que se emplean para la extracción de agua de pozos. En este caso, la energía eólica (en realidad la energía cinética del aire en movimiento) proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica (ver: Figura 26).

²⁷ “Energías Renovables: El Desarrollo de la Energía Eólica en el Perú”

El conjunto²⁸ de aerogeneradores son considerados como una “energía muy limpia”, ya que no requiere de una combustión; por lo que, no producen residuos contaminantes también no hay deterioro de los recursos naturales.



Figura 26. Parque eólico más grande del Perú.

Capacidad instalada de 132 MW ubicado en el distrito de Marcona, Ica.

Fuente: Enel Green Power Perú (“EGPP”)

<https://elgasnoticias.com/enel-construye-parque-eolico-mas-grande-del-peru/>

4.2.1. Central solar fotovoltaica

La central solar. Es la instalación por medio de la cual se aprovecha la radiación solar para producir energía eléctrica, éste último es destinado al suministro de energía eléctrica de la red; cuya función principal de la célula solar, es de captar y transformar la energía solar en energía eléctrica.

Teniendo como componentes principales los siguientes elementos:

- a) **Torre meteorológica:** En este lugar es donde son examinados las condiciones meteorológicas; para luego comprobar la radiación del sol que se espera percibir o la absorbida.
- b) **Paneles fotovoltaicos o paneles solares:** Está Compuesto por células fotovoltaicos, que está constituida principalmente de silicio. Las células son las encargadas de transformar los rayos solares en energía, por efecto fotovoltaico (ver: Figura 27).

²⁸ www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf



Figura 27. Funcionamiento de una central fotovoltaica

Fuente: Compañía energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG)

<https://globalelectricity.wordpress.com/2013/10/17/central-solar-fotovoltaica/>

- c) **Gabinete/Armario /centro de carga de energía continua:** Tiene función de recibir la electricidad que, generan los módulos fotovoltaicos.
- d) **Inversor:** Tiene como función la transformación de la corriente continua en corriente alterna.
- e) **Gabinete/armario /centro de carga de energía alterna:** Recepciona la corriente alterna que fue transformada por el inversor.
- f) **Centro de transformación:** Tiene como función modular la corriente a condiciones de voltaje e intensidad idóneas para luego ser transportada.
- g) **Líneas de transporte:** Son redes por donde se transporta la energía eléctrica a los centros de consumo requerido.
- h) **Sala de control:** Lugar donde realizados la supervisión y monitoreo de operación y control de la central fotovoltaica.

El componente básico de una central fotovoltaica es el conjunto de los paneles solares. Los cuales son los encargados de recibir los rayos del sol y transformarlas en energía eléctrica.

Transformación de corriente continua a alterna

Los paneles solares generan corriente continua y el inversor se encarga de transformarlos en corriente alterna. La energía alterna se acumula en el armario de corriente alterna. Lo que,

significa que la energía eléctrica circula por la red de transporte en forma de corriente alterna; por ello, la corriente generada en los paneles solares es conducida a la sala de potencia, donde la corriente continua que se recibe en el armario de continua es convertida en corriente alterna por medio de unos inversores y después recogida en el armario de alterna. Una vez convertida a corriente alterna, la energía eléctrica producida pasa por un centro de transformación donde un transformador adapta las condiciones de intensidad y tensión de la corriente a las de la red de transporte para su utilización en los centros de consumo.

Transporte y suministro de electricidad

La corriente que llega al armario de corriente alterna, se transporta al centro de transformación; donde se adapta a las condiciones de voltaje e intensidad de las líneas de transporte, para poder ser utilizada en los centros de consumo.

4.2.2. Centrales solares térmicas de alta temperatura

La energía solar térmica de alta temperatura o la energía solar termoelectrónica, es una forma de aprovechamiento energético, en la que se concentra la radiación solar para producir vapor o aire caliente de alta temperatura, de forma que puede ser usado en plantas eléctricas convencionales para producir electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos permiten la transformación de la **luz solar** en **energía eléctrica**, es decir, la conversión de una partícula con energía lumínica (fotón) en energía electromotriz (voltaica).

Para transformar²⁹ la energía solar térmica en energía eléctrica; existen dos tipos para producir electricidad mediante la energía solar térmica (ver: Figuras 28 y 29).

- **Alta Concentración:** La radiación solar se capta por medio de un conjunto de espejos curvos que reflejan la luz del sol concentrándola en un único punto o foco. El foco funciona como receptor del calor que lo transfiere al fluido de trabajo. El calor se transmite a un depósito de agua, que a altas temperaturas se evapora y hace mover la turbina. Los espejos siguen el movimiento del sol durante el día.
- **Baja concentración:** Conjunto de colectores cilindro parabólicos que se mueven con el sol concentrando la radiación en una tubería ubicada a lo largo del foco, la cual concentra el fluido de trabajo que transporta el calor adquirido. El fluido que se mueve por el tubo se calienta y transporta a una red de tuberías diseñadas para minimizar las pérdidas de calor.

²⁹ <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>.

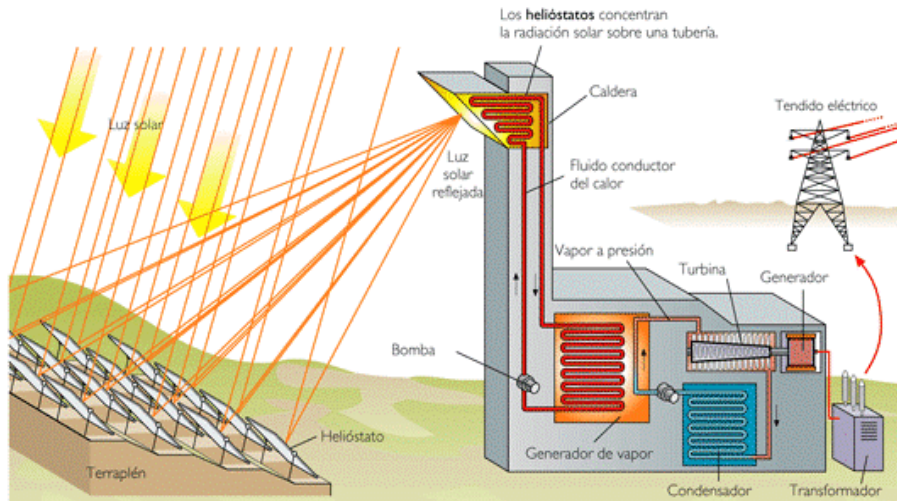


Figura 28. Transformador de energía solar térmica en energía eléctrica

Fuente: Imágenes de energía solar térmica 3°ESO

<https://sites.google.com/site/energiasolartermica3oeso/2--producción-de-la-energía-solar-térmica/2-2---transformar-la-energía-solar-térmica-en-energía-eléctrica>

A continuación, este líquido evaporado hace mover una turbina y a partir de ahí el proceso es similar al de una central de generación eléctrica cualquiera (nuclear, térmica).



Figura 29. Transformador de energía solar térmica en energía eléctrica

Fuente: Imágenes de energía solar térmica 3°ESO

<https://sites.google.com/site/energiasolartermica3oeso/2--producción-de-la-energía-solar-térmica/2-2---transformar-la-energía-solar-térmica-en-energía-eléctrica>

4.3. La biomasa

La biomasa³⁰ es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica. La valoración de la biomasa puede hacerse a través de cuatro procesos básicos mediante los que puede transformarse en calor y electricidad: **combustión, digestión anaerobia, gasificación y pirolisis** (ver: Figuras 30 y 31).

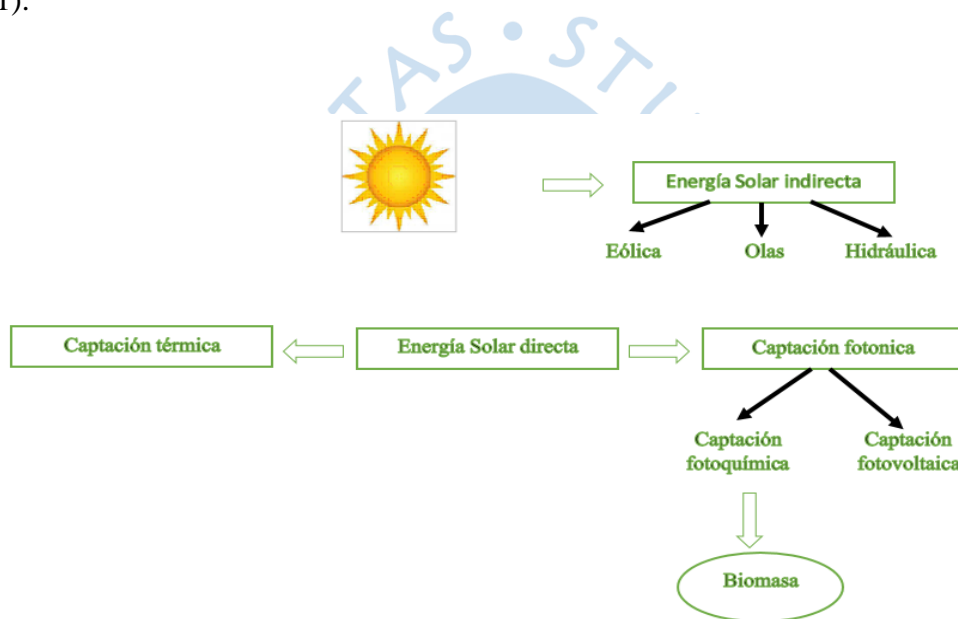


Figura 30. Ubicación de la biomasa dentro de las energías renovables

Fuente: Plantas de biomasa³¹

<http://www.plantasdebiomasa.net/indice-libro-biomasa-renovetec.pdf>.

Los factores responsables de favorecer la biomasa como fuente energética son:

- La demanda existente y el encarecimiento del precio del petróleo.
- El desarrollo de la producción agrícola.
- El Cambio climático.
- El desarrollo tecnológico para emplearlos en optimizar el proceso de obtención de energía.
- Marco económico favorable para el desarrollo de plantas que utilizan biomasa como combustible, gracias a las subvenciones a la producción que reciben las plantas generadoras de energía con esta fuente.

³⁰ <http://www.plantasdebiomasa.net/indice-libro-biomasa-renovetec.pdf>.

³¹ <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>

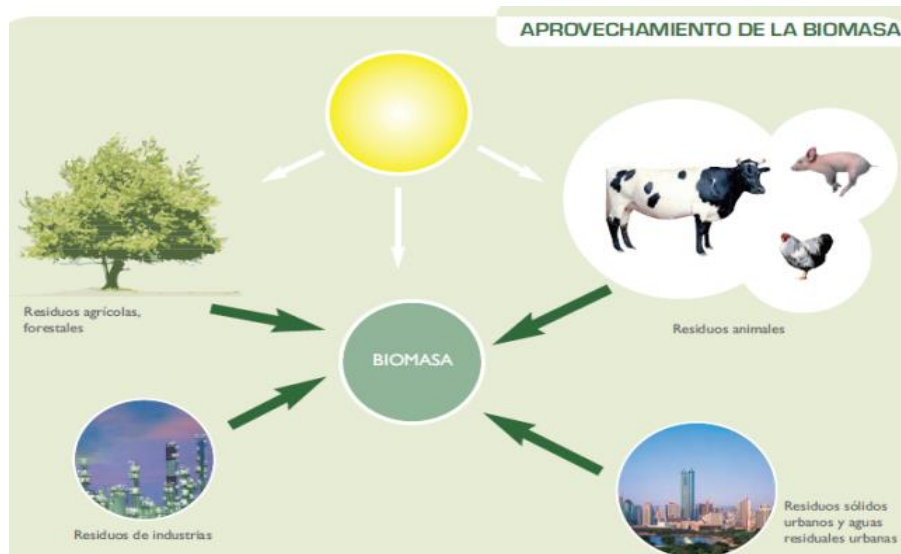


Figura 31. Ciclo de biomasa

Fuente: Impacto de las energías renovables³²

<http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/download/915/833/>.

La matriz energética del Perú es una de las más limpias de la región, principalmente por la generación hidroeléctrica, gracias a nuestra geografía, porque la Cordillera de los Andes nos permite tener caídas de agua para ambos lados del país (ver: Tablas 3 y 4).

4.4. Consideraciones experimentales

En el Perú, los clientes del servicio electricidad (sector industrial, comercial y residencial), poseen una dependencia del sistema eléctrico convencional para abastecer sus demandas energéticas; lo contradictorio a ello es el desaprovechamiento de los recursos energéticos renovables por parte de estos clientes, debido a la falta de políticas de promoción e implementación de la generación distribuida para el autoconsumo.

Por lo que, la propuesta es promocionar e implementar sistemas de generación distribuida para el autoconsumo energético, donde una persona física o jurídica del sector residencial, comercial e industrial, pueda generar su propia energía eléctrica, aprovechando los recursos energéticos renovables (solar, eólico, mini hidráulico, geotérmico, biomasa) o cogeneración eficiente, a fin de satisfacer su demanda eléctrica total o parcialmente y habría la posibilidad de inyectar los excedentes de energía a la red eléctrica de distribución mediante una interconexión con la misma. Con ello ya no habría dependencia total de la red eléctrica convencional para

³² Impacto de las Energías renovables en los Sistemas de Energía Distribuida- PAIDEIA XX1. Vol. 4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158

satisfacer su demanda energética, ya que tendría su propia fuente de energía eléctrica, lo que realizaría un autoconsumo y esto le permitiría un ahorro energético y económico; es decir, le permitiría ahorrar en la factura de su consumo de electricidad (ver: Figura 32). A éste tipo de sistemas de generación se le ha denominado como “Generación Distribuida para Autoconsumo” (GDA).

Tabla 3. Energías renovables en matriz energética en el Perú

OPCION	PLAN BASE	PLAN NUMES
Estructura de generación eléctrica	Hidroeléctrica 70%, Gas natural 25%, RER 5%	Hidroeléctrica 40%, Gas Natural 40%, RER 20%
Petroquímica	Región Ica, Sur	Base
Transporte de Gas	Sur y Norte	Base
Exportación	Contratos vigentes	Base GN; EE Exportación regional
Petróleo	No se Desarrollan crudos pesados	Desarrollo de crudos pesados.
Biocombustible	5% diésel, 7.8% etanol	5% diésel, 10% etanol
Cobertura de Gas	14% al 2040	18% al 2040, máxima cobertura
Exploración Gas natural	3 a 4 TCF adicionales por quinquenio	Base
Eficiencia Energética	Situación actual	15% de ahorros

Fuente: Reproducido de la “Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida” - PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

Los sistemas de generación distribuida autónomos con conexión a la red eléctrica funcionan³³ de manera que, en los periodos de generación de electricidad donde no haya consumo o haya menor consumo que el generado (ejemplo al medio día), el excedente de electricidad producido es inyectado a la red eléctrica (Figura 33). También puede emplearse cuando el sistema de generación distribuida autónomo no abastece toda la demanda que el usuario requiera debido a agentes externos (cielo nublado), la demanda faltante sería atendida por la red eléctrica pública (Figura 34). Finalmente, en periodos donde no hay generación (ejemplo de noche), pero sí consumo, el cliente toma electricidad de la red eléctrica pública (Figura 35). Al final de cada periodo de facturación se hace un balance entre la electricidad inyectada a la red y aquella consumida de la red.

³³ <http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>

Tabla 4. Proyecto de recursos energéticos renovables (RER)

Proyecto	Tecnología	En operación	MW	Inversiones Estimadas (MM US\$)
Cupisnique	Eólica	2012	80	242,4
Talara	Eólica	2012	30	101,2
Marcona	Eólica	2012	32	43,6
Panamericana	Solar FV	2012	20	87,0
Majes	Solar FV	2012	20	70,5
Repartición	Solar FV	2012	20	70,2
Tacna	Solar FV	2012	20	85,0
Paramonga	Biomasa con R.A.	2010	23	31,0
Huaycoloro	Biomasa con R.U.	2011	4,4	10,5
17 centrales	Hidroeléctrica	2013	179,7	285,1
Total			429,1	1026,5

Fuente: Reproducido de la “Revista Impacto de las energías renovables en los sistemas de generación distribuida” - PAIDEA XXI Vol.4, N° 5, Lima, agosto 2014, pp. 137-158. Autor Margarita F. Murillo Manrique

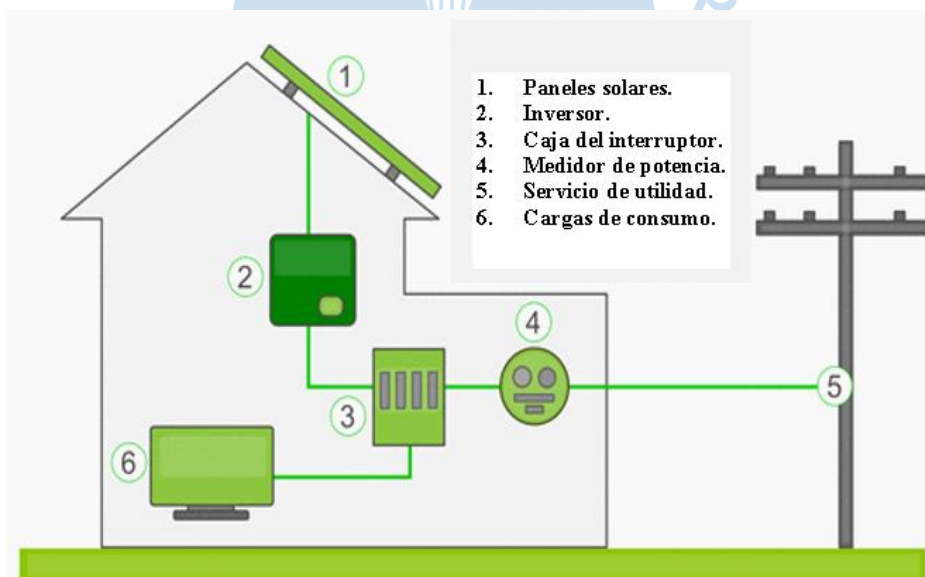


Figura 32. Funcionamiento generación distribuida autónoma

Fuente: Acesolar ¿Qué es generación distribuida?

<http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>

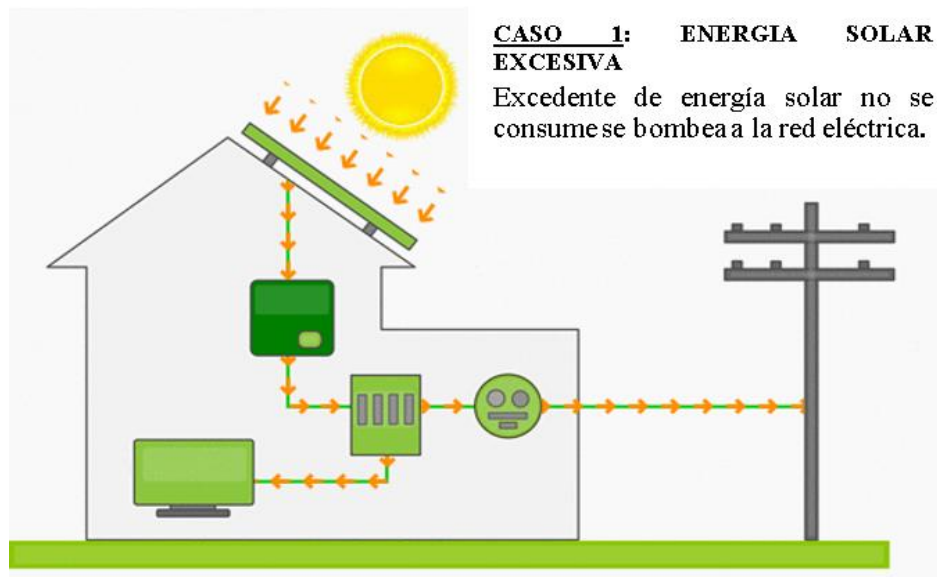


Figura 33. Excedente de energía va al sistema eléctrico.

Fuente: Acesolar ¿Qué es generación distribuida?

<http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>

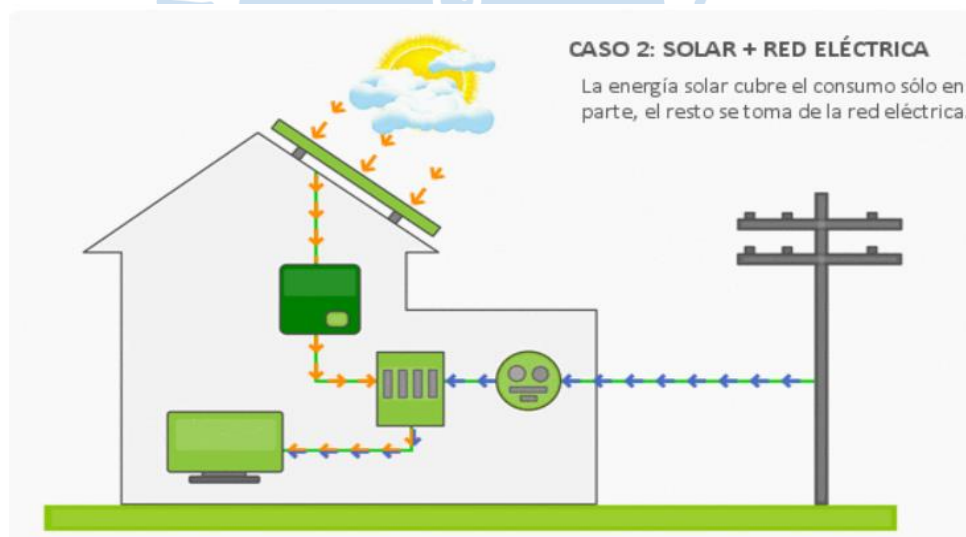


Figura 34. Energía solar cubre parte del consumo y lo restante el sistema eléctrico

Fuente: Acesolar ¿Qué es generación distribuida?

<http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>

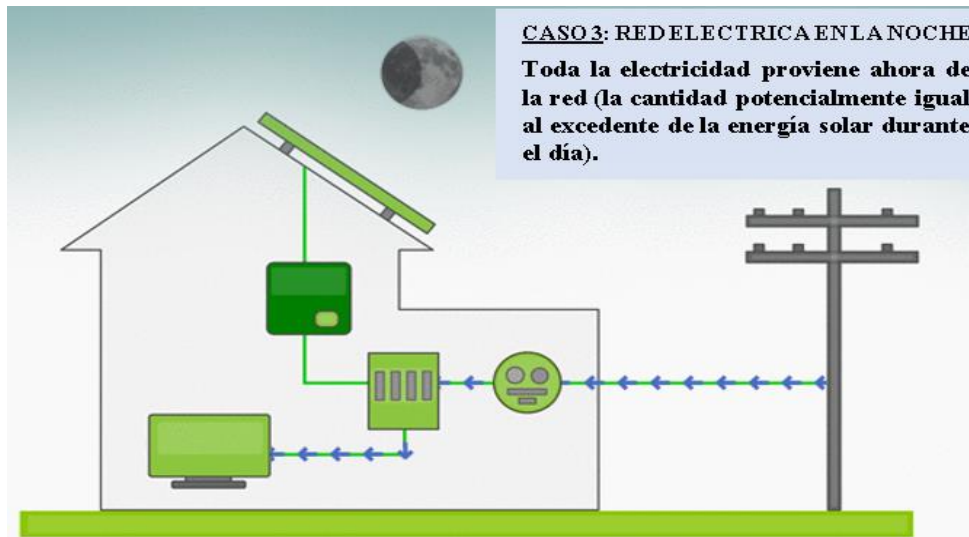


Figura 35. La energía eléctrica es captada del sistema eléctrico.

Fuente: Acesolar ¿Qué es generación distribuida?

<http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>

4.5. Determinar tipo de generación factible a implementar en la zona de estudio

En el presente apartado se deberá determinar el tipo de generación, teniendo en cuenta las diversas topografías y zonas existentes en el territorio para poder implementar la generación factible acorde a los cambios que tendrá que enfrentar el Perú, con respecto al empleo masivo de las energías renovables son primordiales a fin de que, se pueda promover la competitividad del sistema energético.

Energía solar: Según el atlas solar del Perú, muestra que la región con los mayores recursos se sitúa a lo largo de la costa, los departamentos incluidos están las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna, donde la zona de radiación media diría anual es alrededor de 250 vatios por metro cuadrado.

Energía Eólica: Este potencial lo ubicamos en la costa del Perú, debido a la fuerte influencia del anticiclón del Pacífico y de la Cordillera de los Andes.

Energía geotérmica. Los campos geotérmicos de mayor potencia serían: Cajamarca, La Libertad, el Callejón de Huaylas, Churín, Puno y Cusco.

Energía hidroeléctrica: Éste potencial se concentra en la Cuenca del Atlántico.

4.6. Almacenamiento de energía

El almacenamiento de energía es, básicamente, la capacidad de acumular energía para su posterior uso. En el caso de las energías renovables, lo que se consigue es almacenar la energía del viento y de la radiación solar en otras formas, para poder disponer de electricidad cuando el

viento es ausente o por la noche, podemos encontrar en el mercado baterías de potencia que suministra electricidad durante 20 minutos y baterías de energía que suministran potencia hasta una hora (ver: Figura 36).



Figura 36. Planta de almacenamiento con energía eólica

Fuente: sostenibilidad con energías renovables

www.sostenibilidad.com/energias-renovables/planta-almacenamiento-energia-eolica/

4.7. Impulso de cogeneración en el Perú: Barreras y alcances en materia de regulación

El procedimiento de alta eficiencia energética es la cogeneración, por el cual, se logra simultáneamente la energía eléctrica y la energía térmica, los cuales se obtiene a partir de energía primaria, éste último es una forma de energía que se encuentra disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Por la combustión de combustibles fósiles (gas o el petróleo) se logra la energía antes referida (primaria).

La cogeneración³⁴ es una alternativa de mejora de la eficiencia de los combustibles, de igual manera como método de conservación de energía para la industria eléctrica y autoproductoras, acorde con las políticas de globalización económica regional. Entre otros, se tiene los siguientes beneficios:

- a) Disminución de los consumos de energías primarias; reduce la importación de combustible y aumenta la independencia energética (ahorros en la balanza de pagos del país);

³⁴ <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/promocion%20electronica/InformativoDGE-8.pdf>

- b) Disminución del impacto ambiental, con relación al uso de combustibles (el petróleo, carbón, etc.) para la combustión de las centrales térmicas convencionales, con la finalidad de cumplir con el Protocolo de Kioto;
- c) Minimiza las pérdidas de energía en las redes eléctricas, disminuye el índice de nuevos proyectos eléctricos en transmisión y distribución, con lo cual se incrementará la eficiencia y la competencia en el sistema eléctrico;
- d) Se garantiza la disponibilidad del servicio eléctrico, mejorando la calidad del suministro eléctrico.

Barreras identificadas en materia de regulación

Según el DS N° 012-2005-EM en su Artículo 1, menciona la conformación del COES, cuyo texto del referido decreto lo indica textualmente.

No obstante, pertenecer al Comité de Operación Económica del Sistema y operar la central de cogeneración según el programa de despacho económico del COES. Resultaría perjudicial para la cogeneración cuando la producción eléctrica en la mayoría de los casos, es consecuencia de la atención de una demanda térmica asociada a una industria en particular. Esto es el caso de los ciclos de turbina de vapor a contrapresión y de las turbinas a gas.

Alcances de la nueva regulación

Los aspectos que consideran en la definición de un cogenerador y su rol como agente del sector eléctrico, diferenciándolo de un generador puro o de lo que es un auto productor, cuyos aspectos se menciona a continuación:

- a. Generadores (por ejemplo, a través del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado).
- b. La conexión física con el distribuidor.
- c. Otros usuarios libres.

4.8. Análisis de propuestas regulatorias para la generación distribuida en Perú

Con relación al tema de análisis del presente apartado, el Ministerio de Energía y Minas autorizó publicar el proyecto de reglamento de generación distribuida, mediante Resolución Ministerial N° 292-2018-MEM/DM³⁵ otorgando un plazo de 30 días hábiles para que remitan sus comentarios; luego por Resolución Ministerial N° 349-2018-MEM/DM (15/09/2018),

³⁵ https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Electricidad-diciembre-2018-GPAE-OS.pdf

amplía el plazo para su respectiva presentación de comentarios 30 días hábiles adicionales, el cual venció el 30 de octubre del 2018. En consecuencia, hasta el día de hoy no se cuenta con la aprobación definitiva de la referida Norma por parte del ministerio en la materia, que permita la conexión de la generación distribuida a la red conforme las condiciones estipulados en el citado proyecto.

Sin embargo, cabe mencionar que, el rol central de la empresa de distribución eléctrica es admitido por el proyecto de Reglamento, por lo que, la referida empresa debe permitir la conexión de la generación distribuida a la red de distribución conforme las condiciones estipuladas del Proyecto citado; para lo cual, Osinergmin es la entidad encargada para emitir mandato de conexión cumpliendo su rol, toda vez que, cuando existe negativa a una solicitud de conexión de generación distribuida a la red de parte de la empresa de distribución.

Por otro lado, es importante hacer una breve reseña sobre el marco regulatorio con relación a la generación distribuida en América latina³⁶; en efecto, al advertir que rápidamente está ganando aceptación la generación distribuida, varios países hoy en el día están en procura de adoptar nuevas regulaciones con la finalidad de facilitar a los pequeños generadores, transitar directamente a la red de distribución y la energía excedente vender a la red.

Los proyectos solares hasta ahora han venido dominando toda la región por ser los más baratos de producir energía a pequeña escala. En vista que, la generación distribuida es muy importante para el desarrollo socioeconómico de un país, en este apartado es importante conocer también las propuestas regulatorias de los países (Chile, Colombia y México) con relación del tema que nos ocupa.

En el Sur

Los usuarios de Chile, que cuentan con equipamientos de generación de energía eléctrica de acuerdo a la Ley N° 20.571, aprovechan recursos energéticos renovables no convencionales o de las instalaciones de cogeneración y, sus remanentes inyectan a la red de distribución por derecho que les asiste la ley antes mencionado. Posteriormente en el mes de noviembre del año 2018 realizaron cambios a la ley primigeniamente referido, la misma que hasta ahora se encuentra pendientes de su correspondiente reglamentación. En efecto cuyos cambios están orientados en el límite máximo de potencia de 100 kW pasando a 300 kW dispuestos para sistemas comunitarios y con la posibilidad de inyectar sus excedentes.

³⁶ <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/el-estado-de-la-generacion-distribuida-en-latinoamerica-de-cara-a-2020>

En el Norte.

El marco normativo de Colombia está dado por Ley N° 1715, mediante el cual regula la integración de las energías renovables no convencionales a sistema nacional; asimismo, la Comisión de Regulación de energía y gas, mediante resolución N° 030 del año 2018, regula las actividades de autogeneración o pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado de todo el país. Referente a la autogeneración cabe señalar que, el marco normativo realiza una distinción entre autogeneración a pequeña escala y autogeneración a escala mayor.

Con relación a la generación distribuida, México regula mediante Ley de la Industria Eléctrica (11/08/2014 y su respectiva Reglamento 31/10/2014). La Comisión Reguladora de Energía por Resolución N° RES/142/2017 expide disposiciones administrativas de carácter general. Conforme el marco normativo citado, la generación distribuida de energía eléctrica es que, las centrales no necesitan permisos (términos de la ley de Industria Eléctrica) para generar energía eléctrica. De la misma manera la norma prevé, de que, las centrales deben encontrarse interconectadas a un circuito de distribución que cuenta con alta concentración de centros de carga.

4.8.1. Características técnicas para la conexión de generación distribuida

En este apartado se pretende dar una visión general de los aspectos tecnológicos que caracterizan hoy en día el desarrollo de cada una de las tecnologías³⁷ de generación distribuida (ver: Tabla 5), así como otros aspectos importantes relacionados, como son los sistemas de almacenamiento e interconexión.

³⁷ <http://www.proyectoapoyocambioclimatico.pe/2016/11/13/guia-basica-de-generacion-distribuida/>

Tabla 5. Sistema de generación distribuida

TECNOLOGÍAS DE GD	Maduras	Motor alternativo Turbina de gas Minihidráulica Eólica Solar térmica Fotovoltaica Residuos
	Semi-maduras	Biomasa Microturbina Pila de combustible
	Emergentes	Marina Geotérmica
SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	Maduras	Bombeo Batería
	Semi-maduras	Térmico Volante Aire a presión
	Emergentes	Hidrógeno SMES Ultracapacidades
SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN		

Fuente: Libro Guía básica de la generación distribuida pg. 11 2016

<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005776.pdf>

4.8.2. Tecnologías de generación

Se muestra una descripción de las tecnologías de generación que existen en la actualidad, teniendo en cuenta su madurez y grado de penetración en el mercado de mayor a menor escala. Asimismo, es importante resaltar que, si bien algunas de las tecnologías se utilizan principalmente para la generación a gran escala, se dan casos que su aprovechamiento a pequeña escala puede ser una solución viable.

La Tabla 6, muestra un resumen de las características más importantes de las tecnologías de generación consideradas maduras y semi-maduras (Fuentes: [26], [27], [31])³⁸

³⁸ Guía básica de la generación distribuida (Fuentes: [26], [27], [31]).

Tabla 6. Tecnologías de generación

Tecnologías	Energía primaria	Potencia (MW)	Rendimiento eléctrico (%)	Coste inversión	Disponibilidad Comercial
Motor alternativo	Gas natural Diésel Biogás Propano	0,008 -20	28 – 42 % (gas natural) 30 – 50 % (diésel) 80-85 % (cogeneración)	500 – 900	Actual
Turbina de gas	Gas natural Biogás Propano	0,25 – 500	25 – 60 % 70 – 90 % (cogeneración)	600 – 1400 (CHP)	Actual
Mini hidráulica	Agua	0,01 – 10	80 – 90%	1000 – 1800	Actual
Eólica	Viento	0,005 – 5	43%	1100 – 1700	Actual
Solar térmica	Sol	0,0002 – 200	13 – 21 %	3500 – 8000	Actual
Fotovoltaica	Sol	< 0,001 – 0,1	14 %	5000-7000	Actual
Biomasa	Biomasa		32%	1500 – 2500	Actual
Micro turbina	Gas natural Hidrogeno Propano Diésel Biogás	0,025 – 0,4	25-30% Hasta 85% (cogeneración)	900 - 2000	Actual (limitada)

Fuente: Guía básica de la generación distribuida

<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005776.pdf>

4.8.3. Características del generador distribuidor

El generador distribuidor necesariamente debe cumplir las siguientes condiciones para su conexión a las redes del distribuidor.

- El punto de conexión a las instalaciones del distribuidor tiene que ser segura y confiable.
- Ante contingencia imprevista, en las redes de distribución los equipos de protección deben actuar automáticamente aislando la falla, y no permitiendo el funcionamiento en modo isla.
- Ante falla interna en el generador, este no debe interrumpir la calidad de servicio eléctrico a los clientes conectados a la red de distribución, debido a que actúa su sistema de protección ante falla automáticamente.

4.8.4. Requerimientos básicos de conexión

La norma internacional IEEE P1547, es un estándar del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, tiene por objeto de proporcionar un conjunto de criterios y requisitos para la interconexión de generación distribuida en la red de energía eléctrica. Habilitando

requerimientos y procedimientos relevantes como: operación, implementación, ensayos, condiciones de seguridad y otros.

A continuación, mencionamos algunos requisitos básicos a cumplir:

- a) **Regulación de la tensión:** La tensión en la fuente de distribución no deberá ser constante en el punto de interconexión y no tiene que provocar un apartamiento del valor de la tensión en la red inadmisibles.
- b) **Sistemas de aterramiento:** Las conexiones del punto de aterramiento de la fuente distribuida no deberá generar sobretensiones que no sean admisibles a los equipos instalados a la red, ni debe producir la falla por la descoordinación de las protecciones del distribuidor frente a efectos a tierra en la red.
- c) **Sincronismo:** La unidad generadora debe de permanecer en paralelo con la red, sin que cause fluctuaciones en la tensión en el punto de conexión, mayores a $\pm 5\%$ del nivel de tensión adecuado, y cumplir con la normativa sobre flicker.
- d) **Energización de la red:** La red eléctrica no debe ser energizada por la fuente distribuida, cuando ésta se encuentra des-energizada.
- e) **Tele medida:** Las potencias mayores a 250kVA a más, deben ser monitoreadas por las interconexiones de fuentes distribuidas (medición de parámetros técnicos de potencia activa – reactiva y voltaje).
- f) **Elemento de maniobra:** Para la operacionalidad de una red de distribución, se tiene que encontrar en la interconexión elementos de maniobra que sean de fácil accesibilidad para el bloqueo y, poseer el corte visible.

Requerimientos mínimos de los sistemas de protección que actúan como respuesta a condiciones anormales de la red:

- a) **Fallas en la red.** La red de distribución debe ser energizado por el generador distribuidor, ante contingencias imprevistas en la red.
- b) **Coordinación de recierres en la red.** El generador distribuido debe ser energizado en redes del distribuidor con recierre automático, la red de distribución antes de que se produzca un recierre en la misma.
- c) **Sobre y subvoltaje.** Frente a detección de valores anormales de tensión, la generación distribuida tiene que desenergizar una red en un tiempo predeterminado. Este periodo es medido entre el inicio de la contingencia y la desenergización. La protección en el punto de conexión debe detectar el valor Root Medium Square (RMS) a parámetros técnicos de

voltaje fase-fase, excepto cuando el transformador de conexión entre la fuente distribuida y la red es de configuración estrella – estrella (YY) o de conexión monofásica, en que se detectara la tensión fase - neutro.

- d) Sobre y subfrecuencia. La generación distribuida debe desconectarse en un tiempo predeterminado, frente a valores anormales de frecuencia,

4.8.5. Estudio de nuevos proyectos

Para un proyecto nuevo de generación distribuida involucra las siguientes etapas:

- Primera etapa consiste en la planificación de la red y estudio de la misma
- Segunda etapa determinar los requerimientos básicos de diseño.
- Tercera etapa determinar los requerimientos de operación y mantenimiento.

Para el estudio de detalle a realizar, deberá contener los siguientes requerimientos mínimos:

- a) **Flujo de carga:** Modelar el flujo de carga con y sin el nuevo generador con la finalidad de determinar el efecto sobre la red con la nueva generación. Con el nuevo flujo obtendremos las magnitudes deseadas tal como la potencia, intensidad y nivel de tensión. Con ello se logra identificar los equipos sobrecargados (con exceso de tensión).
- b) **Cálculo de cortocircuito:** El nuevo nivel de corto circuito es utilizado para conocer la potencia de corte del interruptor y la corriente de cortocircuito (I_{cc}) dinámica de los equipos, para las instalaciones del distribuidor como de los clientes conectados a la red. Con ello determinamos los equipos que hay que reemplazarlos.
- c) **Análisis de las perturbaciones en la Línea:** Se realizan simulaciones de flujo de carga, para ellos se simulan defectos de corto circuito en los diferentes nodos de la red, en donde debe actuar las protecciones diseñadas. En el caso que se detectara la no actuación de las protecciones se realiza una nueva coordinación de protección.

4.9. Aspectos legales

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) con fecha 2 de agosto de 2018, autorizó la pre publicación del Reglamento de Generación Distribuida, con el objetivo de recibir opiniones y sugerencias de terceros interesados; culminado el periodo de pre publicación no se ha tenido comentario alguno sobre dicho proyecto.

4.9.1. Ley N° 28832, para asegurar el desarrollo eficiente de la energía eléctrica

La presente Ley N° 28832 publicado en el Diario Oficial El Peruano de fecha 23.07.2006 tiene por finalidad perfeccionar las reglas establecidas en la Ley de Concesiones Eléctricas con la finalidad de³⁹:

- a) El aseguramiento de la suficiencia de generación eficiente que reduzca la exposición del sistema eléctrico peruano a la volatilidad de precios y a los riesgos de racionamiento prolongado por falta de energía; asegurando al consumidor final una tarifa eléctrica más competitiva.
- b) La reducción de la intervención administrativa para el análisis de los precios de generación mediante soluciones de mercado.
- c) La admisión de las medidas necesarias para propiciar la efectiva competencia en el mercado de generación.
- d) La introducción de un mecanismo de compensación entre el SEIN y los sistemas aislados para que los precios en barra de estos últimos incorporen los beneficios del gas natural y puedan reducir su exposición a la volatilidad del mercado de combustibles.

Tiene como interés público y responsabilidad del Estado asegurar el abastecimiento oportuno y eficiente del suministro eléctrico para el Servicio Público de Electricidad.

4.9.2. Reglamento de cogeneración

Para los efectos de la calificación de una central de cogeneración, los titulares del central deberán acreditar valores de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y la Relación entre energía Eléctrica y Calor útil (C) iguales o superiores a los indicados en la tabla 7, acorde a la tecnología usada y el nivel de la tensión de su conexión al sistema.

El Rendimiento eléctrico efectivo se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$REE = \frac{E}{Q - \frac{V}{0.9}} \dots\dots\dots 1$$

³⁹ <https://www.sni.org.pe/ley-para-asegurar-el-desarrollo-eficiente-de-la-generacion-electrica-ley-n-28832/>

Para hallar el valor de C vamos a emplear la siguiente ecuación:

$$C = \frac{E}{V} \quad \dots\dots\dots 2$$

Sabemos que:

E = Es la energía eléctrica generada en bornes del alternador, que lo expresamos en MWh.

Q = Es la energía suministrada por el combustible empleado, calculada en MWh y con relación a su poder calorífico inferior.

V = Viene hacer el calor útil, expresado en MWh.

Se hallan los valores de Rendimiento Eléctrico Efectivo (REE) y Calor útil (C) para condiciones de operación a máxima capacidad efectiva de la central y a un tiempo de operación continua.

Tabla 7. Rendimiento eléctrico efectivo

Tecnología	REE según tensión de conexión al Sistema Eléctrico			C = E/V
	Menor a 1 kV	Entre 1 kV y 33kV	Mayor a 33kV	
Motores de combustión interna	0.52	0.54	0.55	0.87
Turbinas de gas de ciclo combinado	0.52	0.54	0.55	0.77
Turbinas de gas de ciclo simple	0.53	0.55	0.56	0.66
Turbinas de vapor de extracción	0.56	0.58	0.59	0.33
Turbinas de vapor de contrapresión	0.68	0.72	0.73	0.15

Fuente: Osinergmin⁴⁰

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%200037-2006-EM%20-%20Reglamento%20de%20Cogeneraci%C3%B3n.pdf

⁴⁰https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%B0%200037-2006-EM%20-%20Reglamento%20de%20Cogeneraci%C3%B3n.pdf

4.10. Descripción general del plan propuesto

Se propone un esquema de generación de energía solar a nivel residencial, de manera que, toda la energía generada con los sistemas de generación sea inyectadas a la red del distribuidor, con dos medidores de energía: uno que mide la energía generada e inyectada a la red y un medidor que mide la energía consumida (al margen de que el usuario se reserve la posibilidad de consumir él mismo la energía generada, fuera del esquema de promoción, en caso de que se corte la provisión de energía eléctrica a través de la red).

Se remunera con una tarifa de alimentación (Feed-in Tariff), ajuste (FiT) a la energía solar fotovoltaica generada por usuarios residenciales conectados a la red de distribución eléctrica. El precio remunerado por dicha energía eléctrica solar debería ser tal que incentive la instalación de los sistemas, por lo que sería mucho mayor al aportado por el usuario en su tarifa. La remuneración de la energía solar debe contemplar el costo de instalación de los sistemas solares y la insolación en cada región, así como el costo de la energía en el mercado, a la vez de promover el ahorro energético y contemplar la equidad social. Además del ajuste (FiT), el generador de energía solar cobra los Bonos de Carbono generados, por lo que se deben hallar las herramientas necesarias para permitirle su comercialización.

El dinero para remunerar dicha energía, es decir, el ajuste (FiT), surgirá de una cuenta destinada a tal efecto, que será cubierta por un aumento tarifario para todos los usuarios residenciales.

Debido a este aumento tarifario, los usuarios residenciales percibirían un mayor valor marginal de la energía. El precio de la energía que hace económicamente conveniente el reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo es mucho menor que el precio que hace conveniente la instalación de sistemas de generación solar. Por esta razón, puede considerarse que un pequeño aporte para cubrir el ajuste (FiT) es suficiente para estimular el reemplazo de lámparas por sus equivalentes más eficientes.

Dicho aumento tarifario haría rentable para el usuario residencial cambiar sus aparatos y electrodomésticos por otros con mayor eficiencia energética. No se necesitaría mayor incentivo que éste para difundir la utilización de productos de bajo consumo. Con el tiempo se generaría una cultura de ahorro de energía que llegaría a trascender del mero canje de aparatos, influyendo diferentes comportamientos a fin de un uso más racional de la energía.

La mayor parte de la energía solar y gran parte del ahorro energético en los hogares se produce en la época estival, cuando el sistema tiene menos restricciones energéticas debido a la abundancia de gas. Para compensar por la estacionalidad de la generación de energía solar y del ahorro energético se propone almacenar la energía generada o ahorrada en los embalses

(almacenamiento energético más antiguo, que se utiliza para almacenar grandes cantidades de agua en un terreno geográfico favorable), disminuyendo el consumo hidroeléctrico durante el verano (aumentando la energía embalsada) y aumentándolo durante el invierno (generando la energía acumulada durante el verano). De esta manera, la energía solar generada en el verano desplazaría energía térmica en el invierno, cuando se consumen combustibles alternativos al gas para la generación térmica, más cara y más contaminante que el gas.

La promoción de una tecnología de generación distribuida, atomizada en múltiples centros de generación a nivel residencial, generará un mercado creciente que creará múltiples puestos de trabajo en ensamblaje, ventas, instalación y mantenimiento de los equipos fotovoltaicos.

4.10.1. Estructura del plan propuesto en relación con el mercado energético

Conceptualmente, las perspectivas analizadas se vinculan con el plan propuesto como se indica en la figura 37.

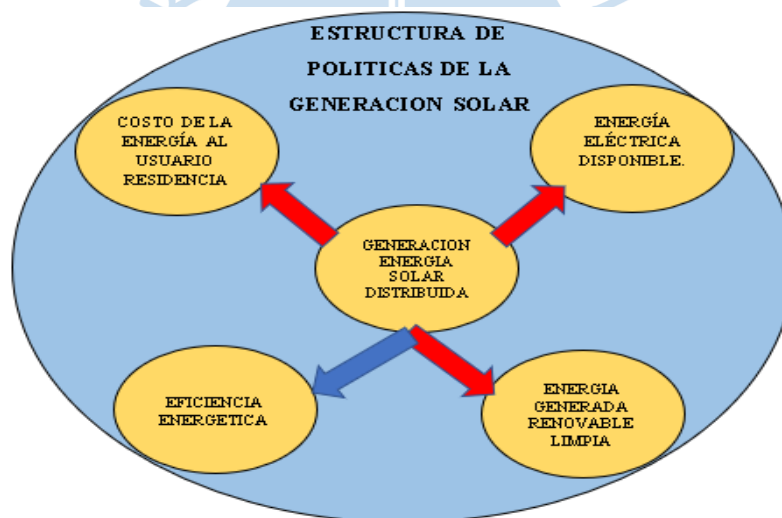


Figura 37. Política de generación solar

Fuente: Propio

La energía solar fotovoltaica generada, aumenta la cantidad de energía disponible en el mercado, aliviando la carga impuesta en las máquinas térmicas marginales y disminuyendo la demanda de combustibles para la generación de energía eléctrica.

Al fomentar la instalación de paneles fotovoltaicos, se estaría promoviendo la generación de energía limpia. El menor consumo de combustibles, especialmente del gasoil (que, al ser el combustible más caro, es el primero que se deja de utilizar) conlleva una menor emisión de

gases de efecto invernadero, con un impacto positivo en la situación medioambiental del parque energético nacional.

La energía solar fotovoltaica, al tener un gran costo de instalación, requiere un elevado precio de la energía para tener un rendimiento económico rentable. Al pasarse una porción relevante de ese precio de la energía solar a las tarifas de los usuarios residenciales, los mismos aumentan su eficiencia para disminuir su costo bimestral. Dicho ahorro energético por mayor eficiencia en el consumo implica, nuevamente, una menor presión en las usinas térmicas, un menor consumo de combustibles y una menor emisión de GEI.

4.10.2. Detalles y especificaciones del plan propuesto

Se considera que el usuario residencial que es generador de energía solar cobra una tarifa por dicha energía que se divide en tres conceptos diferentes:

- Una tarifa fija del tipo FIT, que depende del costo de instalación y de la insolación, que garantiza un retorno mínimo de la inversión (aproximadamente 11.1% anual). Esta FIT es abonada por aportes realizados por todos los usuarios residenciales de las distribuidoras, aumentando su tarifa por la energía eléctrica consumida. Esta parte de la tarifa permanece constante durante 20 años para un equipo fotovoltaico dado.
- Una tarifa variable, igual al precio medio del mercado mayorista eléctrico (precio spot de la energía, sobrecostos, potencia y pérdidas de transporte). Se considerará el precio medio del mercado en el momento en que la energía solar es generada, más allá de que dicha energía pueda ser luego ahorrada en los embalses para ser consumida en invierno. Esta parte de la tarifa es aportada por todos los agentes del MEM, que pagan precios de mercado (Potencia + Spot + Sobrecostos). Para calcular este valor se tienen en cuenta las pérdidas de transporte: un kWh generado en la red de distribución equivale a ligeramente más que un kWh generado en los centros de generación tradicionales, debido a que elimina las pérdidas de transporte.
- Una tarifa extra por los bonos de carbono generados al desplazar energía eléctrica generada en plantas térmicas. A los efectos de la tarifa se considerará la emisión de GEI producida en el momento en que la energía solar es generada, más allá de que dicha energía pueda ser luego ahorrada en los embalses para ser consumida en invierno.

4.11. Marco normativo

En el Perú el Marco Normativo⁴¹ para la promoción de la generación de electricidad con energías renovables no convencionales está conformado por las siguientes normas:

- Decreto Legislativo N° 1002 (Publicado en el Diario Oficial El Peruano en mayo del año 2008). Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de fuentes de energía renovable,
- Decreto Legislativo N° 1058 (Publicado en el Diario Oficial El Peruano en junio del año 2008). Que promueve la inversión en la actividad de generación con recursos hídricos y con otros recursos renovables.
- Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables, aprobado por Decreto Supremo N° 012 - 2011 - EM.
- Reglamento para la promoción de la inversión eléctrica en áreas no conectadas a red, aprobado por Decreto Supremo N° 020 - 2013 - EM.
- El Decreto Legislativo que establece el Régimen Especial de Recuperación Anticipada del Impuesto General a las Ventas, aprobado por Decreto Legislativo N° 973.

Este marco normativo declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante recursos renovables y establece incentivos para la promoción de proyectos de generación, tales como prioridad para el despacho de carga, acceso a las redes de transmisión y distribución eléctrica, tarifas estables a largo plazo (20 a 30 años) establecido mediante compra de toda la energía producida. Adicionalmente, establece los siguientes lineamientos:

- Participación de las energías renovables en el consumo nacional de electricidad en un porcentaje objetivo que durante los primeros 5 años es hasta 5 % (sin incluir las pequeñas hidroeléctricas).
- Prioridad para conectarse a las redes de transmisión y distribución y el pago de costos incrementales generados por el uso de las redes de transmisión y distribución.

⁴¹https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct_2014_Generacion_Electrica_RER_No_Convencionales_Peru.pdf

- Depreciación en forma acelerada de activos hasta en 5 años (a una tasa anual no mayor al 20 %) para efectos del impuesto a la renta.

4.11.1. Entidades responsables

Las entidades que se encuentran vinculadas con el desarrollo de la generación de electricidad con RER son:

- Ministerio de Energía y Minas:** Autoridad competente responsable de promover los proyectos que utilicen recursos energéticos renovables. Elabora el Plan Nacional de Energías Renovables y las Bases de las Subastas RER. Es la entidad encargada de determinar cada 5 años el porcentaje objetivo de la participación RER en el consumo nacional, de establecer la frecuencia de las subastas, así como de fijar la cantidad de energía requerida para cada tecnología.
- Los Gobiernos Regionales:** Pueden promover el uso de los recursos renovables dentro de sus circunscripciones territoriales.
- Osinerghmin:** Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería responsable de conducir las subastas, de fijar las tarifas máximas del proceso de subasta, de supervisar los contratos resultantes de las subastas RER y de efectuar la liquidación de ingresos de los proyectos RER adjudicados.
- COES:** Comité de Operación Económica del Sistema responsable de coordinar la operación del SEIN al mínimo costo, de preservar la seguridad del sistema, de coordinar el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como administrar el mercado de corto plazo.
- CONCYTEC:** Consejo de Ciencia y Tecnología responsable de implementar los mecanismos para el desarrollo de proyectos de investigación sobre energías renovables.

4.12. Caso de estudio: Central hidroeléctrica Santa Rosa

La Central Hidroeléctrica Santa Rosa (conformada por las centrales hidroeléctricas Santa Rosa I y Santa Rosa II) que se conectan con la subestación Andahuasi por uno de sus alimentadores en 22,9 kV de propiedad de EDELNOR (Empresa Distribuidora del Norte de Lima S.A.A. o “EDLN”).

Por otra parte, la línea L-670 en 66 kV que va de Huacho REP-Andahuasi de 32,8 Km y la subestación Andahuasi 66/22,9/10 kV cuya propietaria es la empresa ADINELSA. No

incluye la celda de llegada de la línea L-670 en 66 kV la cual está ubicada en la subestación Huacho cuya propietaria es la empresa transmisora Red de Energía del Perú (REP).

Antes de la puesta en operación la Central Hidroeléctrica Santa Rosa, el flujo de potencia que recorría desde la subestación de Huacho por la línea L-670 (línea de transmisión de propiedad de Red de Energía del Perú), transportaba potencia y energía eléctrica hacia la subestación -Andahuasi, hasta el mes de julio del 2004 en que inicio su operación técnica la Central Hidroeléctrica de Santa Rosa de 2 MVA, la cual originó que se invirtiera la dirección del flujo de potencia y energía a través de línea de transmisión L-670.

Haciendo el análisis de flujo de potencia (ver: Figura 38) se determina que el excedente de energía generada en la Central Hidroeléctrica de Santa Rosa, se consume por la demanda de la subestación Huacho Edelnor, para lo cual dicho excedente de generación se transmite a través de la línea de transmisión L-670 (Huacho Red de energía del Perú -Andahuasi de 32.8 km) y de la línea de transmisión L-685 (Huacho Red de energía del Perú -Huacho Edelnor en 66 kV de 13,408 Km). La titular de esta última línea de transmisión al igual que la subestación Huacho EDLN, sin incluir la celda de línea 66 kV ubicada en la subestación Huacho REP, es la empresa concesionaria de distribución EDELNOR.

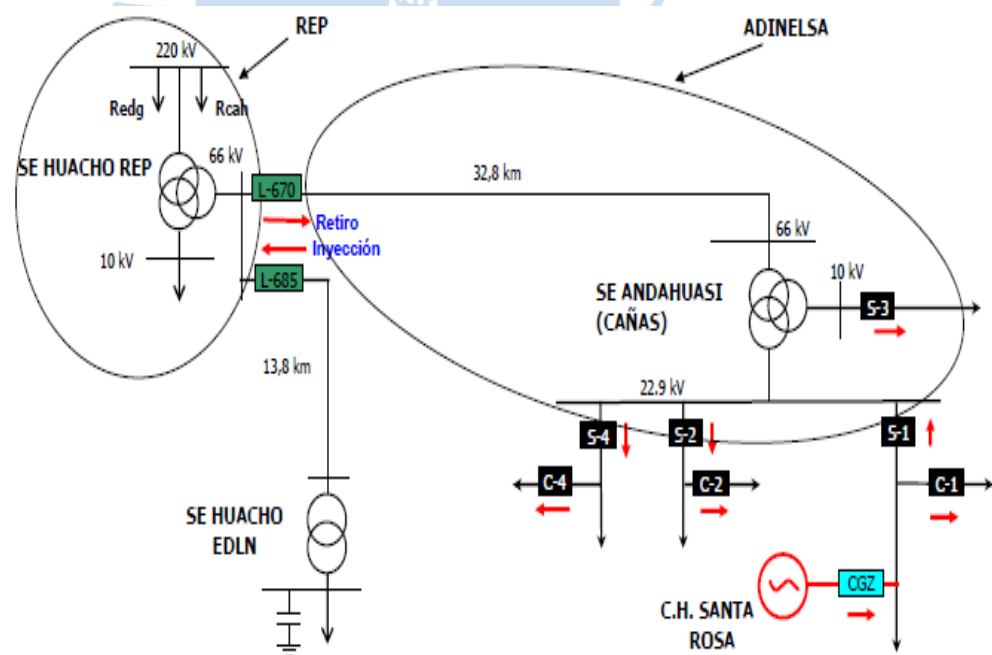


Figura 38. Diagrama del sistema secundario de transmisión (SST)

Fuente: Osinergmin

http://www2.osinergmin.gob.pe/ProcReg/CompensaUsoSistemasDistEle/FijacionCompensaCentralHidro/000105_Reg_002494_Electrica_Santa_Rosa_ESR%20078-2011.pdf

4.12.1. Análisis de Flujos de Energía

En este apartado vamos a analizar el flujo de energía obtenidos de la línea L-685 (que une la SE Huacho EDLN con la SE Huacho REP) y la Línea L-670 (que une SE HUACHO REP con la SE Andahuasi), acorde a la información base disponible que posee el ente fiscalizador OSINERG. Se usaron los registros de medición obtenidos de la celda de salida de la línea L-670 a una tensión de operación de 66 kV, la cual está ubicada en la subestación Huacho, correspondientes al registro de medición de un período de 16 meses (entre julio 2004 a octubre 2005).

En la figura 39 mostramos los registros de medición obtenidos, para el período de 16 meses consecutivos, los flujos de energía a través de la línea L-670 (de la SE Huacho REP-a la SE Andahuasi).

En la tabla 8 se muestra el resultado de flujo y conforme al sentido que lleva el flujo indicado en la figura 38, el flujo denominado de “inyección”, es aquel que recorre la línea L-670 que conecta la subestación Andahuasi hacia la subestación Huacho.

Apreciamos que, desde el mes de julio del año 2004 donde se pone en operación la Central Hidroeléctrica. Santa Rosa II, el flujo de energía se invirtió de la subestación Andahuasi hacia la subestación Huacho Red de energía del Perú. Por consiguiente, cuando entra en operación la Central Hidroeléctrica Santa Rosa I el 10 de diciembre del año 2005, varía el sentido del flujo de energía a través de la línea de transmisión L-670 (que involucra la SE Andahuasi- Huacho Red de energía del Perú) se mantiene, con ello se comprueba que la carga se va reduciendo al ritmo que aumenta la demanda que se alimenta desde la subestación eléctrica Andahuasi.

Del flujo obtenido se comprueba que la energía que se transmitía por la Línea L-670 (desde la subestación Huacho Red de energía del Perú hacia la subestación eléctrica de Andahuasi) antes de julio año 2004, es equivalente al flujo que actualmente se transmite por la misma Línea L-670 (pero ahora el flujo va desde la subestación Andahuasi hacia la subestación Huacho - Red de energía del Perú). Con el flujo también se demuestra que no hay pérdidas incrementales de energía y potencia a través de esta línea por la entrada en operación de la Central hidroeléctrica de Santa Rosa.

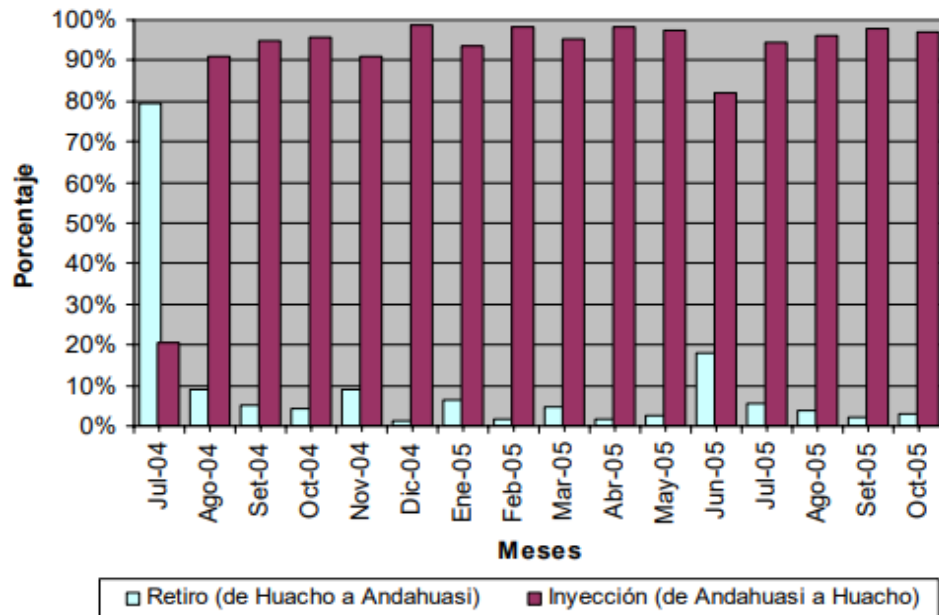


Figura 39. Flujo de energía línea transmisión 66kv Huacho - Andahuasi

Fuente: Osinergmin

http://www2.osinergmin.gob.pe/ProcReg/CompensaUsoSistemasDistEle/FijacionCompensaCentralHidro/000105_Reg_002494_Electrica_Santa_Rosa_ESR%20078-2011.pdf

Adjuntamos los resultados de la modelación realizada para condiciones de máxima demanda, en un primer estadio sin la Central Hidroeléctrica Santa Rosa y en un segundo estadio con la Central Hidroeléctrica Santa Rosa. Con relación a las pérdidas para el primer estadio resulta ligeramente mayores en comparación con el segundo estadio (aquí se modela con operación de las Centrales Hidroeléctricas Santa Rosa I y Santa Rosa II). En la tabla 8 mostramos los resultados obtenidos:

Tabla 8. Resultado de flujo de carga para máxima demanda

	Resultados obtenidos evaluación de las pérdidas en la Línea L-670 Andahuasi – Huacho REP (MW)
Sin C.H: Santa Rosa	0,022
Con C.H. Santa Rosa	0,012

Fuente: Osinergmin.

http://www2.osinergmin.gob.pe/ProcReg/CompensaUsoSistemasDistEle/FijacionCompensaCentralHidro/000105_Reg_002494_Electrica_Santa_Rosa_ESR%20078-2011.pdf

4.12.2. Sistema secundario de transmisión

La línea L-670 (línea de transmisión que va desde la SE Huacho REP – a la SE Andahuasi) fue diseñada y construida para atender las demandas requeridas por los usuarios. Las demandas indicadas líneas arriba son atendidas desde la subestación Andahuasi, para el tema del aspecto tarifario se está tomando la tarifa en Barra del SEIN (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional).

Así mismo, la subestación Huacho Edelnor según el flujo de potencial se alimenta convenientemente desde la subestación Huacho – Red de energía del Perú (REP), con la finalidad de mejorar la calidad del suministro eléctrico en la ciudad de Huacho y así reducir las pérdidas de transmisión en que se venía incurriendo al ser alimentada a través del SST Paramonga Existente- Barranca-Supe-Huarmey (subestación Huacho EDLN).

4.12.3. Calificación de la central hidroeléctrica Santa Rosa

Debido a su ubicación y magnitud, la Central Hidroeléctrica Santa Rosa es un caso típico de generación distribuida, ya que su infraestructura se encuentra cercana al sector de mayor demanda y por su característica ofrece grandes ventajas. Entre ellas podemos mencionar los más principales:

- Reducción de pérdidas en las redes de transmisión indicada.
- Aumento de la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.
- Mejora de la calidad de servicio en la SE Huacho.

Los sistemas de generación distribuida autónomos con conexión a la red eléctrica funcionan⁴² de manera que, en los periodos de generación de electricidad donde no haya consumo o haya menor consumo que el generado (ejemplo al medio día), el excedente de electricidad producido es inyectado a la red eléctrica (Figura 33). También puede emplearse cuando el sistema de generación distribuida autónomo no abastece toda la demanda que el usuario requiera debido a agentes externos (cielo nublado), la demanda faltante sería atendida por la red eléctrica pública (Figura 34). Finalmente, en periodos donde no hay generación (ejemplo de noche), pero sí consumo, el cliente toma electricidad de la red eléctrica pública (Figura 35). Al final de cada periodo de facturación se hace un balance entre la electricidad inyectada a la red y aquella consumida de la red.

⁴² <http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>



Capítulo 5

Caso de estudio: Sistema fotovoltaico para consumo eléctrico

5.1. Descripción del sistema del plan propuesto

En el presente apartado se desarrolla el plan propuesto, teniendo como objetivo, utilizar la energía solar para suministrar energía eléctrica a un predio en baja tensión.

Instalar sistema solar fotovoltaico en el predio, brindará la posibilidad de utilizar energías alternativas, además de proporcionar la energía requerida y aportará con la conservación del medio ambiente.

La ventaja de diseñar un sistema solar fotovoltaico es que, nos permitirá garantizar la continuidad del servicio eléctrico, ya que, se cuenta con fuentes de energías renovables en la zona de estudio.

5.2. Ingeniería básica: Sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica

El sistema solar fotovoltaico propuesta, se implementará en la generación de energía eléctrica, el cual se evalúa considerando la radiación solar en la zona y el consumo de energía.

El sistema referido estará conformado por los siguientes equipos y/o componentes:

- a) **Generador fotovoltaico.** Formado por un módulo de 2 paneles solares de marca YINGLISOLAR 330 Wp, el cual se instalarán en el TECHO del predio para mayor seguridad y menos riesgos, en esta parte está concentrado todo el sistema de generación. El cual estará totalmente circulado e identificado y señalado como zona de alto riesgo, la potencia de cada panel es de 330 Wp, los cuales deben proporcionar la energía necesaria para el consumo, el catálogo y las características del panel solar se muestran en la figura 40 y tabla 9.



Figura 40. Panel solar Jimkosolar JKM330PP-72

Fuente: Catalogo JIMKO SOLAR

<https://autosolar.es/pdf/Ficha-Tecnica-Jinko-Solar-305-330W.pdf>

Tabla 9. Características del panel solar JIMKSOLAR

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72		JKM340PP-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC:  Irradiance 1000W/m²  Cell Temperature 25°C  AM=1.5

NOCT:  Irradiance 800W/m²  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

Fuente: Catalogo YINGLI SOLAR

<https://autosolar.es/pdf/Ficha-Tecnica-Jinko-Solar-305-330W.pdf>

- b) **El convertidor o inversor:** El inversor utilizado es de tipo onda pura cuya potencia a alimentar será de 2.82 kW, a una tensión de trabajo de 48 VDC, este equipo suministrará la tensión al sistema en 220 VAC.
- c) **Sistema de distribución en 220 V:** La energía que actualmente se tiene es de la red de energía eléctrica de la Empresa Concesionaria de Servicio Eléctrico a una tensión de 220 trifásicos.

5.2.1. Demanda de energía eléctrica

La demanda de energía se establece en función a un caso típico. Este caso corresponde al de un predio urbano, compuesto por 01 vivienda con 6 habitantes. El sistema solar satisface las necesidades de energía eléctrica de los habitantes de dicho predio.

Ahora calcularemos el consumo de energía promedio diario, como se puede ver en la tabla 10.

Tabla 10. Consumo de energía promedio diario para la vivienda

CARGA	Tensión (V) (C.A)	Potencia (W)	Cantidad	Uso diario (h)	Energía diaria (Wh)	Potencia (W)
Lámpara (sala)	220 V	16	4	4	256	64
Lámpara (dormitorio)	220 V	9	4	3	108	36
Refrigeradora	220 V	350	1	10	3500	350
Licuada	220 V	350	1	2	700	350
Lavadora + Secadora	220 V	330	1	1	330	330
Lámpara (cocina)	220 V	16	2	3	96	32
Plancha	220 V	1000	1	1	1000	1000
Radio	220 V	10	1	4	40	10
Carga de celular	220 V	5	5	2	50	25
Laptop	220 V	100	1	3	300	100
Televisor	220 V	100	1	6	600	100
TOTAL (WH)					6,980.00	2,397.00
					f.c.	0.85
					Demanda Máx. (kW)	2.82

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 10, encontramos que la potencia total es de **2.82 k W**.

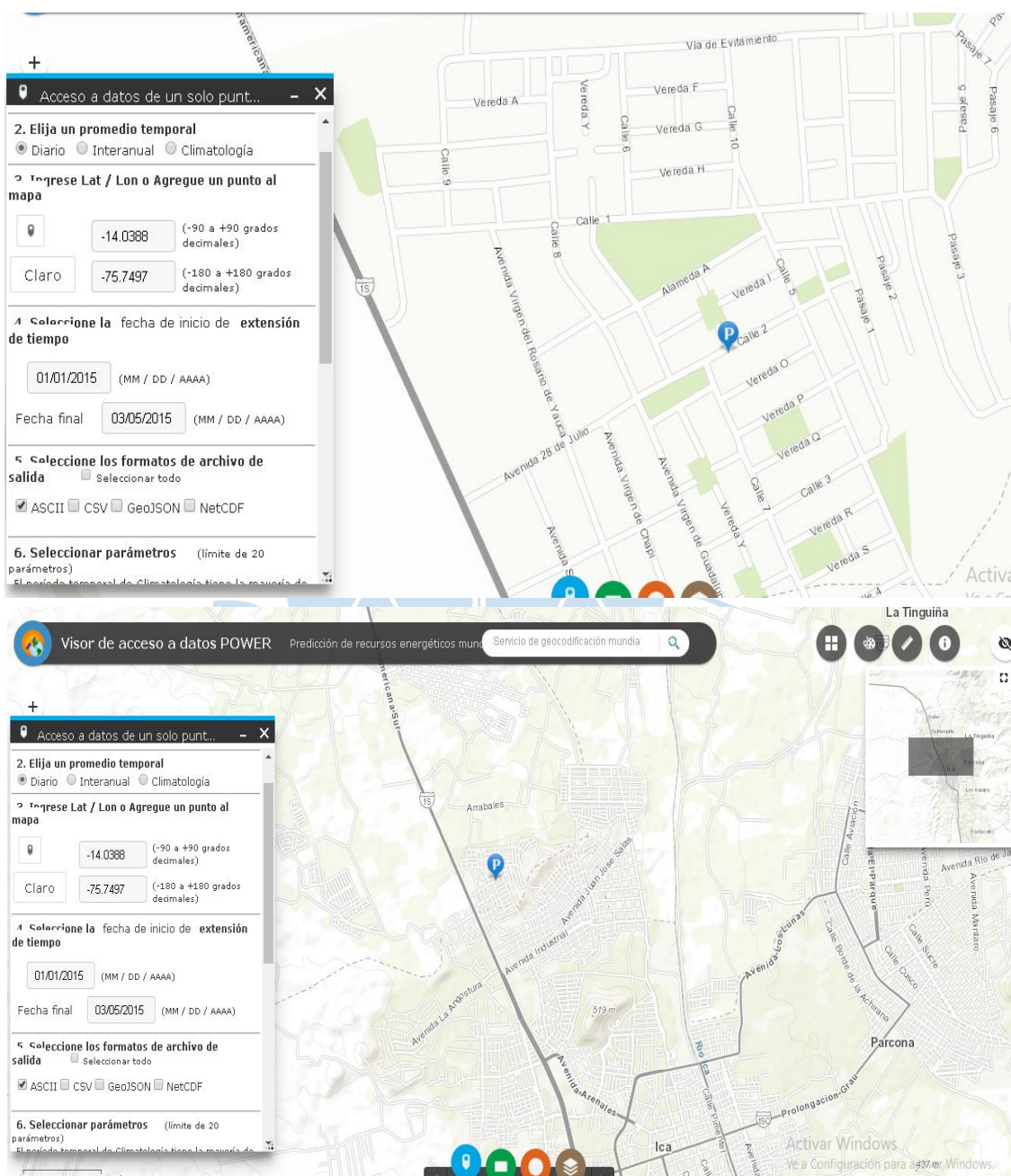
5.3. Evaluación de la energía solar disponible

La cantidad de energía solar incidente en el panel dependerá de la orientación relativa al norte y del ángulo que forma con los rayos del sol. Existen algunas páginas de internet donde calculan directamente los datos de orientación y ángulo óptimos con seleccionar la ubicación geográfica que deseamos.

Después de seleccionar la ubicación del proyecto, obtenemos los datos medios mensuales de irradiación de todos los años, seleccionamos dentro de nuestros requisitos el mes más desfavorable, es decir el mes con menor irradiación.

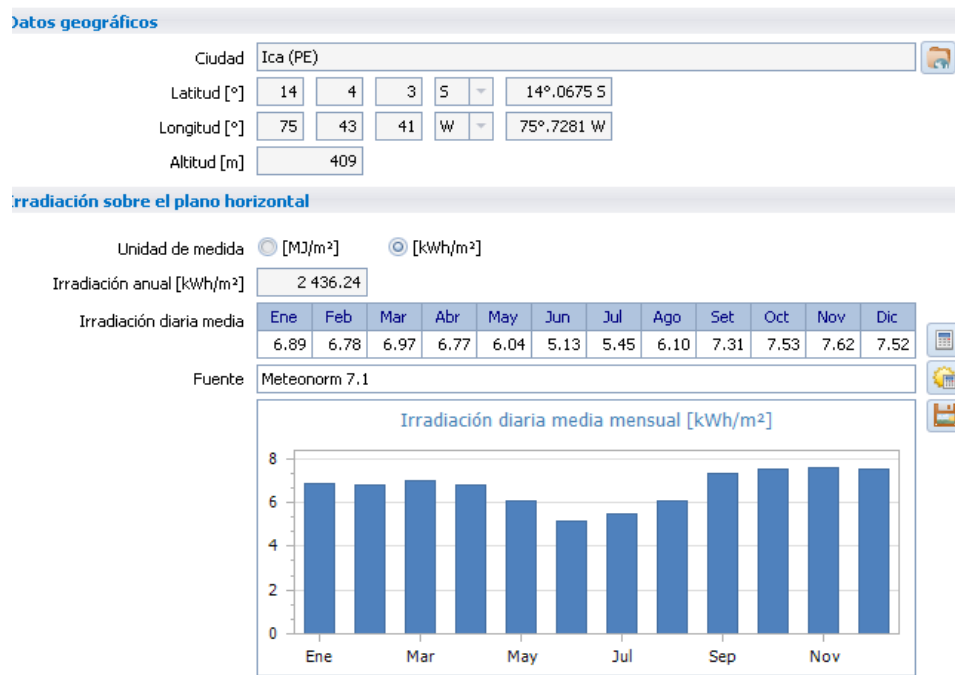
Hoy en día existe una gran variedad de bases de datos de donde se puede obtener información sobre la radiación solar disponible en cualquier parte del planeta, tenemos, por ejemplo, se tiene un conjunto de datos de meteorología de superficie y energía solar – NASA (ver: Tablas 11, 12, 13, y 14).

Tabla 11. Datos de meteorología de superficie y energía solar – NASA



Fuente: software Solarius plus

Tabla 12. Radiación solar promedio en la Región Ica



Fuente: software SOLARIUS PLUS

Tabla 13. Radiación solar – Análisis de rendimientos

Análisis de rendimientos

Análisis de rendimientos

Arrastre una columna aquí para agrupar por dicha columna

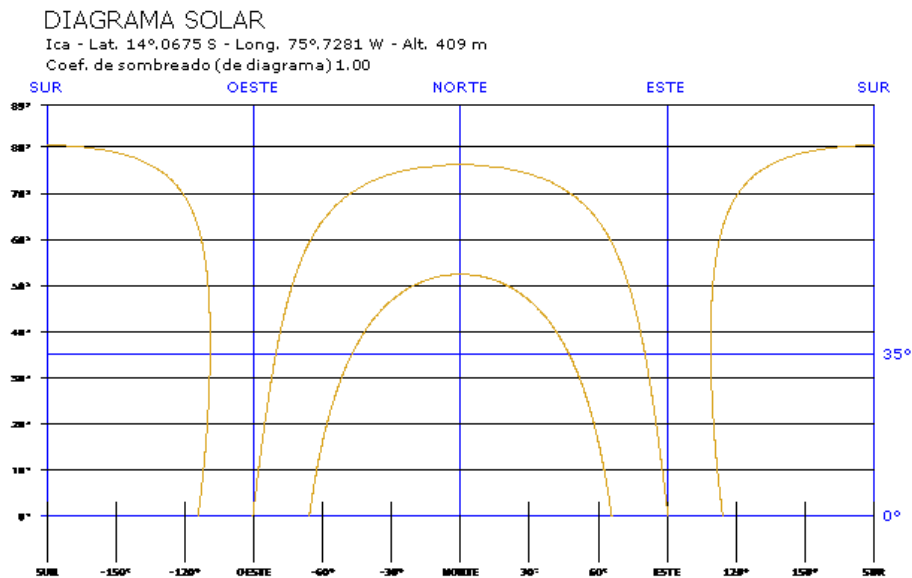
Acimut	Tilt	Irradiación anual	Rendimiento
2	15	2 495.11	99.97
-2	15	2 495.11	99.97
-1	15	2 495.11	99.97
4	13	2 495.30	99.98
-4	13	2 495.30	99.98
2	14	2 495.36	99.98
-2	14	2 495.36	99.98
3	13	2 495.61	99.99
-3	13	2 495.61	99.99
0	14	2 495.67	99.99
1	14	2 495.67	99.99
-1	14	2 495.67	99.99
0	14	2 495.67	99.99
0	13	2 495.92	100.00
1	13	2 495.92	100.00
2	13	2 495.92	100.00
-2	13	2 495.92	100.00
-1	13	2 495.92	100.00
0	13	2 495.92	100.00

Irradiación diaria media mensual [kWh/m²]

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
6.49	6.58	7.05	7.25	6.82	5.88	6.20	6.64	7.56	7.39	7.20	6.99

Fuente: software SOLARIUS PLUS

Tabla 14. Radiación solar – diagrama solar



Fuente: software SOLARIUS PLUS

Del atlas solar del Perú para el departamento de Ica (ver: Aneo C) obtenemos que, la radiación solar se encuentra entre 4,5 kWh/m²/día y 5,0 kWh/m²/día; con un valor promedio de 4,65 kWh/m²/día.

Del resultado de las fuentes se obtiene que la radiación solar promedio diaria considerada para es de 4,65 kWh/m²/día.

5.3.1. Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico

Como la energía total que se consume diario del sistema es de: **6,980 Wh/día**, aplicamos para un rendimiento de la instalación 75% para calcular la energía total necesaria para abastecer la demanda.

Total, Energía Necesaria (TEN) = $6.980 * 0.75 = 5.235 \text{ kW/ día}$.

b) Energía Requerida Día requerida = 5.235 kWh/día.

c) Tensión: 48 VCD.

d) Radiación Solar (HSP): 4.65 kW / m² – día.

e) Para el presente caso se selecciona paneles solares de 330 Wp: 48VCD, (estos a su vez estarán conectados en serie en dos bloques de 48 VCD).

Vamos a tomar en cuenta que $W_p = P_{mpp}$ = potencia máxima y esto a su vez es $I_{mpp} \times V_{mpp}$:

Donde I_{mpp} y V_{mpp} son intensidades de máxima potencia, a la tensión a máxima potencia.

5.3.2. Paneles solares

Es el encargado de transformar la energía solar que incide en su superficie en energía eléctrica.

Sabiendo que la eficiencia del panel solar $FF = V_{pm} \cdot I_{pm} / V_{ca} \cdot I_{cc}$ del panel solar seleccionado obtenemos lo siguiente:

$$V_{pm} = 37.8 \text{ V.}$$

$$I_{pm} = 8.74 \text{ A.}$$

$$V_{ca} = 46.9 \text{ V.}$$

$$I_{cc} = 9.14 \text{ A.}$$

Reemplazando en la formula tendremos lo siguiente:

$$FF = \frac{(37.8 \times 8.74)}{(46.9 \times 9.14)} = 0.789 = 78.9\% \quad \dots\dots\dots 3$$

Producción de energía diaria de un panel solar:

$$E_{\text{panel}} = I_{mpp} \times V_{mpp} \times HSP \times FF \text{ (wh/día)}$$

$$E_{\text{panel}} = W_{px} HSP \times 0.75 = 330 \times 5.13 \times 0.77 \text{ Wh/día} = 1.185 \text{ kWh/día}$$

$$\text{Número de Paneles Solares} = \frac{6.98}{1.185} = 5.89 \quad \dots\dots\dots 4$$

$$\text{Redondeando} = 6$$

$$\text{Nº de Paneles solares} = \mathbf{6 \text{ unidades}}$$

El 0,80 es el rendimiento de trabajo del panel que suele estar entre el 75% y el 90% (Se considera este factor al clima de la zona). El rendimiento nos determina la cantidad de energía producida por el panel después de las pérdidas.

Curva I-V de una Celda Solar.

Curva I-V de una célula fotovoltaica que representa pares de valores de tensión e intensidad en los que se pueden encontrar funcionando la célula y representa el comportamiento típico en la salida de un dispositivo fotovoltaico (célula, modulo, panel o sistema). La curva

puede ser tanto de una sola célula, como la curva de una placa solar entera o sistema (ver: Figuras 41 y 42).

La corriente y la tensión de trabajo de un dispositivo fotovoltaico dependen de:

- Radiación solar incidente, se mide con una unidad llamada irradiancia. Es la energía de la luz solar.
- Temperatura ambiente.
- Características de la carga conectada al mismo.

En la curva característica de una célula o un panel fotovoltaico, para una irradiancia y una temperatura dada, normalmente por 100W/m^2 y a 25°C , se definen los siguientes parámetros:

- Intensidad en el punto de máxima potencia:** I_{pm} o I_{mpp} .
- Tensión en el punto de máxima potencia.** V_{pm} o V_{mpp} .
- Punto de máxima potencia.** $W_p = I_{pm} \times V_{pm}$.

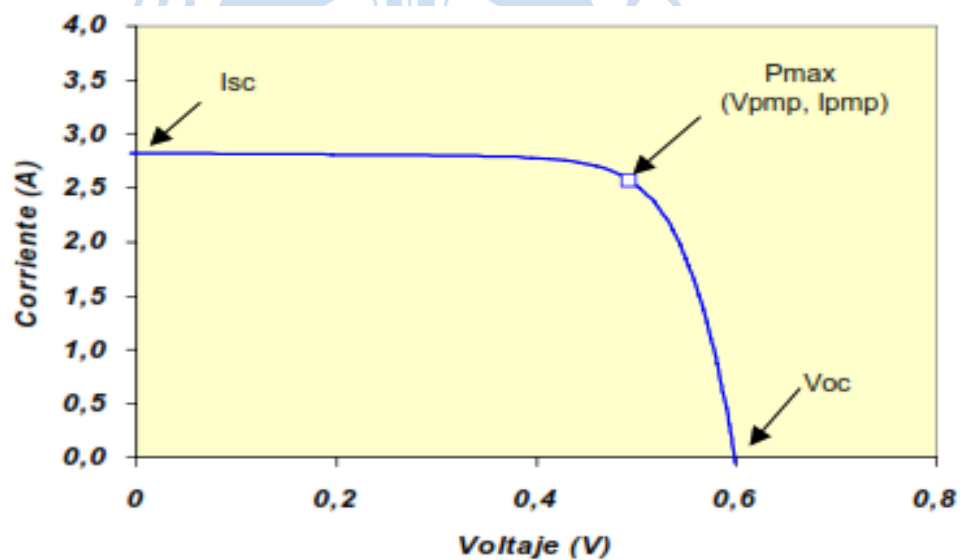


Figura 41. Curva característica de Módulo Fotovoltaico

Fuente: Modulo Energía Solar fotovoltaica – Ma Del Carmen Alonso García. – Master en Energías Renovables y Mercado Energético

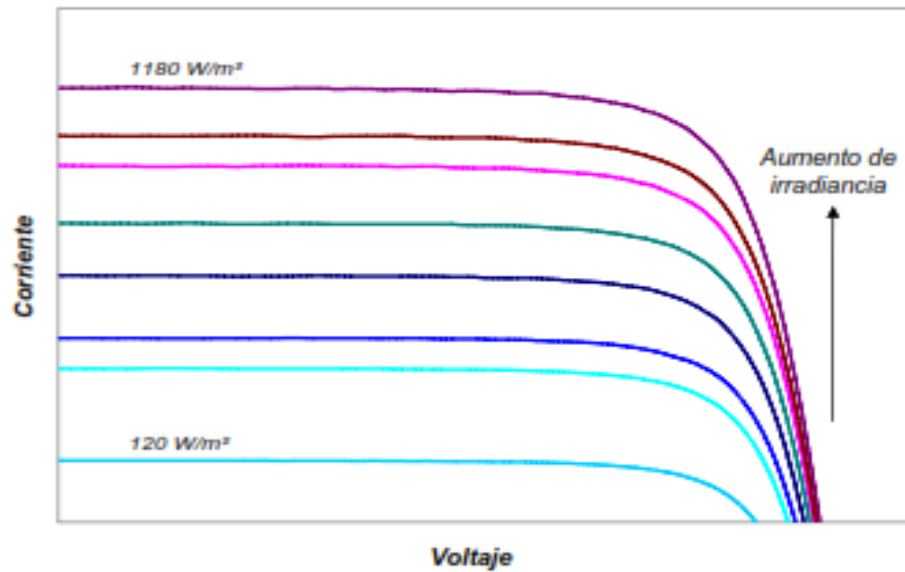


Figura 42. Efecto de la corriente y la tensión celda fotovoltaico
 Fuente: Modulo Energía Solar fotovoltaica – Ma Del Carmen Alonso
 García – Master en Energías Renovables y Mercado Energético

Otro dato importante en una celda solar es el **factor de forma (FF)**, que es la relación entre la potencia máxima (o el producto de la corriente y la tensión en el punto de máxima potencia) y el producto de I_{cc} y V_{ca} . Su valor es más alto cuando mejor es la célula.

$$FF = \frac{(V_{pm} \times I_{pm})}{(V_{ca} \times I_{cc})} \dots\dots\dots 5$$

Por lo general, un valor de **FF** está asociada con la existencia de pérdidas de eficiencia en el dispositivo, mientras que **una célula de buena calidad suele tener valores de FF superiores a 0.70**. Los valores típicos son entre 0,7 y 0,8.

Estos son los parámetros fundamentales de un panel solar, que deben siempre medirse bajo una serie de condiciones de trabajo aceptadas internacionalmente, conocidas como Condiciones Estándar de Medida (CEM o STC, del inglés, Standard Test Conditions), que se definen por 1000 W/ mm² de irradiancia, con una distribución espectral AM1.5G y 25° C de temperatura.

Factor K

Como efectos variables de:

- a) Orientación variable por cambio de ruta del sol por cambio estación del año.

- b) La temperatura variable de mínimo a máximo (12° a 35° C).
- c) Nublado instantáneo del cielo despejado que no corresponde a la estación del año.
- d) Consideramos $K = 10 - 15 \%$ (pudiendo varias por zona geográfica).

Teniendo $K = 1.10$ tendremos lo siguiente $6.01 \times 1.10 = 6.611$ paneles solares igualando al inmediato superior que es 7 Paneles solares.

Tomando $K = 1.15$ tendremos lo siguiente $= 6.01 \times 1.15 = 6.912$ paneles solares igualando al inmediato superior que es 7 Paneles solares.

ESQUEMA DE CONEXIÓN DE PANELES SOLARES

Del cálculo realizado para la potencia requerida vamos a utilizar un total de **7 unidades**, **nuestro esquema de conexión será el siguiente** (ver: Figura 43):

Tensión de Sistema número : 48 VCD

Numero de Paneles Solares : 7

Tensión de Operación : 24VCD

ARREGLOS OPTIMOS DE PANEL SOLAR.

Un bloque óptimo : 2 x 2 Paneles Solares

Nro. de Bloques : 2

Total, de Panel Solar Requerido : 8 Paneles solares.

Total, WP en FV : 2.64 kW.

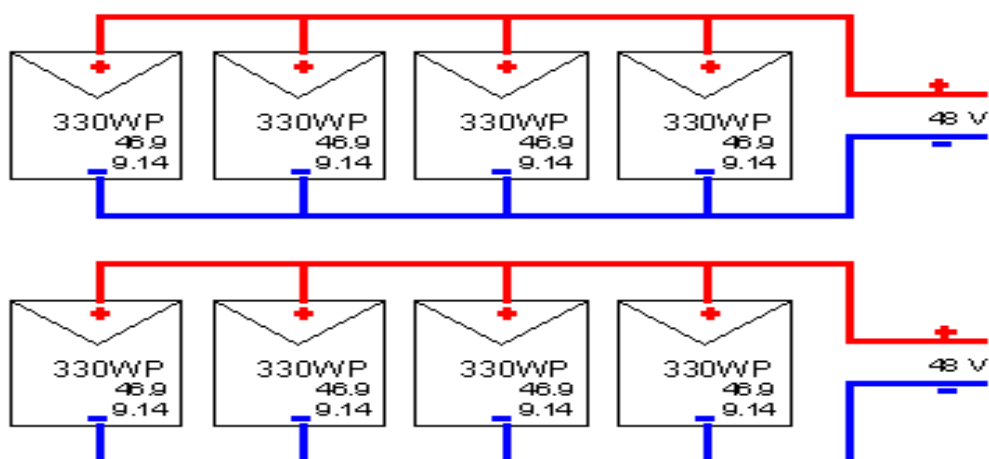


Figura 43. Esquema de conexión del panel solar

Fuente: propia.

5.4. Cálculo de Inversores

El inversor requerido será alimentado por FV con opción a ser alimentado con alguna otra fuente de generación, asimismo podrá cumplir función de cargador de baterías (ver: Figuras 44- 45 y Tabla 15).

De los datos técnicos obtenidos.

Tensión de entrada	:	48VCD.
Tensión de salida	:	220 VCA.
Sistema Distribuidor	:	Trifásico.
Temperatura Max.	:	35 ° C.

Condición muy importante en el inversor es tener en cuenta que al poner en marcha las cargas, estos suelen tener picos de corrientes elevados en los arranques. Esto puede producir que se quemé el inversor. Para evitar esto se suele sobredimensionar multiplicando por 1,25 la potencia de los receptores (un 25% más de la potencia prevista).

Carga a Alimentar	:	2.82 kW.
Potencia del inversor	:	$2.82 \times 1.25 \text{ kW} = 3.525 \text{ kW} \approx 4\text{kW}$
Emplearemos el siguiente inversor:		

Elige el producto que deseas

Fronius Symo Hybrid 4.0-3-S



Figura 44. Fonios SYMO HIBRID 4.0-3-S

Fuente: Inversores FRONIUS

<https://www.fronius.com/es-es/spain/energia-solar/productos/todos-los-productos/inversor/fronius-symo-hybrid/fronius-symo-hybrid-4-0-3-s>

Tabla 15. Especificaciones técnicas del inversor 48 V-4k W

INPUT DATA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S
Number of MPP trackers		1
Max. PV input power	5.0 kW	6.5 kW
Max. input current ($I_{dc, max}$)		1 x 16 A
Max. short circuit current, module array		24 A
DC input voltage range ($U_{dc, min} - U_{dc, max}$)		150 - 1000 V
Feed-in start voltage ($U_{dc, start}$)		200 V
Usable MPP voltage range		150 - 800 V
Number of DC connections (PV)		2

BATTERY INPUT	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S
Maximum output power to battery		Depends on connected Battery
Maximum input power from battery		Depends on connected Battery

OUTPUT DATA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	3,000 W	4,000 W
Max. output power	3,000 VA	4,000 VA
Max. power from grid to battery	3,000 VA	4,000 VA
Max. AC output current ($I_{ac, max}$)		8.3 A
Grid connection (voltage range)		3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)
Frequency (frequency range)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Total harmonic distortion		< 3 %
Power factor ($\cos \phi_{ac,r}$)		0.85 - 1 ind. / cap.

Fuente: Inversores FRONIUS⁴³

<https://www.fronius.com/es-es/spain/energia-solar/productos/todos-los-productos/inversor/fronius-symo-hybrid/fronius-symo-hybrid-4-0-3-s>
é

⁴³ <https://www.fronius.com/es-es/spain/energia-solar/productos/todos-los-productos/inversor/fronius-symo-hybrid/fronius-symo-hybrid-4-0-3-s>

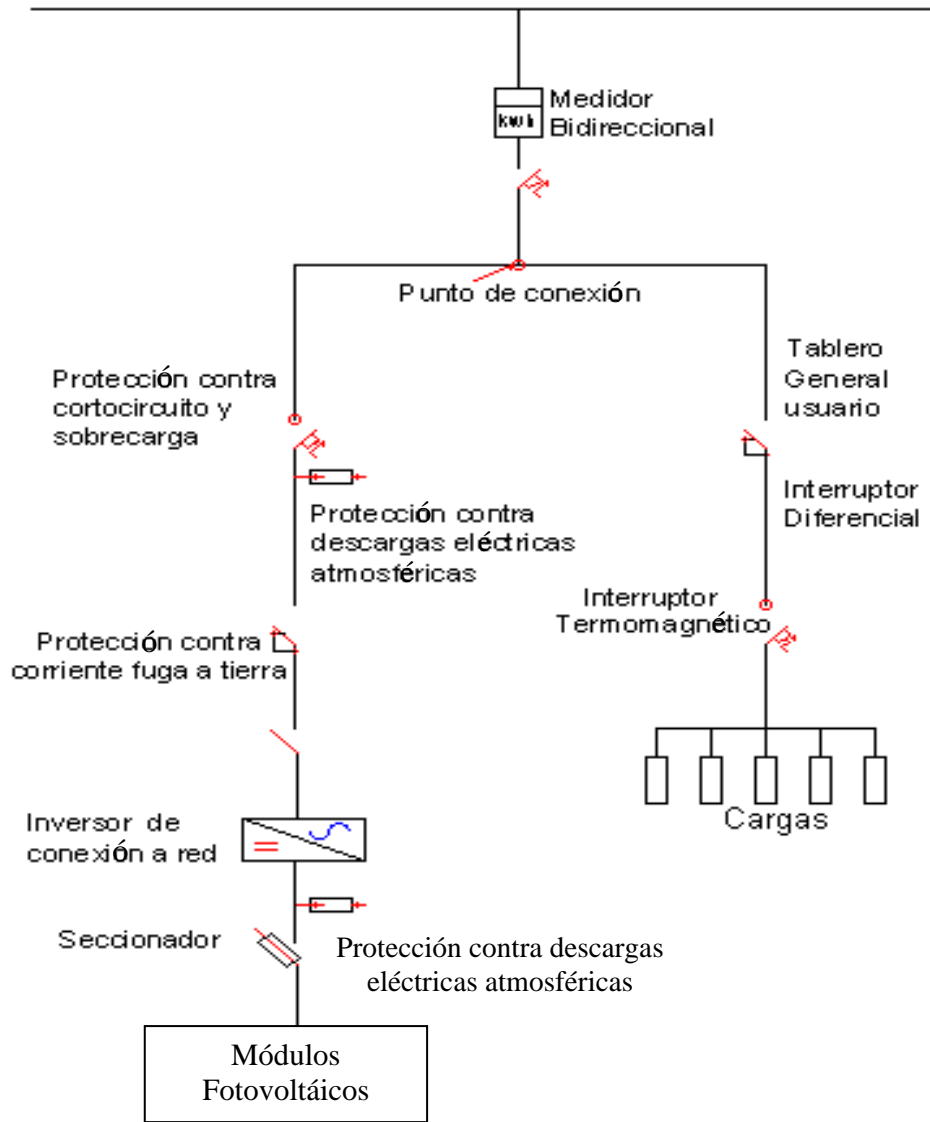


Figura 45. Diagrama Unifilar del Sistema Interno
Fuente: propia.

5.5. Sistema de puesta a tierra

Para el sistema fotovoltaico propuesta, es necesario contar con un sistema de tierra física, en donde todas las partes metálicas del sistema fotovoltaico, como son: el marco de cada módulo fotovoltaico, la estructura, los envoltentes de los equipos (inversor), caja de conexión de paso se debe conectarse a tierra. Esto nos permite cuidar la vida humana, los equipos electrónicos, eléctricos etc., frente a las descargas eléctricas y cortos circuitos que se puedan presentar. Esta puesta a tierra será diferente a la puesta a tierra común del sistema de

baja tensión (convencional), será conectado solamente al sistema fotovoltaico como se puede ver en la figura 46.

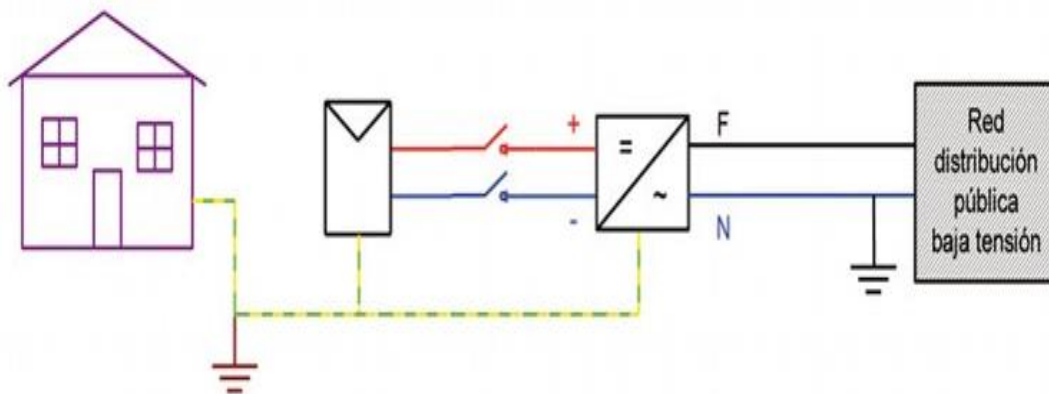


Figura 46. Diagrama sistema puesta a tierra sistema fotovoltaico

Fuente: propia

5.6. El Medidor bidireccional

En el sistema regulatorio peruano, hoy en el día no se cuenta con legislación alguna que nos permita hacer el uso de la generación distribuida, solamente se cuenta para el sistema convencional normalizado y regulado en baja tensión, como es la conexión a la red eléctrica del concesionario bajo contrato, suscrito entre el cliente y la Empresa Eléctrica Concesionaria, tenemos un medidor monofásico y/o trifásico que registra nuestro consumo mensual y ello es facturado.

Como tema ilustrativo de apoyo vamos a describir el empleo del medidor bidireccional y su función para un sistema de Generación Distribuida.

Un medidor o contador de energía eléctrica que, funciona en dos direcciones, es decir que no solo mide la energía que fluye de la red al usuario, sino también la que fluye del usuario a la red, haciendo posible con este último la venta de excedentes de energía solar a la red eléctrica convencional (ver: Figura 47). A continuación, se detalla:

- a) El medidor bidireccional es un elemento indispensable en cualquier proyecto de energía renovable a nivel residencial. Este tipo de medidor tiene la capacidad de diferenciar entre la energía que “LA EMPRESA DE SERVICIO ELECTRICO” nos suministra y la energía que entregan los paneles solares cuando no es consumida en su totalidad por el mismo usuario.

Figura 47. Modelo de medidor monofásico y trifásico.



Fuente: enerpanel.com⁴⁴

5.7. Conductor del Sistema Fotovoltaico

La selección del conductor adecuado para el sistema, debe ser de acuerdo a las condiciones a las que va a ser sometido: considerando particularmente la estabilidad mecánica, la estabilidad térmica y la degradación por radiación UV, la exposición a ambientes húmedos, etc. Por lo tanto, el voltaje del aislamiento no debe ser menor que 125% del voltaje de circuito abierto del generador fotovoltaico en condiciones estables. Por lo que, debemos tener ciertos criterios al momento de elegir el conductor que son los siguientes (ver: Figura 48).

- Criterio de la intensidad máxima admisible.
- Criterio de la máxima caída de tensión.
- Criterio de la intensidad de cortocircuito.

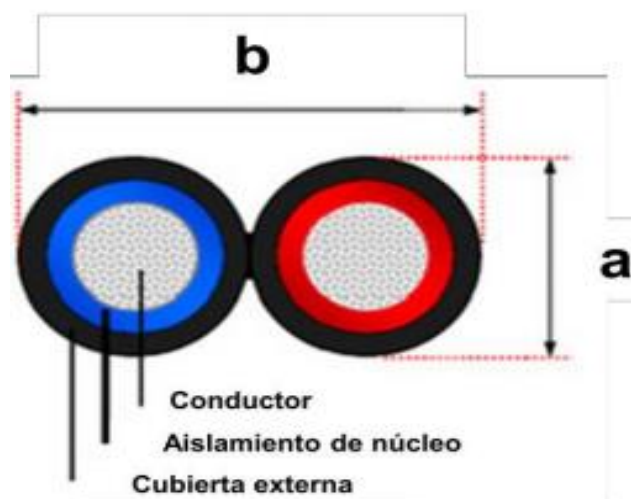


Figura 48.

Foto volt
N2X2X

1,5/1,5KV (CC).

Fuente: nexans.pe (INDECO)

⁴⁴ <http://enerpanel.com/como-funciona-el-medidor-bidireccional-de-cfe-y-los-paneles-solares/>

Equipamiento básico para conexionado.

- **Terminales:** Emplearemos preferentemente los tipos anillo y deben contar con lo siguiente:
 - **Terminales para uso eléctrico, aislados.**
 - **Terminales troqueladas tipo anillo.**
 - **Pinzas para engarzar para uso pesado.**
- **Conectores:** Emplearemos a fin de que podamos conectar y desconectar el sistema instalado, estos deben soportar la temperatura de operación, capacidad de corriente del conductor de sistema y cumplir lo siguiente:
 - Ser polarizados y no intercambiables con receptáculos de otros sistemas eléctricos en el inmueble.
 - Contar con mecanismo de seguro para evitar alguna desconexión accidental.
 - Ser capaz de interrumpir la corriente del circuito sin riesgo para el operador.
- **Protecciones:** En concordancia con el diagrama unifilar vamos a emplear un seccionamiento entre los paneles fotovoltaicos y el inversor el cual uno de los siguientes:
 - Interruptor termo magnético de DC, este equipo nos servirá de protección entre el panel FV y el inversor.
 - Interruptor entre el inversor y la red tendrá las siguientes características:
 - i. Interruptor termo magnético será de 30mA.
 - ii. Interruptor diferencial sera 30m A.
 - iii. Descargador de sobretensiones.
- **Caja de conexión:** Será unido firmemente al módulo, poseer los terminales apropiados para fijar los cables de entrada y salida. El grado de protección mínimo del tablero será IP 6, las entradas y salidas de cables deberán poseer prensaestopas para lograr efectividad hermética. Los pernos, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios deberán ser de material inoxidable.

5.8. Análisis de Precios unitarios

El análisis de precios unitario se efectúa en base a los precios de los equipos fotovoltaicos y componentes ofertados en el mercado local.

Presupuesto: Para el presente Proyecto vamos a invertir un total de USD 4,497.65 dólares americano, tal como se detalla en la tabla 16.

Tabla 16. Análisis de costo unitario

ITEM	DESCRIPCION DE EQUIPIOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT USD	C. TOTAL
1	PANEL SOLAR JKM330PP-72 CLASE A 330W - POLICRISTAL	U	8.0	180	1,440
2	INVERSOR DC / AC	U	1.0	1,540	1,540
3	CABLE NRO 06 PARA MODULO SOLAR ROJO	m	20.0	4	80
4	CABLE NRO 06 PARA MODULO SOLAR NEGRO	m	20.0	4	80
5	TABLERO DE CONTROL Y PROTECCION PVC	U	1.0	600	600
6	ACCESORIO PANEL SOLAR	U	1.0	118	118
7	ESTRUCTURA FV	U	1.0	120	120
8	SISTEMA POZA A TIERRA	CJTO	1.0	520	520

Fuente: Propia

El retorno de la inversión lo vamos a ver en un periodo de 5 años, con esto se sustenta la inversión realizada para el presente proyecto.

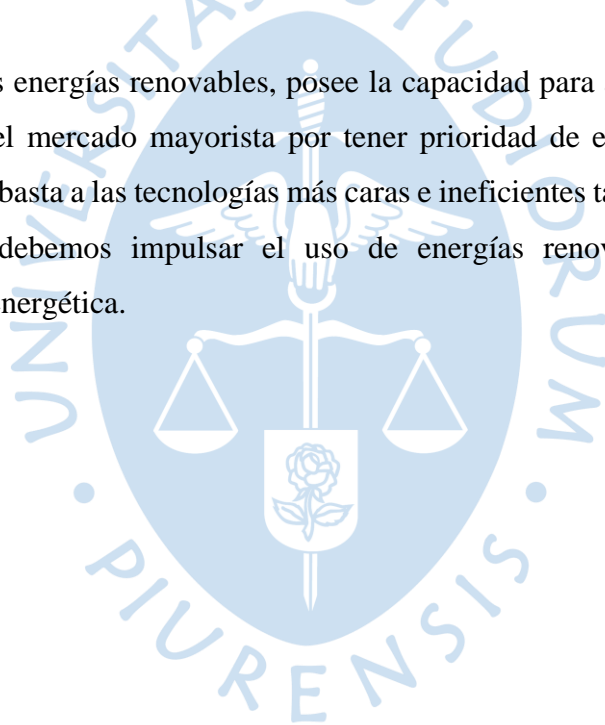
Conclusiones

- Es importante señalar que, la generación eléctrica convencional, las centrales de generación se localizan alejadas de los centros de consumo, por lo que el porcentaje de pérdidas va desde 4% a 19% en pérdidas de transmisión, distribución y robo, dependiendo de la tensión de la red y de la región tarifaria del país. Lo cual conlleva a que, la Generación Distribuida minimiza las pérdidas técnicas por estar localizadas cercano a los centros de consumo.
- La generación distribuida con energía renovable limpia (verdes) de mayor importancia hoy en día es la energía fotovoltaica, ya que mediante la radiación solar obtenemos la energía eléctrica que se requiere para el desarrollo de un País, con ello se evita el deterioro del medio ambiente; como ejemplo tenemos a los países México y Brasil que poseen instalaciones solares que van desplazando enormemente a los fósiles como es el carbón y petróleo. Por lo que, generando energía renovable limpia contribuirá enormemente a minimizar la emisión de gases al medio ambiente de CO₂, el cual, perjudica enormemente en especial a la capa de ozono del planeta.



Recomendaciones

- La generación distribuida con energías limpias, incrementan la independencia energética de los países y, por tanto, mejoran o compensan su déficit comercial y los libera de la influencia política y económica de países con recursos energéticos (petróleo, gas, carbón, etc). Con las energías limpias combatiremos el cambio climático a nivel mundial.
- El empleo de las energías renovables, posee la capacidad para abaratar el precio de la electricidad en el mercado mayorista por tener prioridad de entrada en la red y por expulsar de la subasta a las tecnologías más caras e ineficientes tal como el petróleo, gas etc. Por tanto debemos impulsar el uso de energías renovables a fin de crear competitividad energética.





Referencias bibliográficas

- Acciona, 2017. Acciona pone en marcha la primera planta hibrida de almacenamiento de energia eolica con bateria en España.
<https://www.acciona.com/es/salaprensa/noticias/2017/mayo/acciona-pone-marcha-primera-planta-hibrida-almacenamiento-energia-eolica-baterias-espana/>
- Bnamericas, 2019. El estado de la generación distribuida en Latinoamérica de cara a 2020.
<https://www.bnamericas.com/es/reportajes/el-estado-de-la-generacion-distribuida-en-latinoamerica-de-cara-a-2020>
- Caminda, R. , 2016. Energías renovables: el desarrollo de la energía eólica en el Perú.
<http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/2391/Energ%C3%ADa%20Eolica%20en%20el%20Peru?sequence=1&isAllowed=y>
- Colmenar, A., Borge, D., Collado, E., Castro, M. 2015. Generacion distribuida, autoconsumo y redes inteligentes. Madrid: EPUB.
- Energia, S. A. 2015. ¿Que es generacion distribuida? Obtenido de <http://www.acesolar.org/que-es-generacion-distribuida/>
- Enerpanel. 2016. Enerpanel.com.
<http://enerpanel.com/como-funciona-el-medidor-bidireccional-de-cfe-y-los-paneles-solares/>
- Esan. 2016. El potencia de la energia renovable en el Peru. Apuntes empresariales, 1.
- Esan, C. 2018. Energias renovables: ¿Como benefiian a la economia y la sociedad peruana?
<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/07/energias-renovables-como-benefician-a-la-economia-y-la-sociedad-peruana/>
- Gamio, P. 2015. ¿Por que promover las energias renovables en el Peru?
<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad>, 42-44.
- Gamio, P., & Calle, I. 2017. PERU: ¿Por qué es necesario desarrollar energias limpias frente al cambio climatico

- <https://www.actualidadambiental.pe/peru-por-que-es-necesario-desarrollar-energias-limpias-frente-al-cambio-climatico/>
- García, S. 2012. Centrales termoelectricas de Biomosas. Madrid: Renovetec.
- Guevara, N. (2013). http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2013_Guevara_Alvarado_GEO6-O6.pdf.
- Huacuz, M. 1999. Generacion electrica distribuida con energias renovables. Boletin IIE, 216.
- IEE, M. E. 2012. (LCOE) de las plantas hidroeléctricas: a) los costos iniciales. http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/costosernc/C._Hidro.html
- Kessler, L. 2020. La generacion distribuida : energia de calidad - afinidadelectrica. <http://www.afinidadelectrica.com/2020/05/07/la-generacion-distribuida-energia-de-calidad/>
- La Rosa Calle, J. 2012. El Derecho a la Consulta Previa y su Implementación en el Perú según las Reglas Legislativas y el Tribunal Constitucional. ASOCIACION CIVIL DERECHO & SOCIEDAD, 198 - 202.
- Lipa, F., & Zevallos S, C. E. (2018). La generación distribuida para auto consumismo en el Perú. <http://www.sectorelectricidad.com/21134/la-generacion-distribuida-para-autoconsumo-en-el-peru>
- Lira, J. 2017. Economía. América Latina es líder en atraer inversiones para la lucha contra el cambio climático., pág. 10.
- Machicao, J. C., & Olazabal, J. 2013. Matriz energética en el Perú y energías renovables. Lima: TAREA ASOCIACION GRAFICA EDUCATIVA.
- Ministerio de energía y minas, D. g. 2005. Ministerio de energía y minas. Obtenido de Informativo N° 08 - Minem: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/promocion%20electronica/InformativoDGE-8.pdf>
- Mundial, B. 2015. Según un nuevo informe, el mundo avanza hacia los objetivos de energía sostenible, pero aún está lejos de la línea de llegada. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2015/05/18/new-report-finds-world-progressing-on-sustainable-energy-goals-but-still-far-from-finish-line>
- Muntean, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Crippa, M., & Solazzo, E. 2018. Emisiones de CO2 fosil de todos los países del mundo-Informe 2018. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/fossil-co2-emissions-all-world-countries-2018-report>

- Murillo , M. F. 2014. Impacto de las energias renovables en los sistemas de generacion distribuida. PAIDEIA XXI, 137 - 158.
- Ormeño, V., Mendoza, J., Mitma, R., & Urbina, R. P. 2014. Generacion Electrica con Recursos Energeticos Renovables No Convencionales. https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct_2014_Generacion_Electrica_RER_No_Convencionales_Peru.pdf
- Sanchez, M. (18 de 5 de 2018). La solar de Brasil alcanza 250 MW de generacion distribuida. <https://www.energiaestrategica.com/la-solar-de-brasil-alcanza-250-mw-de-generacion-distribuida/>
- Planas, O. 2019. Energia solar termica. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>
- Quintanilla, E. 2016. Soluciones para un mercado electrico de alto rendimiento - Promocion de energias renovables y competitivas. Cuadernos de Energía, 2016 - osinergmin.gob.pe, 13.
- Rossinelli, F. 2008. Atlas eolico del Peru. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Atlas-Eolico/AtlasEolicoLibro.pdf
- Schallenberg, J., Pierna, G., Hernandez, C., Unamunzaga, P., Garcia, R., Diaz, M., Subieta, V. 2008. Energias renovables y eficiencia energetica. Canarias: Instituto Tecnologico de Canarias S.A.
- Singer, S. 2014. Acabando con los mitos sobre energias renovables . Obtenido de https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/mythbusters___baja.pdf
- Singh, N. 2018. Brasil es el pais Latinoamericano con mayor porcentaje de generacion de empleo en el sector energetico renovable. <https://www.energiaestrategica.com/brasil-es-el-pais-latinoamericano-con-mayor-porcentaje-de-generacion-de-empleo-en-el-sector-energetico-renovable/>
- Tamayo, R. 2011. Potencial de las energias renovables en el Perú <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/SeminarioIntEFERP/Miercoles%205.10.2011/3.%20Potencial%20de%20Energias%20Renovables%20DGE-%20Roberto%20Tamayo.pdf>
- Tecnalla, L. 2016. Guía básica de la generación distribuida. Madrid: Graficas Elisa S.A.
- Todos, S. P. (s.f.). Acciona.com - Energia Eolica - Acciona lider mundial. Obtenido de <https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/planta-almacenamiento-energia-eolica/>

Toledo, A. 2006). Ley N° 28832. Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generacion electrica. Lima, Lima, Lima: Diario Oficial El Peruano.

Valencia, J. P. 2008. Generacion distribuida. Criterio Libre N° 8, 105 - 112.

Valle, J., & Ortega, N. 2012. Prospectiva de Energías Renovables 2012 - 2026. Mexico: SENER.

Vasquez, A. L., Tamayo, J. F., & Salvador, J. 2017. La Industria de la energia renovable en el Perú: 10 años de contribucion a la mitigacion del cambio climatico. Lima: Grafica biblios

71.

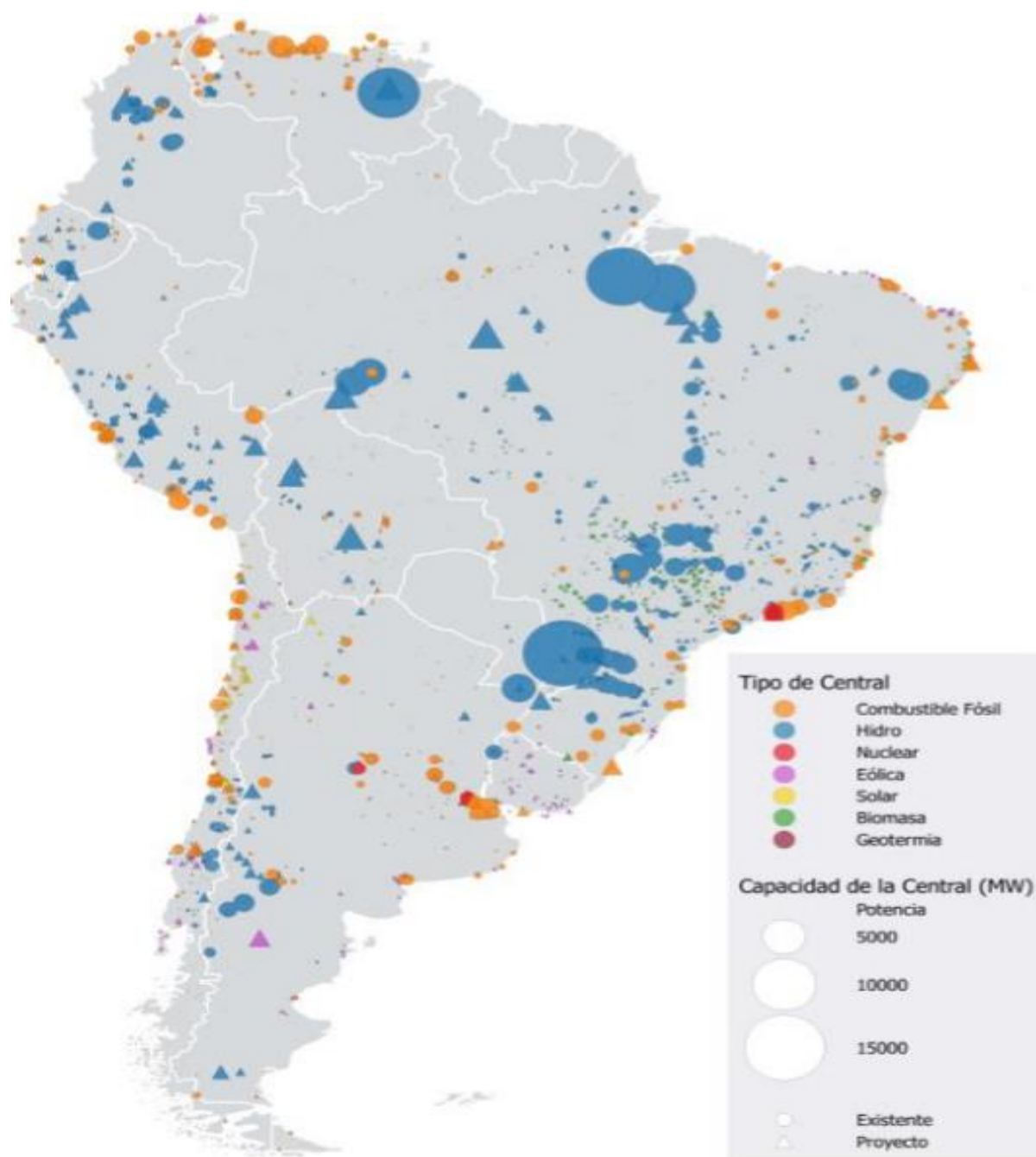


Anexos





Anexo: A. Centrales de generación a nivel de potencia y tecnología, existente y proyectada



Fuente: CEPAL

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44594/1/S1801056_es.pdf

