

PLANTA FOTOVOLTAICA CONECTADA A UNA MICRO RED DE BAJA TENSIÓN

PHOTOVOLTAIC PLANT CONNECTED TO A NETWORK OF LOW VOLTAGE

Wilfredo Robles Quispe¹

¹Constructora Ferro S.A.C. Jefatura de estudios y proyectos, Distrito los Olivos, Lima, Perú,
robles.q.w@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla la implementación de un proyecto de electrificación urbano – rural, usando una planta fotovoltaica, generando energía limpia y de calidad, mejorando la calidad de vida de los pobladores. Teniendo en cuenta la existencia de un sistema de generación de energía solar conectados a la red principal, mediante un sistema electrónico, este proyecto propone el estudio de una planta fotovoltaica de baja tensión en el Distrito de Chupa, la que estará compuesta por convertidores electrónicos de conmutación, dispositivos de medición y procesamiento, los que activan la fuente de alimentación de corriente alterna a las cargas conectadas y se puedan tomar decisiones en función a la demanda de las cargas y/o informaciones de incidencia solar, desempeñar funciones de monitoreo y acondicionamiento de la calidad de energía en el punto de acoplamiento común; detectar y actuar en condiciones extremas, entre otros. En el Capítulo I, Revisión de la literatura, el Capítulo II, Planteamiento del problema, Capítulo III Materiales y métodos, el Capítulo IV, Resultados y discusión. La investigación concluye que las plantas fotovoltaicas son una solución a una energía de calidad y monitoreada, evitando interrupciones debido a redes eléctricas extensas y perdidas de energía por transporte; esto a futuro, permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores. En adición, esta experiencia adquirida ha brindado conocimiento sobre una nueva alternativa en proyectos de electrificación urbano - rural, la cual es más atractiva debido a su viabilidad y rentabilidad, y que ha demostrado un impacto positivo en los usuarios.

Palabras Clave: baja tensión, fotovoltaica, micro red, planta.

ABSTRACT

This present work develops the implementation of a project of urban - rural electrification, of development through the use of a photovoltaic plant, generating clean and quality energy, improving the quality of life of the inhabitants. Taking into account the existence of a solar energy generation system connected to the main network, through an electronic system, this project proposes the study of a low voltage photovoltaic plant in the District of Chupa. Which will be composed of electronic switching converters, measuring and processing devices, which activate the AC power supply to the connected loads and can make decisions based in demand of the loads and / or solar incidence information, perform functions of monitoring and conditioning of the energy quality in the point of common coupling; detect and act in extreme conditions, among others. In Chapter I, Review of the literature, Chapter II, Statement of the problem, Chapter III Materials and methods, Chapter IV, Results and discussion. The research concludes that photovoltaic plants are a solution to quality and monitored energy, avoiding interruptions due to extensive electrical networks and energy losses due to transportation; this in the future, will allow improving the quality of life of the inhabitants. In addition, this experience has provided knowledge about a new alternative in urban - rural electrification projects, which is more attractive due to its viability and profitability, and which has demonstrated a positive impact on users.

Keywords: low voltage, photovoltaic, micro network, plant.

*Autor para correspondencia: robles.q.w@hotmail.com



INTRODUCCIÓN

La electricidad es un recurso energético fundamental para el desarrollo socioeconómico siendo, al mismo tiempo, muy esencial para el mantenimiento de la vida en sociedad (Vilar *et al.* 2006; Vera 2018). Consumimos energía eléctrica diariamente de las más diversas formas, en dispositivos electrónicos, alimentación, ocio, comunicación, trabajo, entre otros (Morante *et al.* 2005; Horn 2012). De este modo, la demanda de energía eléctrica viene creciendo rápidamente, principalmente en los grandes centros urbanos, impactando directamente los sectores de energía (Hernández 2012). Una de las estrategias que puede ser adoptada para acompañar ese crecimiento es el propio aumento de generación de energía eléctrica (Vilar *et al.* 2006; Vera 2009; Aristizábal *et al.* 2016). Sin embargo, la conservación y la gestión de la demanda pueden suplir las necesidades actuales haciendo un mejor uso de las fuentes existentes (Cayetano 2004; Mérida *et al.* 2010; Carlos *et al.* 2014).

Otro gran desafío contemporáneo es adecuar las necesidades actuales al concepto de desarrollo sostenible (Raquel 2006; Arán 2008; Serván 2014). El concepto de desarrollo sostenible va más allá de la protección ambiental, porque concilia el desarrollo económico y la justicia social (Morante *et al.*

2005; Espinoza *et al.* 2016). En este contexto, es necesario buscar otros medios que utilicen los recursos existentes de manera eficiente, es decir, que respeten los límites de la naturaleza (Mérida *et al.* 2010; Espinoza *et al.* 2016), estas necesidades estimulan cada vez más las inversiones en la búsqueda de tecnologías en generación de fuentes alternativas y próxima a los consumidores (Morante *et al.* 2005; Serván 2014). En el escenario de generación de energía eléctrica, esto se hace posible a través de las fuentes de energía renovables (Morante *et al.* 2005; Serván 2014). Por lo tanto, las fuentes renovables y los mecanismos de almacenamiento de energía han transformado el sistema tradicional en una red inteligente, confiable y capaz de suplir la demanda de forma eficiente (Morante *et al.* 2005; Portabella 2010).

Además, gran parte de estas transformaciones ocurre debido a la característica temporal e intermitente de esas fuentes de energía (Portabella 2010; Serván 2014). Esto modifica no sólo el sistema de generación, sino también el de transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (Morante *et al.* 2005; Raquel 2006; Vera 2009; Vera 2018;).

Teniendo en cuenta la existencia de un sistema de generación de energía a través de paneles fotovoltaicos, conectados a la red principal a través de un sistema electrónico, este proyecto propone el estudio de una planta fotovoltaica de baja tensión (Hernández & Medina 2006; Vera 2009; Portabella 2010; Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR 2011).

Esta planta estará compuesto por convertidores electrónicos de commutación, dispositivos de medición y procesamiento, que será responsable por: La activación de la fuente de alimentación de corriente alterna a las cargas conectadas, tomar decisiones en función a la demanda de energía de las cargas y/o informaciones de incidencia solar, desempeñar funciones de monitoreo y acondicionamiento de la

calidad de energía en el punto de acoplamiento común; detectar y actuar en condiciones extremas, entre otros (Hernández & Medina 2006; Vera 2009; Portabella 2010; Horn 2012; Aristizábal *et al.* 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito o lugar de estudio

La constante interrupción en el distrito de Chupa y la falta de atención y mantenimiento a las líneas primarias, genera malestar en los pobladores y las autoridades de la localidad han solicitado en reiteradas oportunidades a la Empresa Concesionaria Electro Puno mejorar el servicio y la calidad de energía, debido a que se quedan sin energía eléctrica por varios días incluso llegando a la semana sin servicio de energía, por lo tanto, se busca mejorar el servicio de energía eléctrica con otras fuentes de energía limpia y renovable (Morante *et al.* 2005) (Figura 1).

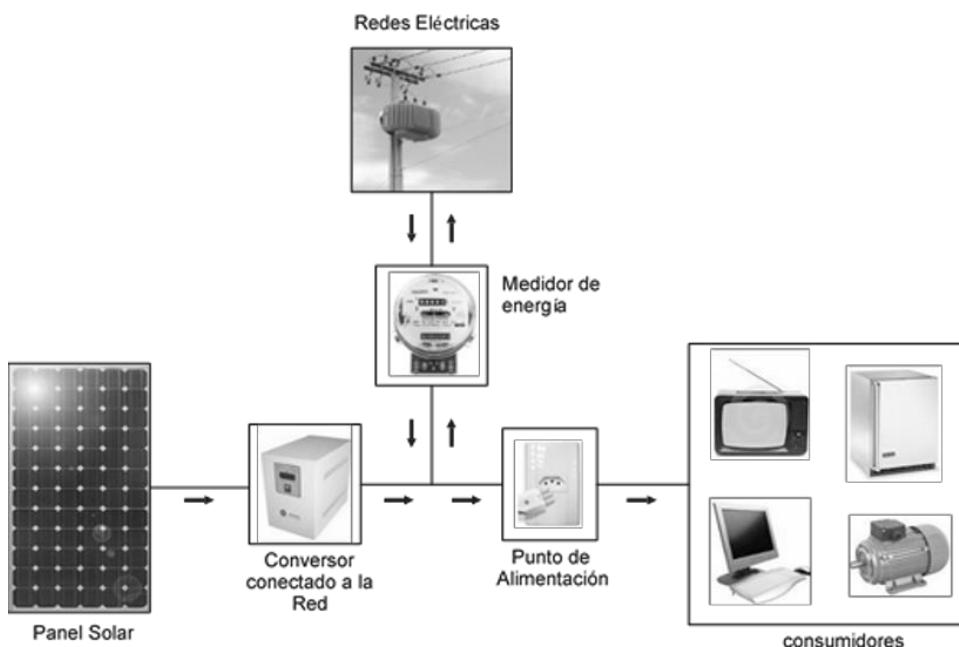


Figura 1. Ilustra la organización de un sistema fotovoltaico conectado a la red.

Generar energía eléctrica en forma confiable para la demanda de 01 localidad del distrito de la Chupa, de la provincia Azángaro y departamento de Puno, mediante la ejecución de un Sistema de Generación Fotovoltaica (SGFV) ubicado en el patio fotovoltaico para generar la energía requerida por la población (Portabella 2010; Vera 2018).

Almacenar energía en bancos de batería para su uso cuando la potencia de generación no sea suficiente o en horas de la noche (Portabella 2010).

Contar con un sistema de respaldo que garantice la operación continua de energía, este sistema operará sólo ante condiciones adversas de clima o ante incrementos de demanda atípicos. El sistema de respaldo

está compuesto por el grupo electrógeno de 250 kW existente (falta mantenimiento) (Morante *et al.* 2005; Vera 2009; Portabella 2010).

Descripción de métodos

Central de Generación Fotovoltaica: De 274,56 kWp de potencia, con los siguientes componentes principales: un Arreglo o Matriz Fotovoltaica de 1056 Módulos Fotovoltaicos de 260 Wp; 11 inversores de red trifásicos de 25 kW cada uno (Raquel 2006; Portabell 2010 & Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR 2011).

Inversores Bidireccionales y Bancos de Batería: 192kW de potencia en 10 grupos de 3 inversores bidireccionales cada uno; cada grupo de inversores contará con 72 baterías de Litio Fierro Fosfato (LiFePO₄) logrando una capacidad total de almacenamiento de 1.08MWh (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR 2011; Portabella 2010; Raquel 2006).

Centro de Distribución y Transformación: se instalará un Centro de Distribución y Transformación para el acoplamiento del sistema de inversores bidireccionales y el grupo electrógeno existente (Raquel 2006; Portabella 2010; Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR 2011).

Transformador Elevador de Aislamiento de 300kVA: se instalará un transformador de 300kVA de 0.38/22.9 kV para la conexión del patio de generación a la Red Primaria (Raquel 2006; Portabella 2010 y Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR 2011).

Transformador Elevador de Aislamiento de 225kVA: se instalará un transformador de 225kVA de 0.38/22.9 kV para la conexión del Centro de Distribución y Transformación a la Red Primaria (Raquel 2006; Portabella 2010; Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Proyecto “Planta Fotovoltaica Conectada a una Micro Red de Baja Tensión en el Distrito de Chupa-Azángaro-Puno”, Ubicada en el Distrito de Chupa, Provincia de Azángaro y Departamento de Puno” beneficiará a 01 localidad mediante Redes primarias y Secundarias con una población de 4068 habitantes beneficiarios, y con 1029 abonados domésticos y 15cargas de uso general (1044 Conexiones en baja tensión), en el siguiente cuadro se detalla las localidades beneficiarias y la cantidad de abonados por cada localidad (Tabla1).

Tabla 1. Relación de Barrios Beneficiados.

ITEM	LOCALIDADES	ESTUDIO DEFINITIVO		
		ABONADOS DOMESTICOS	CE	TOTAL
1	Barrio Túpac Amaru.I	241	4	245
2	Barrio Unión Chipinta y Mini-Hospital	226	3	229
3	Barrio Alto San Martin.	165	2	167
4	Municipalidad, Plaza de armas y barrio Porvenir	131	2	133
5	Barrio Porvenir.	145	2	147
6	Barrio Túpac Amaru II.	121	2	123
TOTAL		1029	15	1044

Fuente: Elaboración propia

De las Redes de Servicio Particular y Alumbrado Público

El proyecto comprende la ejecución de obras de redes secundarias para 06 Barrios con 05 transformadores en MT y tendrán suministro monofásico.

Las redes de servicio particular tendrán las siguientes características:

- Tensión entre fases : 380 V
 Tensión fase - neutro : 220 V
 Sistema : Trifásico con neutro corrido
 Conductores : Tipo Autoportante de Aluminio Aislado
 Neutro Portante : De aleación de aluminio, desnudo, función mecánica y eléctrica
 Estructuras : 8/200 y 8/300 m

Conexiones Domiciliarias

El proyecto comprende la ejecución del suministro para 1044 conexiones domiciliarias, estas, serán aéreas, con conductor concéntrico de cobre electrolítico, con aislamiento a prueba de intemperie, para una tensión nominal de 600 V y sección de 2 x 4 mm².

Resumen del Valor Referencial Total.

El Valor Referencial del Proyecto es de Doce Millones Seis Cientos Noventa y Un Mil Dos Cientos Noventa y Nueve con 82/100 Soles (S/. 12 691,299.82) incluido el IGV, comprende; Sistema de Generación Fotovoltaica, Líneas Primarias, Redes Primarias, Redes Secundarias y Conexiones Domiciliarias (Tabla 2).

Valor Referencial

Resumen General

Proyecto: **Planta Fotovoltaica Conectada a una Micro Red de Baja Tensión en el Distrito Chupa Azángaro – Puno.**

Sección I y II: Sistema de Generación Fotovoltaica, Redes Primarias y Redes Secundarias.

Región: Puno.

Provincia: Azángaro.

Distrito: Chupa.

Fecha: enero 2020

Tabla 2. Resumen General del Valor Referencial Total.

Ítem	Descripción	Sistemas de Generació n Fotovoltaic a	Red es	Red es	Total, S/
			Primaria	Secundaria	
A	Suministros De Materiales	4,258,995.50	679,717.65	986,340.12	5,925,053.27
B	Montaje Electromecánico	466,338.46	264,171.10	1,180,497.77	1,911,007.33
C	Obras Civiles	748,885.49	0.00	0.00	748,885.49
D	Transporte De Materiales	147,720.34	53,691.57	196,278.23	397,690.14
E	Costo Directo (C.D.)	5,621,939.79	997,580.32	2,363,116.12	8,982,636.23
F	Gastos Generales	659,721.70	117,063.76	277,306.24	1,054,091.70
G	Utilidades 8%	449,755.18	79,806.43	189,049.29	718,610.90
Sub Total Sin IGV (S/)	6,731,416.67	1,194,450.51	2,829,471.65	10,755,338.83	
Impuesto General A Las Ventas IGV (18%)	1,211,655.00	215,001.09	509,304.90	1,935,960.99	
COSTO TOTAL (Incluye I.G.V.) S/.	7,943,071.67	1,409,451.60	3,338,776.55	12,691,299.82	

Fuente: Elaboración propia

Resumen del Valor Referencial del Sistema de Generación Fotovoltaica

El Valor Referencial del Sistema de Generación Fotovoltaica es de Seis Millones Setecientos Treinta y Un Mil Cuatrocientos Diecisésis con 67/100 Soles (S/. 6 731,416.67) no incluye el IGV (Tabla 3).

Valor Referencial

Resumen del Sistema de Generación Fotovoltaica

Proyecto: **Planta Fotovoltaica Conectada a una Micro Red de Baja Tensión en el Distrito Chupa Azángaro – Puno.**

Sección I : sistema de generación fotovoltaica.

Región : Puno.

Provincia : Azángaro.

Distrito : Chupa.

Fecha : enero 2020

Tabla 3. Resumen del Valor Referencial del Sistema de Generación Fotovoltaico.

Ítem	Descripción	Total, S/
A	Suministro de Materiales	4,258,995.50
B	Montaje Electromecánico	466,338.46
C	Obras Civiles	748,885.49
D	Transporte de Materiales	147,720.34
E	Total, Costo Directo	5,621,939.79
F	Gastos Generales	659,721.70
G	Utilidades	449,755.18
Costo Total S/ (No Incluye I.G.V.)		6,731,416.67

Fuente: Elaboración propia.

Resumen del Valor Referencial del Sistema Convencional de Redes Primarias

El Valor Referencial del Sistema Convencional de Redes Primarias es de Un Millón Ciento Noventa y Cuatro Mil Cuatrocientos Cincuenta con 51/100 Soles (S/. 1 194,450.51) no incluye el IGV (Tabla 4).

Valor Referencial

Resumen del Sistema Convencional de Redes Primarias.

Proyecto: **Planta Fotovoltaica Conectada a una Micro Red de Baja Tensión en el Distrito Chupa Azángaro – Puno.**

Sección II : Redes Primarias.

Región : Puno.

Provincia : Azángaro.

Distrito : Chupa.

Fecha : enero 2020

Tabla 4. Resumen del Valor Referencial de las Redes Primarias.

Ítem	Descripción	Total, S/
A	Suministro de Materiales	679,717.65
B	Montaje Electromecánico	264,171.10
C	Transporte de Materiales	53,691.57
D	Total, Costo Directo	997,580.32
E	Gastos Generales	117,063.76
F	Utilidades	79,806.43
Costo Total (No Incluye IGV) S/		1 194,450.51

Fuente: Elaboración propia

Resumen del Valor Referencial del Sistema Convencional de Redes Secundarias.

El Valor Referencial del Sistema Convencional de Redes Secundarias es de Dos Millones Ochocientos Veintinueve Mil Cuatrocientos Setenta y Uno con 65/100 Soles (S/. 2 829,471.65) no incluye el IGV. (Tabla 5).

Valor Referencial

Resumen del Sistema Convencional de Redes Secundarias.

Proyecto: **Planta Fotovoltaica Conectada a una Micro Red de Baja Tensión en el Distrito Chupa Azángaro – Puno.**

Sección II : Redes Secundarias.

Región : Puno.
 Provincia : Azángaro.
 Distrito : Chupa.
 Fecha : enero 2020

Tabla 5. Resumen del Valor Referencial de las Redes Secundarias.

Ítem	Descripción	Total, S/
A	Suministro de Materiales	986,340.12
B	Montaje Electromecánico	1 180,497.77
C	Transporte de Materiales	196,278.23
D	Total, Costo Directo	2 363,116.12
E	Gastos Generales	277,306.24
F	Utilidades	189,049.29
Costo Total (No Incluye IGV) S/		2 829,471.65

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo promedio de vida de un módulo fotovoltaico es de 30 años, en ese tiempo el Distrito deja de gastar un 80 % generando la misma capacidad de potencia. En El 20 % se encuentran los costos de mantenimientos, piezas de repuesto y la reducción de impactos medioambientales provocados por la tecnología convencional y que algunos de ellos se manifiestan como externalidades (Sánchez *et al.* 2009; Carlos *et al.* 2014).

CONCLUSIONES

El Sol posee una elevada calidad energética no contaminante y renovable que permite usos variados y efectivos, es inagotable a escala humana y no necesita de mucho espacio para ser utilizada. La energía solar puede ser utilizada para la generación de energía eléctrica de manera muy sencilla y eficiente; además, no requiere de sofisticadas medidas de seguridad y no produce residuos contaminantes tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación. Los beneficios de la explotación de energía solar son mucho mayores con respecto a sus desventajas, por lo tanto, es una buena alternativa al momento de elegir el uso de energías renovables y así contribuimos con el cuidado del planeta, con energía más limpia y podremos aprovechar un recurso natural y de fácil procesamiento. Una de las aplicaciones más importantes de estos sistemas, es la electrificación de zonas rurales, también sistemas aislados con una central fotovoltaica, donde es difícil hacer llegar la red de energía eléctrica convencional. Por lo tanto,

es mejor implementar sistemas fotovoltaicos donde uno o grupo de paneles solares carguen baterías para que luego la energía que se almacena en estas se pueda utilizar por dispositivos de uso común.

CONFLICTO DE INTERÉS

El autor (WRQ), no tiene conflictos de interés con otros autores.

REFERENCIAS

- Arán J. 2008. Modelo de análisis espacial para la evaluación de la capacidad de acogida del territorio en la ubicación de centrales fotovoltaicas conectadas a red. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/2027/1764625x.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aristizábal A. J., Dyner, I., Páez, C. A., & Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2016. Generación distribuida de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica en la red de baja tensión de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. In researchgate.net. <http://peandes.unex.es>
- Carlos G. A., Massipe I., Rodríguez R., Rodríguez M., Vázquez A. 2014. Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Ingeniería Energética, 35(2), 141–148. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012014000200007&script=sci_arttext&tlang=pt
- Cayetano E. M. 2004. La energía solar fotovoltaica en España. Nimbus: *Revista de Climatología, Meteorología y Paisaje*, 0(0), 5–31. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1443/espejomarin.pdf?sequence=1>
- Chacón D. F., Moreno Amaya C. M., Hernández J. A. 2016. Centrales fotovoltaicas: contexto colombiano frente a latinoamérica continental de habla hispana. ELEMENTOS, 6(0), 31–59. <https://doi.org/10.15765/e.v6i6.817>
- Espinoza R., Luque C., Muñoz E., Cerón De La Casa J. 2016. Análisis de la evolución energética del Perú: el papel de la electricidad fotovoltaica. In cer.uni.edu.pe. <http://cer.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2017/10/2.pdf>
- González P., Romero-Cadaval E., González-Romera E., Barrero-González F., Guerrero-Martínez M. A. 2010. Influencia de una Instalación Fotovoltaica Conectada a Red sobre la Calidad de Potencia de una Red de Distribución. In peandes.unex.es. <http://peandes.unex.es>
- Hernández J. C., Medina A. 2006. Conexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica: calidad de suministro. in *Revista de estudios sobre sierra mágina cismamagina.es*. <http://dgfacts.labein.es/dgfacts/index.jsp>
- Hernández J. A. 2012. Metodología para el análisis técnico de la masificación de sistemas fotovoltaicos como opción de generación distribuida en redes de baja tensión. In repositorio.unal.edu.co. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9970>
- Horn M. 2012. Tecnología fotovoltaica para una electrificación rural sostenible en países de desarrollo; la experiencia del Perú. <http://www.guzlop-editoras.com/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la energía-CENSOLAR. 2011. Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. In IDAE-CENSOLAR. www.idae.es
- Mérida M., Lobón R., Perles M. J., Universidad de Málaga. 2010. Las plantas fotovoltaicas en el paisaje.

Tipificación de impactos y directrices de integración paisajística. Nimbus: *Revista de Climatología, Meteorología y Paisaje*, 25, 129–154.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=PU4DCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA129&dq=centrales+fotovoltaicas&ots=GgpEQZwsn5&sig=7UOJPfmSFHIUcwx60mjIB8wOpGw>

Morante F., Zilles R., Espinoza R., Horn M. 2005. Consumo De Energía Eléctrica En Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares De Las Comunidades De Los Uros , Taquile , Amantaní Y Huancho Lima De La Región Puno , Perú. Energía y Desarrollo, 26(0), 9–17.
<http://fc.uni.edu.pe/mhorn/E&D 2005.pdf>

Portabella I. 2010. Proceso de creación de una planta solar fotovoltaica conectada a red.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10756/PFC Ixtebe Portabella 20100830.pdf>

Raquel A. 2006. Diseño de una cubierta solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica e integrada en un edificio industrial (pp. 1–84). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/2925>

Sánchez C. R., Milone D. H., Buitrago R. H., IEEE. 2009. Desarrollo de un Modelo para estudio de Centrales Fotovoltaicas bajo Diferentes Configuraciones. In sinc.unl.edu.ar.
<http://sinc.unl.edu.ar/sinc-publications/2009/SMB09a/sinc SMB09a.pdf>

Serván Sócola J. 2014. Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red. Universidad de Piura, 0(0), 1–166.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2038>

Vera E. E. 2018. Propuesta de un modelo de cooperativa en comunidades aisladas para electrificación rural económica: mediante sistema modular de energías renovables, eólico y solar.
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/164018>

Vera Fernandez J. 2009. Diseño de una instalación fotovoltaica de 10 kwp conectada a la red de baja tensión. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8912>

Vilar D., Velo, E., Escobar R., Ramírez J., Sneij J. 2006. CEDECAP: Desarrollando las capacidades en gestión de sistemas energéticos aislados en la zona andina. In CEDECAP upcommons.upc.edu.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/26559>