

EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LA ILUMINACIÓN EN UN CAMPAMENTO MINERO DE LA LIBERTAD

EVALUATION OF INSTALLATION FEASIBILITY OF PHOTOVOLTAIC ENERGY FOR LIGHTING IN A MINING CAMP OF LA LIBERTAD

Cesar, Venegas¹, Herry, Ramos², Isenia, Lopez³, Liana, Burgos³

^{1,2,3} Universidad Católica de Trujillo "Benedicto XVI" Universidad, Perú, La Libertad, Moche, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Carrera Ingeniería de Minas, herrymiguellr@gmail.com

41

RESUMEN

El estudio de la factibilidad de instalación de energía fotovoltaica para la iluminación en un campamento minero satisface la demanda mediante el uso de energía solar ya que, esta fuente de energía ha empezado a entrar en línea como alternativas comercialmente realizables. Ciertamente, su finalidad es lograr ahorro monetario en proporción al gasto mensual por (KWH) un kilovatio hora consumido, así mismo va a contribuir en el aspecto ambiental, económico y social e incluso diversificar la matriz energética de la minería. Esta nueva elección tecnológica, realizo un estudio desde el punto de vista del ordenamiento territorial refiriendo el espacio geográfico, factores climatológicos puesto que, dicha zona es de provecho al captar la energía, permitiendo el paso de los rayos solares con facilidad, además se identifican los materiales y métodos a utilizar : el estudio de sombras, la cantidad de los paneles , la energía que se requiere en un día y la potencia instalada (watt) con el fin de demostrar en impacto, el ahorro energético que obtiene la empresa debido a la correcta aplicación de este mismo, adicional a lo anterior. En síntesis, resulta rentable la implementación de energía fotovoltaica y cubrir el total de energía consumida en el campamento.

Palabras clave: Desarrollo Sostenible; Evaluación; Energía Fotovoltaica; Factibilidad; Minería.

ABSTRACT

The study of the feasibility of installing photovoltaic energy for lighting in a mining camp satisfies the demand through the use of solar energy since, this energy source has begun to go online as commercially realizable alternatives. Certainly, its purpose is to achieve monetary savings in proportion to the monthly expenditure per (KWH) one kilowatt hour consumed, likewise it will contribute in the environmental, economic and social aspect

and even diversify the energy matrix of mining. This new technological choice, carried out a study from the point of view of the territorial ordering referring to the geographical space, climatological factors since, this area is of benefit when capturing the energy, allowing the passage of the solar rays with ease, in addition the Materials and methods to use: the study of shadows, the amount of the panels, the energy required in one day and the installed power (watt) in order to demonstrate in impact, the energy savings obtained by the company due to the correct application of this, additional to the above. In summary, it is profitable to implement photovoltaic energy and cover the total energy consumed in the camp.

Key words: Sustainable Development; Evaluation; Photovoltaic Energy; Feasibility; Mining.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo se ve enfrentado a una serie de dificultades entre los principales tenemos a los problemas ambientales y energéticos. Las energías renovables vienen a ser una brillante chispa de esperanza, que han innovado la industria energética. Muchas de estas fuentes han empezado a entrar en línea como soluciones de energía alternativa comercialmente realizables (Qamar y Janajreh, 2016).

La energía no establece un sector económico, aunque su tratamiento exige estudiar su costo, de una forma u otra la producción de bienes y servicios demandan energía para su funcionamiento, pero también la población la demanda para satisfacer sus necesidades básicas de confort. Por eso para el desarrollo sostenible de las actividades humanas la energía fotovoltaica se debe visualizar como un aspecto transcendental (Turrini, 2006).

Una de las soluciones técnicas y financieras viables para atender las necesidades de energía, se le atribuye a las generadas por los sistemas de energía fotovoltaicos (en sus siglas en inglés,

PV); sin embargo, las frecuentes fallas reportadas en muchas partes del mundo han detenido su despliegue y creado una falta de confianza del gobierno y los planificadores con respecto a la sostenibilidad de estos sistemas (Sánchez, 2006).

Las energías fotovoltaicas son tecnologías que con el pasar del tiempo ha tenido disminución en sus costos de mantenimiento, creadoras de ningún tipo de emisiones de carácter perjudicial para el medio ambiente, con gran facilidad y enlace en fuentes ya existentes de energía en el lugar de instalación (Bitar y Chamas, 2017). A la interconexión de varias celdas fotovoltaicas se le llama panel fotovoltaico; un grupo de paneles da lugar a un módulo, que juntamente con las baterías que almacena la energía eléctrica, el inversor, el conmutador y los cables, forman el sistema fotovoltaico (Arrastía y Corp, 2013).

En la industria manufacturera, donde se construye una fábrica en una ubicación conveniente, las compañías mineras al contrario no tienen elección: las minas deben localizarse exactamente donde se encuentran depósitos de recursos

minerales (metales, minerales industriales, etc.) (Paraszczka y Fytas, 2012). El uso de energía de la mina es muy específico del sitio, ya que depende de la ubicación de la mina, la extracción el tipo de recurso mineral en producción, y procesos minerales involucrados en general. Por otro lado, las operaciones y el desarrollo son las etapas más exigentes en el ciclo de vida de una mina y a esto se suma a las necesidades más generales como; la calefacción, iluminación y otras necesidades eléctricas para las instalaciones mineras y los campamentos (Patsa, 2015).

Asimismo; en Perú, la generación eléctrica se ha encontrado históricamente concentrada en fuentes hídricas convencionales. En el año 2000 esta fuente representaba el 87 % del total de energía producida en territorio peruano, mientras que en 2013 su participación fue de 54 %. Debido que el estado peruano ha estado brindado un impulso importante a las fuentes de RER (Recursos Energéticos Renovables), como las fuentes solares. En 2008, mediante la Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables, ley aprobada mediante Decreto Legislativo 10002, se estableció la promoción de este tipo de fuentes de energía para mejorar la forma de vida de la población y proteger el medio ambiente que los rodea (Vásquez Ed. 2017).

Ciertamente a nivel mundial se ha revelado proyectos de electrificación rural de energía solar fotovoltaica, implementados en los sistemas solares domésticos, generando una reducción en los precios en diferentes industrias y servicios sociales que trasciende significativamente en el desarrollo de un país. Sin embargo, se generan consecuencias por una insuficiencia y ciertas limitaciones de dicha tecnología (Banda, 2017).

El objetivo de la investigación es determinar la viabilidad técnica, de una instalación fotovoltaica para ser aplicada en un campamento minero de La Libertad. Además, se realizó el estudio considerando el resultado de una investigación previa sobre la utilidad de energía que esta aprovecha, así mismo para la viabilidad se ha tomado en cuenta costos de energía de acuerdo a la zona geográfica y tipo de industria, proponiendo una nueva visión en la explotación de la energía renovable, como alternativa viable de desarrollo sustentable.

MATERIAL Y MÉTODO

El departamento de La Libertad, se ubica en la costa norte del Perú; comprende un espacio que va desde los 3 hasta los 4730 m.s.n.m. presenta una extensión territorial de 25,499.90 Km, teniendo como capital la ciudad de Trujillo, ubicada en la costa a 550 Km la capital del país, (Figura 1).

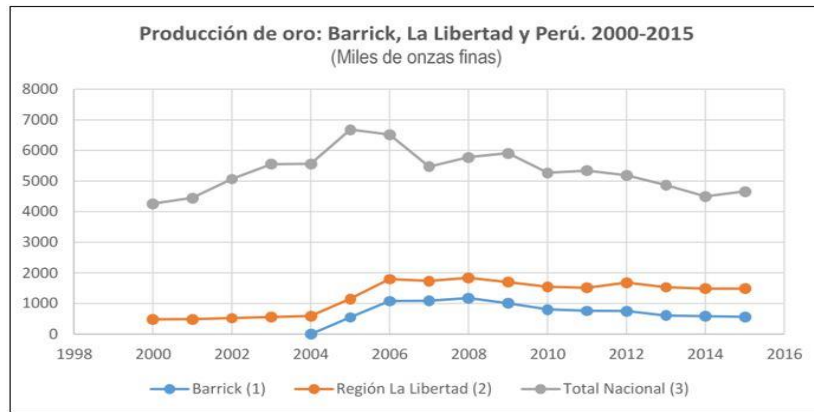


Figura 2. La producción de oro en La Libertad y el país.

Extraída: http://www.iee.edu.pe/doc/Presentaciones/IEE-FHB-Presentacion_D%C3%ADa%20Minero-07Dic.2017.pdf

Instrumentos

Radiación Solar: Se requirió contar con información sobre la disponibilidad solar del campamento minero para la realización de factibilidad del sistema solar fotovoltaico, la cual tiene una medida correspondiente a radiación demanda máxima con unidades de MV (Megavatios) (Gómez, 2016). Se realizó una tabulación de los siguientes factores asociados: se incluyó la data de los meses de enero a junio del 2018, en la

que se realizó una recopilación de información de la máxima demanda de uso de energía utilizada para sus actividades minera (Suaña, 2019). Con esa información se realizaron los cálculos independientes del uso total electricidad empleado en las áreas de iluminación en un campamento minero perteneciente a la empresa Barrick, con la data obtenida se pasó al desarrollo de factibilidad, mediante la ingeniería básica (Gómez, 2016).

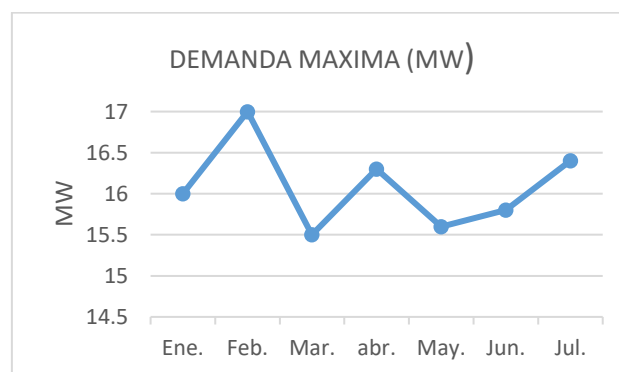


Figura 3: Demanda máxima (MW) empleada de enero a julio del 2018

Recurso Solar (Disponibilidad): Se empleó los índices más bajos de radiación solar, nos indicaron los meses

de marzo y mayo como los más bajos (Figura 3) con ello se determinó su disponibilidad de radiación. Los meses

de marzo y mayo presentaron una variación de 15.5 MW y 15 MW en el cual se obtuvo una variación de 0.5.

Horas Solares Pico (HSP): para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$HS = K * \text{minima radiación MW} \quad (1)$$

Donde (1):

K: Representa el valor de corrección atmosférica, para el presente estudio se usó 0,9 ya que está en una zona con presencia de carbono (Gómez, 2016).

Consumo del Campamento Minero: Se definido como factible una instalación de sistema fotovoltaico en la generación de electricidad para la iluminación en un campamento, un factor de 60 por ciento, valor que indica el uso total diario de todos los equipos consumiendo simultáneamente, que estaría funcionado de forma simultánea sin exceder el sistema. (Gómez, 2016).

Donde:

E total consumida= 0.75*60 por ciento = 0.45 = 0.5 (redondeo) MW por día

NT: Número Total De Paneles Solares

Lmacrit: Energía total consumida

PMPP: Potencia Pico Del Módulo Seleccionado

HPScrit: Horas de sol pico del mes critico

PR: Factor Global De Funcionamiento, se asumirá 0.9.

Determinación de la Potencia del Generador Fotovoltaico, se determina en función de la Energía a producir y de la Irradiación a las que se encuentran sometidos los Paneles.

$$P_{gfv} = \frac{E_{ap} \times I_{stc}}{R_{ic} \times P_s \times e_{finst}} \quad (2)$$

Donde (2):

Eap: energía a producir (kwh)

ISTC: irradiación estándar (kwh/ m²)

RIc: irradiancia recibida en la localización de los paneles (kwh/ m²)

Ps: pérdidas por sombreado

Efinst: eficiencia del sistema fotovoltaico.

Numero De Paneles Solares

Para la realización de los cálculos de número de paneles se aplica la siguiente ecuación.

$$N = \frac{P_f}{P_{pf}} \quad (3)$$

Donde (3)

N = número de paneles

Pf = potencia del sistema fotovoltaico

Ppf = potencia de cada panel fotovoltaico.

Estudio de sombras y horas pico efectivas. El estudio de sombras es muy importante para definir la ubicación más idónea para los paneles PV, en donde no se verán afectados por proyecciones oscuras, los cuales merman la eficiencia del panel (Moran, 2002).

RESULTADOS

Evaluación actual en cuanto al consumo de energía, determinando la máxima demanda, el factor de carga y la energía consumida. Las cargas eléctricas que están instaladas en el campamento destaca el horario promedio de uso por día; determinando la energía que se requiere en un día que es 8817.5 Wh, y la potencia instalada 305 watt (Tabla 1).

Tabla 1. Determinación de la energía y potencia en el campamento Barrick

TIPO DE CARGA	CARGA ELECTRICA	CANT.	POT. INSTALADA (WATT)	HORARIO PROMEDIO DE USO	HORARIO NORMAL DE USO	ENERGÍA (WATT-H)
Iluminación	Luminaria para dormitorios	2	10	4	18:00 a 22:00	80
	Luminaria sala comedor	2	20	5	16:30 a 21:30	200
	Luminaria baño	1	10	0.75	18:30 a 23:00	7.5
	Poste de iluminación	12	100	6	6:00 a 5:00	7200
Confort	Tv	1	60	4	14:00 a 23:00	240
	Radio	1	25	6	8:00 a 18:00	150
	Computadora	1	80	3	6:00 a 23:00	240
Total			305			8117.5

Proceso Fotovoltaico

La energía que se requiere de acuerdo con los resultados es de 8817.5 Wh. Se propone una configuración de instalación del sistema fotovoltaico a los consumidores de energía (Figura 4). El brillo solar es la cantidad de energía adquirida en un lapso determinado; este es medido en horas solares pico (HSP); que quiere decir que es la cantidad de energía que recibimos en un metro cuadrado, por lo cual esa superficie

habrá recibido 5000 Wh/m² que es lo mismo decir 5 kwh/ m². En resumen, los 5 (HSP) hora solar pico, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo 1000 W/m². La conexión hacia el banco de las baterías va a almacenar la energía eléctrica para distribuirlas a las cargas de acuerdo con sus necesidades. La energía almacenada en las baterías garantiza autonomía del sistema para un día, en caso de que las probabilidades de los niveles de radiación sean bajas.

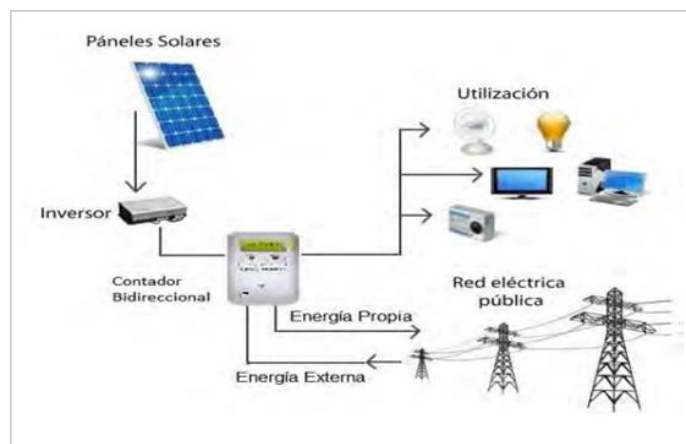


Figura 4: Conexión de un sistema fotovoltaico.

Extraída de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5219/1/TME01603.pdf>

Cálculo De La Potencia Del Generador Fotovoltaico

En el lugar de la instalación la irradiación estándar es de 5 kwh/ m², en cuanto a la eficiencia de la instalación fotovoltaica en condiciones reales el valor será 0.89, con la que se garantiza la generación de energía eléctrica a esa condición

$$pf = \frac{8817,5}{0.9 + 0.89} = 11080$$

Cálculo Del Número De Paneles

Se selecciona paneles policristalinos de 300 watt (Ppf) pico de potencia

$$N = 11008/300 = 36 \text{ paneles}$$

DISCUSIÓN

El proceso fotovoltaico y los componentes para la instalación de la iluminación de un campamento minero de la libertad; por tanto, estos resultados guardan relación con lo que sustenta Gómez (2016) en donde nos dice que los componentes primarios de una instalación solar pueden variar según el esquema que ha sido realizado para la ramificación de la iluminación y que el proceso fotovoltaico y los componentes serían los más principales: panel solar, control y acondicionador de potencia, baterías de acumulación, etc.

Aun cuando se cuenta con altos índices de radiación solar en diferentes sectores del país, son muy pocos los casos en los cuales se ha aplicado para instalaciones eléctricas en zonas industriales como es el caso del distrito de Quiruvilca que resulta factible para la implementación fotovoltaica y cubrir el total de energía consumida en el campamento

determinando 5 horas de sol; por el contrario, Banda, A. (2017) menciona que el estudio realizado determinó que las características y condiciones del lugar permiten un aprovechamiento de 7 horas de radiación solar libre de sombras comprobando la confiabilidad y aumento de consumo diario es mayor.

Es recomendable un sistema de ventilación hacia los paneles y mantenga su temperatura, puesto que, a mayor temperatura, la potencia generada se reduce. Por ello es necesario la verificación de la temperatura. De acuerdo con nuestro objetivo general que determina la viabilidad técnica de una instalación fotovoltaica para ser aplicada en un campamento minero de La Libertad, guardan cierta relación con lo que Bitar y Chamas (2017) quien señala que la energía fotovoltaica si es viable y que resulta rentable cubrir el total de energía consumida en el sector industrial. Sin embargo, el prefiere utilizar el software SolidWorks para el diseño del sistema de celdas fotovoltaicas que se adecue a los espacios disponibles para su instalación en el techo.

CONCLUSIONES

Finalmente, el uso de paneles fotovoltaicos puesta en marcha resulto sostenible y sobre todo factible para el campamento minero Barrick puesto que, la obtención de energía es emanada por sí mismo y no es complicada, así mismo es una manera ecológica para generar energía.

Se determinó que la zona es de provecho al captar la energía, recibiendo 5 (HSP) que es lo mismo decir 5 kwh/ m²,

permitiendo el paso de los rayos solares con facilidad.

La evaluación en cuanto al consumo de energía en el campamento Barrick determino la energía requerida que se demanda en un día que es 8817.5 Wh con una instalada 305 watt. Esto quiere decir que la energía almacenada garantiza autonomía del sistema para un día.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Edwin Valderrama Campos, por la colaboración en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Qamar, B. y Janajreh, I. Renewable Energy Sources for Isolated Self-sufficient Microgrids: Comparison of Solar and Wind Energy for UAE. *Energy Procedia* 2016; (103): 413-418. Disponible en: DOI: 10.1016/j.egypro.2016.11.308
2. Turrini, E. El camino del Sol: un desafío para la humanidad en el tercer milenio. La Habana. Editorial Cubasolar; 2006.
3. Sánchez, C. Key factors for the implementation of successful, stand-alone village electrification schemes in Perú. Nottingham Trent University (United Kingdom). 2006; 1-2.
4. Bitar S. y Chamas F. Estudio de Factibilidad para la Implementación De Sistemas Fotovoltaicos como fuente de Energía en el Sector Industrial de Colombia. [Archivo PDF] 2017. Disponible en: [https://repository.cesa.edu.co/bitstr](https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1572/MBA00499.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
5. Arrastia M. y Corp S. Energía El invencible dios SOL. La Habana. Editorial Científico Técnica. 2013.
6. Paraszczak J. y Fytas K. Renewable energy sources - a promising opportunity for remote mine sites? *RE & PQJ* 2012; 1 (10): 251-256. Disponible en: <http://icrepq.com/icrepq'12/288-paraszczak.pdf>.
7. Patsa E., Van Zyl D., Zarrouk S., y Arianpoo, N. Geothermal Energy in Mining Developments: Synergies and Opportunities Throughout a Mine's Operational Life Cycle. *Proceedings World Geothermal Congress 2015*. Australia. Disponible en: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/02060.pdf>
8. Vásquez, A., Tamayo J. y Salvador J. (editores). La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. En: OSINERGMIN. Lima Perú; 2017. Disponible en: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10años.pdf
9. Banda, A. Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP. Universidad Católica San Pablo

- Repositorio. 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/15457>
10. Barrick. Barrick Gold Corporation. Obtenido de <https://www.barrick.com/Spanish/inicio/default.aspx>; 2019.
 11. Gestión. Barrick Gold Corporation evalúa ampliar vida de mina Lagunas Norte. Gestión Empresas [Internet]. 2018. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/empresas/barrick-gold-corporation-evalua-ampliar-vida-mina-lagunas-norte-234804-noticia/>
 12. Huerta F. Economía de La Libertad y la Minería de Oro. [Archivo PDF]. 2017 Disponible en: http://www.iee.edu.pe/doc/Presentaciones/IEE-FHB-Presentacion_D%C3%ADa%20Minero-07Dic.2017.pdf
 13. Gómez, P. Viabilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico de una mina en el municipio de Sardinata. Mundo Fesc. 2016; 86-97. Disponible en: Dialnet-ViabilidadDeLaImplementacionDeUnSistemaFotovoltaic-6091010.pdf
 14. Suaña, R. Estudio de Eficiencia Energética Eléctrica en la Operación Minera Lagunas Norte de Minera Barrick Misquichilca S.A. Tesis Pre Grado. Universidad Nacional del Altiplano. 2019. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10672>