

Implementación de Estaciones de Recarga para Vehículos de Transporte Urbano

Implementation of Vehicle Recharging Stations Urban Transport

Lita M. Soto Nieto¹, Esequiel Zavala Huavel², Yuri Arieta Laya³, Rosa M. Arieta Laya⁴

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen— En este trabajo se presenta una propuesta de implementación de un sistema de recarga e intercambio de baterías para vehículos eléctricos llamados mototaxis, aprovechando fuentes de energía alternativa renovable y no contaminantes tales como energía solar y eólica, captadas y almacenadas utilizando dispositivos mecánicos, electrónicos y/o químicos; buscando reducir la dependencia económica que conlleva el uso de combustibles fósiles y generar menor emisión de CO₂ hacia el medio ambiente, el cual es una de las causas del calentamiento global, así como en los problemas de salud en las personas. Tomamos en consideración las características, ventajas y desventajas de los elementos del sistema y el análisis de costo de la instalación.

Abstract— This paper presents a proposal to implement a charging system and battery swap for electric cars called mototaxis, using alternative energy sources and clean renewable energy such as solar and wind energy, captured and stored using mechanical, electronic and / or chemical, looking to reduce economic dependence associated with the use of fossil fuels and produce lower CO₂ emissions to the environment, which is one of the causes of global warming, as well as health problems in people. We consider the characteristics, advantages and disadvantages of the system elements and analysis of cost of installation.

Palabras claves- energía solar, costos, recarga, batería.

Key words- solar energy, costs, recharge, battery.

I. INTRODUCCION

Actualmente existen dos problemas que aquejan a la sociedad. Uno es la contaminación ambiental y el otro es el alto costo de los combustibles usados para

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen dos problemas que aquejan a la sociedad. Uno es la contaminación ambiental y el otro es el alto costo de los combustibles usados para el transporte urbano. El primero se origina por el uso generalizado de combustibles altamente contaminantes, tal como se muestra en la Fig.1, [1], y el otro por aspectos del mercado internacional del petróleo.

Las consecuencias de ambos problemas podrían disminuirse si se masifica el uso de energías alternativas, como la solar y la eólica en el transporte urbano, inicialmente de forma local y luego expandiéndolo a través de la experiencia. Esta energía podría ser almacenada y distribuida en concentradores de gran capacidad, para usarse en vehículos de transporte como mototaxis.

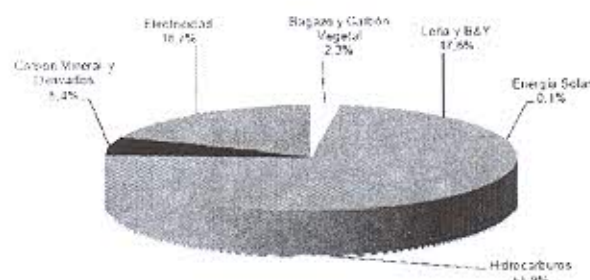


Fig. 1. Consumo de energía en el año 2007 [MEM].

A. Efectos de la contaminación

La contaminación ambiental en un 90% es causada por las unidades vehiculares [2], debido a un deficiente parque automotor. Esto genera la emisión de partículas en suspensión PM (sustancias orgánicas o inorgánicas dispersas en el aire procedentes de entre varias fuentes la combustión de combustibles fósiles), las cuales causan graves problemas en el tracto respiratorio, cáncer de pulmón, etc. afectando en mayor medida a

¹Lita Martha Soto Nieto, e-mail: lsoton@unmsm.edu.pe

²Esequiel Zavala Huavel, e-mail: ezavalah@unmsm.edu.pe

³Yuri Arieta Laya, e-mail: cskevlar@hotmail.com

⁴Rosa Marlin Arieta Laya, e-mail: 08090154@unmsm.edu.pe

Recepción: Octubre 2011/Aceptación: Diciembre 2011.

los menores de 9 años, pero también a adolescentes y adultos. Estas enfermedades ocasionan muertes, como por ejemplo el 2005 el Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, reveló cifras indicando que anualmente 4000 personas mueren en Lima producto de la alta concentración de partículas de azufre en el aire, un promedio de entre 5000 y 10000 ppm, muy superior a las permitidas en los países europeos.

El uso de combustibles también genera problemas económicos debido a los gastos que derivan de la compra de medicamentos, tratamientos de enfermedades, pérdida de salario por inasistencia al trabajo.

El otro efecto es la cantidad total de emisiones de CO_2 que se producen al año, siendo aproximadamente de 240 TM de CO_2 emitido por un ómnibus diesel con más de diez años de antigüedad, además de la cantidad de combustible que se pierde en los momentos de tráfico. Esto contribuye al calentamiento global.

B. Situación de la energía alternativa en el Perú

Actualmente en el Perú se utiliza la energía generada con medios alternativos, como ejemplo tenemos los siguientes casos:

Termas solares, de uso muy extendido principalmente en la ciudad de Arequipa desde la década de los 80 del siglo pasado. Su principio de funcionamiento se basa en el calentamiento del agua al pasar por una serie de tubos transparentes y absorbentes de la radiación solar. Su uso es muy beneficioso ya que para lograr su objetivo, no realiza emisiones de CO_2 , no hace ruido, no deja residuos y la energía solar existe en grandes cantidades. Su utilización ha creado una buena fuente de generación de empleo.

Las estaciones repetidoras para telecomunicaciones, donde se utilizan paneles solares, baterías, reguladores de carga inversores para poder brindar energía a los equipos de telecomunicaciones en lugares remotos, donde no se cuenta con conexiones a la red eléctrica por su alto costo de instalación. Una desventaja es ser propenso a robo o a daños.

En electrificación rural, utilizado en iluminación y también en electrodomésticos. Son sistemas modulares, fácilmente ampliables, y perfectamente puede satisfacer las necesidades de iluminación y para el uso de electrodomésticos. Su inversión se recupera en los pocos años. De estos casos tenemos por ejemplo la implementación en el 2006, de un proyecto piloto en Puno, que apuntaba a la utilización de energía alternativa para su uso en talleres de artesanos textiles, el cual tiene una potencia instalada de 2Kw. También se realizaron instalaciones de sistemas fotovoltaicos domiciliarias en las regiones de Ucayali, Loreto, Cajamarca, etc. Así también la Universidad Nacional de Ingeniería ha implementado un proyecto de

electrificación fotovoltaica en el lago Titicaca [3], en donde en un acuerdo con los pobladores, ellos realizan una parte del pago del sistema.

II. METODOLOGÍA

La construcción del sistema se basa en el desarrollo de los siguientes pasos.

- Modelo del sistema de intercambio de batería.
- Descripción del vehículo del sistema.
- Elementos del sistema de recarga de baterías.
- Consideraciones para la instalación.
- Diagrama de bloques del sistema
- Costos en el mercado local de los elementos del sistema.

A. Modelo del sistema de intercambio de batería.

La finalidad es que el vehículo pueda movilizarse usando energía almacenada en baterías, y cuando la batería esté llegando a su final de carga almacenada se intercambie en la estación de recarga, por una batería nueva totalmente cargada.

En resumen, el usuario entrega la batería descargada y se le entrega una batería completamente cargada., según como se resumen en la Fig. 2.



Fig.2. Esquema general del servicio de intercambio de batería.

B. Descripción del mototaxi del sistema.

Este proyecto está pensado para usarse con un tipo de mototaxi como la mostrada en la Fig.3, tal como el desarrollado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el Dr. Werner Pacheco Lujan. Esta cuenta con una batería eléctrica, un inversor DC/AC y un motor eléctrico trifásico de imán permanente con potencia de 500W con capacidad de recorrer 80 km. a una velocidad de 50 km/h. Por otro lado, en lugar de usar los paneles solares en el vehículo, se pueda realizar el cambio de las baterías cada vez que se descarguen. Así, al conductor se le reduce el costo, el

mantenimiento, el cuidado y el peso que implican usar los paneles solares instalados.

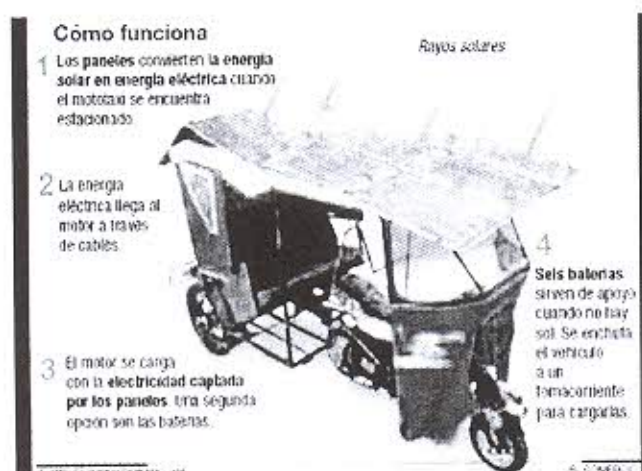


Fig.3. Modelo de Mototaxi solar.

C. Elementos del sistema de recarga de baterías.

La idea central es realizar el aprovechamiento de la radiación solar y de la fuerza de los vientos, en la recarga de las baterías. Para ello se requieren los siguientes elementos:

I. Panel fotovoltaico.

Elemento capaz de recibir luz y generar electricidad a partir de ella. La fuente de luz usada es el sol. Estos paneles poseen parámetros que definen su aplicación, como por ejemplo la corriente en corto circuito, que es la corriente eléctrica máxima que puede entregar el módulo bajo ciertas condiciones de exposición a luz solar, la tensión nominal que es el valor de voltaje de trabajo del panel, y la potencia pico, que es la potencia máxima que puede entregar el módulo ante unas condiciones estandarizadas de radiación de 1000W/m^2 (condiciones máximas de irradiancia en un día claro, libre de partículas que obstruyan), y temperatura de la célula de 25°C . Se obtiene la mayor eficiencia usando paneles fabricados con la tecnología de silicio monocristalino, que dispone de alrededor del 20% de eficiencia. En la Tabla I, se muestra una lista de valores de potencia en algunos paneles comerciales de distintas marcas.

II. Generador eólico.

Capaz de generar energía eléctrica aprovechando la fuerza de los vientos. Complementa al sistema en las horas de baja luminosidad como en el atardecer y la noche. Estos generadores son muy usados en Europa, donde actualmente va aumentando su cuota de energía en el consumo eléctrico.

III. Baterías eléctricas

Usados para almacenar la energía en momentos de poca o nula demanda de energía, y para suplir energía en momentos de poca luminosidad. Para el sistema a diseñar se usarán baterías de plomo ácido, las cuales cuentan con una gran capacidad de entrega de energía, expresada en amperios-hora (Ah).

TABLA I
ALGUNOS VALORES DE POTENCIA COMERCIALES DE PANELES.

Paneles Monocristalinos ET	Tensión Máx. V	Potencia Máx. W(pico)
P. ET M53605	12	5
P. ET M53610	12	10
P. ET M53620	12	20
P. ET M53650	12	50
Paneles Monocristalinos SCHOTT	Tensión Máx. V	Potencia Máx. W(pico)
P. Monocristalinos SCHOTT	36.2	185
P. Monocristalinos SCHOTT	36.3	190
P. Monocristalinos SCHOTT	36.4	195
Paneles monocristalinos Hyundai	Tensión Máx. V	Potencia Máx. W(pico)
P. Monocristalinos HYUNDAI	30.3	245
P. Monocristalinos HYUNDAI	30.5	250

IV. Controlador de carga

Dispositivo electrónico que protege a la batería regulando la intensidad de carga para así alargar la vida de la batería. Evita que el panel solar o el generador eólico sigan entregando energía a la batería una vez cargada. Además desconecta la batería de los elementos de consumo si la batería ha alcanzado un nivel muy bajo. Para el sistema se requiere un controlador de carga para 72V (el pack de baterías de 12V cada una) y la limitación de corriente según se establezca el tiempo de recarga.

V. Otros.

Aquí se contemplan los cables de conexión, conectores, borneras, llave de contacto, etc.

D. Consideraciones para la instalación

El sistema será un sistema con acumulación, es decir que usará baterías las cuales cargaremos.

El arreglo de paneles fotovoltaicos deberá colocarse en una zona alta, donde le llegue la radiación solar, evitando en lo posible obstrucciones, ya que la corriente que genera aumenta con la cantidad de radiación. Este lugar donde se colocará deberá estar en una zona ventilada, ya que al aumentar la temperatura de las celdas, aumenta la corriente pero disminuye la tensión entregada. El resultado global es la disminución de la potencia que entrega el panel, disminuyendo su rendimiento. Estos dos efectos se

exponen en la Fig. 4. La estación requiere poco mantenimiento, basado en la limpieza de los paneles fotovoltaicos.

Cada bloque de paneles conectados en paralelo debe ser protegido con un diodo de bloqueo, para evitar que se invierta el flujo de corriente entre paneles, cuando alguno de los bloques entregue mayor voltaje. Además evita que la batería se descargue a través de los paneles solares, aunque esta protección por lo general se encuentra dentro de los controladores de carga. Además de diodos bypass para proteger a los paneles individualmente cuando se colocan en serie con otros paneles.

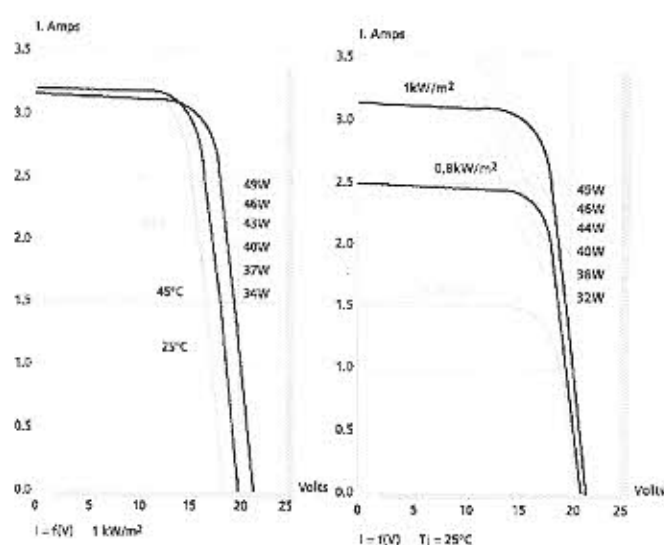


Fig. 4. Gráfica de la potencia entregada por un panel solar.

La inclinación del panel solar es importante para lograr capturar la máxima radiación solar. Tiene relación con la ubicación en el planeta. Como el Perú se encuentra en el hemisferio sur, los paneles deben colocarse mirando hacia el norte. Con un ángulo de inclinación con el plano de la tierra igual al número de grados de latitud en el que se encuentra la estación.

Para que un generador eólico pueda funcionar correctamente, se debe elegir una zona donde existan vientos con velocidades de por lo menos 20 Km/h.

El banco de baterías debe colocarse en un lugar con clima templado. En su mantenimiento se deben evitar las temperaturas superiores a 40° e inferiores a 0°, para así alargar el tiempo de vida de las baterías. Para el sistema se deben usar baterías tipo plomo/ácido abierta, las cuales están constituidas de placas positivas y negativas colocadas en alternancia, tienen un tiempo de vida aceptable (5 a 10 años), y un menor costo para estas aplicaciones. No se recomiendan usar baterías de automóvil, ya que están diseñadas para entregar una alta corriente pero solo por un corto periodo de tiempo, lo que es el arranque del automóvil.

Las baterías deben ser cargadas a una fracción de corriente del total indicada en su capacidad. Por ejemplo, si las baterías son de capacidad 120AH, una carga adecuada sería de 8.4A, es decir el 7% de su capacidad. Así alargamos la vida de batería evitando que con la alta corriente se evaporen los electrolitos de la batería. A este porcentaje de 7% por hora, la batería se cargará en aproximadamente 14 horas. Idealmente viene a ser:

$$\text{Tiempo de carga} = \text{Capacidad} / \text{Corriente de carga} \quad (1)$$

Las zonas adecuadas para instalar la estación de recarga de baterías, tienen relación con la cantidad de radiación solar que cae en determinado lugar, y con el desarrollo del transporte (usando mototaxis) en esa zona.

Se puede tomar de gran ayuda, el documento "Atlas de Energía Solar del Perú" [4], como referencia para localizar zonas aprovechables energéticamente. Este documento fue creado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), debido a la necesidad de conocer la distribución y variación de la irradiación solar en territorio peruano. Fue creado utilizando los datos provenientes de las estaciones instaladas a nivel nacional, desde 1975 hasta 1990.

En la Fig. 5. se puede apreciar el mapa del promedio anual de la radiación solar diaria en el Perú.

La Tabla II nos muestra las variables climatológicas en distintos puntos del país clasificado según la región.

TABLA II
VARIABLES CLIMATOLÓGICAS SEGÚN LA ZONA

Estación meteorológica	Energía solar diaria	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
COSTA			
Miraflores	5.75	30.7	19.3
A. Von Humboldt	4.06	23.3	15.5
San Camilo	5.92	28.7	13.4
La Joya	7.03	27.0	10.1
SIERRA			
Bambamarca	4.56	19.4	9.5
Weberbauer	4.92	21.3	7.6
Cosmos	4.92	9.2	-0.7
Huayao	6.00	19.6	4.4
Granja Kcayra	5.44	20.7	3.7
Chuquibambilla	6.08	16.8	-2.4
Puno	6.36	14.7	2.0
Characato	6.5	22.8	6.8
SELVA			
San Ramón SM	4.67	31.3	20.8
El porvenir	3.89	32.5	20.4
Bellavista	4.78	32.2	20.9

Como se nota en la Tabla II, las regiones donde se observa un mayor potencial de energía solar son en la costa sur, en Arequipa. También se puede ver gráficamente en la siguiente imagen.

Donde las zonas más naranjas son las de mayor radiación solar.

E. Diagrama de bloques del sistema

El sistema usa un paquete de 6 baterías de 12V colocadas en serie (ver Fig. 6.), para brindar unos 72V al inversor DC/AC del mototaxi eléctrico.

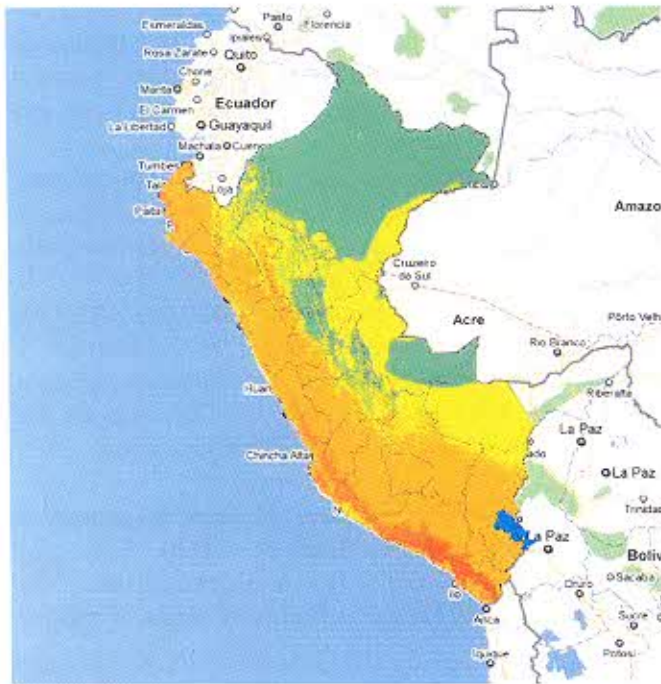


Fig. 5. Mapa solar del Perú. Promedio anual.

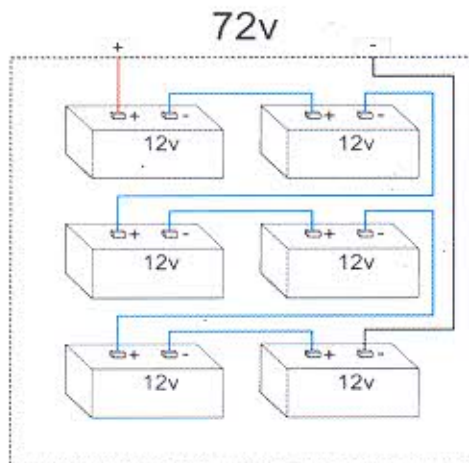


Fig.6. Paquete de baterías.

El sistema general se muestra en la Fig. 7. La etapa de captura de radiación solar esta formada por varios bloques fotovoltaicos puestos en paralelo. El bloque 1

por ejemplo, es un arreglo en serie de 3 paneles solares de 24V cada uno (Fig.8.), puestos así con la finalidad de obtener 72V. La colocación en paralelo es para aumentar la potencia que en total nos entregarán los paneles. Estos van conectados a una bornera, mediante el cual, se conectara a un controlador de carga, el que cargará la batería durante el periodo de tiempo según su velocidad de carga. Se carga un paquete de baterías mediante un regulador de carga de 72V.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

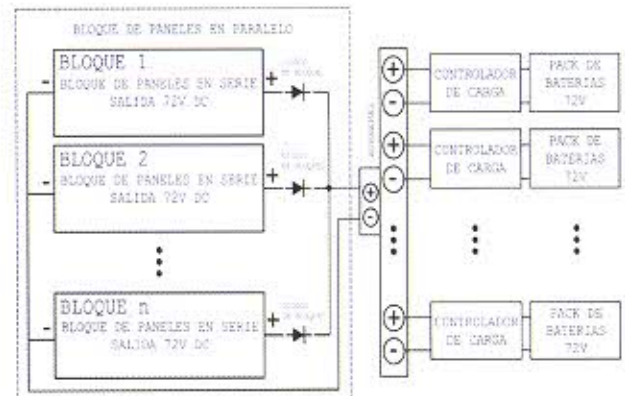


Fig.7. Diagrama de bloques del sistema.

El número de paneles solares, de controladores de carga y packs de baterías se determinarán con el análisis de costos para una estación que pueda funcionar de tal manera que genere ahorro en la economía del transportista.

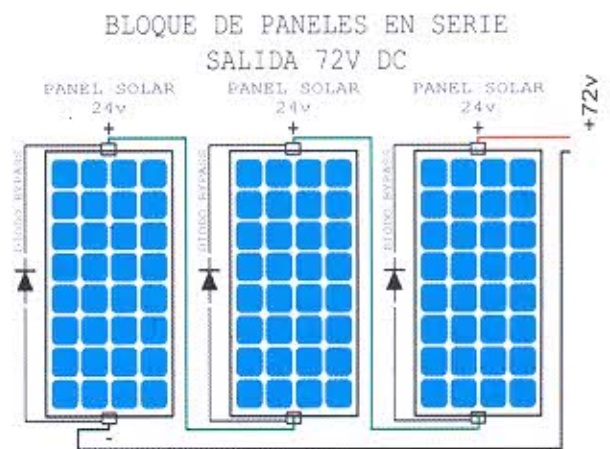


Fig.8. Arreglo en serie de paneles solares.

F. Costos en el mercado local de los elementos del sistema.

Se usa como referencia precios de los componentes en el mercado local:

TABLA III
COSTO DE MATERIALES

Unidad	Descripción	Precio
Panel solar	85 W	S/. 600
Batería (pack)	6 de 12V, 24 Amp	S/. 600
Controlador de carga	De 72V, 2 Amp	S/. 200

III. RESULTADOS

El presente capítulo tiene por objeto mostrar los resultados del planeamiento del precio y los costos que este proyecto generará en el transcurso de sus operaciones.

Debemos tener en cuenta algunos supuestos y consideraciones en las que se sustentó la elaboración del proyecto.

El periodo de horizonte es de 15 años, tomando en cuenta la vida útil de los packs de paneles solares.

La cantidad estimada de packs de baterías es la cantidad que se requerirá en todo el periodo de horizonte, no quiere decir que necesariamente se tengan que adquirir en un primer momento toda la cantidad de packs.

La demanda estimada es de 20 mototaxis que requerirán el servicio de una recarga de baterías al día, y según este supuesto se sustentan los costos estimados del proyecto.

A. Presupuesto de costos

A continuación se detalla de manera ordenada y estimada, los costos en las que se incurrirá en la elaboración del proyecto para el periodo de horizonte, tomando como base la vida útil del equipo.

1. Costos del Servicio.

Es la suma de todos los costos que intervienen directamente para la realización del servicio.

1.1 Costos Fijos

Para la realización del proyecto se requiere de una inversión en costo fijo de S/ 27 600.00.

TABLA IV
COSTOS FIJOS

COSTOS FIJOS	UNIDADES	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Pack de Paneles (255 W)	12	1,800.00	21,600.00
Controlador de carga (144 W)	30	200.00	6,000.00
Total Costos Fijos			27,600.00

1.2. Costos Variables

Los costos variables del proyecto van a depender del número de packs de baterías que se utilicen para cubrir la demanda.

Para la evaluación de este proyecto se está tomando en consideración de 75 packs de baterías, con los cuales se cubrirá la demanda de 20 mototaxis al día.

TABLA V
COSTOS VARIABLES

COSTOS VARIABLES	UNIDADES	COSTO UNITARIO(S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Pack de Baterías	75	600.00	45 000.00
Costos Variables totales			45 000.00

1.3. Costo Total

El costo total, tomando en cuenta los costos fijos y variables, es de S/. 72,600.00, en los que se incurrirá en la parte operativa del proyecto.

II. Otros gastos.

Incluye otros gastos adicionales incurridos mensualmente en el mantenimiento del equipo, gastos fijos en consumo de energía eléctrica, pago del personal, etc.

Para el presente proyecto, los otros gastos son de S/. 1,500.00

B. Determinación del precio del servicio

Considerando el costo total de la parte operativa y la vida útil del proyecto de 15 años (vida útil de los paneles), se estima que la recuperación de la inversión sea en un periodo de un año, por lo que mensualmente se recuperará una inversión de S/. 403.33. A esto se le añade los gastos fijos mensuales que ascienden a S/. 1 500.00, y partimos del supuesto de 20 servicios brindados por día, por lo que al mes se tienen 600 servicios brindados.

TABLA VI
DETERMINACIÓN DEL PRECIO DEL SERVICIO

Características	S/.	Tiempo
Costo total de la inversión	72600	
Vida útil del equipo		15 años
Recuperación de la inversión		1 año
Recuperación de la inversión por año	4840	
Recuperación de la inversión mensual	403,33	
Gastos fijos mensuales (mantenimiento, luz, sueldos, etc)	1500	
Gasto total mensual	1903,3	
Número de servicios brindados al día		20 al día
Número de servicios brindados al mes		600 al mes
Punto de Equilibrio	3,17	
Utilidades	1,59	
Precio final	4,76	

El punto de equilibrio en unidades monetarias, es decir, aquel momento en el que no se pierde ni se gana es de S/. 3.17 por brindar un servicio de recarga.

Estableciendo que las utilidades que se espera obtener por el servicio brindado sea del 50% del costo total de la inversión, se tiene que el precio final es de S/. 4.76 por cada servicio.

IV. CONCLUSIONES

Se debe concientizar a la población sobre la necesidad del uso de energías alternativas, tanto por el aspecto ambiental y sus consecuencias en la salud, y en el aspecto económico para disminuir la dependencia energética del exterior.

Será beneficioso la producción local de paneles solares, así se prescindirá de los costos de importación, además del beneficio de la generación de puestos de trabajo.

La base de la instalación se puede ampliar para uso en instalaciones domésticas, con cargas que funcione con DC como es el caso de la iluminación.

REFERENCIAS

- [1] Proyecto Tech4CDM. "La Electrificación Rural en Perú". 2009.
http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_La_Electrificacion_Rural_en_Peru_31bad934.pdf
- [2] Juan J. Miranda. "Impacto económico en la salud por contaminación del aire en Lima Metropolitana". Economía y Sociedad 66. CIES. Diciembre 2007..
<http://cies.org.pe/files/ES/bol66/05-miranda.pdf>
- [3] Manfred Horn. "El estado actual del uso de la energía solar en el Perú". Perú Económico. Vol XXIX, No 11, Noviembre 2006. pp 10-11.
<http://fc.uni.edu.pe/mhorn/Energia%20solar%20en%20Peru%20perueconomico.pdf>
- [4] Proyecto SENAMHI-MEM. "Atlas de Energía Solar del Perú". Enero 2003.
http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/80bib_arch.pdf