



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Mecánica

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Energías Alternativas

1 Proyecto de Investigación

Título:

Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El transporte es responsable del 60% del consumo mundial de petróleo. Además, en las ciudades, la movilidad es generadora de conflictos. Entonces, es de vital importancia asegurar una movilidad basada en otras fuentes de energía. Movilidades alternativas, como bicicletas eléctricas, así como la recarga desde paneles fotovoltaicos, contribuiría en la resolución de este conflicto. Se sugiere que el seguimiento solar incrementaría la captación entre un 15-50%, dependiendo de la climatología del lugar. En el país no existen estudios sobre la ganancia energética del seguimiento solar. A nivel mundial, tampoco se han reportado sistemas de recarga fotovoltaicos con seguimiento. En este proyecto se pretende cuantificar la ganancia energética de la implementación de seguimiento solar en regiones ecuatoriales y la ventaja de su implementación en sistemas de recarga de bicicletas eléctricas. En una primera parte se prevé el desarrollo de un banco de pruebas que incluye paneles fotovoltaicos estáticos, con seguimiento en uno y dos ejes. Se realizará un estudio comparativo de la ventaja del seguimiento, así como un estudio de las pérdidas por sombras. En una segunda parte, basándose en los resultados obtenidos anteriormente, se desarrollará un prototipo de estación de recarga fotovoltaica, que incluya seguimiento solar para bicicletas eléctricas.

Palabras clave (4-6):

Movilidad, bicicletas eléctricas, seguimiento solar, sistemas fotovoltaicos



5. Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

Determinar la ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido al seguimiento solar en uno y dos ejes para regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad aplicado a la recarga de bicicletas eléctricas.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Desarrollar un banco de pruebas de paneles fotovoltaicos con sistemas de seguimiento en un eje (acimutal) y dos ejes
- b. Estudiar la ganancia energética de paneles fotovoltaicos debido al uso de seguimiento solar en uno y dos ejes respecto a paneles fijos y la pérdida energética debido a sombras
- c. Desarrollar un prototipo de estación de recarga de baterías de ion-litio utilizadas en bicicletas eléctricas desde un sistema fotovoltaico con seguimiento solar

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

Como se ha dicho anteriormente, no existe documentación científica que soporte un estudio previo sobre el impacto que tendría la aplicación de seguimiento solar en los sistemas fotovoltaicos de carga de bicicletas eléctricas, por lo que la investigación propuesta tiene mucha relevancia a nivel internacional. Además, en el país no existe todavía un estudio sobre la posible ganancia energética en sistemas fotovoltaicos debido al seguimiento, lo cual da a la investigación propuesta una relevancia a nivel nacional.

Así mismo, la línea de investigación establece como objetivo principal el permitir que sistemas energéticos de bajo impacto ecológico y ambiental sustituyan a sistemas convencionales que utilizan combustibles fósiles. Por lo que, el proyecto propuesto entra dentro de esta línea al definir una alternativa a la movilidad utilizando fuentes renovables de energía. Además, este proyecto servirá como un buen inicio para la línea de investigación específica sobre energía fotovoltaica.

5.3 Productos esperados

- | | |
|---|---|
| a. Publicaciones científicas | 1 |
| b. Disertación a la comunidad politécnica | 1 |
| c. Proyectos de titulación | 1 |
| d. Tesis de grado | 0 |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada | 1 |
| f. Patente presentada | 0 |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico | 1 |

5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

Al concluir el presente proyecto se espera conseguir diversos resultados que se detallan a continuación:

- a. Un banco de pruebas de paneles fotovoltaicos equipado y en funcionamiento. Este banco puede ser utilizado en futuras investigaciones del comportamiento energético de paneles fotovoltaicos.
- b. Modelos de comportamiento de sistemas de generación eléctrica fotovoltaica desarrollados. Estos modelos tomarán en cuenta la influencia del seguimiento solar (positiva) y de las sombras sobre los paneles (negativa).
- c. Indicadores consolidados de la ganancia energética debida al seguimiento solar y de las pérdidas energéticas debido a sombras en latitudes ecuatoriales. Estos indicadores pueden ser utilizados para el diseño de centrales de sistemas de generación eléctrica fotovoltaica con múltiples propósitos, como puede ser: estaciones de recargas de vehículos eléctricos, centrales de generación eléctrica, plantas de producción de hidrógeno, etc.
- d. Un prototipo de estación de recarga de bicicletas eléctricas desde paneles fotovoltaicos utilizando seguimiento solar construido. Este prototipo será instalado dentro de la universidad y servirá como punto de partida para el impulso de la movilidad eléctrica en el país.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

La difusión de los resultados se la realizará en paralelo a la investigación. Se prevé al menos una publicación en una revista científica de alto impacto, un congreso nacional o internacional y una disertación a la comunidad politécnica. Además este proyecto involucrará algunos proyectos de titulación, tanto de pregrado como de postgrado (en específico tiene aplicación a las maestrías de eficiencia energética y al doctorado en ciencias de la mecánica), lo cual representa la formación de talento humano que podrá seguir aportando con sus conocimientos en el campo energético y de movilidad. Así mismo, la formación de un grupo consolidado de trabajo multidisciplinario dentro de la universidad es de gran importancia. Este grupo podrá continuar con futuras investigaciones en el sector energético y de movilidad, así como estará en capacidad de transmitir los conocimientos adquiridos a través de clases universitarias, seminarios, talleres y conferencias.



6. Descripción, metodología y cronograma de trabajo

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

Para el año 2012, el sector transporte es responsable del 60% del consumo mundial de petróleo [7]. Al mismo tiempo, se sugiere que el pico de producción de petróleo ya ha sido rebasado [2]. Por lo que es primordial asegurar un modelo de movilidad diferente al basado en el petróleo. Las tendencias actuales se encuentran en el uso de tecnologías híbridas, movilidad eléctrica, biocombustibles líquidos, sistemas con celdas de hidrógeno y combustibles líquidos de síntesis de arenas bituminosas o carbón [10]. En este proyecto se pretende abarcar una de las soluciones de la movilidad eléctrica. Adicionalmente, la movilidad en las ciudades es un factor creador de conflictos. Como ejemplo, en Quito el parque automotor en el periodo comprendido entre 2003 y 2008 se ha visto incrementado en un 24% [6], dando como resultado para el año 2014 de un parque automotor de aproximadamente 450 000 unidades [3]. Como resultado de la gran cantidad de automóviles, el desplazamiento en la ciudad se ha vuelto una tarea compleja. La entrada de las bicicletas eléctricas en el sistema de transporte disminuiría el consumo energético, cambiando el vector energético utilizado (electricidad en lugar de gasolina), así como aportaría en la resolución del conflicto de movilidad de las ciudades [8]. Este cambio puede ser significativo en la diversificación de la matriz energética del país si se inyecta electricidad proveniente de la energía solar. Se han reportado algunas experiencias de sistemas de recarga de bicicletas eléctricas usando energía solar, como una estación de recarga [1] o usando paneles fotovoltaicos sobre la bicicleta misma [9]. Sin embargo, no se han reportado experiencias de sistemas de recarga que incluyan seguimiento solar. En el IEPI no existen registrados desarrollos de este tipo. Este sistema se presume ventajoso en el país por los niveles de radiación solar y por la constancia de la misma. La implementación del seguimiento solar en sistemas fotovoltaicos puede mejorar la captación en un 15-50% [5,11]. Sin embargo, este factor de ganancia energética depende de las condiciones de radiación, latitud del sitio y del tipo de seguimiento (un eje o dos ejes) [4]. No existen estudios acerca de esta ganancia para latitudes ecuatoriales. Además, se presume que en el Ecuador el seguimiento en un solo eje tiene un factor coste/beneficio mayor que un sistema de seguimiento en dos ejes.

El presente proyecto busca evaluar la ganancia energética en sistemas fotovoltaicos gracias a la implementación de seguimiento solar y su potencial uso en sistemas de recarga para bicicletas eléctricas. Sin embargo, los resultados pueden ser útiles también en otros sistemas, como es la generación eléctrica fotovoltaica o los sistemas de recarga en otro tipo de vehículos eléctricos. El proyecto posee dos componentes principales. En la primera parte se diseñará y construirá un banco de pruebas para medir la producción energética de paneles fotovoltaicos fijos, con seguimiento en un eje y con seguimiento en dos ejes. Se realizarán mediciones de al menos 12 días representativos durante un año, con el fin de obtener datos experimentales de dicha ganancia. Estos datos experimentales serán usados para validar los modelos matemáticos desarrollados. Estos modelos matemáticos serán programados en Matlab. Adicionalmente un modelo de pérdidas por sombras será implementado con la ayuda del software comercial PvSyst. En una segunda parte, los resultados de la primera parte serán usados para diseñar y construir un prototipo de sistema de carga de bicicletas eléctricas desde paneles fotovoltaicos. Se presume que un sistema de seguimiento en un eje acimutal tiene una relación coste/beneficio mayor que el seguimiento en dos ejes o que un sistema fijo. Se investigará y desarrollará el dispositivo electrónico de carga adaptado a la curva de carga de las baterías de ion-litio, usadas en bicicletas eléctricas.

Se prevé varios productos al finalizar el proyecto entre los que se incluyen al menos una publicación en una revista científica de alto impacto, al menos una presentación en un congreso nacional o internacional, al menos un proyecto de titulación de pregrado y uno de postgrado y el prototipo instalado en la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Bibliografía

- [1] Bicisol. www.bicisol.com consultado el 23 de marzo de 2015.
- [2] Campbell C. and Aleklett K. (2003). The peak and decline of world oil and gas production. *Minerals and Energy – Raw Materials Report*, 18: 5-20.
- [3] DMQ (2014). *Diagnóstico de la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial (PMOT)*. Secretaría de Movilidad.
- [4] Kelly, N. and Gibson, T. (2009). Improved photovoltaic energy output for cloudy conditions with a solar tracking system. *Solar Energy*, 83: 2092-2102.
- [5] Lorenzo E. (2003). Energy collected and delivered by PV modules. In: Luque, A., Hegedus, S., *Handbook of Photovoltaic Engineering*. John Wiley & Sons., pp905-970 (Chapter 20)
- [6] Noroña C. (2009). *De la Bicicleta a la Utopía: la construcción de organizaciones socio ambientales desde las propuestas de transporte alternativo-el caso de Quito, Ecuador* (Tesis de maestría), Facultad Latinoamericana de Estudios Sociales FLACSO, Quito, Ecuador.
- [7] OECD/IEA (2012). *Database of World Energy Balance*, IEA Publishing, France.
- [8] Ordóñez F (2010). *Informe final del diseño y construcción de tres prototipos de sistemas de adaptación de un motor para bicicleta*. Corpaire, Quito, Ecuador.



- [9] Paudel A. and Kreutzmann P. (2015). Design and performance analysis of a hybrid solar tricycle for a sustainable local commute. *Renewable and Sustainable energy Reviews*, 41: 473-482.
- [10] Vanek F. and Albright L. (2008). *Energy Systems Engineering, Evaluation and Implementation*. McGraw-Hill, USA.
- [11] Yilmaz, S., Ozcalik, H., Dogmus, O., Dincer, F., Akgol, O. and Karaaslan, M. (2015). Design of two axes sun tracking controller with analytically solar radiation calculations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43: 997-1005.

6.2 Cronograma de trabajo anual: (Descripción)

- Para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto se sugiere considerar el tiempo para la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

Actividad	Primer Año						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
1.1 Búsqueda bibliográfica general	60%	20%					80%
1.2 Construcción de dispositivos electrónicos de seguimiento	20%	30%	50%				100%
1.3 Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio de la ganancia energética en sistemas fotovoltaicos fijos y con seguimiento solar en uno y dos ejes	20%	30%	50%				100%
2.1 Desarrollo de modelos para simulación del comportamiento de dispositivos fotovoltaicos con seguimiento solar			33%	33%	33%		100%
2.2 Validación de los modelos en base a la comparación con los resultados experimentales					33%	33%	66%
2.3 Estudio comparativo de la ganancia energética debida al seguimiento							
2.4 Estudio de la influencia de las sombras en dispositivos fotovoltaicos con seguimiento							
3.1 Diseño y construcción de dispositivos electrónicos de control de carga de baterías de ion-litio					50%	50%	100%
3.2 Diseño y construcción estructural de una estación para recarga de bicicletas eléctricas							
4.1 Escritura de artículos						50%	50%
4.2 Presentación en congresos y ponencias universitarias						50%	50%
TOTAL							

Actividad	Segundo Año						TOTAL
	Porcentaje de avance por mes						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
1.1 Búsqueda bibliográfica general	20%						20%
1.2 Desarrollo de algoritmos de seguimiento solar y construcción de dispositivos electrónicos de seguimiento							
1.3 Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio de la ganancia energética en sistemas fotovoltaicos fijos y con seguimiento solar en uno y dos ejes							
2.1 Desarrollo de modelos para simulación del comportamiento de dispositivos fotovoltaicos con seguimiento solar							
2.2 Validación de los modelos en base a la comparación con los resultados experimentales	33%						33%
2.3 Estudio comparativo de la ganancia energética debida al seguimiento	50%	50%					100%
2.4 Estudio de la influencia de las sombras en dispositivos fotovoltaicos con seguimiento	50%	50%					100%
3.1 Diseño y construcción de dispositivos electrónicos de control de carga de baterías de ion-litio							
3.2 Diseño y construcción estructural de una estación para recarga de bicicletas eléctricas	50%	50%					100%
4.1 Escritura de artículos		50%					50%
4.2 Presentación en congresos y ponencias universitarias			50%				50%
TOTAL							



7	Fechas de inicio y fin
	01 de febrero de 2016 / 01 de agosto de 2017

8	Infraestructura, equipos y fondos adicionales.
	<p>8.1 Infraestructura y equipos El espacio físico de los laboratorios de Energías Alternativas y Transferencia de Calor están a disposición del proyecto.</p> <p>8.2 Breve justificación del equipo requerido En el presente proyecto se necesitará comprar varios equipos para desarrollar cuatro sistemas principales que se enumeran a continuación:</p> <p><u>Sistemas electrónicos de seguimiento y recarga</u> Estos sistemas incluyen todo el material electrónico necesario para el desarrollo de estos sistemas como son: microprocesadores, actuadores, sensores, tarjetas electrónicas, sistemas de protección eléctrica y ambiental, baterías de litio, etc.</p> <p><u>Banco de pruebas de seguimiento</u> Este banco de pruebas es la base del estudio ya que nos permitirá realizar la parte experimental del proyecto. Este banco incluye: paneles fotovoltaicos, estructura mecánica, motores eléctricos,</p> <p><u>Sistemas de medición y adquisición de datos</u> Este sistema es el responsable de medir las variables ambientales y energéticas de los sistemas de seguimiento para posterior tratamiento de datos. Este sistema incluye: piranómetros (medición de radiación solar), central de adquisición de datos (data logger), sensores de temperatura, sensores de voltaje y corriente, fluxómetros, etc.</p> <p><u>Prototipo de sistema de recarga</u> Es el resultado final del proyecto, demostrará la factibilidad del seguimiento en estaciones de recarga. Este prototipo incluye: paneles fotovoltaicos, mecanismos de seguimiento, estructura mecánica, controlador de seguimiento y recarga, bicicletas eléctricas, etc.</p> <p>8.3 Fondos Adicionales N/A.</p>



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

9

Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)

- Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.
- Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.
- En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos

Lista de items	Año 1	Año 2	Total (USD)	Porcentaje
1. Contratación Servicios Personal por Contrato				
1.1 Ayudantes de investigación (1x18 meses)	4460	4460	8920	11%
1.2 Técnico de investigación (1x18 meses)	15750	15750	31500	39%
2. Maquinaria y equipos			0	
2.1 Sistemas electrónicos de seguimiento y de recarga de baterías de ion-litio	2500		2500	3%
2.2 Banco de pruebas de seguimiento (incluye paneles FV)	3000		3000	4%
2.3 Sistema de medición de radiación y potencia generada (incluye módulo de almacenamiento de datos)	18000		18000	23%
2.4 Prototipo de sistema de recarga de bicicleta eléctrica (incluye bicicleta)		5000	5000	6%
2.2 Material informático (ordenadores, impresora, software)	4000		4000	5%
3. Reactivos y material de laboratorio			0	
4. Literatura especializada	540	540	1080	1%
5. Viajes técnicos y de muestreo	1500	1500	3000	4%
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	1500	1500	3000	4%
TOTAL			80000	

10

Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto

Quito, 14 de Julio del 2015

Nombre: Santiago David Vaca Jiménez, Ing. M.Sc.
CC: 171598948-7

Firma del Director

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Instituto al que pertenece el **Director del Proyecto**, en Sesión del mediante Resolución No. y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.

JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO
Nombre:
CC:

Lugar y fecha

