

Módulos demostrativos fotovoltaicos de tercera generación en estaciones del Metrobús de la Ciudad de México

Jordi E. Gay Rosas¹

Antecedentes y justificación

El objetivo de este proyecto es desarrollar tres estaciones piloto de generación eléctrica en infraestructura pública, en este caso las estaciones de la Línea 1 del Metrobús de la Ciudad de México, dichas instalaciones serán un laboratorio de educación ambiental y de difusión de las diferentes tecnologías y programas con los que cuenta la ciudad.

Con los objetivos de lograr disminuir el impacto de la huella de carbono que la Ciudad de México tiene, de reducir la carga económica del Gobierno del Distrito Federal (GDF), pero sobre todo, de que ésta implementación sirva como un centro educativo, demostrativo, de difusión y de divulgación de todas las políticas, proyectos y acciones que el GDF tiene en la ciudad. Cabe mencionar que hace un año con el apoyo del Programa de Becas Ciudad de México – China, se inició la investigación de diferentes tipos de aplicaciones de sistemas eléctricos “Sistema Sustentable de Recolección de Desperdicios Sólidos basado en Vehículos Eléctricos” por parte de Jorge Luis Juárez Salazar donde tomó el desarrollo de infraestructura para carga de VE's, para ayudar al GDF a cumplir con las metas planteadas por el Plan Verde.

El GDF tiene varios acercamientos a la energía solar impulsados principalmente por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Distrito Federal (SECITI) en el marco de programas como “Ciudad Sostenible” de los que se desprenden diferentes normativas para su uso en el DF, pero lo que respecta a su implementación a una escala mayor o por particulares, no ha existido realmente un esfuerzo que logre ese cambio de paradigma.

1 Ha tenido experiencia en el diseño y cálculo de la compensación del factor de potencia para pequeños plantas generadoras de energía, manejo de PLC's marca *Siemens* aplicado a procesos industriales, al igual que manejo de *Pro Engineering*, Catia V5 R19 para diseño de estructuras cálculo de cargas axiales y momentos flectores, conocimiento sobre el cálculo de banco de capacitores para contrarrestar perturbaciones producidas por corrientes armónicas. Correo electrónico: jordi_63@hotmail.com

Comparación con las políticas públicas en la ciudad de Pekín

La ciudad de Pekín es pionera en la implementación de políticas y uso de celdas fotovoltaicas de acuerdo a lo estipulado por el Comité Organizador de Pekín para los XXIX Juegos Olímpicos (*Beijing Organizing Committee for the Games of the XXIX Olympiad*), —BOCOG por sus siglas en inglés—. Los proyectos fotovoltaicos alcanzaron 775kW generando 1.13 millones de kWh², las políticas implantadas por el BOCOG fueron las primeras en impulsar este tipo de tecnologías. Actualmente en conjunto al despliegue realizado para el evento, y la meta del 12^{vo} plan quinquenal (2011-2015) establece que la capacidad acumulada de energía solar deberá alcanzar los 15GW para el 2015 y los 500GW para 2020³, también se fomenta el uso con un sistema de subsidios para esta tecnología a nivel nacional (anexo A). Actualmente la ciudad de Pekín con apoyo del Banco Mundial, a finales del 2012 realizaron el lanzamiento del programa *The Beijing Sunshine School Golden Sun Project* ⁴ en el cual se instalarán 100 MW de paneles solares en 800 escuelas y centros de educación en la capital, con lo que no sólo se contribuirá a la meta entregando energía a la red sino que se promoverá el uso de estas tecnologías y su difusión al público en general impactando de manera directa a cerca de dos millones de usuarios de estas instalaciones, o como los diferentes centros de investigación que existen en diversas localidades como el *Shanghai Solar Energy Research Center* (anexo B) que en conjunto con el ayuntamiento de la ciudad de Shanghai promueven políticas de difusión de esta tecnología y sirven como laboratorios de investigación y diseño para las diferentes implementaciones que se vayan a hacer dentro de la ciudad.

Bajo el marco del hermanamiento que existe entre la Ciudad de México y Pekín, se tomaron como base este tipo de proyectos para la realización de esta propuesta que por la cantidad de personas a las que se le puede hacer llegar el mensaje es mucho mayor en cantidad y heterogeneidad de la población a la que se llega a través de los programas en China, por lo que el interés en la propuesta de la instalación del sistema piloto reside en que puede impactar un rango más amplio de personas ya que el 62% de los usuarios de Metrobús tienen entre 21 y 40 años, un nivel de estudios profesional de licenciatura terminado del 25.6%⁵, pero sobre todo un aforo de 479,524 ⁶ pasajeros al día que potencialmente es más de cinco veces lo que el CEA y el EDUCABIT logran impactar con sus programas en un año, siendo las estaciones CU, Parque Hun-

2 http://www.unep.org/pdf/BEIJING_REPORT_COMPLETE.pdf

3 <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/archive/archive-pdfs/sustainable-growth-china-cohen.pdf>

4 <http://www.worldbank.org/projects/P125022/cn-beijing-energy-efficiency-emission-reduction-demo?lang=en>

5 <http://www.metrobus.df.gob.mx/docs/encuestaequidad.pdf>

6 http://www.metrobus.df.gob.mx/transparencia/documentos/art14/XIX/CD_Anuar_2012.pdf

dido y El Caminero⁷ las más intensamente utilizadas pero las que tienen mayor aforo son Indios Verdes con más de 27 mil, Dr. Gálvez con cerca de 18 mil y Glorieta de Insurgentes con cerca de 17 mil pasajeros diarios, lo que nos da un espectro más amplio y un alcance por la cantidad de personas mucho mayor que el de la ciudad de Pekín.

Tomando algunos referentes del programa *Beijing Sunshine School*, trabajando con las empresas que proveyeron, el material, el diseño y la infraestructura para adaptarlos a las diferentes necesidades que tiene la ciudad, se trabajará en conjunto con los fabricantes de celdas solares y con empresas que desarrollan las diferentes tecnologías usadas, por ejemplo *Chengdu Xushuang Solar Tech*, líderes en la fabricación y utilización de paneles solares de Silicio amorfo (a-Si) (anexo C) en espacios públicos, como estaciones de autobuses rápidos en diferentes ciudades, aunque la aplicación es similar a los realizados en China, el diseño tendría que ser un prototipo mexicano porque la infraestructura y el lugar de aplicación son totalmente diferentes.

Como los alcances pueden ser muy amplios, y la implementación demasiado extensa, este proyecto se podría desarrollar en diferentes fases en las cuales se vaya dando una transición hacia este tipo de tecnologías. La propuesta radica en el diseño prueba, implementación y su difusión de este tipo de tecnologías para mobiliario urbano, en este caso las estaciones del Metrobús, servirán como un pequeño “laboratorio” de difusión no sólo de los beneficios de estas tecnologías sino también como promotor de las políticas que el GDF tiene con respecto a este rubro. En este caso, por su aforo y su condición de espacio público confinado da una mayor exposición a este tipo y por su gran exposición las estaciones de Metrobús de la línea 1, pueden formar parte de este programa, al igual que algunas zonas en la Ciudad de México, esculturas en avenidas y parques de la ciudad; involucrando a otras instancias del GDF como la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI) para la incorporación de esta tecnología a diversos proyectos.

Objetivo general

Lograr una exposición mayor de la energía solar fotovoltaica para facilitar la adopción de este tipo de tecnologías a través de priorizar la divulgación de ésta al ayudar a mitigar los efectos nocivos del consumo eléctrico al y minimizar costos e incorporando al GDF como un actor activo sobre las políticas de mitigación para que en el futuro pueda volverse un productor independiente de energía eléctrica abatiendo los costos que esta genera por su consumo en las instalaciones.

7 <http://www.metrobus.df.gob.mx/docs/encuestaequidad.pdf>

Objetivos particulares

1. Implementación de tres módulos demostrativos y de difusión como prueba piloto en la línea 1 del Metrobús (Centro Cultural Universitario, Altavista y CU) (anexo D) en un periodo de 1 año.
2. Difundir los beneficios de estas tecnologías, tanto económicos (programas de incentivos fiscales como el Código Fiscal del Distrito Federal (CFDF) como lo son el artículo 276 y 277 en los que se establecen lineamientos para estímulos fiscales a personas o empresas de hasta 20% de descuento del impuesto predial), ambientales (reducción de gases de efecto invernadero programa de Acción Climática 2013-2020) y sociales (difusión del PACCM⁸ sus metas y obras a realizar, así como el uso racional de la energía eléctrica).

Metodología

1. Convocar a un grupo multidisciplinario para la integración del proyecto, consultar la viabilidad de las estaciones piloto y convocar a los actores de la propuesta: UNAM, ya que su diseño y construcción corrió a cargo de esta Institución (Centro Cultural y CU); Metrobús, porque es responsabilidad de ésta la administración y Secretaría de Obras y Servicios porque de ésta depende la autorización de las modificaciones a las diferentes estaciones; así como apoyo de la SECITI para la aplicación de la propuesta.
2. Ajustes finales del prototipo de acuerdo al consumo energético por cada estación.
3. Gestiones para la obtención de apoyos, financiamiento y compra e importación de los materiales e insumos para la puesta en marcha del prototipo.
4. Integración de los diferentes elementos para la realización del piloto en las estaciones.
5. Pruebas y calibración de los sistemas instalados.
6. Puesta en marcha del piloto y ajustes sobre la marcha.

Resultados esperados

1. Diseño de prototipo de instalación de difusión ya sea itinerante para que pueda ser instalado en algún lugar público como las estaciones del Metrobús.

8 Programa de Acción Climática de la Ciudad de México.

2. Entregar una propuesta con un plan de negocios como base para futuras incursiones en el sector por parte del Gobierno, con relativa poca inversión.
3. Explorar otras líneas de difusión como: escuelas solares, centros de investigación y de difusión.
4. Vinculación con empresas fabricantes de paneles fotovoltaicos para lograr acuerdos de cooperación.
5. Propuesta de cambio de instancias públicas consumidoras a instancias generadoras.

Cronograma

		Semanas 2014																				
#	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Integración y aprobación del ante-proyecto																					
2	Diseño e ingeniería																					
3	Gestiones locales importaciones																					
4	Adquisiciones e importación																					
5	Integración del diseño																					
6	Prototipos y pruebas																					
7	Operación piloto																					
8	Ajuste																					

Nota: en los puntos 6, 7 y 8 se cumple con el objetivo de difundir esta tecnología porque es cuando formalmente se le daría arranque al sistema y cuando se puede ver en acción el uso de este tipo de tecnología.

Presupuesto

Se presentan varios presupuestos para el diseño, construcción e instalación de un prototipo de estación piloto, considerando una base de cálculo de 5kW/hora por estación.

El costo estimado de sistema desconectado de la red eléctrica por estación varía dependiendo de la compañía entre \$5,565 y los \$9,830 dólares por material, en este caso los precios son de tecnología convencional de paneles poli-cristalinos, pero los paneles de tercera generación de a-Si resultan ser más económicos porque sólo el costo de material es de \$4,431 dólares, costo de envío a China, a este precio también se le debe de aumentar el costo de ingeniería, e instalación por un costo de \$7,500 dólares (anexo E).

Cantidad	Producto	Costo unitario (USD)	Monto (USD)
1	Materiales e insumos (ANEXO E)	4431	4431
1	Ingeniería y Diseño	6250	6250
1	Mano de obra	1250	1250
	Subtotal		11931
	IVA		1789.65
	Total		13720.65

Contactos

China

Nombre	Institución y puesto	Datos		Tipo
		Correo electrónico	Teléfono	
Calvo Adame Efrén	Presidente, Cámara de Comercio México en China.	drefrencalvo@openmindchina.com	(86) 10 8532 4259	Real
Cui Guo -min	<i>University of Shanghai for Science and Technology Institute of New Energy Science and Engineering.</i>	cgm1226@163.com	(86) 21 5527 1466	Real
GuoQingla	<i>Ph.D Associate Professor Tsinghua University.</i>	guoqinglai@tsinghua.edu.cn	(86) 10 627 8308 6807	Real
HuwenGan	<i>Sichuan Tianhuang Solar Energy Industrry Co., LTD.</i>	1103555814@qq.com	(86) 10 159 8330 1888	Real

Contactos China continuación

JiaoLiang	<i>Project Manager New Energy Dept.China Triumph International Engineering</i>	Jiaoliang524@yahoo.com.cn	(86) 21- 5291 6280 ext. 5159	Real
Kelly Yu	<i>Special Adviser, International Institute for Sustainable Development.</i>	kelly.yu@iisd.org	(86) 136 0116 9043	Real
LinLiping	<i>Chengdu Xushuang Solar Technology Co.,Ltd.</i>	scbu@cdxssolar.com	159 2801 1863	Real
Lv Hui	<i>Information Office, New Energy Dept. China Triumph International Engineering</i>	71944469@qq.com	(86) 21 5291 6280 ext. 5180	Real
MaFei	<i>China Communications Construction Company</i>	mafeienglish@163.com	(86) 10 152 0193 8203	Real
Matilde Yu	<i>China National Huachen Energy Holdings Co., LTD</i>	yucongliu@chc-china.cn	(86) 10 5758 2933	Real
RenHua	<i>Senior Engineer Department of Capital Construction</i>	rmh@uibe.edu.cn	(86) 10 6449 2372	Real
Samuel Sun	<i>Beijing EPsolar Technology Co.,Ltd.</i>	samuel@epsolarpv.com	(86) 10 8289 4112/ 6018	Real
Sherry	<i>Himin Solar Energy Industry CO., Ltd.</i>	david@himin.com	(86) 10 133 6534 2698	Real
Tan Xiomeng (Miriam)	<i>The China Council for the Promotion of International Trade</i>	tanxiaomeng@ccpit.org	(86) 10 8807 5629	Real
Tsao Richard	<i>Chengdu Xushuang Solar Tech. Co., Ltd.</i>	richardcao520@hotmail.com	(86) 28 6191 3355 ext.8302	Real
Wang Congxiao	<i>President Assistant, New Energy Dept. China Triumph International Engineering</i>	cong Xiao.ctiec@gmail.com	(86) 21 5291 6280 ext. 3547	Real
Yuan Liqiang	<i>Ph.D Associate Professor Tsinghua University</i>	ylq@tsinghua.edu.cn	(86) 10 6277 3237	Real
Zhang Daniel	<i>JCS Solar Co.,Ltd</i>	daniel.zhang@jcassolar.com	(86) 717 460 8888 ext.6028	Real
ZengGuang	<i>Shanghai Solar Energy Research Center</i>	zengguang@solarcell.net.cn	(86) 21 6167 9880 ext.100	Real
ZouYuhui	<i>Master supervisor, Department of Electric Power System JiaotongUniversity</i>	zhouwendy@263.net	(86) 10 5168 8443	Real

México

Nombre	Institución y puesto	Datos		Tipo
		Correo electrónico	Teléfono	
León Arenas, Cortés	JUD de Proyectos Ambientales	larenas@metrobus.df.gob.mx	(52) 5761 6858, (52) 5761 6860	Potencial
Balcázar Rojo, Liliana	Subdirección de Centros de Educación Ambiental SMA	liliana.balcazar.sma@gmail.com	(52) 5630 5361	Real
Bustamante Bello, Martín Rogelio	ITESM Centro de Investigación en Microsistemas y Biodiseño	rbustama@itesm.mx	(52) 5483 2020 ext: 2202	Real
Cavazos Valle, Alicia del Carmen	Ingeniero de producto Siemens	alicia.cavazos@siemens.com	55 3332 9874	Real
De la Vega, Navarro Angel	UNAM Profesor Posgrado Ingeniería.	adelaveg@unam.mx	(52) 5547 3281	Real
García Miaja, Gonzalo Rafael	Subgerente de Nuevas Tecnologías y Reducción de Emisiones	-	(52) 5761 6858 (52) 5761 6860 Ext 125	Real
González Durán, Miguel	Consultor de Negocios y Transferencia Tecnológica	miguelgd10@hotmail.com	(52) 5276 3741	Real
Moreno Morales, Patricia Alejandra	Desarrollo de Negocios <i>Schneider-Electric</i>	patricia.moreno@non.schneider-electric.com	(52) 2629 5030 Ext 75185	Real
Romero Díaz, David	<i>Director for Strategic Partnerships for Knowledge Generation and Transfer</i> Tecnológico de Monterrey	dromero@itesm.mx	(52) 5483 2020 Ext. 1605	Real
Rosales Contreras, Liliana	Subdirectora de vinculación empresarial SEDU.	lrosalesc@df.gob.mx	(52) 5134 0770 Ext. 1412	Potencial
Sánchez Alvarado, Raymundo	JUD CEA Ecoguardas	rsanchez.sma@gmail.com	(52) 446 4503	
Torres Chávez, Olao D.	Tecnología e Innovación Sustentable S de R. L. de C. V.	olao.torres@gmail.com	(52) 5392 4925	Real
Vázquez Martínez, Oscar Alejandro	Dirección de programa de cambio climático y proyectos MDL.	ovazquez@df.gob.mx	(52) 5578 9931 ext. 6850	Real

Fortalezas y limitaciones

Fortalezas	Limitaciones
<p>*Un incremento en el impacto en la divulgación de los diferentes programas ya que este puede servir como “trampolín” de difusión para los demás programas que el GDF tiene en marcha.</p> <p>*Posible inclusión de empresas privadas para el financiamiento del proyecto.</p> <p>*Bajo costo de inversión para la implementación porque se tomaría como base la infraestructura existente y se trataría de intervenirla lo menos posible.</p> <p>*Reducción de costos asociados a utilización de energía eléctrica por parte de la Ciudad de México.</p> <p>*Generar ganancias económicas al GDF por la venta de energía residual.</p> <p>*Disminuye el problema de accesibilidad a este tipo de tecnología en México a particulares.</p> <p>*Hacer patente el compromiso del GDF por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, demostrando que los actos del PACCM siguen vigentes.</p> <p>*Contribuir cuantitativamente con la meta de ahorrar 25.5% de energía eléctrica en el alumbrado público de vialidades primarias y el Centro Histórico, asentado en el Plan Verde de la Ciudad de México.</p> <p>*Colaborar con la Estrategia Nacional de Cambio Climático⁹ con la meta a 10 años de generar el 35% de la energía eléctrica de fuentes limpias.</p>	<p>*Debido a la naturaleza del trazado geográfico de la Línea 1, y la localización de edificaciones de considerable altura, a los dos lados de algunas de las estaciones del Metrobús, no todas estas localizaciones son apropiadas para la implementación de este sistema.</p> <p>*Dificultad para establecer los Contratos de Compromiso de Compra de Energía Eléctrica para Pequeño Productor.</p> <p>*Intermitencia en la generación eléctrica debido a fenómenos naturales.</p> <p>*Los componentes del sistema no se fabrican en México.</p> <p>*Resultados a largo plazo</p> <p>*Falta de interés por parte del gobierno para desarrollar y escalar este sistema a más mobiliario urbano, crecimiento del sistema y su subsecuente incorporación con los demás proyectos que se pueden beneficiar de este desarrollo.</p>

Temas de interés China-México

El modelo de autopromoción utilizado por este proyecto sobre políticas públicas y de beneficios a la sociedad, porque el impacto a la población en general puede ser mayor a los proyectos que la ciudad de Pekín tiene en curso.

Interés por parte de las empresas fabricantes de paneles solares y equipo utilizado en el sistema para lograr abrir un nuevo mercado en México. Debido al potencial solar que tiene México, se podrían abrir centros de desarrollo de nuevos diseños que aumenten la eficiencia de los paneles, uniéndose con las investigaciones que tiene el SECITI en este sentido.

Tratar de causar un mayor impacto en México y Latinoamérica con respecto a estas tecnologías para abrir posibilidades de negocio con otros estados del país, particulares e incluso otros países de la región.

9 <http://www.encc.gob.mx/>