



## Estado del Arte de Cargadores de Vehículos Eléctricos en la República del Paraguay

Marcelo Barboza, Enrique Buzarquis, Juan Domaniczky

Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay

Paraguay

### 1.1 Resumen

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), se prevé que el consumo de energía renovable, que no sea hidroelectricidad, a nivel global aumentará aproximadamente en 140% entre los años 2012 y 2035, y la capacidad solar (sobre todo equipos fotovoltaicos instalados en edificios) aumentará hasta 3 GW en el año 2020 y luego hasta 9 GW en el año 2035, por lo que se destaca que la tendencia mundial es apoyar la energía solar.

En el caso de Paraguay, de acuerdo a la Dirección Nacional de Aduanas (DNA), entre los años 2013 y 2016, la importación de vehículos eléctricos se incrementó en aproximadamente 1400%; esto gracias a la ley N° 5.183 de incentivos a la importación de vehículos eléctricos, en la que se exonera el pago del Impuesto Aduanero y del IVA a la importación para el mercado nacional de vehículos eléctricos y vehículos híbridos nuevos, donde en su artículo 4° habilita a los propietarios de estaciones de servicios o las personas que tengan interés en hacerlo, la instalación de bocas de expendio para carga rápida de vehículos eléctricos, debiendo las autoridades competentes otorgar facilidades administrativas para el efecto y reglamentar las condiciones de seguridad en las que se prestará el servicio de expendio o recarga.

Dadas estas condiciones, este trabajo presenta una memoria descriptiva del Proyecto “Cargador de Automóviles Eléctricos con base en Energía Solar (CAEL)”, el cual consiste en el desarrollo de un sistema de recarga de automóviles eléctricos, utilizando fuentes alternativas de energía, en este caso, la energía solar.

El proyecto propone la carga de baterías de automóviles eléctricos con energía solar, mediante la construcción e instalación de un cargador solar de Vehículos Eléctricos en el Centro de Recepción de Visitas (CRV) de la Itaipu Binacional, con el objetivo de promover y difundir el uso de las energías renovables en sistemas de carga e iluminación, así como otras aplicaciones.

Además, este artículo expone las características técnicas del sistema instalado.

Finalmente, se llevó a cabo un monitoreo de la producción del sistema por un período de 8 meses, y se contrastó con los resultados obtenidos en el Proyecto “Mapeo del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay” para estimar la producción energética promedio mensual y en las estaciones de verano y otoño del sistema, obteniéndose un aprovechamiento energético solar de 2,052 MWh.



---

## 1.2 Palabras clave

Cargador, Vehículos Eléctricos, Automóviles Eléctricos, Energía Solar.

## 2. INTRODUCCIÓN

Según [1] se prevé que el consumo de energía renovable que no sea hidroelectricidad deberá aumentar aproximadamente en 140% entre los años 2012 y 2035, y la capacidad solar (sobre todo equipos fotovoltaicos instalados en edificios) aumentará hasta 3 GW en el año 2020 y después hasta 9 GW en el año 2035, por lo que se destaca que la tendencia mundial es la de apoyar la energía solar. De acuerdo a [2], desde el año 2013 hasta el año 2016, la importación de vehículos eléctricos se incrementó en aproximadamente 1400%.

Esto junto con [3] se exonera el pago del Impuesto Aduanero y del IVA a la importación para el mercado nacional de vehículos eléctricos y vehículos híbridos nuevos, y que en su artículo 4° que habilita a los propietarios de estaciones de servicios o las personas que tengan interés en hacerlo, la instalación de bocas de expendio para carga rápida de vehículos eléctricos, debiendo las autoridades competentes otorgar facilidades administrativas para el efecto y reglamentar las condiciones de seguridad en las que se prestará el servicio de expendio o recarga.

Por lo anterior, este trabajo presenta el Proyecto “Cargador de Automóviles Eléctricos con base en Energía Solar para el Centro de Recepción de Visitas de la Itaipu Binacional” (CAEL), el cual consistió en el desarrollo de un proyecto para la instalación de un cargador eléctrico de automóviles, con fuentes alternativas de energía.

Así, el proyecto permite el cargado de baterías de automóviles eléctricos con energía solar mediante la construcción e instalación de un innovador sistema en el Centro de Recepción de Visitas (CRV) de la Itaipu Binacional. Por ello, se instalaron como medios informativos, un tótem y cartelería con el objetivo de difundir el uso de este tipo de tecnología. Se definió el CRV como local de instalación del sistema, debido a la afluencia de un gran número personas que visitan el sitio, donde pueden observar de cerca el sistema y familiarizarse con este tipo de tecnología, que se constituye en un icono como modelo de sostenibilidad para la movilidad eléctrica en el país.

## 3. JUSTIFICATIVA

Este proyecto toma como Know-How la experiencia de la Itaipu Binacional en este tipo de emprendimientos, ya que la Itaipu Binacional cuenta en su haber vehículos eléctricos de diversa índole.

Así también, este proyecto crea un espacio técnico-científico que permitirá la instalación de un tipo de tecnología de cargado eficiente de bajo consumo, donde, además la misma quedara expuesta en carácter permanente, lo cual servirá para demostrar la manera en que este sistema de movilidad eléctrica, alimentados con Energía Renovable, sirve para el estudio de integración con la red de alimentación de energía eléctrica.

Por otro lado, con la ejecución de este proyecto se busca impulsar el uso de energías renovables en núcleos urbanos, a través de un sistema conectado a red con almacenamiento de energía que podrá

**XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
06 y 07 de Setiembre de 2018

ser replicado en hogares, sirviendo como primer paso para una red de generación distribuida inteligente a futuro que permitirá acompañar al crecimiento de la demanda energética.

Es importante señalar que, con la ejecución de este proyecto, se impactará de manera positiva en la impresión que la sociedad pueda tener sobre la actualidad energética nacional.

#### 4. PROYECTO

En las siguientes secciones se describen el alcance del proyecto, detallando las especificaciones técnicas de instalación de los equipos que componen el sistema fotovoltaico y de carga de vehículos eléctricos, junto con su respectivo banco de baterías y sistema de monitoreo, indicando primeramente con vistas en 3D el diseño del sistema a ser instalado, estas vistas se muestran en la Figura 1.



**Figura 1. Vistas 3D del diseño del sistema de carga de vehículos eléctricos con energía solar.**

#### 5. COMPONENTES

##### 5.1 Estructura para soporte de Paneles Solares Tipo Marquesina

En la concepción de este proyecto, se estableció como punto de partida la condición de que los vehículos eléctricos a ser recargados deberían de permanecer estacionados por un período de tiempo mayor a tres horas, para optimizar el proceso de recarga de baterías.

Se consideró que el recorrido de los vehículos eléctricos no excedería los límites de las instalaciones de la Itaipu Binacional, se estimó que el recorrido promedio sería de 7,5 km por día, este recorrido contempla la distancia desde el Edificio de Producción de la Itaipu, ubicado en el centro exacto de la represa, hasta el Centro de Recepción de Visitas Margen Derecha.

Considerando estas condiciones iniciales, se decidió por instalar en el estacionamiento del CRV un techo con el tamaño suficiente para cubrir dos vehículos eléctricos, por lo que se decidió montar una estructura de aluminio tipo marquesina como se puede apreciar en la Figura 2.



**Figura 2. Estructura de soporte de los paneles solares montada en el CRV de Itaipu.**

## 5.2 Sistema Fotovoltaico

Las capacidades del sistema fueron dimensionadas en función al costo óptimo según las capacidades comercialmente disponibles, teniendo en cuenta aspectos estéticos del sistema y su conexión a la red con la posibilidad de replicar el proyecto en otros puestos de carga que prevén un mayor consumo de energía eléctrica, como por ejemplo en hogares o estaciones de servicio, centros comerciales, etc. Esto serviría como primer paso para una red de generación distribuida inteligente a futuro que permitirá acompañar al crecimiento de la demanda energética.

### 5.2.1 Paneles Fotovoltaicos

La cantidad de paneles fotovoltaicos se corresponde con la estructura de aluminio tipo marquesina, que puede soportar hasta 15 paneles, distribuidos en 5 filas y 3 columnas, como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3. Vista superior del diseño y de la versión final de la estructura y distribución de los paneles.**

Los paneles seleccionados para este proyecto son de la marca Eco Green Energy, y poseen una potencia máxima de 310 Wp, una corriente máxima de 8,36 A, un voltaje máximo de 37,09 V, conectados utilizando dos reguladores de carga, un regulador presenta una conexión de 3 ramas en paralelo con 3 paneles en serie en cada rama; y el otro regulador presenta una conexión de 2 ramas en paralelo con 3 paneles en serie en cada rama. Finalmente, la potencia máxima instalada del sistema fotovoltaico es de 4,5 kW.

### 5.2.2 Regulador

Los Reguladores utilizados son de la marca Outbacky son del tipo Controlador de Carga Continua MPPT (Maximum Power Point Tracking) con un voltaje nominal de 48 V DC y corriente máxima de salida de 80 A. Se instalaron dos reguladores para un manejo optimizado de la corriente máxima de entrada del sistema, estos reguladores están conectados en paralelo a la batería, en la Figura 4 se muestran los reguladores instalados.



**Figura 4. Reguladores utilizados en el proyecto**

### 5.2.3 Inversor

El inversor seleccionado es también de la marca Outback, es del tipo Inversor/Cargador bidireccional, y presenta un voltaje DC de entrada nominal de 48 V, potencia de salida continua de 7000 VA y voltaje AC de salida de 230 V. En la Figura 5 se puede apreciar el inversor instalado.



**Figura 5. Inversor/Cargador marca Outback utilizado en el proyecto**

### 5.2.4 Batería

La batería seleccionada para este proyecto es de la marca BAE, del tipo OPzV, de ácido-plomo reguladas por válvula (VLRA-GEL) que no necesitan mantenimiento, presentan una placa tubular positiva y placa negativa plana. El Banco de baterías instalado es de 48 V DC (de 24 celdas de 2 V DC por celda), 610 Ah C10, con capacidad de 29,280 kWh. En la Figura 6 se muestra el banco de baterías montado.



**Figura 6. Banco de Baterías montado dentro del Gabinete**

## 5.3 Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico (SAVE)

Se instalaron dos Sistemas de Alimentación del Vehículo Eléctrico (SAVE) de la marca ROLEC para optimizar el uso de la energía solar fotovoltaica, las especificaciones de ambos sistemas se detallan en la Tabla 4, y en la Figura 12 se pueden apreciar los SAVE, destacando que un SAVE tiene una capacidad de 3,5 kW (16 A) y el otro de 7 kW (32 A). Además, en cada punto de carga se instalaron dos tomas del tipo industrial para los vehículos de la Itaipu que cuenten con el adaptador a bordo, estas tomas tienen una capacidad máxima de 3,5 kW (16 A). Por lo que es posible cargar dos vehículos en simultáneo.



XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
06 y 07 de Setiembre de 2018



Figura 7. SAVE de la marca ROLEC instalados en el CRV de Itaipu.

## 6. MAPEO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR Y EÓLICO DEL PARAGUAY – PESE-PY [4]

El proyecto Mapeo del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay (PESE-PY), fue encarado por la Itaipu y el Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay, que lleva a cabo el diagnóstico del potencial de energía eólica y solar en el territorio paraguayo con una modelización numérica del modelo WRF-ARW. Dicha metodología se fundamenta en el hecho que el cubrimiento espacio-temporal de las estaciones de medida del viento y el Sol, no cubren de manera representativa el territorio paraguayo aplicando la metodología basada únicamente en la interpolación de observaciones provenientes de estaciones meteorológicas, afectaría la calidad de la información obtenida del proyecto. Se obtuvieron estimaciones numéricas de variables meteorológicas del territorio de Paraguay, con una resolución espacial de 10 km x 10 km y una resolución temporal horaria a partir de un periodo de registro de 20 años (1994-2014), que permitió obtener un año meteorológico tipo.

### 6.1 Potencial Solar

Con los datos obtenidos con el proyecto del Mapeo del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay, se indica el potencial solar en la ubicación más próxima, de la cual se disponen los datos del potencial solar, a donde se encuentra ubicado CAEL, que en este caso corresponde al punto de coordenadas de Latitud -25,425 y Longitud -54,63, los datos del potencial solar se pueden encontrar disponibles en la página <http://pese.pti.org.py/>.

### 6.2 Producción de CAEL

El sistema fotovoltaico del Proyecto CAEL cuenta con monitoreo remoto, que es proveído por el fabricante de los equipos a través del controlador MATE3, que ofrece funciones avanzadas para monitorear y controlar de forma remota los sistemas fotovoltaicos con múltiples inversores/cargadores, y permite el acceso abierto a las funciones necesarias, con una función incorporada de reloj y calendario, se permite una programación detallada basada en el temporizador del funcionamiento del inversor y del cargador. Además el MATE3 cuenta con monitoreo completo del sistema remoto a través de una interfaz web fácil de usar que se puede encontrar en <https://opticsre.com/Home/>.

### 6.3 Comparación

Los datos comparados corresponden a la producción mensual promedio de CAEL y los datos del potencial solar en cuanto a irradiación mensual en los meses de octubre a diciembre del 2017 y de

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
06 y 07 de Setiembre de 2018

enero a junio del 2018. Para realizar esta comparación es necesario estimar la producción de energía solar promedio mensual por metro cuadrado en CAEL, sabiendo que CAEL ocupa una superficie de 30 m<sup>2</sup>, se obtiene la Figura 8:

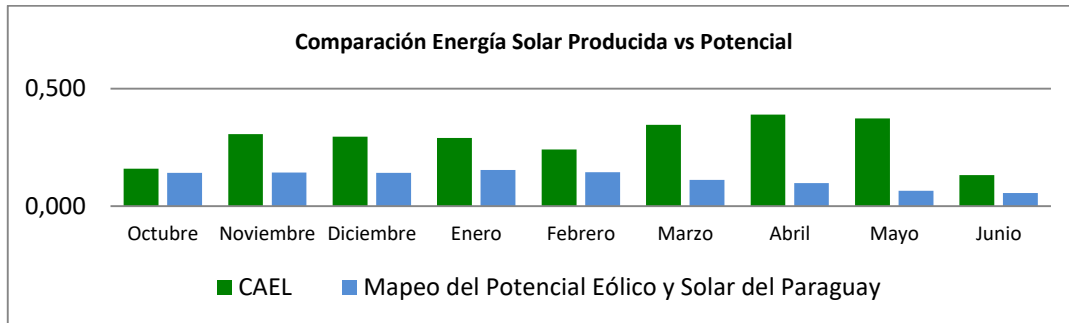


Figura 8. Comparación Energía Solar Producida (CAEL) vs Potencial (PESE-PY)

## 7 RESULTADOS

Como resultado de este proyecto se obtuvo un sistema de carga de vehículos eléctricos alimentado con energía solar instalado y funcionando en el Centro de Recepción de Visitas de la Margen Derecha (CRV) y además de tótems señalizadores con las informaciones requeridas para la difusión de este tipo de tecnologías, por otra parte, y de manera igualmente importante se logró obtener personal capacitado en la instalación, montaje y mantenimiento de sistemas de carga eléctrica y de sistemas fotovoltaicos, además de contar con un sistema de control y monitoreo remoto para la garantizar la disponibilidad del sistema y su funcionamiento óptimo.

El Proyecto finalizado y en funcionamiento se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Resultado Final del Proyecto, sistema de carga de vehículos eléctricos con energía solar instalado y funcionando en el CRV de Itaipu.

## 8 CONCLUSIONES

Los SAVE disponen de una funcionalidad 24/7; al no contar con partes móviles y debido a sus características de longevidad y resistencia a la intemperie los sistemas de paneles solares requieren poco mantenimiento, siendo estos de carácter preventivo para mantener el equipo en condiciones óptimas, el mantenimiento implica la limpieza periódica de los paneles, de los SAVE y la inspección



**XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
06 y 07 de Setiembre de 2018

visual periódica de las baterías y el gabinete de las mismas; por lo que se puede concluir que el mantenimiento no conlleva ningún costo asociado a la adquisición de productos o equipos.

Como están instalados dos SAVE de diferentes capacidades, la recarga de los vehículos eléctricos se puede realizar en 7 o en 3 horas, según el cargador que sea elegido.

La producción de energía solar se contrastó con el potencial energético solar disponible según el proyecto Mapeo del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay (PESE-PY) y según los resultados obtenidos, se observa que para los meses de mayor potencial, que corresponden a noviembre, diciembre y enero, la producción de energía solar según CAEL es el doble, y para el peor mes del año, que corresponde a junio, la producción solar según CAEL es de casi el triple; esto se debe principalmente a factores como que para el mapeo, la aplicación de la metodología basada únicamente en la interpolación de observaciones provenientes de estaciones meteorológicas, afecta la calidad de la información obtenida del proyecto y que las distancias entre las estaciones de la red de estaciones utilizadas en el proyecto PESE-PY son superiores a 45 km, por lo que los datos interpolados cuentan con un menor nivel de fiabilidad. Sin embargo, al comparar los datos del mes de octubre, la energía potencial es casi idéntica a la energía producida, esto se debe a que se promedia los datos de energía solar producida en un menor tiempo, ya que el sistema de CAEL inició el registro a partir del 17/10/2017, los datos se consideraron sólo para 14 días.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Dirección Nacional de Aduanas– DNA. (s.f.). Datos de Importaciones de vehículos eléctricos e híbridos según Descripción de la Posición Arancelaria). Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de <http://www.aduana.gov.py/datos/>
- [2] IEA. (2017). World Energy Outlook 2017. (U. E. Administration, Ed.) Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de International Energy Agency: <https://www.iea.org/weo2017/>
- [3] Ley N° 5183. (26 de Mayo de 2014). MODIFICA LA LEY N° 4.601/12 DE INCENTIVOS A LA IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. Asunción, Paraguay.
- [4] “Atlas del Potencial Energético Solar y Eólico del Paraguay” Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay. ISBN: 978-99967-861-0-5. Asunción, Paraguay. Año 2016.