

Modelado de la demanda de energía del parque automotor Híbrido- Eléctrico

Ing. Diego Oroño Spera (*IEEE Member*), Gonzalo Hermida Ranguis, Carlos Tutté
Montevideo, Uruguay
Agosto 2012

Resumen—Se presenta un modelo en Matlab® para obtener la demanda de energía eléctrica del parque automotor eléctrico adaptado a la realidad uruguaya, considerando la existencia de vehículos eléctricos e híbridos-enchufables, teniendo en cuenta diferentes alternativas de carga (carga compulsiva por parte del usuario, carga regulada, descarga hacia la red), considerando una curva particular para días laborales.

Index Terms—Autos híbridos, autos eléctricos, demanda de energía, modelado, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

El advenimiento de vehículos híbridos y eléctricos, hace que exista una transferencia de la demanda energía del transporte hacia el sector eléctrico. Esta transferencia trae aparejado diferentes impactos desde el consumo de energía eléctrica y de petróleo hasta una redistribución energética del país.

Pensando en un Uruguay con diferentes niveles de inserción de automóviles eléctricos e híbridos a mediano y largo plazo, es necesario poder realizar estudios de impacto y planificación energética y regulatoria asociada a cumplir con estos cometidos.

De forma de poder realizar estudios de impacto es necesario tener un modelo de la demanda de este parque automotor que se adapte a la realidad del país y que mantenga la flexibilidad necesaria como para incorporar medidas regulatorias de control de carga así como también otros tipos de tecnologías vinculadas en el sector.

En la bibliografía sobre el tema la mayoría de los modelos encontrados se basan en estadísticas de manejo, horas de tráfico y cantidad de vehículos por usuario realizadas en la ciudad o el país donde se busca realizar el análisis. En Uruguay no se cuenta con estadísticas de ese tipo como para poder hacer construcciones de esa naturaleza. Existen otros estudios que se independizan más de los datos estadísticos basándose en datos más macro sobre la realidad del país, pero que no incluyen en su modelado otras alternativas interesantes como la generación de energía eléctrica mediante la conexión del vehículo a la red entregando su remanente energético(V2G).

En este trabajo se busca nuclear la información recabada y se muestra la construcción de un modelo en MatLab® para obtener la demanda de energía eléctrica del parque automotor eléctrico adaptado a la realidad uruguaya, considerando la existencia de vehículos eléctricos e híbridos-enchufables dentro de la flota. El objetivo es poder tener un modelo con un compromiso acorde entre nivel de complejidad y profundidad de la solución de forma tal de poder ser utilizado en estudios de impacto vinculados con la incorporación de vehículos híbridos y eléctricos en nuestro país.

Un trabajo anterior realizado por dos de los tres autores [6], sentó las bases para este trabajo. La principal diferencia es que en este trabajo se le agrega aleatoriedad al cálculo de la matriz de transición de estados, el cual se realizaba de manera más manual en el trabajo anterior. Este trabajo se enmarca dentro del proyecto ANII *Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos*, en el cual los tres autores de este trabajo han trabajado.

II. CARACTERISTICAS GENERALES

II-A. Hipótesis de Trabajo

A continuación se enlistan algunas de las hipótesis sobre las cuales este trabajo fue realizado. Algunas otras son mencionadas en el correr del trabajo.

- Se modela un día laboral típico, en esto se tienen en cuenta los viajes realizados y las horas de salida y de llegada promedio de los vehículos.
- Se consideran cinco períodos del día diferentes:
 - Madrugada: de 0 a 7.
 - Mañana: de 7 a 11.
 - Día: de 11 a 16.
 - Tarde: de 16 a 21.
 - Noche: de 21 a 24.
- El paso de simulación es de 10 minutos.
- Los vehículos pueden estar en dos ubicaciones: Casa, Afuera. La carga sólo se encuentra disponible en la casa.
- El tipo de carga disponible es lenta. No se cuenta con estaciones de carga rápida.
- En los casos donde se impone un tipo de política de carga, se asume que se cuenta con cargadores inteligentes los cuales se podrán programar para optimizar su carga/descarga de la red en diferentes horarios.
- Tanto la carga como la descarga de la batería (en particular cuando entrega energía a la red), fueron tomadas como constantes. O sea que si la batería tiene 24 kWh de carga y se carga en 6 horas, la potencia que tomará de la red será de 4 kW durante todo el período.

II-B. Vehículos utilizados

Para construir el parque automotor híbrido eléctrico, se consideraron los modelos comerciales que ya están en el mercado y lideran en ventas en los últimos años. De dicho relevamiento realizado se decidió escoger por tres vehículos híbridos y por tres vehículos eléctricos. Luego de realizada la elección fue necesario recabar la información técnica necesaria para incluirla en el modelo. La demanda de energía eléctrica depende del tipo de batería, de su capacidad, de la autonomía del vehículo y del tiempo de carga. De acuerdo a que vehículo se utilice varían estos parámetros. En la fig. 1 se muestran los vehículos elegidos y algunas de sus principales características [3][4].

Estas características son consideradas en la simulación dependiendo del tipo de auto elegido.

III. MODELADO DE LA FLOTA DE AUTOS

El modelado de la flota de autos consta de dos grandes partes, en la primera se genera el escenario donde se quiere trabajar y las condiciones y en la segunda se realiza la simulación. La generación de escenario a su vez consta de cinco partes diferenciadas: sorteo de vehículos, distancias de viajes (cortos y largos), cantidad de viajes

	Eléctricos		
	Peugeot ION	Nissan Leaf	Citroen C-Zero
Autonomía (km)	130	175	130
Capacidad (kWh)	16.5	23.8	16.5
Recarga al 100% (h)	6	8	6
	Híbridos		
	Chevrolet Volt	Toyota Prius	Seat Leon
Autonomía (km)	64	22	52
Capacidad (kWh)	8.8	5.2	12
Recarga al 100% (h)	2	1	5

Figura 1. Características principales de los vehículos elegidos [3][4]

por período del día, asignación de viajes y horas de salida. Incluso en esta etapa de generación de escenario se elige el tamaño de la flota así como también la velocidad media de los vehículos. Para esta última se eligió una velocidad media de 15 km/h producto de un estudio anterior realizado para Montevideo[1]. En las próximas secciones se describen cada uno de los pasos mencionados.

III-A. Distancias de viajes

Pensando en un Uruguay que incorpore este tipo de tecnología, considerando la urbanización y la autonomía, así como también la densidad de población, Montevideo se sitúa como una ciudad candidata para este tipo de desarrollo. Con ese espíritu es que este trabajo se desarrolla considerando dicha ciudad cómo la zona donde estos vehículos se movilizan.

El generador de escenarios considera dos tipos de viajes que puede realizar un auto: largo y corto. Para elegir la distancia de los viajes de cada uno de los autos del parque automotor se sortea con dos distribuciones normales centradas en 8 km (para el caso de los viajes largos) y en 2 km (para los viajes cortos), con desviaciones estándar de 2 km y 1 km respectivamente. Estos parámetros también son ajustables por el usuario pensando en realizar la simulación en otro contexto, si se quisiera hacer una simulación para días no laborales estas distancias son un parámetro a modificar.

En la fig. 2 se observa un mapa de la zona metropolitana de Montevideo para brindar una idea de las distancias involucradas.



Figura 2. Zona metropolitana de Montevideo. [5]

III-B. Cantidad de viajes por período del día

Luego de tener definidas las distancias de los viajes es necesario localizarlas en los distintos períodos del día. El generador de escenarios supone un máximo de tres viajes largos y cinco viajes cortos en el día. Por otra parte no se permite tener más de cinco viajes en ningún período del día, y en la madrugada el tope es de dos viajes.

III-C. Asignación de viajes

En cuanto a la asignación de viajes por período del día, esta es realizada teniendo en cuenta que en un día laboral la mayoría de los usuarios realizan dos viajes largos, uno en el período de la mañana y otro en el período de la tarde. Por lo tanto el proceso de asignación comienza con los viajes largos localizando los dos primeros en la mañana y tarde, y sorteando los siguientes en el resto del día preferentemente durante el día. Luego de hecha esta asignación se asignan los viajes cortos donde primero que nada se verifica si el vehículo tiene o no viajes largos, en caso de no tener viajes largos, los dos primeros viajes cortos son asignados en el período de mañana y tarde y se sortean los siguientes. En caso de tener viajes largos los viajes cortos son sorteados en el día con la misma distribución de probabilidades que el 3er viaje largo mencionado anteriormente.

III-D. Horas de salida

Para la asignación de horas es necesario conocer cuantos viajes largos y cortos hace cada vehículo en cada periodo del día. Luego la generación de horas de salida se hace en dos etapas, primero para los viajes largos y luego para los cortos. Para cada vehículo y cada periodo del día, se genera una hora de salida para uno de los viajes largos. Es necesario chequear que dicha hora de salida no se solape con otro viaje, es decir, el resto de los viajes ya planificados para ese vehículo deben haber finalizado al momento de iniciar el nuevo viaje. Luego se repite el proceso, generando tantas horas de salida como viajes largos haya en cada periodo y chequeando que no haya solapamiento con los viajes anteriormente generado. Al finalizar de asignar los viajes largos se repite el procedimiento de generar horas de salida para cada periodo del día pero para los viajes cortos, nuevamente chequeando que estos no se solapen con los viajes anteriormente planificados.

IV. MODELADO DEL SISTEMA PARA SIMULACIÓN

Luego de tener generado el escenario donde se va a trabajar se corre el simulador. El proceso de simulación consta de dos etapas fundamentales las cuales son descritas en las siguientes subsecciones: el cálculo de potencia, y la matriz de transición de estados. Un diagrama de flujo simplificado del proceso de simulación se presenta en la fig. 3.

IV-A. Inicialización

En la inicialización se carga el escenario generado por el Generador de escenarios y se define el estado inicial de la flota, el tiempo donde comienza la simulación, cuantos días se quiere simular, el lugar donde se ubica la flota (todos comienzan en el hogar), y el estado inicial de la batería de los vehículos.

IV-B. Cálculo de potencia

El cálculo de potencia consumida o generada por paso de tiempo se realiza en un bloque particular del sistema. Este cálculo depende del tipo de auto elegido, el cual es sorteado en la generación de escenario, dependiendo el tipo de auto se sabe la autonomía, el tamaño de la batería y la duración en cargarla. Los autos posibles son los mencionados en la sección *Vehículos utilizados*. Dependiendo del estado en que se encuentre el auto es el cálculo que se realiza.

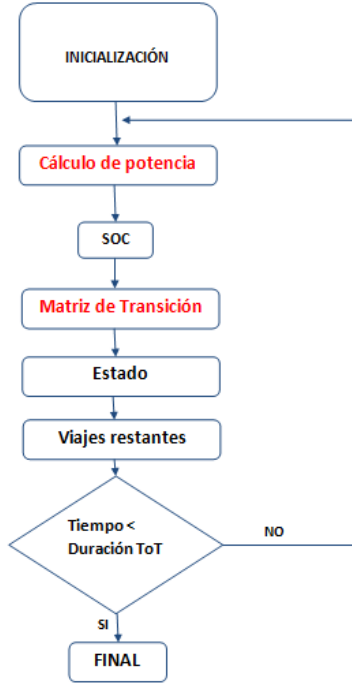


Figura 3. Diagrama de flujo de la simulación

IV-B1. Estado andando: El consumo del auto se define como cuánto se usa de batería para poder recorrer un kilómetro, el término batería de la ec. 1 corresponde al tamaño de la batería de dicho vehículo en kWh.

$$\text{Consumo}(kWh/km) = \frac{\text{batería}(kWh)}{\text{autonomía}(km)} \quad (1)$$

Entonces, se calcula la potencia consumida por el auto según la ec. 2.

$$P(kW) = \text{Consumo}(kWh/km) * \text{velocidad}(km/h) \quad (2)$$

Cuando el auto termina el recorrido antes de que termine el paso de tiempo, se calcula la potencia media durante el paso.

IV-B2. Estado cargando: Para modelar la carga del vehículo se tomo la hipótesis de que el auto se carga linealmente. La potencia tomada de la red es constante en el lapso de carga, entonces es posible calcular la potencia tomada de la red según la ec. 3.

$$P(kW) = \frac{\text{batería}(kWh)}{\text{tiempo de carga}(h)} \quad (3)$$

Si termina de cargar antes de que termine el paso se calcula la potencia media durante todo el paso.

IV-B3. Estado generando: En este caso el auto le entrega energía a la red. Este estado es habilitado solamente cuando se permite la opción V2G (Vehicle to grid). Se consideró que la descarga de la batería es realizada de la misma forma que la carga, según la ec. 4.

$$P(kW) = \frac{\text{batería}(kWh)}{\text{tiempo de carga}(h)} \quad (4)$$

IV-B4. Estado estacionado: Para el caso en que el auto está estacionado no se consume ni se genera potencia por lo tanto la potencia es cero, ec. 5

$$P(kW) = 0 \quad (5)$$

IV-C. Cálculo de transiciones

La otra parte fundamental del simulador es el cálculo de la matriz de transición de estados, para esta parte se realizaron modificaciones a la metodología propuesta en [2]. La idea es que para cada paso de simulación se calcula una matriz de transición de estados que indica cual es la probabilidad de que estando en un estado se pase al siguiente. La peculiaridad que tiene esta metodología es que la matriz está compuesta de 0 y de 1 y que las probabilidades son calculadas en base a donde se encuentre el vehículo, cuantos viajes le queden y el estado de carga en el cual se encuentra la batería. Por lo tanto la parte aleatoria es realizada en la generación de los escenarios, mientras que en la simulación se plasma esa aleatoriedad para calcular los estados de los vehículos en cada paso de tiempo.

Para la simulación se consideran tres estados posibles: Parado, Andando y Cargando. Para cada paso de simulación el vehículo cambia o no de estado de acuerdo a probabilidades iguales a 0 o 1. No se considera el estado Generando (o entregando energía a la red) ya que la idea es usar este estado para un caso particular y no en el caso base. Por lo tanto el caso Generando es un caso particular del caso Parado donde a su vez se habilita una bandera booleana que indica las horas que es posible generar.

Un vehículo estacionado (Parado), puede comenzar a andar, a cargar o permanecer estacionado. Un vehículo cargando puede empezar a andar o continuar cargando, en el caso que la carga esté completa el vehículo no pasa al estado Parado sino que continúa cargando pero con carga 0. Un vehículo andando puede continuar andando (mientras que tenga batería como para hacerlo) y si el viaje no está terminado, de otra forma estaciona el vehículo. Se asume que por lo menos el vehículo pasa por un paso de simulación estacionado antes de pasar al estado cargando cuando viene de andar, [2]. En la fig. 4 se presentan todas las posibles transiciones que puede llegar a tener un vehículo y la probabilidad asociada a dicha transición.

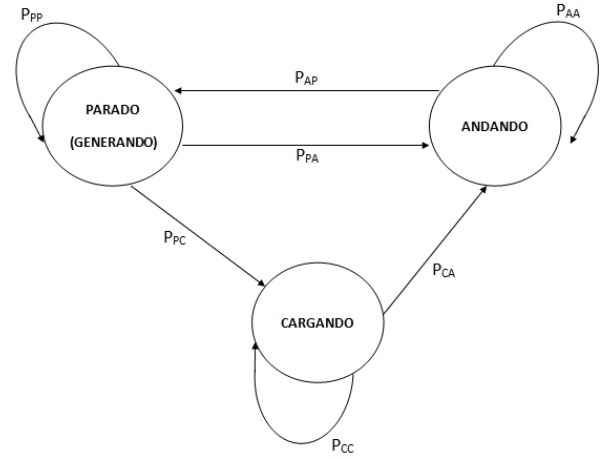


Figura 4. Estados y transiciones posibles. [2] (modificada)

Los cambios de estado son realizados de acuerdo al valor de las probabilidades de transición que se muestran en la fig. 4, su cálculo se describe a continuación.

IV-C1. Probabilidad de comenzar a andar (P_{*A}): La probabilidad de comenzar a andar a partir del estado Parado o Cargando depende de las probabilidades de que el usuario pueda andar ($P_{BATERIA}$) y de que sea tiempo de andar (P_{VIAJE}). La primera es más importante para el caso de los vehículos eléctricos puros, básicamente si la carga necesaria para realizar el próximo viaje es menor que la carga actual entonces $P_{BATERIA} = 1$. En cuanto

a la segunda, para cada viaje a realizar los vehículos tienen una hora de salida, si esta coincide con el paso de simulación entonces $P_{VIAJE} = 1$. Finalmente se obtiene P_{*A} según la ec. 6.

$$P_{*A} = P_{BATERIA} * P_{VIAJE} \quad (6)$$

IV-C2. *Probabilidad de continuar andando (P_{AA}):* Si el viaje no está terminado y la batería no se agotó $P_{AA} = 1$.

IV-C3. *Probabilidad de estacionar (P_{AP}):* Como no existe la posibilidad de pasar del estado Andando al estado Cargando, esta probabilidad se puede calcular según la ec. 10

$$P_{AP} = 1 - P_{AA} \quad (7)$$

IV-C4. *Probabilidad de comenzar a cargar (P_{PC}):* Esta probabilidad depende en primer término de que el usuario tenga la posibilidad de cargar $P_{puedocargar}$ (en el caso de este trabajo sólo cuenta con cargador en su hogar) con lo cual si el usuario se encuentra en su hogar $P_{puedocargar} = 1$. Por otra parte depende de que el usuario se encuentre en una hora permitida para la carga (en los casos de carga controlada), de ser así $P_{tiempodecargar} = 1$. Y por último depende de que el usuario quiera cargar ($P_{quierocargar}$), asumiendo que el usuario carga cada vez que puede, este valor es siempre igual a 1, pero podría no serlo en caso de cambiarlo para darle por ejemplo prioridad a la generación. En definitiva se obtiene P_{PC} según la ec. 8.

$$P_{PC} = P_{puedocargar} * P_{tiempodecargar} * P_{quierocargar} \quad (8)$$

IV-C5. *Probabilidad de continuar cargando (P_{CC}):*

$$P_{CC} = 1 - P_{*A} \quad (9)$$

IV-C6. *Probabilidad de continuar parado (P_{PP}):*

$$P_{PP} = 1 - P_{PA} - P_{PC} \quad (10)$$

IV-C7. *Matriz de transición de estados:* Finalmente luego de calcular cada una de las probabilidades anteriormente mencionadas se construye la matriz de transición de estados para el paso de simulación en cuestión. En la ec. 11 se muestra dicha matriz.

$$T = \begin{pmatrix} P_{AA} & P_{*A} & 0 \\ 0 & P_{AA} & P_{AP} \\ P_{PC} & P_{*A} & P_{PP} \end{pmatrix} \quad (11)$$

V. RESULTADOS

En esta sección se muestran algunos de los resultados obtenidos. El simulador permite realizar infinidad de casos en un tiempo muy reducido por lo que es imposible abarcar en este trabajo todas las combinaciones analizadas. Antes de mostrar los resultados, resulta interesante mencionar el especial cuidado que hay que tener con las condiciones iniciales y el tiempo de simulación de forma de obtener resultados coherentes. Posteriormente se muestran los resultados para los tres casos de estudio. Estas simulaciones fueron realizadas para un parque de 3000 vehículos.

V-A. Estabilización de las condiciones iniciales

Un parámetro fundamental a la hora de realizar la simulación es el estado inicial de carga que uno le coloca al parque automotor (SOC^1). Si se realiza una simulación de un día solo y no se tiene cuidado con el SOC inicial que se utiliza los resultados pueden distar de la realidad a la que se está apuntando, en las fig. 5 y fig. 6, se muestra la demanda calculada por el simulador para los casos de SOC inicial 0% y 100% respectivamente, donde se pueden observar diferentes

distribuciones de carga pero ninguna acorde con los comportamientos esperados.

La manera de que no sucedan estos efectos es simulando más de

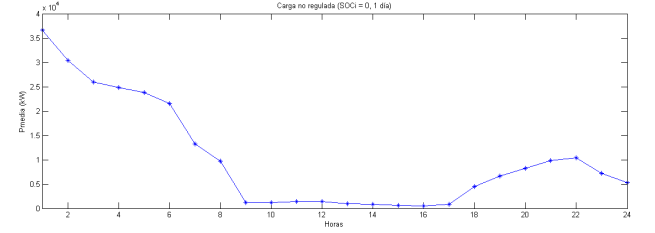


Figura 5. Carga No regulada - SOCi = 0, 1 día de simulación

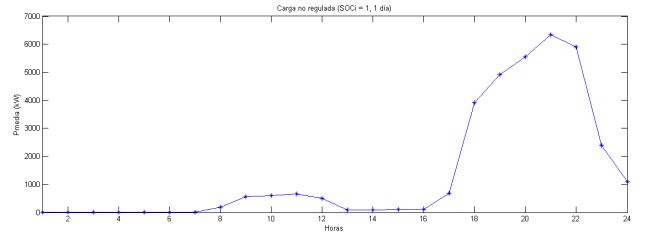


Figura 6. Carga No regulada - SOCi = 1, 1 día de simulación

un día. Mediante diferentes simulaciones del sistema se encontró de que tomar 5 días de simulación era una buena medida para no depender del estado inicial de carga de las baterías. Por otra parte se tomó 0.3 como carga inicial teniendo en cuenta que es el valor más representativo promedio de la hora de comienzo de la simulación.

V-B. Carga no regulada

En este caso se presenta la situación de lo que sucedería si no hubiese ningún tipo de incentivo o penalización para cargar en ciertas horas. En el programa esto se traduce en permitir que el usuario pueda cargar su vehículo siempre y cuando tenga cargador disponible. En la fig. 7 se muestra la curva obtenida.

Tal como era de esperarse, la mayoría de los usuarios llegan a

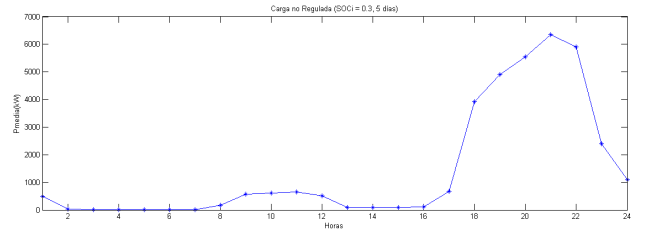


Figura 7. Carga No regulada

sus hogares y ponen a cargar los vehículos generando un pico para las 21 horas. Esto generaría un gran inconveniente para el sistema Uruguayo pensando en una gran incorporación de esta tecnología puesto que corresponde con la hora del pico de la demanda de energía convencional [12].

V-C. Carga regulada

En este caso se busca mostrar que sucedería si no se le permitiese a los usuarios cargar sus vehículos en ciertas horas. La forma de implementación de estas medidas no es motivo de discusión de este trabajo, pero por ejemplo se podría dar señales de precios que hagan

¹State of charge

que ciertas horas de carga se encuentren muy por encima del precio medio o por el contrario generar horarios de muy bajo precio donde valga más la pena cargarlo para el usuario en términos económicos. De cualquier forma se busca mostrar alternativas para correr el pico de la demanda del parque automotor con respecto a la demanda de energía convencional. En las fig. 8 y 9 se muestran dos casos donde se prohíbe cargar autos entre las 19-23 en el primer caso y entre las 20 y 24 en el segundo. Se ve que como efecto colateral se genera un pico de demanda en la primera hora en la cual se puede cargar los vehículos pero este pico ya se encuentra fuera del horario de alta demanda de energía, particularmente en correspondiente con el valle (hora de menos demanda de energía [12]).

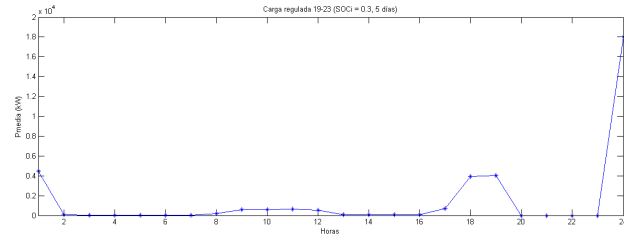


Figura 8. Carga Regulada entre las horas 19 y 23

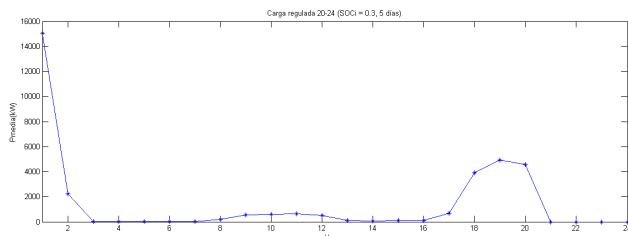


Figura 9. Carga Regulada entre las horas 20 y 24

V-D. Carga y descarga a la red

Por último se presenta la posibilidad de que los usuarios utilicen el remanente de carga en sus baterías luego de un día laboral para entregar energía a la red. Esta alternativa es conocida como V2G y se presenta como una posibilidad para reducir el pico de consumo de energía y alisar la curva de la demanda. En primer término en la figuras 10 y 11 se muestran los resultados de una simulación permitiendo entregar energía a los vehículos solamente entre las 19 y las 23 y entre las 20 y 24 respectivamente, e inhabilitando la carga en dichas horas. Se ve como efecto de esta entrega de energía que aumenta el consumo en el resto de las horas, pero este es realizado en horas fuera del horario de punta.

Luego resulta interesante dejar libre la posibilidad de entregar y de

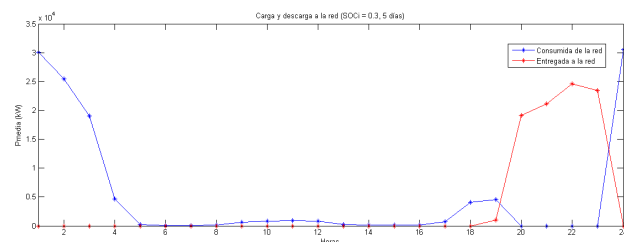


Figura 10. Carga y Descarga (V2G entre las horas 19 y 23)

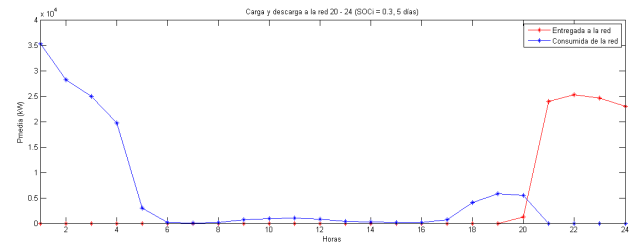


Figura 11. Carga y Descarga (V2G entre las horas 20 y 24)

consumir energía de la red para todas las horas del día y ver lo que sucedería. Se aprecia en la fig. 12 un constante intercambio entre generación y demanda.

Por último en la fig. 13 se muestra la demanda neta de energía (donde

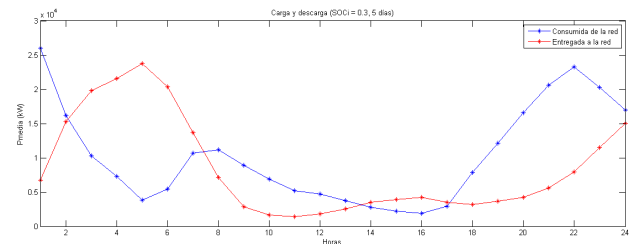


Figura 12. Carga y Descarga todas las horas

los valores negativos corresponden con inyecciones de energía a la red), en la cual se observa la fluctuación entre generación y demanda.

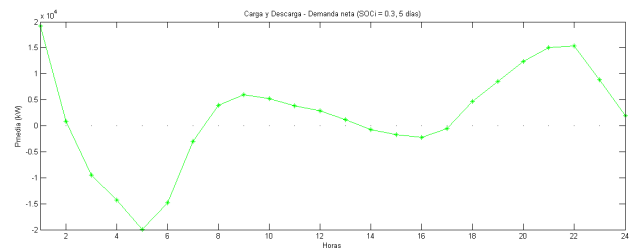


Figura 13. Demanda neta de energía (Carga y descarga todas las horas)

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un modelo para la demanda de energía del parque automotor híbrido-eléctrico ajustado a la realidad Uruguay. La idea de este modelo es utilizarlo para realizar diversos estudios de impacto sobre la penetración de este tipo de tecnología en el Uruguay. Los siguientes pasos además de las mejoras propias del modelo que serán mencionadas en la siguiente sección implican colocar esta demanda en un software de simulación que integre todo el parque generador uruguayo y poder apreciar el impacto en la demanda de energía. Por otra parte estudiar la reducción del consumo de petróleo debido a la inclusión de estas alternativas resulta otro objetivo a corto plazo.

Lo más importante para destacar de cualquier manera, no son en sí los resultados obtenidos sino la metodología utilizada que permiten realizar mejoras modulares sin tener que afectar lo que ya se realizó. Otro aspecto a destacar del simulador es la rapidez con la que corre, obteniendo los resultados en cuestión de minutos en computadoras convencionales.

Dentro de los resultados obtenidos, se pudo apreciar que es necesario desarrollar algún tipo de señal regulatoria de forma tal de que la carga de los vehículos no sea realizada en el mismo horario donde se encuentra el pico de la demanda de energía. Se pudo ver que si no se pone ningún tipo de regulación, ese es el comportamiento natural al que se apuntaría. Por otra parte aparece la posibilidad de utilizar el remanente de carga de los vehículos como una alternativa interesante para generar energía, por lo menos de forma de autoabastecer a un hogar, dicha alternativa merece un estudio más profundo.

VII. TRABAJO A FUTURO

Aparecen rápidamente varios aspectos a mejorar del modelo obtenido, algunos de los cuales se enumeran a continuación-

- Considerar la curva de días no laborales: Esto implicaría realizar una nueva diagramación de los viajes posibles en el día y de las distancias implicadas en dichos viajes (menos viajes y más largos).
- Realizar una distinción entre vehículos comerciales y privados a la hora de realizar el modelado: Cada uno de los cuales con distintos itinerarios promedio diarios.
- Habilitar la posibilidad de centros de carga rápida y super rápida en diferentes lugares.
- Considerar la posibilidad de existencia de centros de reemplazo de baterías, modelados como una carga instantánea al 100 %.
- Agregar más vehículos al listado. Y considerar posibles avances tecnológicos a la hora de realizar simulaciones a largo plazo.

Sobre estos puntos se continuará trabajando buscando generar un mejor modelo y con más alternativas.

REFERENCIAS

- [1] Proyecto ANNI *Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos* Facultad de Ingeniería, UdelAR.
- [2] Master Thesis *Impact of the electric vehicle on the electric system* Mélaïne Rousselle, KTH Electrical Engineering, 2009
- [3] Programa de movilidad eléctrica (España). www.movele.es
- [4] <http://www.chevrolet.es/nuestros-modelos/volt/>
- [5] Mapa de Montevideo <http://uy.kalipedia.com/geografia-uruguay/tema/graficos-area-metropolitana-montevideo.html>
- [6] Trabajo de fin de curso *Simulación de Sistemas de Energía 2011 Modelado en SimSee de demanda del parque automotor eléctrico* Pablo Caldeiro, Diego Oroño, Carlos Tutté. Instituto de Ingeniería Eléctrica - FING - UdelAR. Julio 2011.
- [7] Stochastic Modeling of Power Demand due to EVs Using Copula, Alicja Lojowska, Student Member, IEEE, Dorota Kurowicka, Georgios Papaefthymiou, Member, IEEE and Lou van der Sluis, Senior Member, IEEE
- [8] The impacts of extra load from EVs in the Netherlands: A North-West Europe case study Alicja Lojowska, Ana Roxana Ciupuliga, Georgios Papaefthymiou and Ecofys Germany GmbH Electric Power Systems Group, Delft University of Technology- The Netherlands
- [9] Probabilistic Modeling of EV Charging and Its Impact on Distribution Transformer Loss of Life Sachin Argade, Visvakumar Aravinthan, Ward Jewell Department of Electrical Engineering and Computer Science Wichita State University Wichita, KS, USA
- [10] Plug-in HEV Charging for Maximum Impact of Wind Energy on Reduction of CO2 Emissions in Propulsion Rakesh Patil, Jarod Kelly, Hosam Fathy, Zoran Filipi
- [11] Distribution of PEV Charging Resources to Balance Transformer Life and Customer Satisfaction Q. Gong, S. Midlam-Mohler, V. Marano, G. Rizzoni. Center for Automotive Research The Ohio State University Columbus, OH, USA
- [12] Administración del Mercado Eléctrico www.adme.com.uy