

# Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda

## Resource allocation for the recharging of electric vehicles in service stations based on the demand response

Jhonatan Fabricio Meza Cartagena <sup>1\*</sup>, Edwin Marcelo García Torres <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

\*Autor de correspondencia: [jmezac@est.ups.edu.ec](mailto:jmezac@est.ups.edu.ec)

**RESUMEN**— La Respuesta a la Demanda (DR), dirigida a la carga de la red eléctrica ocasionada al incorporar Vehículos Eléctricos (EVs), es considerada de gran importancia debido a un alto impacto que provocan dichos vehículos a los sistemas eléctricos. El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar asignación de recursos energéticos para la recarga de EVs en estaciones de servicio y así atenuar el impacto que los mismos generan, además de los distintos tipos de carga ante la red eléctrica con varios escenarios. Se plantea un modelo heurístico que se basa en la respuesta a la demanda por medio del algoritmo Húngaro, es decir, se consiguió la adecuada asignación de recursos energéticos para la carga de EVs.

**Palabras clave**— *Baterías de Vehículos Eléctricos, Energías Renovables, Estaciones de recarga, Respuesta a la Demanda, Optimización, Vehículos Eléctricos.*

**ABSTRACT**— Demand Response (DR), directed at the electric grid load caused by the incorporation of Electric Vehicles (EVs), is important to a large extend due to the high impact caused by vehicles to the electric systems. The present work results in the allocation of energy resources for recharging EVs in service station and their impact, as well as the different electric charge. It is a Heuristic model based on the demand response to demand in the middle of the Hungarian algorithm, that is, it has the appropriate allocation of energy resources for the charging of EVs. Taking into account several load stages that focus on the DR for which they are modeled and determined the types of load that were used with: a) slow, b) fast, c) ultra-fast, d) ultra-fast, in which, the different behaviors will be evaluated that results when inserting EVs, will be evaluated. It also explains the different varieties and the different varieties of EVs that are used for the purpose of achieving an efficient use of solar radiation for winter and summer.

**Keywords**— *Electric Vehicles Batteries, Renewable Energies, Recharge stations, Demand Response, Optimization, Electric Vehicles.*

### 1. Introducción

La Respuesta a la Demanda [DR, siglas en inglés (Demand Response)] nos denota a la manera en la cual se realiza el cambio del suministro eléctrico y a la vez del cómo varía el consumo de energía eléctrica por parte de los consumidores ante las respectivas empresas de distribución y con los esperados patrones de precio establecidos para un tiempo en los cuales se dan incentivos, para lograr restar el consumo y minimizar los picos en horas de gran demanda de consumo eléctrico y evitar inconvenientes o peligro de fallas en el sistema [1]. El objetivo primordial de la DR tiene como gestión la demanda requerida, al asignar los recursos existentes de una manera en la cual permita utilizar la energía ya disponible ayudando a no incrementar nueva capacidad en generación [2]. La DR nos oferta un

interés comercial muy positivo, pero aún no tiene una madurez concreta en otros ámbitos, como es el caso de la residencial [3].

En este documento, se considera el problema de asignación de recursos energéticos basándonos en una óptima respuesta de la demanda mediante el algoritmo Húngaro que permite una optimización en la que se resuelven problemáticas de asignación dentro de un período de tiempo que en este caso se ha analizado hora a hora durante un día. De acuerdo con lo denotado anteriormente, el modelo heurístico propuesto permitirá modelar un sistema óptimo de respuesta a la demanda que minimice el impacto de cargar vehículos eléctricos en un sistema de distribución, de esta manera se propone una estrategia que logre conseguir adecuadamente la asignación de recursos energéticos

referidos a la literatura de vehículos eléctricos. Se introducen algunos índices que nos permitirán estimar la eficacia del modelo propuesto.

El modelo para solventar el problema de DR para EVs es un problema de optimización NPL (programación no lineal), debido al número de variables involucradas y también es debido a las restricciones propuestas. Por lo tanto, las técnicas propuestas se han evaluado en escenarios que abordan diferentes tipos de dispositivos eléctricos con distintos requisitos de energía, en escalas diversas se ha comparado el rendimiento de la técnica con diferentes líneas de base [4]. Por otro lado, el insertar EVs vehículos eléctricos nos proporciona una opción más factible para la reducción de combustibles de origen fósil y también mermar el alto impacto que producen al medio ambiente. De tal manera en la que comerciantes y productores de automóviles han insertado propuestas e innovaciones tecnológicas enfocadas a los vehículos eléctricos que han ido incrementando en muy corto tiempo, estas innovaciones han dado como resultado la mitigación de emanaciones de CO<sub>2</sub> al ambiente [5]. Sin embargo, al insertar generación eléctrica proveniente de energías renovables y que varían de acuerdo al tiempo en los sistemas de distribución provocan una mayor necesidad de confiabilidad y estabilidad en la red y generar un equilibrio mediante la optimización para vehículos eléctricos incluidos en la red [4], tanto así que se logre reducir la contaminación a la atmósfera.

Distintas innovaciones tecnológicas entre los cuales tenemos: los vehículos eléctricos de batería, vehículos eléctricos híbridos y vehículos de pila de combustible de hidrógeno [6], la alta posibilidad y riesgo de degradación de las baterías, es decir, la vida útil de la batería se acorta cada vez más dependiendo de la relación de carga y descarga que se realice.

La energía renovable como alternativa aparece en las últimas décadas en lugar de las centrales de generación eléctrica convencionales. Su mayor beneficio viene sustentado por la fácil instalación en sitios cercanos a las demanda y además, no generar variaciones y pérdidas de voltaje de una manera elevada [7] y los costos de inversión [8]. Al ser insertados en la red de distribución eléctrica conlleva a generar e incrementar retos, ya que posee una aleatoriedad de generación. Con

lo que surgen los sistemas de almacenamiento como son las baterías con elevada capacidad las que aportan en beneficio y soporte de la red.

Para la carga de EVs sus estaciones de carga serán las que contienen la energía almacenada en este caso provenientes de las energías renovables [9], como ejemplo claro una de ellas es la energía que proviene del sol o también llamada fotovoltaica, esta energía es inyectada a sistema de distribución justo en el momento que es generada lo cual nos proporciona una energía limpia, óptima y sin tantas pérdidas lo que evita afectación a la red. La inmensa cantidad de energía solar es de gran efectividad y ayuda, debido a que llega a la tierra aproximadamente a 101 PWh por hora [10], que en cifras aproximadas son la misma cantidad a la demanda mundial consumidas de energía es decir, que la energía renovable Fotovoltaica(PV) está mejorando paulatinamente como parte de la solución [11].

El presente trabajo muestra el estudio del impacto de carga asumida por la red al insertar EVs, se utilizó el Algoritmo Húngaro para la asignación de recursos energéticos al tener una estación de carga, en la cual ingresan cuatro vehículos de manera aleatoria durante 24 horas, por lo cual se tendrá en cuenta que la carga va a ser distinta, por lo que se ha presentado que existen cuatro tipos de cargas: carga lenta, carga rápida y dos cargas ultra rápidas.

En adelante este documento se organiza de la siguiente manera. En la sección II se hace un estado de arte concerniente a vehículos eléctricos y baterías. En la sección III se denota la formulación de un modelo basado en el algoritmo Húngaro. En la sección IV se exponen los resultados del modelo propuesto. En la sección V finalmente exponemos nuestras conclusiones.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Vehículos eléctricos EVs**

El uso de los vehículos eléctricos son una de la soluciones más plausibles ya que no emiten gases de efecto invernadero hacia el ecosistema, no emiten gases nocivos y es un medio para proteger al ecosistema, además de una manera de usar energía eléctrica que proviene de fuentes limpias y naturales [11]. Se puede decir que, a comparación de los vehículos tradicionales, los EVs poseen hasta un 80% mayor de eficiencia y al ser más ergonómicos son menos complejos debido a

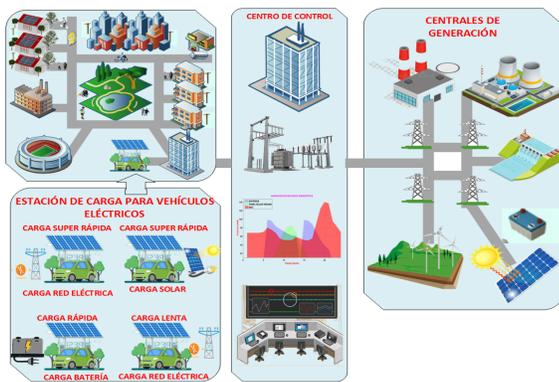


Figura 1. Asignación de recursos

su motor eléctrico y a la batería recargable [12-13].

Los beneficios que nos transmiten los EVs han incrementado los mercados de producción de los mismos como los son: Renault, Kia, Nissan, General Motors. Los cuales han ganado popularidad a los consumidores que en su gran mayoría son los países industrializados que han propuesto como método de reducir la contaminación en sus países.

## 2.2 Baterías de vehículos eléctricos

Estos equipos o más bien dispositivos que se usan para el almacenamiento de energía producida de manera química, para luego ser convertida en energía eléctrica al momento de usarla [14]. Existen distintos y diversos tipos de materiales de los cuales se construyen las baterías, pero el más utilizado son las baterías de ion-litio. En los materiales que componen la batería, poseemos una pequeña celda eléctrica la cual se compone por un elemento electroquímico conformando por un electrolito y dos electrodos en su interior [12], [13]. Dicho electrolito está cargado con una inmensa cantidad de iones y sustancias que contienen los electrodos, estos son semiconductores y permiten que la batería almacene la energía [15].

Encontramos parámetros existentes que caracterizan al comportamiento de una batería.

### Capacidad

Podemos mencionar que la capacidad de la batería se puede suministrar en una unidad de tiempo (Ah). Para encontrar y calcular el valor de la capacidad (C) es necesario aplicar la integral a la corriente que circula por la batería visto en un periodo de tiempo, como se indica en (1) [14].

$$C = \int_{t_1}^{t_2} i^* \partial t \quad (1)$$

### Índice de capacidad (C)

Se refiere a la capacidad o cantidad de electricidad que atraviesa los terminales de la batería. Realizando procesos que se ejecutan al interior de la batería como carga y descarga, este proceso se realiza en un específico lapso de tiempo, que se lo llama ciclo de carga o descarga esta viene dada en (A) ejercida en un periodo de tiempo (h), por lo cual su valor se representa mediante (A/h) [14].

### Auto descarga

Se considera como la pérdida de capacidad de la batería cuando está en circuito abierto, viene dada en porcentajes como la razón de la pérdida de la capacidad con respecto a la capacidad nominal se los realiza en periodos de tiempo en un mes [15].

### Profundidad de descarga

Es la capacidad entregada y se la mide en amperios cada hora (A/h) cuando existe la descarga de la batería con una relación con la capacidad nominal de la batería, por lo general se le denomina DOD por las siglas en inglés.

### Tipo de carga

Contamos con tres categorías para los tipos de carga las cuales se dividen según sus características (tipo de alimentación, tiempo y se encuentran varios otros parámetros eléctricos) los cuales nos determinan la velocidad de (100%) de carga de la batería. En la tabla 1 se plantea la carga de una batería de 24kWh de capacidad.

Tabla 1. Características de los tipos de carga de baterías de EVs [15]

Tipo de carga	Tipo de Alimentación	# fases	V	I	t_carga (24 kWh)
Lenta	C. Altern	1	127 V	16-30 A	6-8h

	a	2	230 V	16-30 A	6-8h
Rápida		3	400 V	64 A	3-4h
Ultra Rápida	C. Continua	1+, 1-	400 V	400 A	15-30 min

Densidad de E (Wh/l)	80	290
Auto descarga (% / mes)	4_6	2
Vida cíclica (ciclos carga /descarga)	500-600	>3000
\$ / KWh	120-150	600-800

### 2.3 Baterías de ion de litio vs baterías de plomo ácido

Existen muchas, un sin número de tipos de baterías pero para este estudio se han considerado dos tipos de baterías, estas son las más habituales en el mercado.

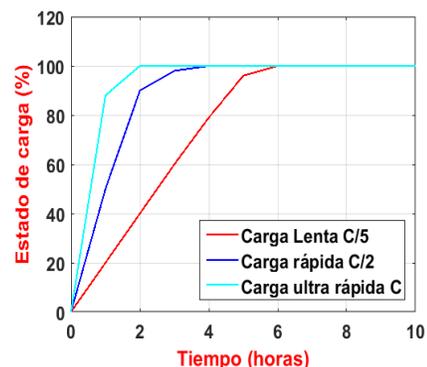
Tenemos características muy importantes para las baterías de ion litio las cuales se posicionan como las principales en el mercado, entre las más conocidas están su peso y el nivel de voltaje. La condición del peso reducido es por contar con electrodos de litio y carbono [14], [15]. Ya que el litio al ser un metal muy reactivo cuenta con una inmensa energía potencial que se almacena en sus átomos, que son contenidos en espacios sumamente reducidos lo que conlleva a una batería de menor volumen y con una mayor cantidad de carga [15]. Cuenta con un altísimo nivel de tensión 4V por celda (4V/celda) y también tiene un sin número de ciclos de carga/descarga a la cual no afecta su rendimiento [14]. En la tabla 3 se especifica y se compara entre las dos baterías más utilizadas.

**Tabla 2.** Resumen comparativo de las principales características de baterías

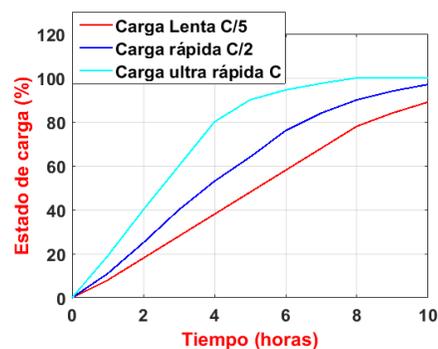
#### CARACTERÍSTICAS BATERÍAS

	Pb- Acido	Li-ion
T. nominal (V/celda)	2.0	4.0
E especifica (Wh/kg)	40	140
P. especifica (W/kg)	150-300	420

También es necesario mencionar que para las baterías y al cargarlas mientras más lenta sea la carga y descarga de la misma, mayor rendimiento se obtendrá debido a que se reducen las pérdidas [15]. En la figura 2 y 3 podemos observar los ciclos de cargas de las dos baterías.



**Figura 2.** Curvas de carga lenta, rápida y ultra rápida de baterías de ion-Li [16].



**Figura 3.** Curvas de carga lenta, rápida y ultra rápida de baterías de Plomo-ácido [16].

## 2.4 Energía fotovoltaica

La alta integración de energías renovables tales como la energía solar ha sido en gran magnitud debido a la manera limpia y su fuente constante de producción de energía. Este tipo de producción de energía eléctrica depende plenamente de las horas de sol que los paneles solares captan, la radiación es otro factor muy importante por lo cual se obtienen diferentes valores de radiación que para nuestro estudio hemos considerado para invierno y verano como se muestra en la figura 4.

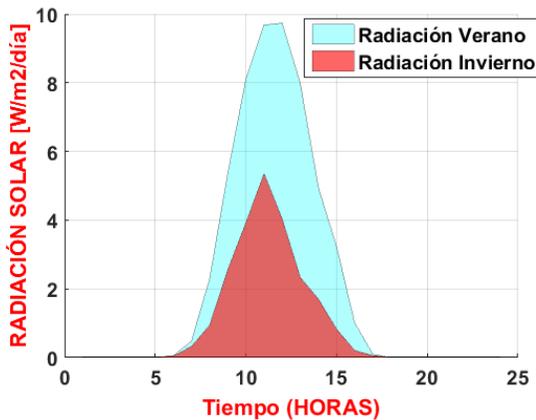


Figura 4. Curvas de radiación del panel solar

## 3. Formulación del problema

El planteamiento del problema viene dado como la óptima asignación de recursos energéticos para una respuesta a la demanda basándose en el algoritmo húngaro, mediante el cual se logrará reducir el impacto de carga que produce el EVs a la red de distribución eléctrica, en sus diferentes tipos de carga y a sus diferentes períodos de tiempo.

### 3.1 Aleatoriedad de EVs

Para el estudio se realizó un análisis hora tras hora durante un día, para lo cual nuestra estación de recarga de EVs cuenta con cuatro islas por las cuales se despachará la energía de manera aleatoria, dicho de otro modo los EVs tendrán distinto tipo de carga cada hora y podrán ingresar en cualquiera de las cuatro islas disponibles en la estación, esto significa que ningún tipo de carga es igual y pueden ocuparse las cuatro islas al igual que no puede ser utilizada ninguna.

### 3.2 Asignación de recursos mediante algoritmo Húngaro

El algoritmo Húngaro ha sido creado como solución para la asignación óptima de recursos y resolver problemas de asignación, a través del teorema sobre elementos ceros de una matriz, utiliza como plan de asignación óptimo, el cual se refiere a asignar una sola tarea de un conjunto de tareas a una sola persona dentro de un conjunto de personas, todo esto visto desde la eficiencia que posea cada persona para resolver cada tarea [17]. El modelo que se va a proponer está idealizado en la teoría de un plan de asignación óptimo no cambia más que un número constante de filas o columnas de la matriz que muestra la eficiencia. Para entender el algoritmo Húngaro básicamente toca seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Se construye la matriz de eficiencias del problema de asignación ( $M$ ), en la misma que se detalla la eficiencia que tiene cada individuo para realizar todas las tareas. Esta matriz debe ser de dimensiones  $n \times n$ .

Paso 2: Todos los elementos de cada fila de la matriz de eficiencias se deben restar para el mínimo de cada fila, creando nuevamente una matriz  $M$ .

Paso 3: Todos los elementos de cada columna de la matriz  $M$  se deben restar para el mínimo de cada columna, formándose una nueva matriz  $M$ .

Paso 4: Todos los elementos cero de la matriz  $M$  deben ser cubiertos por líneas rectas, cubriendo la mayor cantidad de ceros con la menor cantidad de líneas, si el número de líneas es igual al tamaño de la matriz  $M$ , avanzar al paso 6, de lo contrario, seguir al paso 5.

Paso 5: A todos los elementos de la matriz  $M$  que no estén cubiertos por líneas se los debe restar para el mínimo de los elementos no cubiertos; todos los elementos de la matriz  $M$  que son cubiertos por dos líneas, es decir, se encuentran en la intersección de dos líneas se deben sumar con el mínimo de los elementos no cubiertos formándose una nueva matriz  $M$ . Luego se reemplaza la matriz  $M$  por la matriz  $M$  y se vuelve a la comparación del paso 4.

Paso 6: El plan de asignación óptimo se puede obtener asignando las tareas a cada individuo en base a la ubicación de elementos cero de la matriz  $M$ .

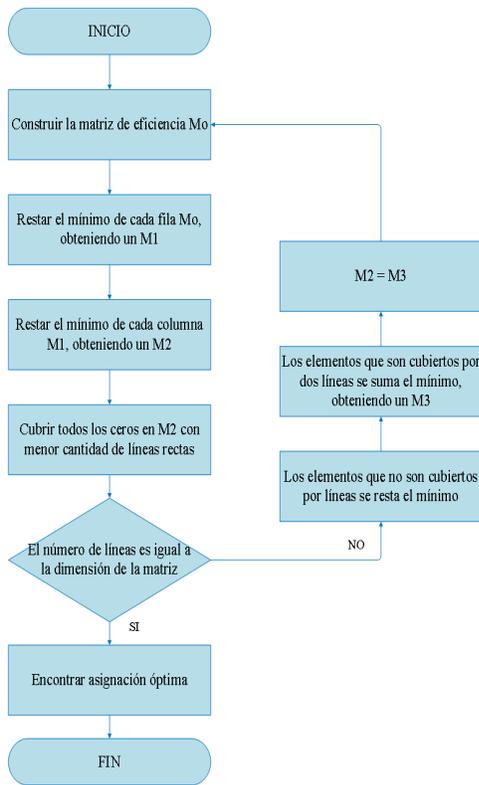


Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo Húngaro [17].

## 4. Análisis de resultados

El presente trabajo realizado tiene como objetivo obtener una óptima asignación de recursos energéticos para generar una respuesta de la demanda en los EVs utilizando el algoritmo Húngaro, a continuación se detalla los resultados obtenidos en los casos de estudio.

### 4.1 Casos de estudio

El objetivo del trabajo fue asignar los recursos energéticos en nuestro caso se tomó en cuenta dos casos de estudio en la cual se analizó la asignación de recursos energéticos para la óptima respuesta a la demanda tanto en invierno como en verano.

#### 4.1.1 Verano

Aquí tomamos en cuenta que el índice de radiación solar es el máximo como observamos en la figura 4, el cual muestra que en verano existirá mayor generación mediante los paneles solares, por otra parte, el banco de baterías tendrá la misma capacidad en los dos casos.

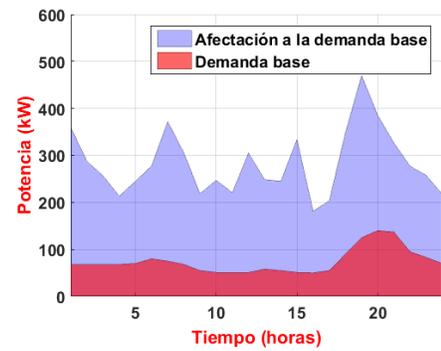


Figura 6. Afectación de la demanda verano.

Para figura 6 podemos analizar del como afecta la inserción de EVs a la demanda base, siendo la curva de color rojo la demanda base y la curva azul la demanda base siendo afectada por el ingreso de EVs a la estación de carga incrementando la demanda de la red para este en 518.27 kWh [18].

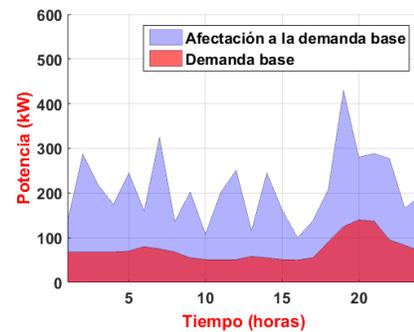


Figura 7. Asignación sin Húngaro Verano.

En la figura 7 se indica el cómo afecta a la demanda base la inserción de EVs, pero ya asignando los recursos energéticos lo cual nos permite reducir la potencia requerida, para este caso es de 346.84 kWh, pero aún existen picos significantes [18].

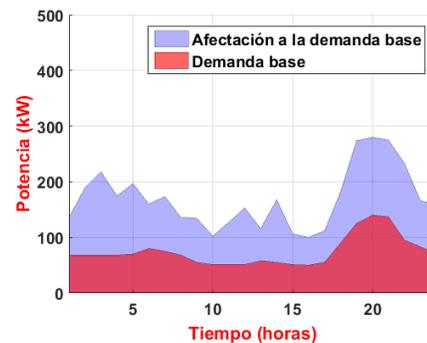
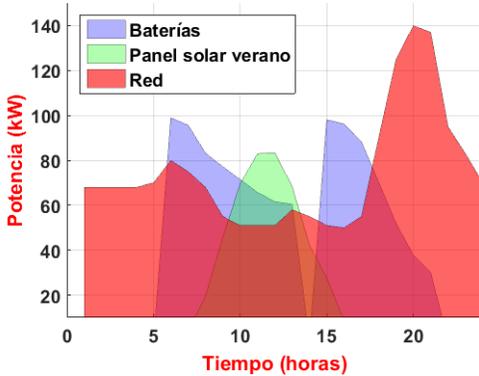


Figura 8. Asignación con Gestión mediante Húngaro Verano.

En la figura 8 podemos observar como gracias a la utilización del algoritmo Húngaro se asigna de manera óptima una respuesta a la demanda, cumpliendo con el objetivo de optimizar el uso de los recursos energéticos, en este caso se logró reducir a 239.87 kWh, obteniendo una reducción significativa de los picos en las curvas.

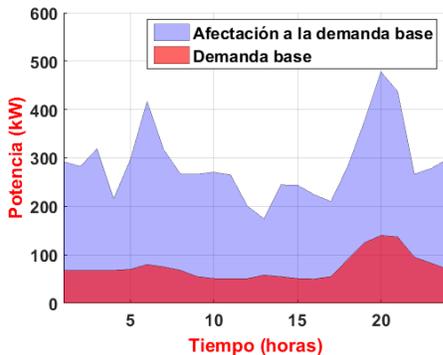


**Figura 9.** Asignación de Recursos Energéticos Verano.

En la figura 9 podemos observar de manera clara el cómo están asignados los recursos energéticos en la estación de carga para el caso de verano, siendo aquí que el mayor recurso a utilizar es el banco de baterías y los paneles solares, logrando una disminución cuantiosa de energía proveniente de la red [18].

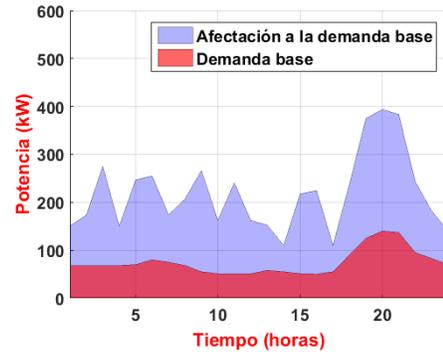
#### 4.1.2 Invierno

En este caso al igual que en el de verano, aplicamos el mismo estudio, pero para el caso de invierno la radiación disminuye notablemente en comparación de verano, por lo cual la generación de los paneles solares de igual manera será mucho menor.



**Figura 10.** Afectación de la demanda invierno.

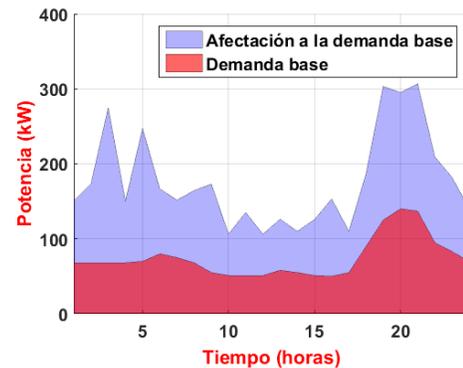
En la figura 10 para el caso de invierno podemos decir que la demanda mayor o pico se da por las noches teniendo que suministrar por la red 514.77 kWh.



**Figura 11.** Asignación sin Húngaro Invierno.

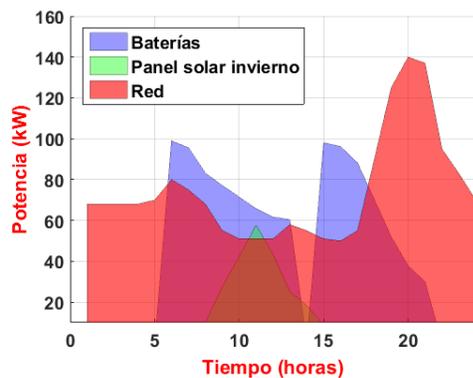
En la figura 11 se observa la manera en la cual al asignar los recursos el incremento que produce la inserción de EVs se reduce considerablemente, pero aún existe una gran demanda y los picos de la curva de color azul poseen picos debido a la gran demanda que esta requiere, en este caso se necesitan 346.38 kWh [18].

En la figura 12 podemos ver el cómo se asignan los recursos energéticos optimizando la curva de demanda que producían significantes picos debido a la inserción de carga de EVs, mediante el algoritmo Húngaro se consiguió una óptima respuesta de la demanda consiguiendo reducir hasta 243.79 kWh, con la ayuda el



**Figura 12.** Asignación con gestión mediante Húngaro invierno.

algoritmo húngaro las fuentes de energía no convencionales aumentan el aporte para el sistema de distribución mejorando la confiabilidad de la red [18].



**Figura 13.** Asignación de recursos energéticos Invierno.

En la figura 13 se puede analizar la manera en la cual se despacha los recursos energéticos, de tal modo que para el caso de invierno la producción de los paneles solares disminuye debido a la baja radiación que existe en este caso, al terminar de despachar los bancos de baterías estos se recargan ya sea por energía sobrante de la red o por los paneles solares para luego ser utilizados para la carga de los EVs [18].

## 5. Conclusiones

Al despachar los recursos energéticos de una manera óptima y lograr una respuesta de la demanda de EVs mediante el algoritmo Húngaro, nos resulta de gran ayuda para reducir en gran cantidad los picos en la curva de la demanda en horas de alta carga, que de manera frecuente suele ocurrir en horas de la noche y de este modo lograr que los EVs se carguen en horas que no existan carga significativas y así reducir el aumento de carga a la red para evitar fallos.

La utilización de energías de fuentes renovables como por ejemplos los paneles solares, nos brinda una gran ayuda para reducir la contaminación al usar combustibles fósiles, al igual que representa una alternativa para usar energía en lugares que no poseen generación eléctrica convencional.

Al asignar los recursos energéticos utilizando el algoritmo Húngaro ayuda a la red debido a que este proporciona de una manera eficaz los recursos que servirán para luego recargar los EVs, así equilibrar la carga mediante el usos de los recursos disponibles y no directamente de la red de distribución.

## 6. Referencias

[1] D. Paul, W. De Zhong, and S. K. Bose, "Demand Response in Data Centers Through Energy-Efficient Scheduling and

Simple Incentivization," *IEEE Syst. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 613–624, 2017.

[2] H. T. Haider, O. H. See, and W. Elmenreich, "A review of residential demand response of smart grid," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 166–178, 2016.

[3] M. Muratori, B. A. Schuelke-Leech, and G. Rizzoni, "Role of residential demand response in modern electricity markets," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 33, pp. 546–553, 2014.

[4] S. Nan, M. Zhou, and G. Li, "Optimal residential community demand response scheduling in smart grid," *Appl. Energy*, vol. 210, pp. 1280–1289, 2018.

[5] J. Wang, H. Zhong, Z. Ma, Q. Xia, and C. Kang, "Review and prospect of integrated demand response in the multi-energy system," *Appl. Energy*, vol. 202, pp. 772–782, 2017.

[6] I. Dusparic, A. Taylor, A. Marinescu, F. Golpayegani, and S. Clarke, "Residential demand response: Experimental evaluation and comparison of self-organizing techniques," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, no. July, pp. 1528–1536, 2017.

[7] F. Ruelens, B. J. Claessens, S. Vandael, B. De Schutter, R. Babuska, and R. Belmans, "Residential Demand Response of Thermostatically Controlled Loads Using Batch Reinforcement Learning," *IEEE Trans. Smart Grid*, pp. 1–11, 2016.

[8] J. Martínez-Lao, F. G. Montoya, M. G. Montoya, and F. Manzano-Agugliaro, "Electric vehicles in Spain: An overview of charging systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, no. June, pp. 970–983, 2017.

[9] P. Nunes and M. C. Brito, "Displacing natural gas with electric vehicles for grid stabilization," *Energy*, vol. 141, pp. 87–96, 2017.

[10] M. Liu, P. K. Phanivong, Y. Shi, and D. S. Callaway, "Decentralized Charging Control of Electric Vehicles in Residential Distribution Networks," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, pp. 1–16, 2017.

[11] R. Figueiredo, P. Nunes, and M. C. Brito, "The feasibility of solar parking lots for electric vehicles," *Energy*, vol. 140, pp. 1182–1197, 2017.

[12] E. M. Garcia Torres, B. D. Benalcazar Lopez, and I. M. Idi Amin, "Analysis of the Voltage Profile by the Insertion of Electric Vehicles in the Distribution Network Considering Response to Demand," *2017 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 7–13, 2017.

[13] M. García, Torres, Edwin and I. Isaac, "Demand response systems for integrating energy storage batteries for residential users," in *Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, IEEE, 2016.

[14] P. Moreno and E. M. Garcia Torres, "Respuesta a la Demanda para Smart Home Utilizando Procesos Estocásticos," *I+D Tecnológico*, vol. 12, 2016.

[15] E. M. García Torres and I. Isaac, "Multi-objective optimization for the management of the response to the electrical demand in commercial users," *INCISCOS 2017 - Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 14–20, 2017.