

# MÉTODO DE PRIORIZACIÓN DE CARGA PARA LA INTEGRACIÓN DE FLOTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN SMART GRIDS

**Juan Ignacio Guerrero, Antonio Parejo\*, Sebastián García, Enrique Personal, Carlos León**

*Departamento de Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

E-mail de correspondencia: [aparejo@us.es](mailto:aparejo@us.es)

## Resumen

Las flotas de vehículos eléctricos y las *Smart Grids* son dos tecnologías emergentes muy prometedoras que han provisto nuevas formas de reducir la polución e incrementar la eficiencia energética. Naturalmente, estos elementos aumentan la complejidad de gestión del sistema eléctrico puesto que dichos vehículos pueden ser considerados como cargas móviles, aumentando así su carácter distribuido.

El presente trabajo propone una metodología de priorización de carga distribuida basada en el concepto de *virtual power plant* y el uso de algoritmos de computación evolutiva. Adicionalmente, para evaluar la arquitectura propuesta, se comparan varios de dichos algoritmos, como el genético, genético con control evolutivo, *particle swarm optimization* y una solución híbrida. La solución propuesta se presenta como una forma de evitar la sobrecarga de la red planificando la priorización de la carga.

Palabras clave: Smart Grids; vehículo eléctrico, Vehicle-to-grid, Computación evolutiva.

## 1. Introducción

El paradigma de la *Smart Grid* (SG) está cada vez más presente en el mundo actual, ya que representa un gigantesco paso hacia un sistema eléctrico más seguro, distribuido y eficiente en el que los recursos de energía distribuidos (*distributed energy resources*, DERs) cobran protagonismo.

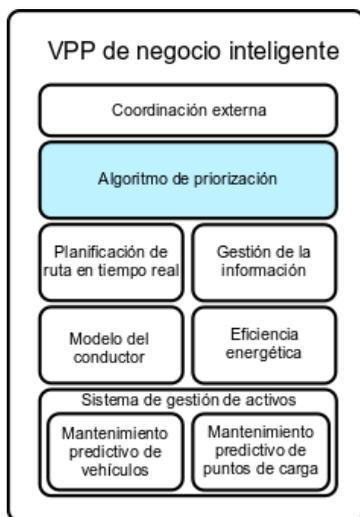
Una de las tecnologías troncales de este cambio es el vehículo eléctrico y la integración vehículo-red (*vehicle-to-grid*, V2G), que además representa una dificultad extra para la gestión de la red. Estos vehículos pueden considerarse como cargas móviles dentro del sistema, puesto que su punto de recarga podrá ser variable, provocando

consumos en distintos lugares según la ruta que sigan (o incluso devolviendo energía a la red si fuere necesario). Este hecho introduce una variabilidad aún mayor que debe tenerse en cuenta para lograr una correcta gestión de esta red distribuida.

El presente trabajo propone una solución para la priorización de carga de flotas de vehículos basado en el concepto de central eléctrica virtual (*virtual power plant*, VPP) y aplicando algoritmos de computación evolutiva para optimizar dicha priorización dentro del ecosistema de la SG (Guerrero *et al.*, 2019).

## 2. Arquitectura propuesta

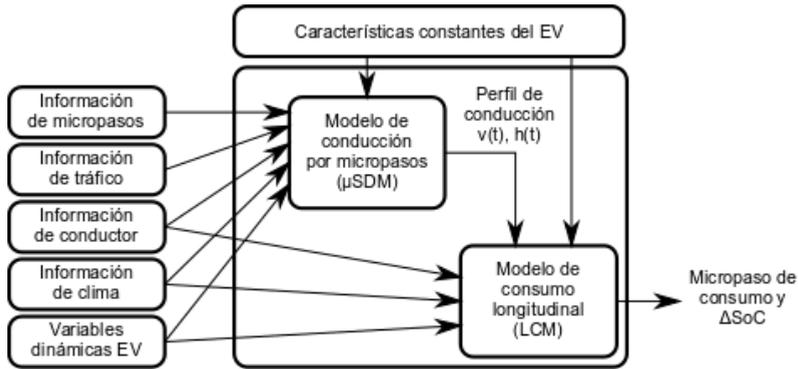
Como se explicó anteriormente, el sistema de priorización propuesto se engloba dentro de una VPP, puesto que esto permite una mejor integración de todos los sistemas eléctricos (de generación y de consumo) conectados a ella. Este sistema, llamado plataforma distribuida evolutiva de priorización (Distributed Evolutionary Prioritization Framework, DEPF) tiene la estructura mostrada en la Figura 1.



**Figura 7.** Módulos de la plataforma DEPF.

**Fuente:** elaboración propia.

En ella puede distinguirse el bloque del algoritmo de priorización, objeto de este trabajo. Uno de los núcleos centrales para el algoritmo será la información del estado de carga (*state of charge*, SoC) de los vehículos implicados. La estimación de los incrementos y decrementos del estado de carga de dichos vehículos se lleva a cabo usando la información disponible (sobre el tráfico, conductor, ruta, tipo de vehículo, etc.) gracias al modelo de consumo, tal y como se aprecia en la Figura 2.



**Figura 8.** Arquitectura del modelo de consumo para la obtención del SoC.

**Fuente:** elaboración propia.

La información suministrada por este modelo es usada después por el algoritmo de gestión de priorización para realizar la optimización de las cargas a realizar por cada vehículo en función de las rutas planificadas.

### 3. Algoritmos

Cuatro algoritmos han sido aplicados en este trabajo:

- Algoritmo genético (*genetic algorithm*, GA).
- Algoritmo genético con control evolutivo (*genetic algorithm with evolution control*, GAEC) basado en evolución de la curva de ajuste (*fitness curve*).
- Optimización por enjambre de partículas (*particle swarm optimization*, PSO).
- Algoritmo híbrido. Es una combinación de los anteriores.

Los algoritmos genéticos se basan en dos principios procedentes de la evolución natural biológica: la mutación (*mutation*) y el cruce (*crossover*). Esto significa que los individuos obtenidos pueden alterarse y combinarse entre sí para obtener nuevos tipos de individuos, siendo estos individuos posibles escenarios de solución para la priorización de la carga.

### 4. Resultados y discusión

Para comprobar el desempeño de cada uno de los algoritmos se ha realizado una serie de simulaciones, obteniendo los resultados observados en la Figura 3.

Los “valles” que se observan durante la simulación son cambios aleatorios que se han provocado en las rutas con objeto de observar la velocidad de la respuesta a cambios realizados en las condiciones de contorno del problema.



**Figura 9.** Curvas de mejor ajuste.

**Fuente:** elaboración propia.

Como puede verse, el algoritmo que logra un mejor ajuste para resolver la planificación es el algoritmo híbrido.

## 5. Conclusiones

El sistema eléctrico distribuido presenta grandes ventajas, entre las que destacan un mejor aprovechamiento de las energías renovables gracias a los DERs y la expansión del vehículo eléctrico. No obstante, esto conlleva un gran incremento en la complejidad de gestión.

Este trabajo propone un sistema de optimización de priorización de carga de vehículos que se encarga de gestionar cuándo y dónde debe cargar la batería una flota de vehículos eléctricos para cumplir con las rutas previstas.

De todos los algoritmos aplicados, se observa que una combinación de algoritmos genéticos y PSO proporciona muy buenos resultados, siendo posible aplicar la plataforma incluso en *near-real time*.

## Referencias bibliográficas

**Guerrero, J. I., Personal, E., García, A., Parejo, A., Pérez, F., y León, C.** (2019). Distributed Charging Prioritization Methodology Based on Evolutionary Computation and Virtual Power Plants to Integrate Electric Vehicle Fleets on Smart Grids. *Energies*, 12(12), 2402. <https://doi.org/10.3390/en12122402>