

# Movilidad eléctrica y desafíos para las redes de distribución

Por: Fabio Andrés Perea Torres\*

**Resumen-** El transporte es el sector que mayor impacto tiene sobre la transformación energética tanto en Colombia como a nivel global. La electrificación de vehículos es uno de los factores que tiene potencial de reducción de gases de efecto invernadero. Debido a la masificación de los vehículos eléctricos (VE) a nivel urbano, las redes de distribución de energía eléctrica deben estar preparadas para alojar la carga adicional que estos constituyen. Este documento expone los impactos que provocará la entrada de VE sobre los sistemas de distribución y los análisis que deben llevar a cabo los operadores de red para implementar planes de acción que eviten situaciones de estrés y restricciones operativas sobre su sistema.

**Palabras clave-** Movilidad eléctrica, Sistema de Distribución Local (SDL), sostenibilidad.

## I. INTRODUCCIÓN

La participación del sector transporte en el consumo de energía final del país es la más alta según el Balance Energético Colombiano (BECP), en el 2018 representó el 40,06% de la energía final. [1]. Previendo esto, en los últimos años tanto el sector privado como el gobierno nacional han incentivado la explotación de Fuentes de Energías Renovables No Convencionales (FERNC) para satisfacer la demanda energética en los diferentes sectores de la economía, desde los hogares hasta las grandes industrias. Para el sector transporte, la ley 1964 del 2019 promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y la CREG a través del contrato 044 de 2018 establece metas de implementación de puntos de carga (electrolineras) para vehículos eléctricos

considerando la expectativa de aumento de circulación de los mismos. Actualmente en Colombia, la movilidad eléctrica es incipiente, sin embargo, se espera que a futuro tenga un amplio crecimiento, siguiendo el mismo comportamiento que en países como Europa.

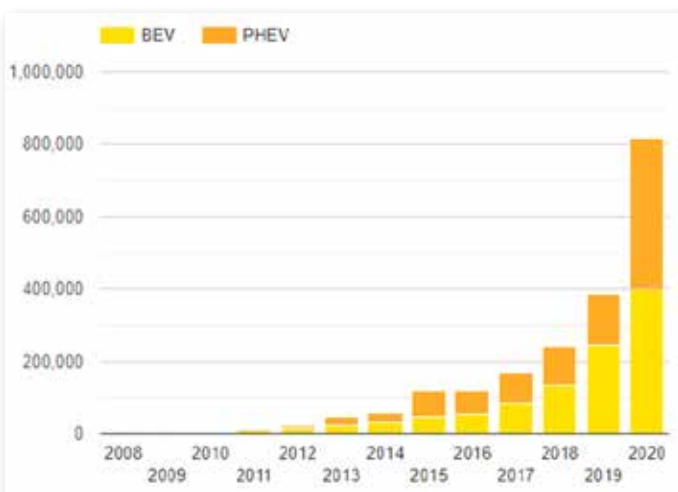


Figura 1. Crecimiento matrículas nuevas de VE en Europa, BEV: Battery Electric Vehicle, PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Fuente: EAFO)

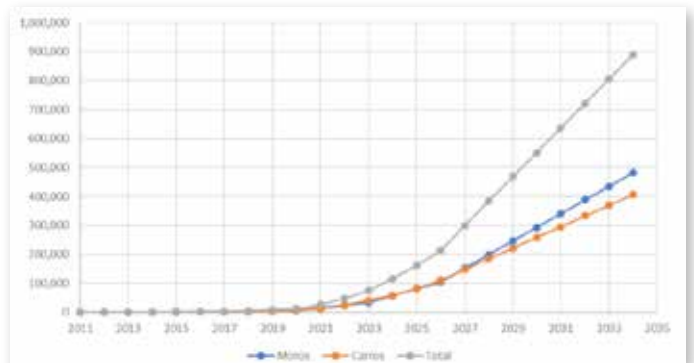


Figura 2. Crecimiento matrículas de VE en Colombia (Fuente: Circular CREG-020-2020)

A pesar que la regulación colombiana está implementando decretos y resoluciones para VE, los operadores de red (OR) están a tiempo de analizar sus redes eléctricas y garantizar la capacidad de alojamiento adecuada. Este artículo analiza los desafíos y las decisiones que tienen por delante los gestores de sistemas eléctricos de distribución para asegurar el abastecimiento de la demanda con calidad, confiabilidad y seguridad.

## II. MARCO REGULATORIO

Los siguientes organismos tanto nacionales e internacionales han generado documentos vitales que dan directrices y metas para que las sociedades se

comprometan a reducir sus niveles de emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

- ‡ OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- ‡ CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- ‡ PPCCA: Políticas de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.
- ‡ PNCC: Política Nacional de Cambio Climático
- ‡ CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- ‡ PIGCC: Plan Integral de Gestión de Cambio Climático.

A continuación, se destacan los documentos más relevantes respecto a incentivos para VE a nivel nacional e internacional.

- A. Cumbre de Río (CMNUCC 1992)
- B. Declaración de Crecimiento Verde (OCDE-2009)
- C. Acuerdo de París (CMNUCC - COP 2015)
- D. Ley 1931 de 2018 (directrices para la gestión del cambio climático)
- E. CONPES 3918, 3934 y 3943 (DNP 2018)
- F. PIGCC (Resolución 40807, Minenergía 2018)
- G. Ley 1964 de 2019 (Se promueve uso de VE)

A nivel de documentación de los entes gubernamentales, los ministerios de ambiente, transporte y la Unidad de Planeación Minero Energética (UMPE), desarrollaron en el año 2019 la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME). Esta estrategia reconoce la tendencia mundial en movilidad eléctrica, y busca acelerar su penetración en Colombia para que permita, de manera proactiva, reducir emisiones en el sector transporte y usar de una forma eficiente y racional la energía, en beneficio de una mejor calidad de vida de los colombianos. [1]

### III. DESAFÍOS VE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Los documentos regulatorios exigirán a los OR estar preparados para la penetración de VE en los SDL, y para ello se deben realizar los siguientes interrogantes:

- ¿Cuántos VE ingresarán cada año?
- ¿Está el sistema de distribución en condiciones de admitir demanda de VE?
- ¿Qué puntos de la red son críticos?
- ¿Existen áreas del sistema donde la capacidad de admisión de VE sea baja o nula?
- ¿Es necesario un plan de inversiones para reforzar la red y admitir la demanda de VE?
- ¿El entorno ambiental y social permite aumentar la

capacidad de la red para atender la demanda adicional por VE?

¿Qué requisitos tecnológicos se requieren para evaluar la entrada de VE en SDLs?

La respuesta a estos interrogantes estará directamente relacionada con factores técnicos específicos de los equipos que sirven la energía a los clientes. Por tanto, será necesario revisar los siguientes aspectos, los cuales indicarán los puntos del sistema sensibles a presentar restricciones:

- ‡ Capacidad de conductores.
- ‡ Capacidad de transformadores.
- ‡ Disponibilidad de generación.
- ‡ Perfiles de tensión.
- ‡ Coincidencia con demanda máxima.
- ‡ Tarifas de energía.

Uno de los fenómenos más críticos que se pueden presentar en los sistemas de distribución es el mostrado en la Figura 3 [2].

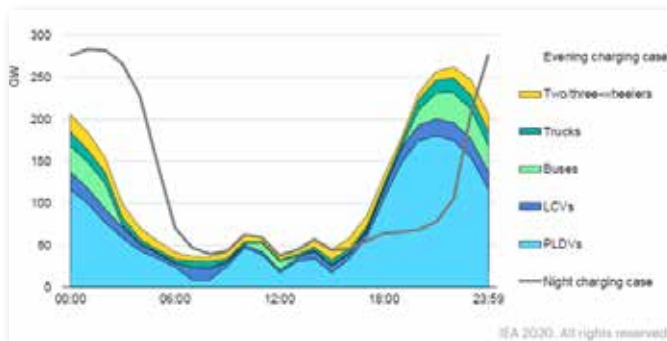


Figura 3. Desplazamiento de curva de carga VE [3]

De acuerdo con los estudios realizados en [3], a nivel general, el 80% de los VE se conectan a la red de suministro de energía eléctrica durante el periodo 18:00 y 00:00 hs, para llevar a cabo su proceso de carga de baterías. Desplazar la curva de carga al escenario nocturno (23-05 hs) es una alternativa viable que ayuda a evitar esfuerzos excesivos en la red, teniendo en cuenta que normalmente los picos de demanda en la noche son entre las 19:00 y 21:00 hs. Las estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA) muestran que alrededor del 60% de la carga pico relacionada con VE se puede evitar al desplazar el horario de carga.

Sumado a lo anterior, se debe tener en cuenta que las fuentes renovables de generación sólo pueden cubrir del 10-20% la energía requerida en el periodo 18-22 hs.

Por tanto, si se logra desplazar la carga de vehículos eléctricos fuera de esa franja horaria, se reducirán los

esfuerzos de la generación al momento de atender las horas pico.

Surgen entonces las siguientes estrategias para lograr evitar las condiciones de estrés en la red mencionadas anteriormente.

- Tarifas multi-horario
- Bonificación para VE
- Precios en tiempo real
- Beneficios para horas pico y no-pico
- Tecnología para incentivar al usuario: V1G y V2G

### IV. REQUERIMIENTOS DE ANÁLISIS PARA LOS OR

Ante los desafíos mencionados, el administrador del SDL debe desarrollar las siguientes actividades:

- ‡ Aplicar la regulación vigente.
- ‡ Poseer una base de datos actualizada y real, y conocerla.
- ‡ Contar con apropiadas herramientas y personal idóneo para análisis del SDL.

De igual forma el OR debe estar en la capacidad de determinar:

- i. Potencia total que puede tolerar la red.
- ii. Potencia máxima que se puede conectar para atender una solicitud de conexión.
- iii. Cambios de ajustes de protecciones de sobrecorriente (V2G).
- iv. Índices de confiabilidad del sistema (SAIDI+SAIFI).

De igual forma, el OR debe tener la posibilidad de utilizar distintos tipos de estrategias de análisis:

Name	Feeder	Generation potential [kW]	Consumption potential [kW]
Customer14	FB	30	25
Customer13	FB	25	20
Customer11	FB	30	15
Customer10	FB	30	30
Customer1	FB	15	20
Customer17	FB	25	15

Figura 4. Potencial de consumo cargadores de baterías por usuario de la red (Fuente: NEPLAN AG)

- I. Basadas en el potencial de consumo (Figura 4).
- II. Mediante factores de consumo (Figura 5).
- III. A partir datos estadísticos (Figura 6).

$$P_{ev} = 1 * P_{load} [kWp]$$

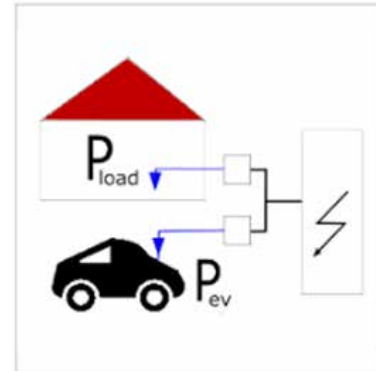


Figura 5. Análisis mediante factor de consumo para estimación de potencia de carga requerida (Fuente: NEPLAN AG)

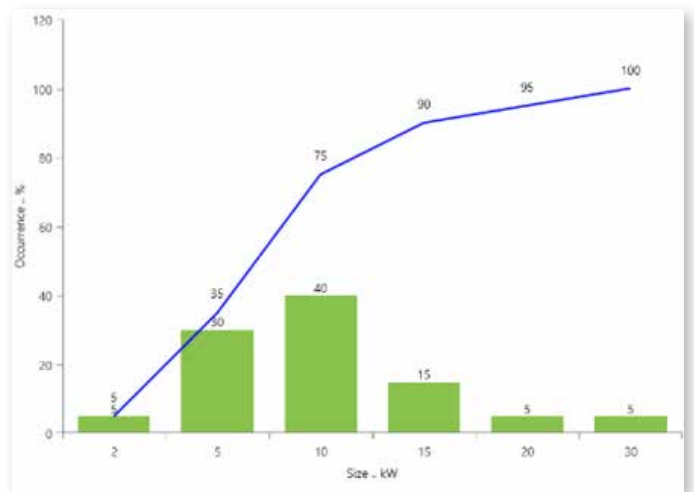


Figura 6. Distribución probabilística de cargadores e VE (Fuente: NEPLAN AG)

Las estrategias mencionadas le permitirán al operador y planeador del sistema monitorear las siguientes variables:

- ‡ Tensión en cada punto de análisis.
- ‡ Cargabilidades de líneas y transformadores.
- ‡ Desviaciones de tensión vs caso sin penetración de VE.
- ‡ Desbalances de tensión (redes asimétricas).
- ‡ Clasificación por alimentadores, áreas y zonas.
- ‡ Visualización geográfica y esquemática.
- ‡ Resultados en tablas.

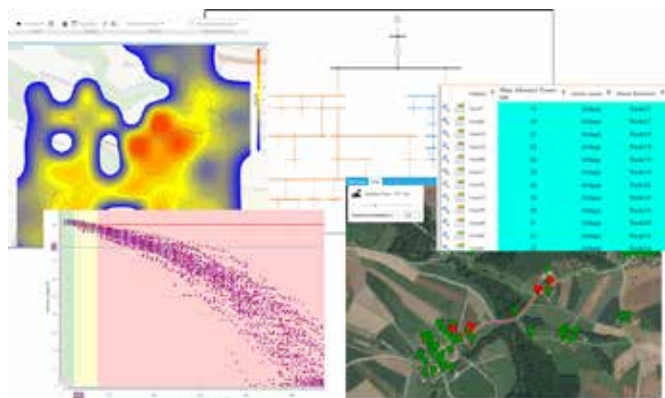



Figura 7. Resultados para determinar la capacidad de alojamiento de un SDL ante penetración de VE (Fuente: NEPLAN AG)

## V. CONCLUSIONES

El análisis de capacidad de alojamiento permite a los OR evaluar el plan de inversiones requerido en el SDL para garantizar el abastecimiento de la demanda de energía eléctrica ante la penetración de VE.

En la actualidad existen herramientas de simulación que le permiten a las empresas de servicios públicos predecir el comportamiento de sus redes eléctricas mediante diversas metodologías, incluso ante ausencia

de información precisa de los potenciales de consumo de los usuarios de VE. 

## VI. REFERENCIAS

- [1] MinMinas, Minambiente, Mintransporte, «Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica», Bogotá D.C. 2019.
- [2] Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, «Plan Energético Nacional 2020-2050». Ministerio de Minas y Energía MME, 2020.
- [3] International Energy Agency IEA, «Global EV Outlook 2020». IEA, jun. 2020.
- [4] International Energy Agency IEA, «Global EV Outlook 2019». IEA, jun. 2019.

### \*Fabio Andrés Perea:

Director del área NEPLAN para América Latina en GERS S.A.S., Especialista en Sistemas de T&D (Univalle, en curso). Ingeniero Electricista (Univalle, 2011). Con experiencia en análisis de sistema de potencia, desarrollo de planes de expansión y aplicaciones para integración de modelos eléctricos GIS y SCADA.

Contacto: [fabio.perea@gers.com.co](mailto:fabio.perea@gers.com.co)



# MUNDO ELÉCTRICO®

Revista Especializada en Electrotecnia  
[www.mundoelectrico.com](http://www.mundoelectrico.com)

Para estar actualizado de lo que sucede en el sector eléctrico,  
le invitamos a suscribirse a esta publicación.



Cra. 73 # 63F - 55 Piso 2 / Bogotá D.C - Colombia  
Tel. (571) 430 9049 - 4309059 / Móvil 300 233 5326

[mercadeo@orvisa.com](mailto:mercadeo@orvisa.com) / [publicidad@orvisa.com](mailto:publicidad@orvisa.com) / [comercial@orvisa.com](mailto:comercial@orvisa.com)