

# + Una solución al problema de ruteo de vehículos eléctricos con batería

José Alejandro Montoya, profesor e investigador de la Universidad, desarrolló en su tesis doctoral métodos cuantitativos y algoritmos que le permite a las empresas planificar el transporte de sus vehículos eléctricos para aprovechar sus ventajas competitivas y minimizar costos.

Marcela Gutiérrez Ardila  
Colaboradora

Los vehículos eléctricos con batería (VEB) son una de las tecnologías más prometedoras para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los costos de transporte.

Por sus beneficios, empresas de diferentes sectores han empezado a incorporar esta tecnología en sus flotas para la distribución de bienes y servicios. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, los VEB tienen una autonomía de viaje limitada y los tiempos de carga de las baterías son relativamente largos. En promedio la autonomía de un VEB es de 120 kilómetros y el tiempo de carga de la batería es de mínimo 30 minutos.

Teniendo en cuenta que las metodologías tradicionales de planificación de transporte no consideran estas limitaciones de los VEB, el investigador José Alejandro Montoya Echeverri –en su doctorado en Informática en la Universidad de Angers (Francia)– decidió asumir el reto de desarrollar nuevos métodos cuantitativos y algoritmos que permitan planificar el transporte por parte de las flotas que incluyan VEB, de tal manera que se puedan capitalizar todos los beneficios que este tipo de vehículos ofrece a las empresas.

Estos métodos, además de que pueden contribuir con la planificación del transporte cuando las



Foto: Shutterstock

Uno de los aportes importantes de los métodos desarrollados se evidencia en la toma de decisiones respecto a cuáles estaciones de carga visitar y cuánto cargar en estas.

empresas utilizan VEB, tienen el potencial de ayudar en la toma de decisiones de la composición de la flota y la localización de las estaciones de carga.

## El problema

José Alejandro, quien es ingeniero de producción de EAFIT, explica que la distribución de bienes y servicios es una de las operaciones más importantes en el área de la logística y consiste en atender clientes dispersos geográficamente, usando un conjunto de vehículos.

Sin embargo, esta operación genera lo que comúnmente se conoce como: el problema de ruteo de vehículos. Este se presenta al asignar a cada vehículo los clientes y el orden en que se deben atender con el fin de minimizar el costo de transporte. Debido a la importancia en la industria, y de su complejidad para resolverse, este problema ha sido uno de los más estudiados en el área de optimización en los últimos 50 años.

No obstante, los métodos actuales para solucionar este problema suponen que todos los vehículos son de combustión, es decir, no incluyen las restricciones de autonomía y tiempos de cargas de los VEB. Considerando dichas limitantes, el docente José Alejandro desarrolló en su tesis métodos cuan-

titativos y algoritmos para la solución de problemas de ruteo con VEB.

## Aporte metodológico

Juan Guillermo Villegas, investigador de la Universidad de Antioquia y coasesor de tesis, manifiesta que estos métodos se pueden aplicar en una amplia gama de problemáticas en la cadena de almacenamiento, bienes o servicios, entre otros, energía y gas, medicina domiciliaria, logística en comercio electrónico y recolección y distribución de correspondencia en la industria de paqueteo.

Los métodos propuestos por José Alejandro permiten tomar de decisiones de transporte cuando las empresas utilizan VEB para distribuir sus productos y servicios. +

Uno de los aportes importantes de los métodos desarrollados se evidencia en la toma de decisiones respecto a cuáles estaciones de carga visitar y cuánto cargar en estas. “Estas decisiones no son triviales, sino bastante retadoras para disminuir la distancia recorrida y el tiempo involucrado en la operación de



Foto: Cortesía

José Alejandro Montoya, como parte de sus estudios doctorales, realizó un proyecto para Enedis, una de las principales empresas de distribución de energía de Francia, que proyecta para 2017 que el 10 por ciento de los vehículos de su flota sean eléctricos.

+ carga, lo que significa menos emisiones y costos, y mayor productividad”, destaca Villegas.

Cada vez más empresas incorporan vehículos eléctricos en sus flotas, por ejemplo, Enedis (Francia), Endesa (España) o TCC (Colombia).

Por su parte, Christelle Guéret, investigadora de la Universidad de Angers y directora de la tesis, afirma que la investigación contribuye “al desarrollo de nuevos métodos de solución al permitir incluir las restricciones específicas de los VEB. El trabajo de diseñar las rutas de los VEB es importante, ya que muchas empresas comienzan a invertir en estas alternativas”.

### Movilidad sostenible

En Colombia, diferentes empresas han empezado a incorporar VEB en sus flotas para el transporte de personal. Una buena alternativa si se tiene en cuenta que alrededor del 70 por ciento de la energía eléctrica en Colombia es generada con energía hidráulica y, al ser no contaminante, aporta a disminuir el calentamiento global.

Un ejemplo es la empresa de transporte y distribución de mercancía TCC, que incorporó esta tecnología hace dos años con cuatro VEB de la marca Renault Kangoo para mensajería y movilización de paquetes.

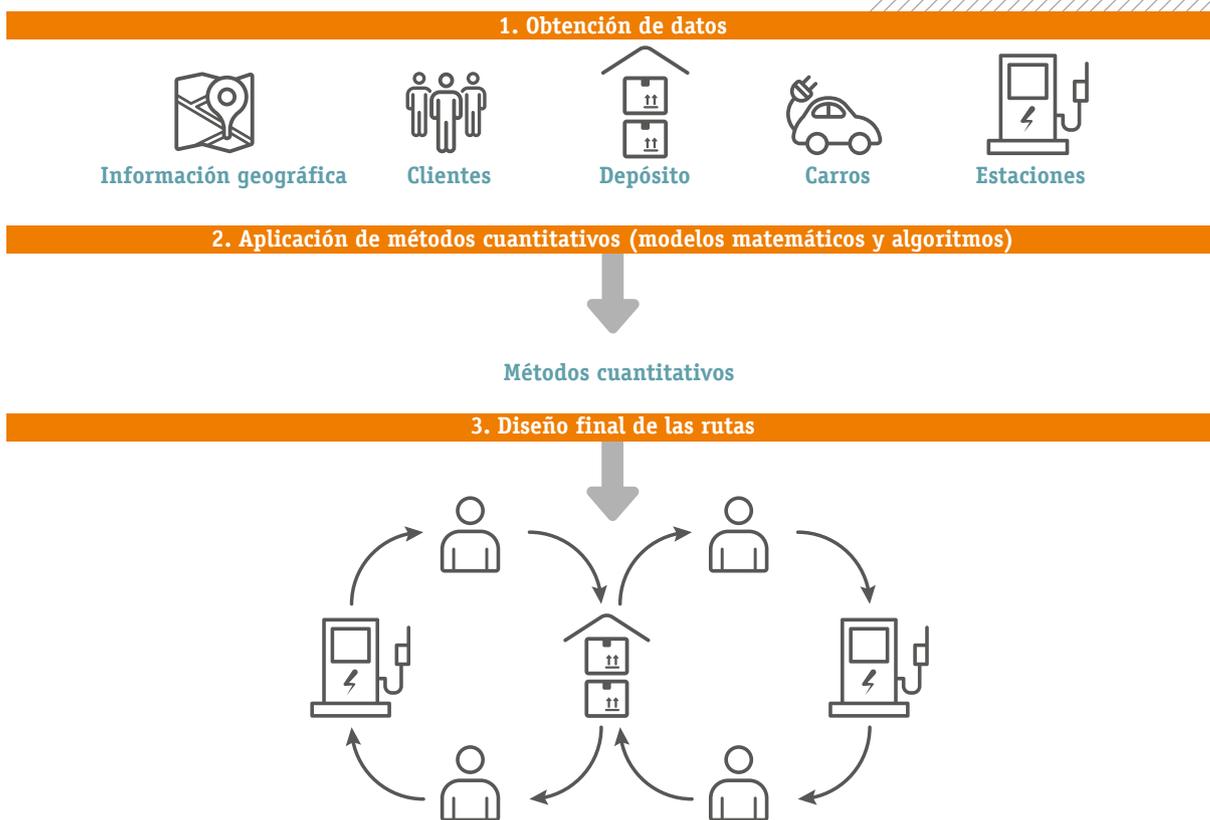
Javier Aurelio Osorio Carrillo, director de gestión de flota de TCC, comenta que lo que más motiva a la compañía en el uso de energías alternativas es disminuir la huella de carbono y esperar contar hacia el futuro con más VEB. Por ahora, indica, “uno de los grandes retos es lograr obtener un retorno de inversión en el corto plazo, por eso es importante pensar en proyectos con personas que ya tengan este desarrollo”.

Otras empresas que se han sumado a la movilidad sostenible son: Sura, en convenio con Celsia, para el servicio médico domiciliario; Grupo Nutresa, para el transporte terrestre de carga, y EPM, para movilizar a sus ejecutivos.

En el Valle de Aburrá las alertas por altos niveles de contaminación abren el debate para las alternativas de movilidad sostenible, por ejemplo, los VEB, un tipo de transporte que reduce en 86 por ciento la emisión de gases de efecto invernadero y en 72 por ciento los costos de consumo respecto a la operación de un vehículo a gasolina.

No obstante, no basta solo con tener los VEB, ya que para lograr una ventaja competitiva y poder capitalizar los beneficios de esta tecnología es nece-

## Proceso para planificar las rutas



sario utilizar herramientas de planificación como las que desarrolló el investigador eafitense.

### + Caso Enedis en Francia

Como parte de sus estudios doctorales, José Alejandro realizó un proyecto para Enedis, una de las principales empresas de distribución de energía de Francia, que cuenta con una flota de 20.000 vehículos a combustión y proyecta, para 2017, que el 10 por ciento de estos sean eléctricos.

Como será una flota mixta de vehículos a combustión y VEB, Enedis necesita empezar a desarrollar herramientas para planificar el transporte de sus técnicos, quienes realizan los servicios de mantenimiento para los clientes.

En este sentido, José Alejandro, magíster en Ingeniería de EAFIT, desarrolló un algoritmo que sirve para planificar el ruteo de los vehículos de Enedis con el objetivo de que los técnicos se pueda atender a los clientes de esta compañía con el menor costo posible en el transporte.

Para brindar esta solución, el investigador tuvo en cuenta varios factores reales de la operación: de

cada técnico, su especialidad, horario de trabajo y hora de almuerzo, y, de cada cliente, qué tipo de técnico necesitaba, qué rango de tiempo tenía el cliente disponible para ser atendido y el tiempo estimado que tomaba el servicio.

Para cada tipo de vehículo se conocía el costo de transporte. En el caso de los VEB, se sabía la capacidad de su batería, dónde estaban las estaciones de carga, el tipo de tecnología de cada estación de carga y los consumos de energía estimados del VEB cuando se desplazaba entre diferentes puntos geográficos.

### Investigador

José Alejandro Montoya Echeverri

Ingeniero de producción y magíster en Ingeniería, Universidad EAFIT. PhD en Informática, Universidad de Angers (Francia). Profesor-investigador del Departamento de Ingeniería de Producción de la Universidad EAFIT. Áreas de interés: solución de problemas de optimización aplicados en la cadena de suministro, métodos para la solución de problemas de optimización combinatorio y minería de datos para problemas de la cadena de suministro.