

# Un modelo de probabilidad implementado en la solución de ruteo de autobuses escolares con selección de paradas

*A probability model for the school bus routing problem with bus stop selection*

Ricardo Pérez-Rodríguez<sup>1</sup>, Arturo Hernández-Aguirre<sup>2</sup>, S. Jöns<sup>1</sup>, Ivan Cruz<sup>2</sup>, Jonás Velasco<sup>1</sup> y J. Raul Pérez-Gallardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONACYT (México)

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT A.C.) (México)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8204>

El problema del enrutamiento de autobuses escolares con selección de paradas de autobús (por sus siglas en inglés SBRP-BSS) busca planificar un horario eficiente para una flota de autobuses escolares que recogen estudiantes de un conjunto de paradas de autobús y los entregan a la escuela atendiendo a varias restricciones: capacidad del autobús, tiempo de camino máximo permitido a cada estudiante para llegar a una posible parada, tiempo de conducción máximo, y ventana de tiempo para llegar a la escuela.

Este problema tiene tres cuestiones separadas pero interrelacionadas: (1) determinar el conjunto de paradas de autobús a visitar, (2) determinar para cada estudiante a qué parada de autobús debe caminar y (3) determinar las rutas que se encuentran a lo largo de la ruta elegida, de manera que se minimice la distancia total recorrida.

Se propone un algoritmo de estimación de distribuciones (por sus siglas en inglés EDA) para identificar los valores más probables para cada vector solución. El EDA trata de encontrar cualquier relación o interacción entre las variables del problema, es decir, los elementos correspondientes del vector solución. En esta investigación se considera un EDA para mostrar que los valores correspondientes del vector solución pueden estimarse mediante modelos de probabilidad.

Esta investigación proporciona detalles sobre las instancias de problema y muestra para cada caso ocho aspectos: escenario, número de paradas, número de estudiantes, capacidad de autobús, distancia máxima de caminata y los resultados de Schittekat et al. [1].

Los tamaños de instancia mencionados anteriormente van desde 5 paradas y 25 estudiantes a 80 paradas y 800 estudian-

tes. Esta investigación también informa de los resultados de un algoritmo genético (por sus siglas en inglés GA) utilizado por Prins [2], y un algoritmo memético (por sus siglas en inglés MA) propuesto por Moscato [3]. Estos algoritmos se proponen como referencia para la comparación con el esquema EDA porque estos algoritmos se han utilizado para resolver problemas de programación tales como el problema de enrutamiento de vehículos y la secuenciación en máquinas respectivamente.

Sobre la base de los resultados de esta investigación, donde el número de paradas de autobús potencial es de 5, el esquema EDA muestra un mejor resultado en 9 de 24 casos contra el mejor resultado de Schittekat et al. [1]. En el mismo número de posibles paradas de autobús, el EDA encuentra la mejor aptitud en 22 de 24 casos contra los algoritmos propuestos como referencia. Si el número de paradas potenciales es de 20, el EDA encuentra la mejor o la misma aptitud en 22 de 24 casos, cuando el número de paradas es 40, el EDA produce 18 de 24 y finalmente para 80 paradas, en 10 de 24 casos. Esto significa que cuando el número de paradas aumenta de 10 a 80, es necesario identificar una mejor relación o interacción entre paradas de autobús en la secuencia para reducir la aptitud.

El EDA es capaz de reducir sustancialmente la aptitud mediante un modelo de probabilidad con el fin de detectar las interacciones entre las variables, lo que explica las reducciones en la aptitud mediante la aplicación del EDA en comparación con el GA y el MA [4].

El enfoque más simple para estimar la distribución de probabilidad conjunta detallada anteriormente no es capaz de detectar las interacciones superiores cuando el número de paradas aumenta de 10 a 80 para los casos considerados en esta investigación. Para cada generación, sabemos la probabilidad de que la parada *j*-ésima sea elegida para la *i*-ésima posición en la secuencia; sin embargo, al modelar interacciones más altas, el modelo probabilístico básico usado puede ser una desventaja.

Por último, la literatura no considera

suficientemente la interacción entre las paradas de autobús para el enrutamiento con otras cuestiones de planificación relacionadas mediante un modelo de probabilidad, y podría ser útil proporcionar un enfoque de solución diferente, que integre las decisiones sobre estas cuestiones de planificación con el fin de minimizar la distancia total recorrida.

El EDA puede detectar relaciones o interacciones entre paradas y puede mejorar significativamente el rendimiento mediante un modelo de probabilidad. Los resultados actuales incluyen varios ejemplos que detallan el potencial del enfoque EDA para resolver el problema del enrutamiento de autobuses escolares con la selección de paradas de autobús. Los resultados alientan el desarrollo de un método de optimización eficaz basado en un modelo de probabilidad para resolver los problemas de enrutamiento de autobuses escolares del mundo real, que generalmente ocurren en entornos dinámicos donde la eficiencia es frecuente.

Aunque el modelo de probabilidad propuesto es suficiente para ser competitivo, los modelos de mayor probabilidad deberían considerarse como trabajo futuro para obtener mejores resultados para el SBRP-BSS.

## REFERENCIAS

- [1] Schittekat P, Kinable J, Sörensen K, Sevaux M, Spieksma F Et Springael J, A metaheuristic for the school bus routing problem with bus stop selection, *European Journal of Operational Research*, 229-2 (2013) 518-528.
- [2] Prins, C, A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem, *Computers Et Operations Research*, 31-12 (2004) 1985-2002.
- [3] Moscato P. "On Evolution, Search, Optimization, Genetic Algorithms and Martial Arts: Towards Memetic Algorithms". Caltech Concurrent Computation Program (report 826) (1989).
- [4] Pérez-Rodríguez, Ricardo, Hernández-Aguirre, Arturo, Jöns, S et al. An estimation of distribution algorithm for the school bus routing problem with bus stop selection. *DYNA New Technologies*, January-December 2016, vol. 3, no. 1, p.0. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT8118>



**TRESCA**  
ENGINEERING SOLUTIONS

# BUENOS COMPAÑEROS DE VIAJE

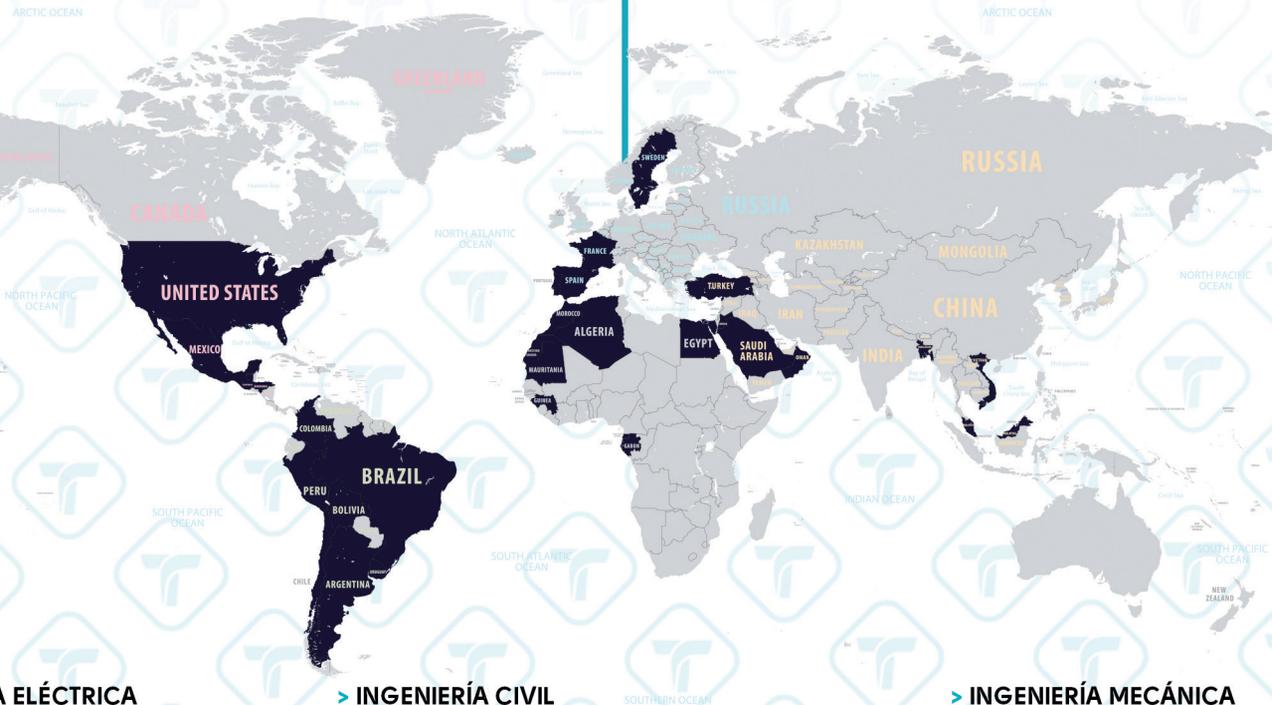
¿TE ACOMPAÑAMOS EN TU PRÓXIMO PROYECTO INTERNACIONAL?

## > SECTORES

ENERGIA  
PLANTAS INDUSTRIALES  
MINERIA  
INDUSTRIA QUÍMICA  
INDUSTRIAL DEL CEMENTO  
MADERA Y CELULOSA  
HANDLING DE SÓLIDOS

## > SERVICIOS

INGENIERÍA INTERNACIONAL  
INGENIERÍA DE APOYO A EPC  
INGENIERÍA BÁSICA  
INGENIERÍA DE DETALLE  
MODELOS Y MAQUETAS EN 3D  
APOYO A LICITACIONES INTERNACIONALES



> INGENIERÍA ELÉCTRICA

> INGENIERÍA CIVIL

> INGENIERÍA MECÁNICA

CONÓCENOS EN:  
[www.tresca.es](http://www.tresca.es)

