

UNIVERSIDAD DE BURGOS

ESCUELA DE DOCTORADO

TESIS DOCTORALES

- TÍTULO:** RACIONALIZACIÓN DE LA RED DE AUTOBUSES DE TRÁNSITO RÁPIDO (BRT), ANÁLISIS DE DIFERENTES OBJETIVOS. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE MÉXICO
- AUTOR:** GARCÍA DE LA PARRA MOTTA, ANTONIO
- PROGRAMA DE DOCTORADO:** TÉCNICAS MODERNAS PARA LA TOMA DE DECISIONES
- FECHA LECTURA:** 30/07/2015
- HORA:** 11:00
- CENTRO LECTURA:** FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES. SALÓN DE GRADOS
- DIRECTOR:** JOAQUÍN ANTONIO PACHECO BONROSTRO
- TRIBUNAL:** IRMA GARCÍA CALVILLO
AMAYA MARTÍNEZ PURAS
ABRAHAM DUARTE MÚÑOZ
GREGORIO TIRADO DOMÍNGUEZ
SILVIA CASADO YUSTA
- RESUMEN:** El objetivo principal de la tesis es el diseño de un método metaheurístico basado en búsqueda tabú para resolver el problema del transporte BRT en el Distrito Federal con un par de objetivos. Otros aspectos secundarios abarcan el análisis y la comparación con otros metaheurísticos, que tratan los problemas biobjetivo y ver, hasta qué punto, esta estrategia específica es mejor. La investigación propone aplicar técnicas metaheurísticas a problemas de optimización reales surgidos en el sector transporte, particularmente en la operación de modos alternativos de transporte, como el BRT, analizando distintas posibilidades para sacar el máximo partido a dichas técnicas y para ofrecer una buena solución.
- Asimismo, se pretende estudiar el problema de diseño de ruta, tomando en cuenta la afectación de los tiempos de los recorridos de los usuarios de una de las líneas del sistema BRT del Distrito Federal llamado Metrobús, ocasionado por la saturación en la demanda de viajeros, lo que ha provocado largas filas de espera, para poder acceder al servicio. La saturación de la demanda de este servicio ha provocando cuellos de botella en determinadas estaciones y trenes y se observa una disminución de la velocidad media de los autobuses; en algunos casos, más que representativos (de veinte a seis kilómetros por hora) en la Línea 1. Los problemas de operación han provocado deficiencias en la calidad, que se traducen en aumentos en el tiempo total de viaje, en el tiempo de espera y en el número de trasbordos. Entre los usuarios se aprecia negativamente el tiempo de espera que el tiempo total de viaje, pese a que el primero forma parte del segundo. A su vez, el número de los trasbordos es una medida de la calidad del servicio, ya que al ser demasiado alto no es bien percibido por parte del usuario.
- Depende el tipo de usuario que utilice el servicio, la toma de decisiones con respecto a los trasbordos variará, ya que aquellas personas con dificultades de movilidad, en ocasiones prefieren no realizar ningún trasbordo, aunque el tiempo de viaje sea más alto, mientras que para los usuarios jóvenes, el número de los mismos no sea relevante debido a que no presentan problemas de movilidad.
- Ante la problemática expuesta, la tesis muestra la necesidad de una reestructuración

operativa en dicha línea del sistema BRT. Se pretenden generar propuestas de solución para racionalizar la toma de decisiones respecto al funcionamiento y operación del Metrobús con el fin de solucionar de la manera más eficiente el problema de operación actual, que radica en la saturación de la red existente. Entre las propuestas se encuentran el diseño de varias líneas y la asignación de los vehículos disponibles a cada una de ellas, de forma que se mejoren los tiempos totales de viaje (tiempos de los trayectos y los tiempos de espera) teniendo en cuenta los diferentes datos de los que se dispone.

El problema de optimización en la operación del sistema de transporte BRT es de naturaleza biobjetivo: la reducción del tiempo total de viaje y la reducción del número de trasbordos, los cuales no son comparables y además suelen entrar en conflicto. El método desarrollado aporta un conjunto denso de soluciones no dominadas con las que se puede encontrar un equilibrio adecuado entre ambos objetivos. Desde este punto de vista biobjetivo el problema es nuevo y no existen referencias anteriores donde se aborde desde esta perspectiva

Se diseñaron, implementaron y analizaron a fondo diferentes técnicas: un algoritmo constructivo (descompuesto en diferentes fases), un procedimiento de búsqueda local, un procedimiento de búsqueda tabú y un procedimiento multiarranque, que combina el algoritmo constructivo con el procedimiento de búsqueda tabú (*MultiStartTabu*).

Los procedimientos propuestos alcanzan soluciones con más de una línea (dos líneas en cada caso), pero no con todas las estaciones en cada una de ellas. Analizando estas soluciones y comparándolas con la solución actual (donde hay una sola línea, con todas las estaciones) se comprueba, en efecto, que estas nuevas soluciones mejoran de forma relevante y significativa los tiempos totales de viaje por pasajero.

Asimismo, se ha creado un método ad hoc para este problema que sigue las ideas de la estrategia MOAMP, diseñada para problemas multiobjetivo. La estrategia MOAMP se desarrolla en 3 fases (la primera trata de obtener buenas soluciones del problema teniendo en cuenta las distintas funciones objetivo del mismo, en la segunda también se obtienen buenas soluciones pero se consideran funciones objetivo mixtas y en la tercera se exploran las soluciones vecinas de las soluciones no-dominadas).

Se compararon los resultados obtenidos por el algoritmo diseñado para la resolución de este problema con los obtenidos por una adaptación del conocido NSGA II. El “motor” del método NSGA-II ha sido el procedimiento de búsqueda tabú desarrollado adaptado a diferentes funciones objetivos (las funciones objetivos originales y funciones objetivos mixtas).

En relación a la comparación con otros métodos, se muestra una comparativa del método diseñado, basado en la estrategia MOAMP, con NSGA II. Consiguiéndose con MOAMP curvas de eficiencia con un mayor número de soluciones que además dominan a las soluciones obtenidas con NSGA II salvo alguna excepción. La comparación de ambas estrategias se realiza tanto para las instancias pseudoreales creadas como para la solución real. El diseño de estrategias basadas en MOAMP adaptadas a las características de un problema en concreto produce resultados considerablemente mejores que la utilización de estrategias más generales, en este caso NSGA II. También debemos tener en cuenta que esto supone un trabajo adicional de diseño e implementación, aunque creemos que al final resulta beneficioso.