

PRÓLOGO.

El objetivo de este proyecto será el de diseñar un algoritmo, tal que, dado un conjunto de nodos localizados sobre una zona de estudio delimitada, y conocida la demanda de transporte entre cada uno de los nodos, así como la distancia que los separa, crear una red de rutas (tantas rutas como se indique con el parámetro N), con el objetivo de maximizar la cantidad de demanda satisfecha, minimizando en la medida de lo posible la longitud de las rutas. El algoritmo estará sujeto a restricciones en la longitud y en la cantidad de nodos de las líneas. Se introducirá, además, la opción de un transbordo entre líneas, quedando afectada la demanda satisfecha por un factor de corrección, en caso de que sea necesario la realización de un transbordo para viajar entre dos nodos.

Además, se introducirá en el diseño del algoritmo, la posibilidad de la existencia de una línea principal (que puede ser una línea de metro en una ciudad), con el fin de estudiar el modo en que afecta ésta a la red de rutas secundarias (líneas de autobús en una ciudad).

El algoritmo diseñado puede ser dividido fundamentalmente en dos partes. La primera consiste en la elección de los *nodos generadores u originadores* (como serán llamados durante esta memoria), que son los nodos que van a motivar la creación de las rutas. La elección de estos nodos está lejos de ser un proceso exhaustivo. En este algoritmo se ha optado por elegir aquellos pares de nodos entre los que se produce una demanda máxima de viajes. Aunque ésta no tiene por qué ser la mejor opción, sí nos parece bastante adecuada. Además, se han realizado unos ensayos en la elección de los nodos generadores, en los que se prueba la introducción del azar en la elección de los mismos, que reforzarán la validez de la idea inicial de los *nodos originadores* de rutas.

La segunda parte del algoritmo es la encargada de la creación de las rutas a partir de los *nodos originadores*. Este proceso sí es bastante exhaustivo en tanto en cuanto es analizado el valor de la función objetivo para todos los nodos candidatos a ser unidos a una ruta determinada (que son todos aquellos que no pertenecen a la ruta en estudio y cuya integración en la misma no hace

sobrepasar la longitud máxima permitida de ruta). El proceso seguido se asemeja a una *tabu search*, en la que los nodos tabú son aquellos que ya pertenecen a la ruta, y aquellos cuya integración en la misma supone una longitud de ruta superior a la permitida. Quizás podría haber sido utilizado algún tipo de heurístico en la generación de las rutas, sin embargo, como se comprobará, los tiempos de computación no son tan elevados como para descartar el método elegido.

Aunque el algoritmo puede ser aplicado, en principio, a los casos más generales, por ejemplo, la creación de rutas de autobús entre diferentes pueblos de una región (líneas secundarias), donde la línea principal podría ser una línea ferroviaria; nosotros haremos su aplicación a la ciudad de Sevilla, aprovechando la zonificación que de la misma realizó la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía para estudiar la movilidad en la aglomeración urbana de Sevilla, del año 2002, así como las matrices de movilidad entre cada una de ellas.

Con la aplicación del algoritmo diseñado, y programado en MATLAB 6.1 sobre la ciudad de Sevilla, se pretende comprobar y comparar los resultados que éste nos ofrece con la situación real actual del transporte urbano en la ciudad, y así poder hacer una valoración de la validez de éste en la aplicación a ciudades. Si bien, es importante aclarar que las rutas obtenidas, no son rutas propiamente dichas; sería más correcto hablar de “corredores”, puesto que no se pretende decir con exactitud las calles o avenidas por donde deben discurrir las líneas, ni los lugares exactos donde deben establecerse paradas de autobús, sino las zonas que, en principio, deben ser cubiertas. Es por esto, que las soluciones mostradas tienen carácter de lo que hemos dado en llamar “pre-planificación”. Es decir, el algoritmo nos indica qué zonas son más interesantes cubrir, dando una “primera idea” al planificador o encargado de realizar el estudio, que deberá decidir, con los resultados por delante, el itinerario exacto de las rutas.

Además, se comprobará qué variación produce en las rutas creadas por el algoritmo la adición de una línea principal de metro. En concreto, nos

referimos a la línea 1 de metro que actualmente se encuentra en fase de ejecución, y que espera ser estrenada en Sevilla en el año 2006.

Serán varios los ejemplos que se realicen en la aplicación del algoritmo sobre Sevilla, jugando con la combinación y variación de los parámetros requeridos por el algoritmo.

La memoria del proyecto fin de carrera que aquí se presenta, mantiene la siguiente estructura:

- En el Capítulo 1, se realiza una breve introducción al problema que pretende ser resuelto en este proyecto así como a los numerosos trabajos y estudios realizados por diferentes investigadores sobre el tema que nos ocupa, la planificación del transporte, lo que nos proporcionará el “estado de la cuestión” del diseño de redes de tránsito y de transporte público. Finalmente, apoyándonos en los estudios previos, se plantea una formulación que dé soluciones atendiendo al objetivo planteado.
- En el Capítulo 2, se explica con detalle el algoritmo diseñado, cuáles son sus restricciones y datos de partida; y cómo ha sido resuelta su programación en MATLAB 6.1.

El capítulo finaliza con el ensayo del algoritmo sobre diferentes configuraciones geométricas y tipos de demanda, para terminar obteniendo una serie de conclusiones.

- Ante la aplicación que del algoritmo se piensa hacer sobre la ciudad de Sevilla, en el Capítulo 3 se realiza una introducción a los modelos de transporte, con los que se intenta explicar cómo se produce la demanda actual y ,en la medida de lo posible, futura.

Aunque estos modelos, no resultarán de aplicación directa en este proyecto, resulta interesante conocer cómo debe procederse cuando se pretende hacer un análisis de transporte en una ciudad. Así pues, este capítulo servirá de introducción al Capítulo 4.

- En el Capítulo 4, tras explicar brevemente la situación del transporte urbano en Sevilla, se procede a la aplicación del

algoritmo diseñado y programado sobre ella, no sin antes comentar las peculiaridades y particularizaciones que son necesarias hacer para aplicar el algoritmo sobre la ciudad de Sevilla. A continuación se ensaya el algoritmo con la introducción de diferentes valores de los parámetros, así como de distintas matrices de viajes.

En un primer ejemplo, se trabaja con la matriz de demanda de transporte público, con la intención de comprobar si los “corredores” creados responden con lógica a las rutas que actualmente tiene en servicio la compañía de transporte urbano de Sevilla, TUSSAM.

En ejemplos posteriores, se realizan ensayos utilizando además la matriz de uso de transporte privado, e introduciendo la línea 1 de metro en actual construcción en la ciudad de Sevilla.

El capítulo termina realizando un estudio sobre los tiempos de computación, y otro sobre la elección de los “nodos originadores”.

- En el capítulo 5, se presentan las conclusiones extraídas de este proyecto, así como los puntos en los que se puede mejorar.
- La memoria termina presentando una serie de anexos.

En el Anexo 1, se presentan las zonas de transporte por distritos e identificadas por una avenida, plaza, barrio o zona residencial que lo caracterice.

En los Anexos 2 y 3, se presentan los diagramas sinópticos de las funciones y la programación de las mismas en MATLAB 6.1., respectivamente.

En el Anexo 4, se hace una introducción al algoritmo de Dijkstra, utilizado en este proyecto para calcular la mínima distancia entre los diferentes nodos.

En el Anexo 5, se muestran las actuales líneas de autobús de TUSSAM.

En el Anexo 6, son presentados varios ejemplos de centroides.

- Bibliografía.