Mapa del transporte público de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Map of public transportation in the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico.

Héctor Guerra Crespo (1)
I. T. de Tuxtla Gutiérrez
hgcrespo@hotmail.com

Walter Torres Robledo (2), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, waltertorres@elgrupo.mx

Jose Alberto Morales Mancilla (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, amancilla58@hotmail.com

Artículo recibido en julio 28, 2011; aceptado en noviembre 25, 2011.

Resumen.

Mapa del transporte público de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es una aplicación que informa al usuario sobre qué rutas del transporte público abordar para poder trasladarse de un punto a otro dentro de la ciudad. Los grafos por su parte, son el modelo matemático utilizado que fundamenta la abstracción y búsqueda de las vialidades mediante mapas cuya plataforma de desarrollo es "google maps". La aplicación resultante de este trabajo ya se encuentra operando y puede consultarse en el sitio www.tuxmapa.com.

Palabras clave: Algoritmos de búsqueda, grafos, mapas, transporte público.

Abstract.

"Map of public transportation in the city of Tuxtla Gutierrez" is an application that notifies the user about the best available route from one point to another within the city. "Graph" is the mathematical model that allows the abstraction of routes through the platform of Google maps. The resulting application of this work is already operating and is available on the website www.tuxmapa.com.

Keywords: Search algorithm, graph, maps, public transportation map.

I. Introducción.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas es la capital del Estado de Chiapas, México, cuenta con una población de 553,374 habitantes y una superficie de 340.74 km^2 [4], es el centro de una zona metropolitana integrada por los municipios de Chiapa de Corzo (87,603 habitantes), Berriozábal (43,179 habitantes), San Fernando (33,060 habitantes), Suchiapa (21,045 habitantes), Ocozocoautla de Espinosa (82,059 habitantes) y Osumacinta (3,792 habitantes) [4].

Fig. 1. Zona metropolitana de Tuxtla Gutiérrez.

Ante tal crecimiento se hace necesario que la ciudad cuente con mecanismos que le proporcionen información de cómo poder trasladarse en la ciudad.

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez existen 124 rutas de colectivos y 5 rutas suburbanas, en total 129 rutas y se disponen de 1930 colectivos [6].

La Secretaría de Transportes del Gobierno Estatal es la responsable de la administración del transporte público.

La Secretaría del Transporte tiene "mapas", en realidad croquis de cada una de las rutas, El problema con estos croquis es que no están a escala real, ni tienen el detalle de las calles de la ciudad como se muestra en la figura 2.

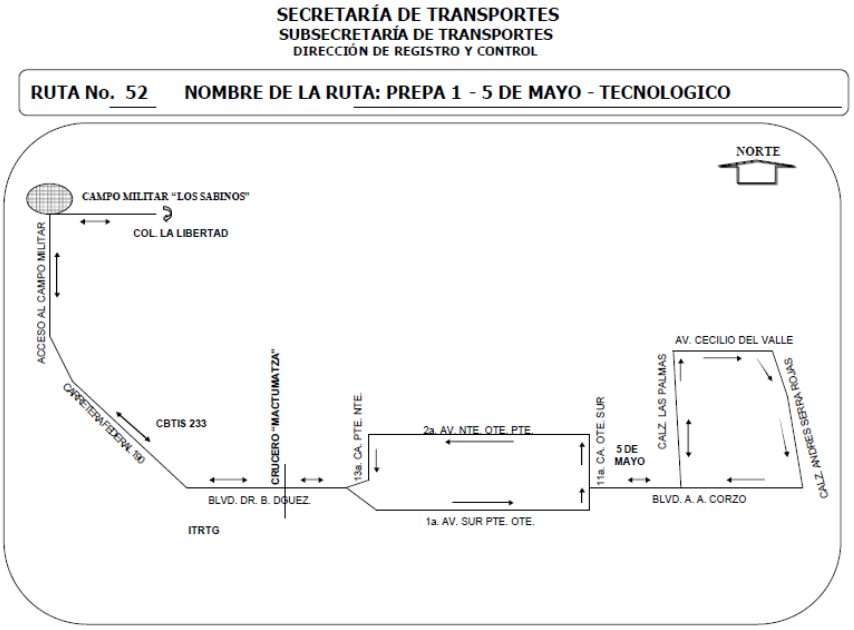

Fig. 2. Trayecto de la ruta 52, prepa 1 – 5 de mayo - tecnológico.

Mapeo conceptual de las rutas. Para desarrollar el mapa del transporte público fue necesario registrar las rutas en el mapa oficial de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, el levantamiento se llevó a cabo directamente con los choferes de los colectivos.

Fig. 3. Mapa en papel de las rutas del transporte colectivo.

Mapeo digital de las rutas. Una vez registradas las rutas de manera natural se digitalizaron en la herramienta AutoCAD 2010, el mapa oficial digitalizado de la ciudad fue proporcionado por la Secretaría de Obras del Municipio de Tuxtla Gutiérrez.

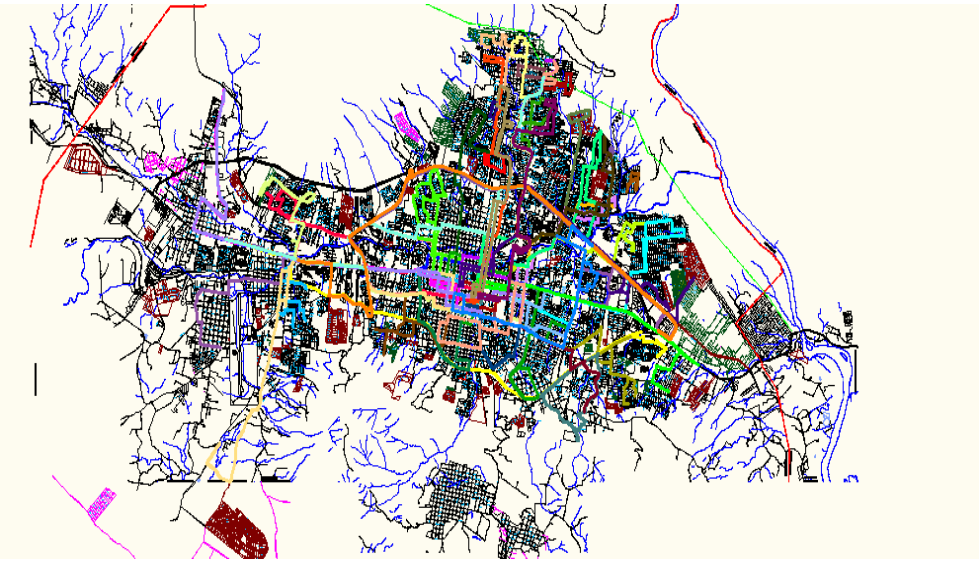

Fig. 4. Mapa en AutoCAD 2010 con las rutas digitalizadas.

II. Métodos.

A la par de la solución del registro de las rutas se revisaron los modelos matemáticos y computacionales necesarios para automatizar el proceso de búsqueda de rutas.

Para la implementación del algoritmo se requiere del modelo matemático grafo.

Grafos [1]. Un grafo es un modelo matemático que nos permite representar gráficamente entidades y sus relaciones, lo que los hace muy prácticos para modelar matemáticamente mapas, planos, objetos tridimensionales, entre otros.

Un grafo consta de dos partes:

1. Un conjunto *V* cuyos elementos son llamados vértices, puntos o nodos.
2. Un conjunto *L* de pares no ordenados de vértices distintos, llamados arcos o lados.

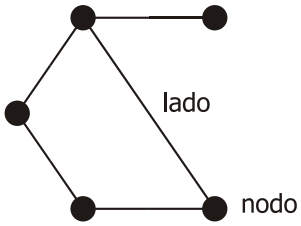

Fig. 5. Grafo

Definición formal [1]. Un grafo se define como una tripleta $G = (V, L, R)$.

V es el conjunto de vértices en el grafo, *L* el conjunto de lados, y *R* la relación que especifica la conexión entre los nodos.

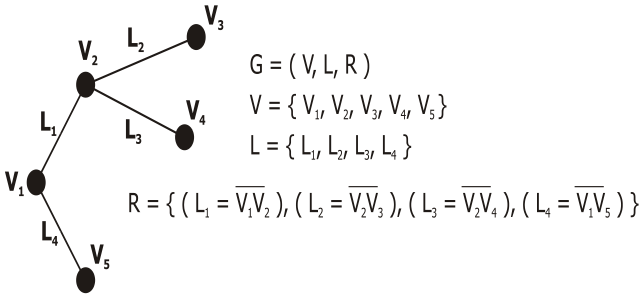

Fig. 6. Grafo formal

En la parte de trabajo de campo se digitalizaron las rutas del trasporte público, para sistematizarlas es necesario representarlas en datos.

En este sistema cada ruta del trasporte público se representa con una lista de puntos, cada punto es una pareja latitud, longitud, para capturar cada punto fue necesario desarrollar una aplicación independiente, en la cual el usuario va "punteando" la ruta real en el mapa y el sistema registra los puntos en una tabla de datos, este proceso se tiene que hacer por cada ruta a considerar.

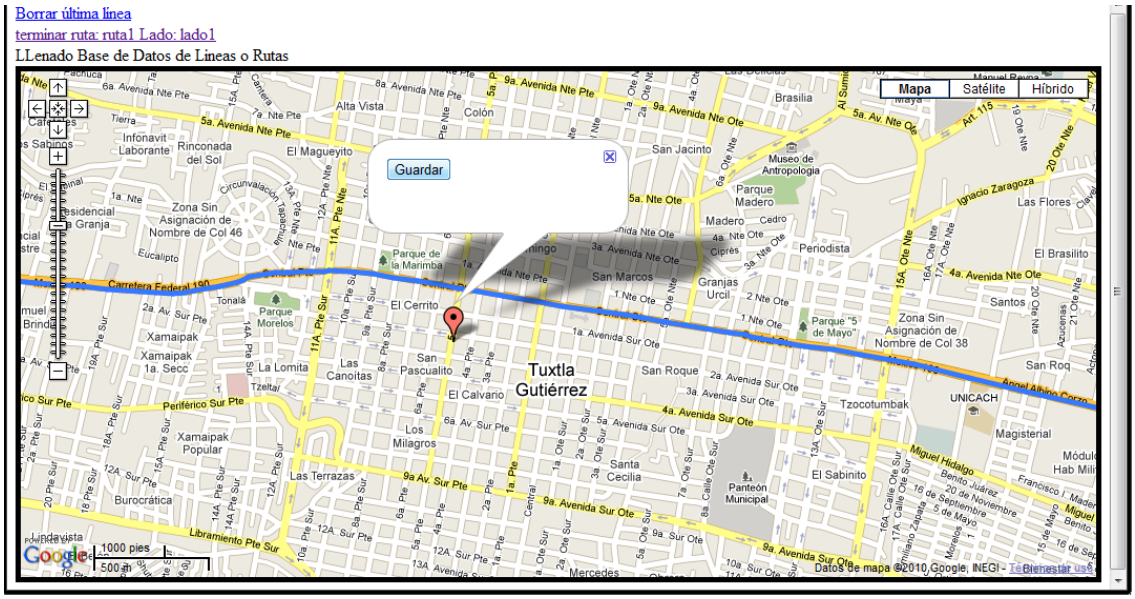

Fig. 7. Programa para registrar en datos las rutas.

Otro paso en la aplicación es la abstracción de las rutas del mapa al modelo matemático grafos [7], para lograrlo cada intersección de las rutas debe considerarse como un vértice, una pequeña muestra de cómo se lleva a cabo el traslape del mapa con relación al grafo se muestra en la siguiente figura donde se representan, no en datos reales, cinco rutas con ocho intersecciones, cada una de éstas representa un vértice en el grafo donde se realizará la búsqueda.

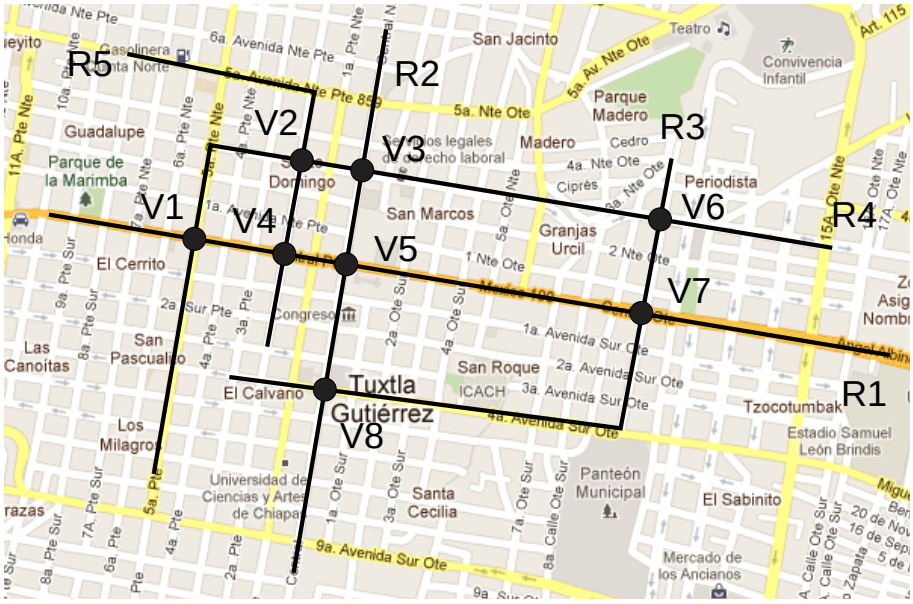

Fig. 8. Grafo del transporte público del centro de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

El grafo se representa computacionalmente en una matriz donde cada fila representa una ruta y cada columna la ruta de intersección.

Tabla 1. Matriz de incidencias.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
R1	1	0	0	1	1	0	1	0
R2	0	0	1	0	1	0	0	0
R3	0	0	0	0	0	1	1	1
R4	1	1	1	0	0	1	0	0
R5	0	1	0	1	0	0	0	0

II.1 Algoritmo propuesto.

Entradas. Punto origen y punto destino.
Salida. Lista de rutas o mezcla de rutas que llevan al usuario del punto origen al punto destino.

1. Se establece un radio de 400mts para generar una lista de las rutas que pasan por el punto origen y otra lista por el punto destino.

2. Por cada ruta de la lista punto origen se hace lo siguiente.
    2.1. Si la ruta también se encuentra en la lista de punto destino entonces el algoritmo encontró una ruta directa y ésta se almacena para ser graficada en el mapa posteriormente.
    2.2. En caso contrario por cada intersección de la ruta actual se hace lo siguiente.
        2.2.1 Si el nodo de intersección se encuentra en la lista de nodos del punto destino entonces el algoritmo encontró una mezcla de dos rutas, los datos de esta mezcla son registrados para posteriormente ser graficados en el mapa de salida.
        2.2.2 En caso contrario se continúa buscando intersecciones para la ruta actual.

Los algoritmos de búsqueda basados en grafos consultados para la implementación del mapa es la siguiente [2]**:**

- *Bellman–Ford* [5].
- *Breadth-first Search* [5].
- *Depth-first search* [5].
- *Dijkstra* [5].
- *k Shortest Simple Paths* [3].

Los algoritmos anteriores fueron estudiados para implementar un algoritmo que determinara la mejor ruta, sin embargo, hasta este momento del proyecto la aplicación informa de todas las rutas posibles y el usuario gráficamente determina cual abordar, por lo que la complejidad del algoritmo disminuye, el algoritmo propuesto revisa todas las adyacencias cercanas en el punto de origen y despliega la porción de ruta correspondiente a los puntos de origen y destino seleccionados.

II.2. Salida al mapa.

Cada ruta generada por el algoritmo tiene el registro de intersección por lo que se genera una nueva lista de puntos involucrando sólo a los que conviene graficar, de esta manera se puede presentar el lugar exacto de abordar y el de arribar.

El sistema genera el código en lenguaje php a partir de los registros de salida del algoritmo para que el sistema los grafique al mapa de manera automática.

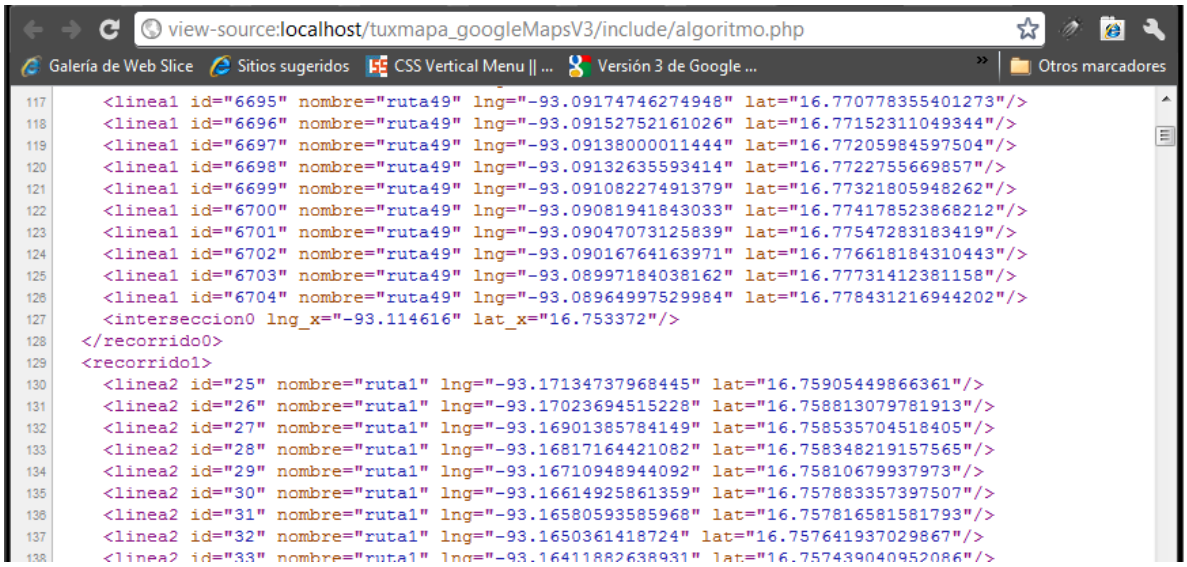

Fig. 9. Código generado para graficar las rutas al mapa..

El archivo algoritmo.php generado se presenta de manera visual bajo la herramienta *Google Maps* quedando.

Fig. 10. Mezcla de rutas encontradas por el algoritmo del punto origen 1 “I.T. de Tuxtla Gutiérrez” y punto destino 2 “Estadio Víctor Manuel Reyna” sede del equipo Jaguares de Chiapas de futbol de la primera división. La que se ilustra es la primera, ruta 1 y ruta 100.

III. Desarrollo.

En el sitio www.tuxmapa.com se implementa el mapa del transporte público de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la interfaz principal se describe a continuación.

Fig. 11. Descripción del prototipo de TuxMapa.

1. Menú Rutas: Muestra los recorridos completos de las rutas.

2. Menú Tipos de Mapas: Muestra diferentes vistas de los mapas.

3. Contenedor: Resultados obtenidos en la consulta de la mejor ruta.

4. Teclas rápidas de manipulación del mapa: Desplazar *click* izquierdo sin soltar, *zoom* (+) doble *click* izquierdo, *zoom* (-) doble *click* derecho.

5. Desplazamiento: Desplaza el mapa a la derecha, izquierda, arriba, abajo.

6. *Zoom*: Acerca y aleja al mapa, (+) acercar, (-) alejar.

7. Marcadores: El marcador en forma de ficha es una referencia a inicio o final de una ruta.

8. Recorrido de una ruta: Líneas verdes y azules.

9. Botón Limpiar Mapa: Limpia objetos que estén encima del mapa.

10. Botón Buscar: Busca colonias de la ciudad.

Conclusiones.

El algoritmo implementado se diseñó pensando en ofrecer una aplicación completa cuyo tiempo de desarrollo fuera relativamente rápido y económico manteniendo un balance entre la información primaria y la detallada que necesita el usuario final.

El algoritmo se sigue desarrollando para incorporar mayor eficiencia en la búsqueda como son la mejor ruta considerando diferentes variables como distancia, número de unidades, tráfico, obras, bacheo, entre otras.

Agradecimientos

Al Ing. Carlos Héctor Zebadúa Guillén Jefe de la Unidad de Informática de la Secretaría de Transportes del Estado de Chiapas por su colaboración en la obtención de los datos necesarios para la realización de este proyecto.

Créditos

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

Referencias Bibliográficas.

[1] **Guerra Crespo, H.** (2005). *Compiladores, el comienzo...*, Editorial Tecnología Didáctica, ISBN 970-94054-1-1, México.

[2] **Hershberger, J., Suri, S., and Bhosle, A.** (2007). *On the Difficulty of Some Shortest Path Problems*, ACM Transactions on Algorithms, Vol. 3, No. 1, Article 5, 15 pages, Publication date: February 2007.

[3] **Hershberger, J. Suri, S., and Maxel, M.** (2007). *Finding the k Shortest Simple Paths: A New Algorithm and Its Implementation*, ACM Transactions on Algorithms, Vol. 3, No. 4, Article 45, 19 pages, Publication date: November 2007.

[4] **Instituto Nacional de Estadística y Geografía.** (2011), *México en cifras*, acceso: 12/07/2011, http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=07.

[5] **Khuller, S. Raghavachari, B.** (2010). *Algorithms and theory of computation handbook*, Editorial Charpman & Hall/CRC, ISBN 978-1-58488-822-2, Chapter 7, Basic Graph –algorithms, Digital Library ACM.

[6] **Secretaría del Transporte del Estado de Chiapas.** (2008), *Mapas del transporte público*, archivos internos.

[7] **Vanhove, S. Fack, V.** (2010). *Applications of graph algorithms in GIS*, ACM The SIGSPATIAL Special, Vol. 2, No. 3, pp. 31-36, Publication date: November 2010.

Información de los autores.

Héctor Guerra Crespo es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995, líder del cuerpo académico "tecnologías de información para el desarrollo regional" donde impulsa el área de trabajo "aplicaciones sobre mapas".

Walter Torres Robledo, Maestro en Ciencias en Ingeniería en Electrónica graduado en el Instituto Tecnológico de Toluca, actualmente es catedrático del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, ha sido director varios proyectos de investigación registrados con apoyos de CONACyT, premio estatal de innovación 2005 y 2006, premio nacional de ahorro de energía 2010.

José Alberto Morales Mancilla es Maestro en Ciencias Computacionales en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET, es profesor investigador en el I.T. de Tuxtla Gutiérrez desde 1991 y se especializa en tecnología RFID y traductores para lenguas indígenas.