

Aplicando análisis de proximidad en Web-Mapping

Miguel F. Mata, Miguel Torres

Laboratorio de Geoprocesamiento
Centro de Investigación en Computación
Instituto Politécnico Nacional
Av. Juan de Dios Bátiz s/n Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
C.P. 07738, México, D.F., MÉXICO
migfel@sagitario.cic.ipn.mx, mtorres@cic.ipn.mx

Resumen. En el presente trabajo se propone un modelo para realizar análisis de proximidad a través de Web-Mapping. El modelo es una herramienta de extensión a un servidor de mapas, el cual está basado en una arquitectura de tres capas; en donde los siguientes módulos están incluidos: el Administrador de Análisis Espacial (AAE), el Módulo de Operaciones Espaciales (MOE), el Módulo de Recuperación Espacial (MRE) y una página JSP con un *applet* insertado. Estos componentes permiten la visualización de los datos y el despliegue del mapa en formato vectorial. Todos los módulos interactúan en una Interfaz Gráfica de Usuario (IGU), la cual es representada en un navegador de internet (cliente).

1 Introducción

Actualmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de Escritorio comerciales proporcionan diversas funciones de análisis espacial. Sin embargo, ante el impacto y desarrollo de la Internet en el área de la Geocomputación, la necesidad de implantar estas funciones en un servidor de Web de Mapas ha crecido de manera considerable. Es por ello, que en el presente trabajo se ha desarrollado la función de análisis de proximidad a través de Web-Mapping. En diversos sistemas de información espacial, el concepto de proximidad o *buffer*, se refiere a un polígono que encierra un área con una distancia específica de un punto, línea, nodo o polígono (conocida como área de influencia). De acuerdo a las primitivas de representación de datos espaciales (puntos, líneas y polígonos), a esta técnica se le denomina: *buffer de punto*, *buffer de línea*, *buffer de nodo* o *buffer de polígono* [1].

El análisis de proximidad se efectúa a través de la longitud del área de influencia, y éste proporciona como resultado la creación de nuevos objetos poligonales que rodean a los objetos sobre los que se realiza el análisis. Dichos objetos, normalmente se fusionan y se genera una superficie continua en la que sin solapamientos se calcula la proximidad "*buffers*" o área de influencia de los objetos determinados.

El *buffer* se aplica en los formatos de representación de los datos más comunes tales como: en *raster* sobre superficies de fricción (resistencia al desplazamiento) y *vectorial* sobre distancias euclidianas (en línea recta).

El análisis de proximidad depende de las primitivas de representación de los datos espaciales y de la naturaleza del fenómeno a estudiar. El análisis de proximidad o buffer es uno de los más utilizados en SIG, esta técnica ha sido incluida en análisis en 3D con Java y VRML geográfico [2]. En este desarrollo, la técnica de análisis de proximidad ha implantada en una herramienta SIG de escritorio para propósito específico [3]. Los SIG comerciales proporcionan opciones en la aplicación de análisis de proximidad, tanto para la definición del buffer, como para los atributos que estarán implicados para determinar el área de influencia [4].

Por otra parte, el *Web-Mapping* es un concepto nuevo en los SIG orientados al Web, básicamente consta de las siguientes operaciones: paneo, zoom, selección de elementos y recuperación de la información a través de una página web en un modelo cliente-servidor [5]. Existen diferentes tipos de estructuras y tipos de datos espaciales en diversos ambientes tales como: bases de datos orientados a objetos, bases de datos relacionales, archivos de formato propietario etc. [8], a través de todas estas especificaciones es posible compartir, intercambiar, y transportar objetos geográficos en un sitio web [9]. Las páginas web con formato HTML carecen y limitan la capacidad para aplicar análisis espacial [10]. Por esta razón, es necesario utilizar páginas Java Server Page (JSP) con un applet incrustado. Esto con el objetivo de proporcionar al Web-Mapping la capacidad de efectuar análisis espacial [11].

Nuestra propuesta está enfocada a trabajar con análisis espacial, y en particular con los diferentes casos que implica el análisis de proximidad. Por ello, los datos geométricos y topológicos se trabajan de forma separada, de acuerdo a nuestro caso de estudio, de tal forma que mediante este mecanismo los usuarios pueden simular el funcionamiento de una aplicación SIG de escritorio.

El artículo esta organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la arquitectura de Web-Mapping y la interacción con la función de análisis de proximidad. En la sección 3 se describe y detalla el funcionamiento de la aplicación; en la sección 4 se describe el proceso de análisis de proximidad y los diferentes tipos de análisis que existen. Algunos resultados parciales se muestran en la sección 5 y finalmente en la sección 6 se presentan conclusiones parciales del trabajo.

2 Arquitectura de Web-Mapping y análisis de proximidad

La arquitectura está basada en 3 capas, donde la capa 1 es la capa de presentación, la capa 2 es la capa de procesamiento de datos espaciales y la capa 3 es la capa del repositorio de datos espaciales. Dichas capas constan de un Módulo de Administración de Análisis Espacial (MAAE). El MAAE opera con un Módulo de Operaciones Espaciales (MOE), el cual de acuerdo al tipo de análisis a efectuar, seleccionará la función correspondiente a dicha operación. El Módulo de Recuperación Espacial (MRE) es una clase Java que se encarga de comunicar a la base de datos geográfica (vía JDBC) con el MOE.

El MRE recupera los objetos geográficos implicados en el análisis, esto para poder enviar una respuesta al Administrador de Análisis Espacial (AAE); de acuerdo a la respuesta recibida, éste configura los parámetros necesarios para que la página JSP se construya de manera adecuada. De igual manera, para el applet que se incrustará en la pagina web final. Este modelo se muestra en la Fig. 1.

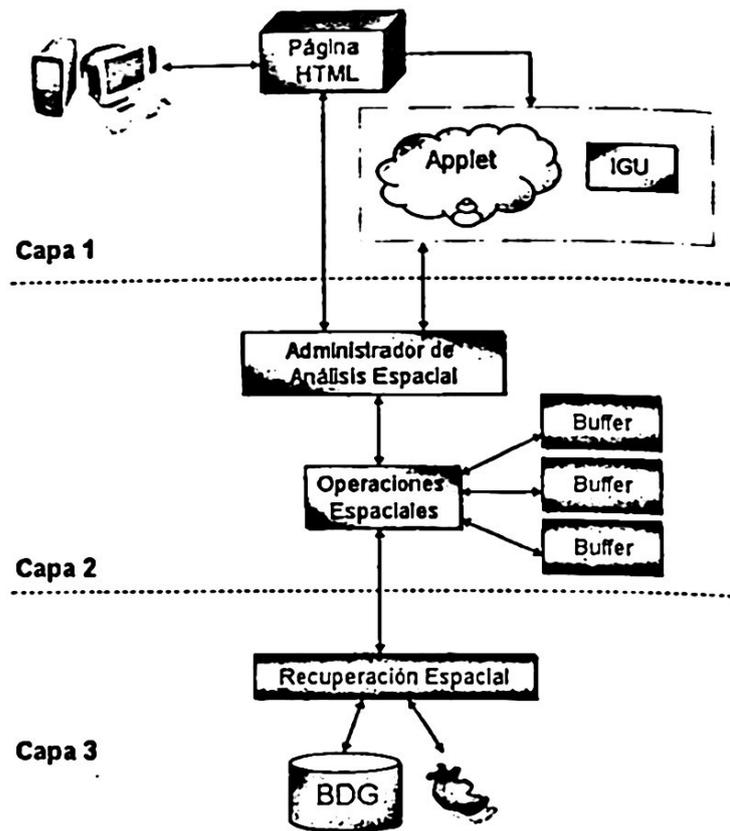


Fig. 1. Arquitectura de Web-Mapping para aplicar análisis de proximidad

La Fig. 1 muestra el Módulo de Operaciones Espaciales (MOE), el cual es el componente fundamental del sistema. Este se encuentra ubicado entre el Administrador de Análisis Espacial y el Módulo de Recuperación Espacial, cuya función principal es seleccionar el procedimiento o mecanismos necesarios para aplicar el análisis espacial requerido por el AAE. Una vez que el mecanismo ha sido seleccionado, se envía al MRE la petición de los datos espaciales y se espera el resultado. El MRE construye la consulta espacial necesaria para acceder a la información espacial en la base de datos geográfica (geométrica o topológica).

La consulta es ejecutada y el MRE envía el resultado al MOE, donde los resultados recibidos se envían al MAAE, el cual procesa los resultados y de acuerdo al tipo de representación obtenido, configura y construye el applet para que la IGU despliegue esta información en forma adecuada. El modelo general del Módulo de Operaciones Espaciales es presentado en la Fig. 2. Este módulo (MOE) es utilizado para seleccionar el tipo de operación espacial a realizar y envía los parámetros necesarios a cada función para que el análisis pueda ser aplicado. Una vez que la función es ejecutada espera la respuesta para comunicarse con MAAE.

En la Fig. 2 se muestra el funcionamiento del MOE, de acuerdo a la operación espacial seleccionada. Para este caso es un *buffer*, en donde esta función se encarga de seleccionar el tipo de primitiva de representación espacial y aplica el algoritmo de proximidad correspondiente. El resultado de dicho algoritmo es enviado como parámetro de retorno al MOE para que continúe con el proceso y se pueda realizar el despliegue final de los datos en la página web.

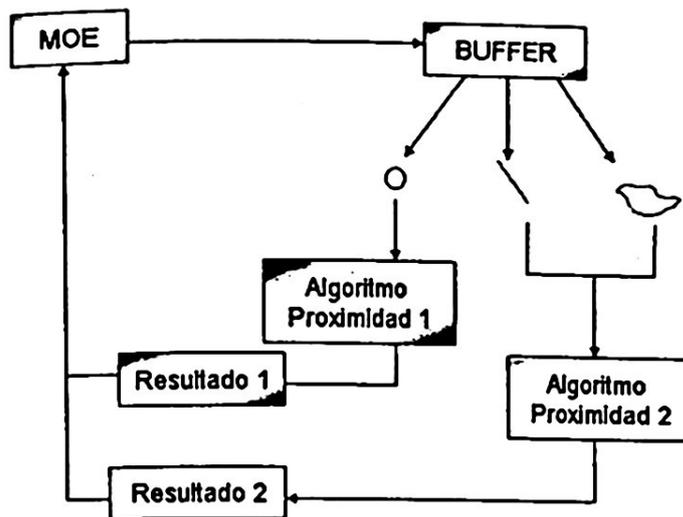


Fig. 2. Modelo de operación de MOE

3 Módulo de Análisis de Proximidad

El Módulo de Análisis de Proximidad es el encargado de realizar todos los procesos de análisis de acuerdo al tipo de primitiva que presente un objeto geográfico. Este módulo debe generar una cobertura espacial nueva en base al buffer estimado a la primitiva de representación y a los parámetros de influencia que sean considerados en el análisis. En la Fig. 3 se muestra el esquema funcional del Módulo de Análisis de Proximidad. Este mecanismo se encarga de generar la nueva capa de datos (capa buffer de datos), en base al siguiente proceso:

1. Se debe aplicar el buffer a cada capa de datos seleccionada.
2. Se debe generar una nueva capa de datos buffer.
3. Esta capa es enviada a un módulo de transformación, el cual es un Shell de Unix que hace la conversión de la capa de datos a formato de cobertura de Arcinfo.
4. Se realiza la conversión a un formato multi-capa para que pueda insertarse y presentarse como una capa de datos nueva en el sistema, el cual es posible procesar de manera transparente.

4 Proceso de Análisis de Proximidad

Algunas operaciones de SIG requieren de un punto, una línea o un polígono para poder aplicar *buffer* en los análisis. A continuación se describe los pasos del algoritmo de análisis de proximidad para el caso de primitivas espacial de tipo línea. Primero se asignan a cada segmento de línea el ancho de buffer apropiado, (fijo o por pesos). Llamaremos a este buffer distancia b ; y cada segmento de línea es procesado individualmente, de tal forma que en base a la Fig. 4, tendremos 3 segmentos de línea, donde cada segmento de línea tiene un nodo inicial ($E_1, N1$) y un nodo final ($E_2, N2$).

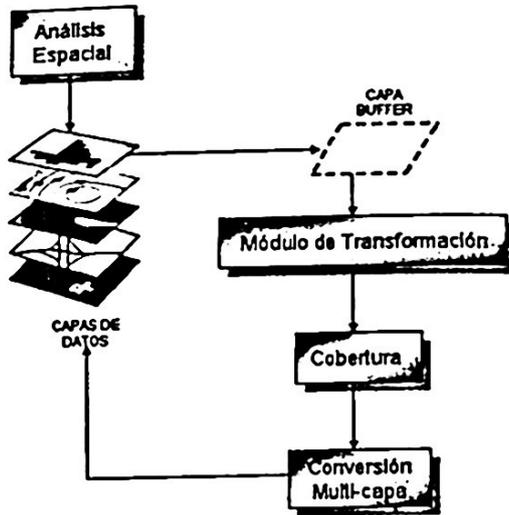


Fig. 3. Funcionamiento de la aplicación de análisis de proximidad

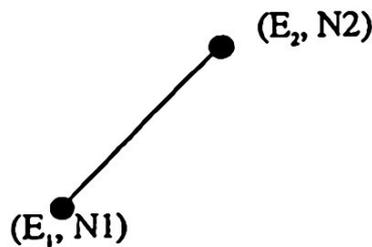


Fig. 4. Nodos iniciales de un segmento de línea

El segundo paso es utilizar estas coordenadas para calcular Δx y Δy entre los dos puntos a ser computarizados, esto se muestra en la Fig. 5.

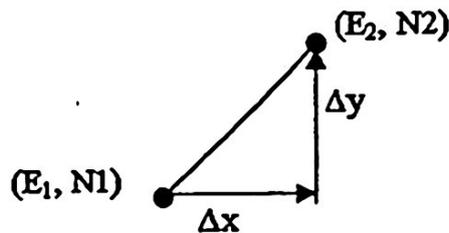


Fig. 5. Cálculo de Δx y Δy

El tercer paso consiste en la determinación de los puntos finales de las líneas buffer, las cuales se posicionan en cualquier lado del segmento de línea, a una distancia perpendicular b . En la Fig. 6 se ilustra este proceso las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 determinan los valores correspondientes.

$$\begin{matrix} E_1 \pm b * \text{Sen} \left[\text{Tan}^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right) \right] & (1) \\ E_2 \pm b * \text{Sen} \left[\text{Tan}^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right) \right] & (2) \end{matrix}$$

$$N_1 \pm b * \text{Cos} \left[\text{Tan}^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right) \right]$$

(3)

$$N_2 \pm b * \text{Cos} \left[\text{Tan}^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \right) \right] \quad (4)$$

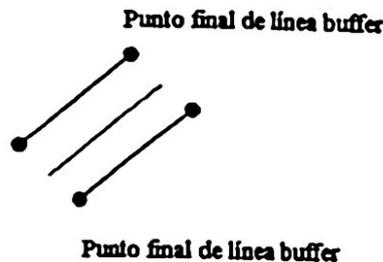


Fig. 6. Puntos finales de las líneas buffer

Es importante notar que si la línea es horizontal o vertical con respecto al eje de coordenadas, entonces las formulas deberán ser más simples. En este punto se efectúa cuarto paso, que consiste en examinar el valor de la tangente al segmento de línea, para determinar si los incrementos al este o al norte son sumados o restados dependiendo de la dirección de la línea. Una vez que las dos nuevas líneas paralelas buffer, han sido identificadas, el siguiente segmento de línea se procesa de la misma forma. Cuando las líneas de buffer paralelas para el siguiente segmento han sido identificadas, se procede al quinto paso donde las intersecciones de las líneas paralelas de buffer de cada segmento son calculadas y las nuevas coordenadas son asignadas a los vértices comunes. La prueba más sencilla para intersección de líneas puede ser utilizada en este punto. Estos pasos son repetidos hasta que último segmento de línea ha sido procesado. El sexto paso implica definir la terminación del buffer (en los puntos de inicio y los puntos finales de la línea). La Fig. 7 muestra estos puntos.

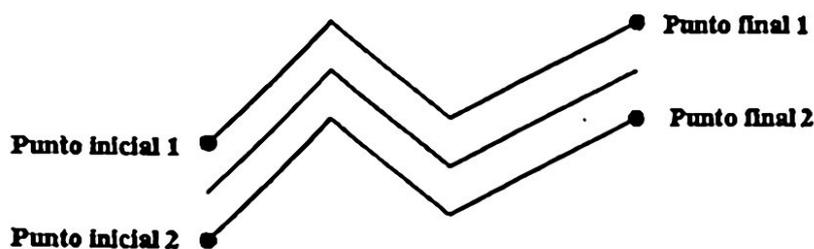


Fig. 7. Puntos finales de las líneas de buffer

Para finalizar el buffer, existen diferentes métodos, y se listan a continuación los más importantes:

- Truncado simple de las líneas paralelas de buffer.
- Adelgazamiento en la finalización del buffer paralelo para encontrar de esta forma los puntos finales.
- Encerrar el punto de inicio y el punto final de la línea con un semicírculo o un buffer de radio b (el cual se muestra en la Fig. 8).

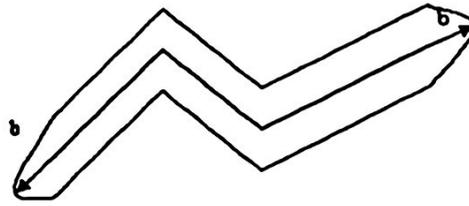


Fig. 8. Buffer de radio b

4.1 Buffer para datos tipo punto

Dentro de las 3 primitivas espaciales, hacer buffer en la primitiva espacial de tipo punto es la más sencilla, ya que el proceso solamente implica la creación de un polígono circular alrededor de cada punto con un radio igual al ancho del buffer. La Fig. 9 muestra el proceso de aplicación de buffer.

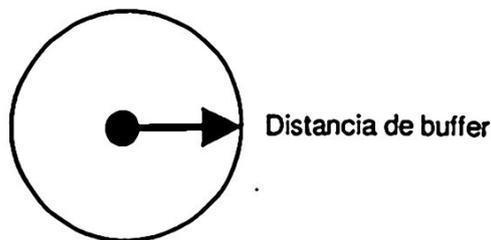


Fig. 9. Aplicación de buffer a primitiva espacial de tipo punto

Si hay múltiples puntos en la capa a la que se le aplicará el buffer, entonces se deben verificar las sobreposiciones que se produzcan. Las secciones que se sobrepongan deberán ser eliminadas, ya que el resultado de la operación será una capa de polígonos, la cual representa el área cubierta por los buffer sobrepuestos. Este proceso implica dos operaciones adicionales: *Intersección* y *Disolución*.

En la Fig. 10 se puede apreciar el resultado de la operación de intersección, los puntos de intersección son marcados gráficamente en color amarillo, para poder observar la siguiente operación de eliminación de líneas que no son necesarias en el buffer. La operación de intersección ayudará a eliminar las líneas que no serán necesarias debido a que se cruzan entre sí. La Fig. 11 muestra la operación de eliminación.

Una vez que se han eliminado las líneas de intersección, se aplica la operación de disolución, la cual genera un cuerpo sólido con las líneas que forman el buffer. La Fig. 12 ilustra el resultado de esta operación.

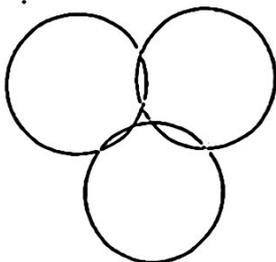


Fig. 10. Operación

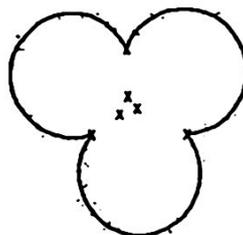


Fig. 11. Operación de

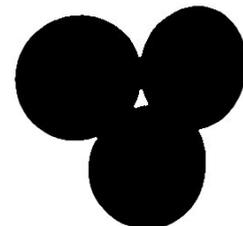


Fig. 12. Operación de

intersección

eliminación a partir de la intersección

disolución

El proceso de buffer da como resultado una nueva capa de datos de tipo polígono, cuales representan las zonas de buffer (por distancia fija o por pesos). La tabla de polígonos resultante tendrá identificadores para cada uno de los polígonos generados el proceso de buffer, y un atributo adicional que indica si el polígono en particular está dentro o fuera de la zona de influencia. En la Fig. 13 se muestra este proceso, donde 1 indica que el polígono está dentro de la zona de buffer y 0 indica lo contrario.

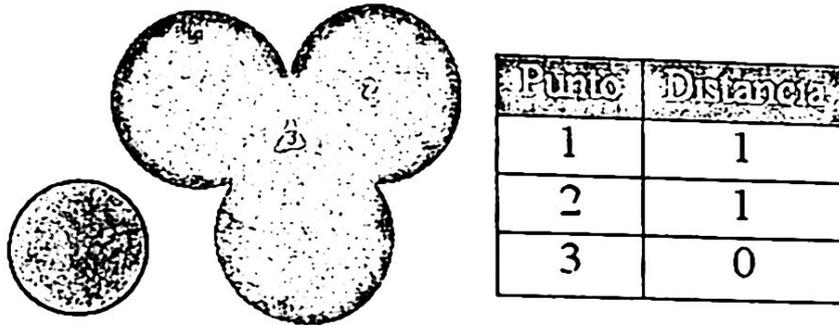


Fig. 13. Resultado del buffer final

4.2 Buffer para datos de tipo polígono

El algoritmo para polígonos utiliza el mismo proceso que el de buffer para datos de tipo línea. La diferencia consiste en que el buffer de polígono es generado sobre un solo lado de la línea que define al polígono. El método consiste en generar un buffer, cual rodea los límites del polígono (algunos SIG comerciales también dan la opción para generar un buffer dentro de los límites del polígono). La Fig. 14a y Fig. 14b muestran el proceso de buffer aplicado en datos de tipo polígono, como se puede apreciar el buffer se puede generar de manera interna o externa al polígono.

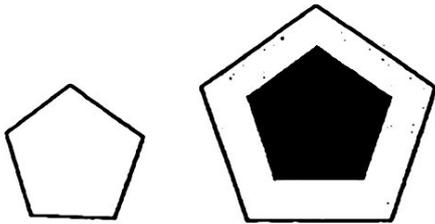


Fig. 14a. Buffer interno a un polígono

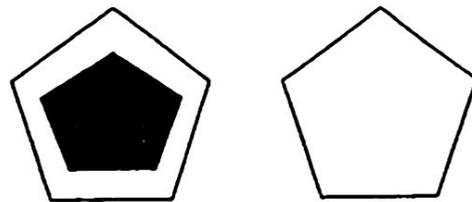


Fig. 14b. Buffer externo a un polígono

Resultados preliminares

Utilizando la aplicación SIG podemos recuperar datos espaciales de acuerdo a los parámetros requeridos. A su vez se puede aplicar análisis espacial de buffer a las capas de datos existentes para manipular el resultado con otras capas que ya han sido generadas como resultado de otros análisis espaciales. Los datos espaciales de la

Ciudad de México fueron utilizados para realizar las pruebas correspondientes al sistema desarrollado. A continuación se muestran algunos resultados de los análisis efectuados. La Fig. 15 muestra una capa espacial de México, en donde se aplica un análisis de buffer para determinar las áreas de afectación por crecimiento de ríos.



Fig. 15. Áreas de afectación por crecimiento de ríos

En la Fig. 16 se muestra el Distrito Federal. Aquí se aplicó el análisis espacial de buffer para conocer los edificios afectados por el ruido, ante la cercanía de una avenida y así poder tomar las medidas necesarias para solucionar el problema.

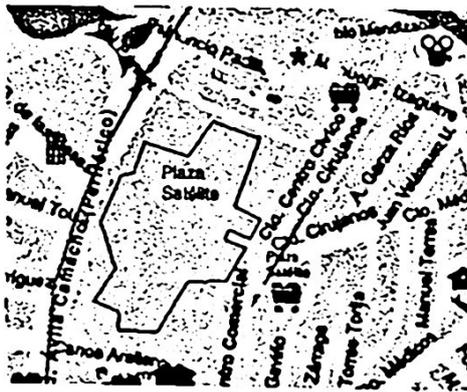


Fig. 16. Mapa del Distrito Federal donde se muestran las avenidas (color amarillo) en una cierta área, aquí se desea determinar el área de afectación por el ruido ante la cercanía de dicha calle

Otros resultados están enfocados a los segmentos de línea, los cuales representan avenidas. A estos segmentos se les aplican buffers de un peso inicial. Estos atributos han sido calculados por la presencia y ausencia de flujo de tráfico en las calles. (Por ejemplo el promedio del número de autos por minuto). Cada línea es identificada por un número o color en el SIG y la tabla indica los pesos mencionados (ver Fig. 17).

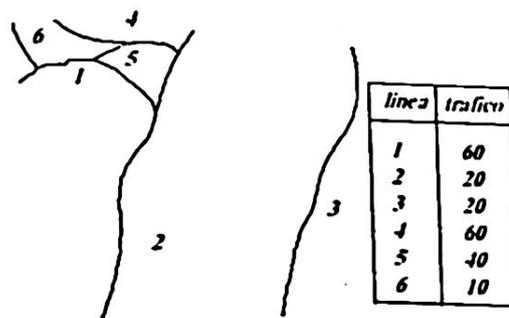


Fig. 17. Proceso de buffer para el mapa de la Fig. 16

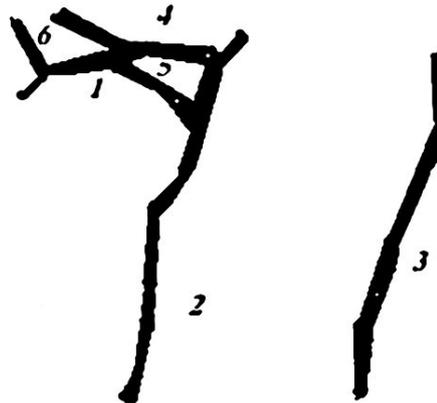


Fig. 18. Resultado del buffer donde se muestra el área de afectación por el ruido

6 Conclusiones

En el presente trabajo se ha presentado un modelo para proporcionar vía la web la capacidad de hacer análisis espacial, en particular el análisis de proximidad y sus casos de uso. Utilizando este modelo es posible analizar datos espaciales a través de un formato vectorial y los resultados de este análisis son generados en una nueva capa de datos, la cual realiza un proceso de transformación para que quede a disposición del usuario para nuevos análisis. De esta forma se ha dotado a Web-Mapping de la capacidad de aplicar análisis espacial en archivos de tipo *Shapefile* (archivos multi-capas). La especificación que definimos para aplicar el análisis de proximidad existe solo para aplicaciones de escritorio o SIG comerciales, no así para la Web, lo que implica que con este modelo es posible manejar los datos desde la Web. La posibilidad de manejar archivos en formato multi-capa proporciona la posibilidad de hacer análisis espacial sin que existan problemas de interoperabilidad, ya que la información que este formato proporciona puede ser convertida a otras especificaciones para su análisis.

El uso de JSP en Web-Mapping ofrece un mejor rendimiento en las consultas de recuperación espacial. Debido a que maneja los datos topológicos y geométricos de manera separada e individual. De esta manera las consultas que necesiten de la geometría de los datos se ejecutarán como se hace en las bases de datos tradicionales,

incrementando así el desempeño de la aplicación sin tener la necesidad de modificar la fuente de datos.

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen al Instituto Politécnico Nacional y a la Coordinación General de Posgrado e Investigación por el apoyo brindado a este trabajo así como a los revisores de este trabajo por sus pertinentes comentarios.

Referencias

- [1] Moreno M., "La Generalización Automática de la Información Geográfica Multiescala", Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. (2001) 123-145
- [2] Kyung-Ho K., Kwon L. & Jong-Hun L., "3D Geographical Analysis within JAVA/VRML-based on GIS: Lantern Operation", Proceedings of International Conference on Geographical Information Systems and Spatial Theory, Orlando, Florida, USA (2000) 167-178
- [3] Torres M., "Herramienta SIG de Escritorio para la Recuperación Manejo y Análisis de Datos Espaciales", Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. (2001) 45-61
- [4] Hong Y., "Exploring Spatial Analysis in GIS", OnWordPress, Thompson Learning, USA (1997) 89-117
- [5] Open-GIS Web Map Server Interface Specification: <http://www.opengis.org/wms>
- [6] Open GIS Consortium: www.opengis.org
- [7] Rigaux P., Scholl M. & Voisard A., "Spatial Databases with Application to GIS", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA., USA (2001) 76-85
- [8] Openshaw S. & Openshaw C., "Artificial Intelligence en Geography", John Wiley & Sons, New York, USA (1997) 91-123
- [9] Torres M., Moreno M., Menchaca M. & Levachkine S., "Making Spatial Analysis with a Distributed Geographical Information System", Proceedings of IASTED International Conference on Databases and Applications, Innsbruck, Austria, February (2003) 1234-1240
- [10] Garmash A., "A Geographic XML-based Format for the Mobile Environment", Proceedings of 34th International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii (2001) 56-67
- [11] Hardie A., "The Development and Present State of Web-GIS Cartography", International Journal of IMS, Vol. 27, No. 2 (1998) 11-26