



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA:
UNA ALTERNATIVA PARA EL ANALISIS
SOCIOESPACIAL DE LOS ACCIDENTES DE
TRANSITO EN CARRETERA. PROPUESTA
METODOLOGICA.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MAESTRA EN GEOGRAFIA
P R E S E N T A ;
LAURA LUNA GONZALEZ



BIB. LOTECA
DR. JORGE A. VIVO

MEXICO, D. F.



JUNIO DE 1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo agradecer ampliamente a José Luis Palacio Prieto y a Luis Chías Becerril por la dirección de esta tesis, por las sugerencias y críticas hechas a la misma.

De igual manera, quiero expresar mi reconocimiento a Luis Miguel Morales, Gerardo Bocco y Alberto López Santoyo, todos ellos miembros del jurado, por el tiempo dedicado a la revisión del trabajo y por sus comentarios.

Asimismo, quiero mencionar a varias personas, tanto del Instituto de Geografía como de otras instituciones, de quienes recibí apoyo para la elaboración y terminación de este trabajo:

Del Instituto de Geografía de la UNAM: a Armando García de León, a Carlos Jaso Vega, a Roberto Bonifaz Alfonzo, a Jorge López Blanco, a María Elena García, a Alma Luz Cabrera y a Gabriela Cuevas García.

Del Instituto Mexicano del Transporte (IMT): a Miguel Angel Backhoff, a Blanca Ordoñez y a Juan Carlos Vázquez.

De la Dirección Técnica de Ingeniería de Tránsito de la SCT: al Ing. Gustavo Manzo García y al Ing. Gilberto Hernández.

Y a mis amigos María Isabel Vázquez, Manuel Figueroa Mah-Eng, Noemí y Leticia Luna, José Juan Zamorano y Guadalupe Zomera por sus porras.

A todos ellos mi agradecimiento.

Laura Luna

México, D. F., junio de 1997.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema	1
Justificación	3
Hipótesis	5
Objetivos	7
Materiales y técnicas	10
Estructura del trabajo	13

Capítulo 1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 LA GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE	15
1.1.1 Antecedentes de la geografía del transporte	15
1.1.2 Objeto y métodos de estudio de la geografía del transporte	18
1.2 LAS CARRETERAS	20
1.2.1 El papel de las carreteras en la integración del espacio y sus consecuencias	20
1.2.2 Situación actual de la red carretera en México	21
1.3 LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO	24
1.3.1 Los accidentes de tránsito como consecuencia del disfuncionamiento de las carreteras	24
1.3.2 Estudios sobre accidentes de tránsito	26
1.3.3 La prevención de accidentes de tránsito con base en un SIG	27

Capítulo 2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	30
2.1.1 Definición de sistema de información geográfica	30
2.1.2 Componentes básicos de un SIG	31
2.2 ANÁLISIS ESPACIAL USANDO UN SIG	39
2.2.1 El papel de los SIG en el análisis espacial	39
2.2.2 El análisis de los accidentes de tránsito en un SIG	40

Capítulo 3. ARC/INFO Y SEGMENTACIÓN DINÁMICA

3.1 INTRODUCCIÓN A ARC/INFO	43
3.1.1 Representación de elementos geográficos	43
3.1.2 Métodos para la representación de la información espacial	45
3.1.3 Topología	47
3.1.4 Comparación entre las representaciones raster y vector	51
3.1.5 El modelo georrelacional (ligas de atributos a elementos gráficos)	51
3.1.6 Tipos de datos geográficos	54
Cobertura	54
Grids	55
Tablas de atributos	55
3.1.7 La cobertura en ARC/INFO	56
3.1.8 El espacio de trabajo en ARC/INFO	57
3.1.9 Organización del sistema	58
3.2 SEGMENTACIÓN DINÁMICA (<i>Dynamic Segmentation</i>)	
3.2.1 Introducción	61
Elementos lineales	61
Segmentación Dinámica (<i>Dynamic Segmentation</i>)	62
Capacidades y ejemplos de Segmentación Dinámica	63
3.2.2 El modelo sistema de rutas (<i>route-system model</i>)	64
Sección (<i>section</i>)	65
Rutas (<i>route</i>)	65
Almacenamiento de atributos en un sistema de rutas	66
Definición de un sistema de rutas en ARC/INFO	69
3.2.3 Bases de datos de eventos	71
Eventos (<i>events</i>)	71
Tipos de eventos	71
Almacenamiento de datos de eventos	73
3.2.4 Análisis con Segmentación Dinámica	76

Capítulo 4. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL SIG 78

4.1 ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN GRÁFICA DE CARRETERAS	80
4.2 CAPTURA Y EXPORTACIÓN-IMPORTACIÓN DE LA INFORMACIÓN TABULAR LINEAL	81
4.2.1 Captura de la información tabular lineal en hojas de cálculo	81
4.2.2 Exportación de la información tabular lineal	85
4.2.3 Importación de la información tabular lineal a ARC/INFO	85

4.3 CREACIÓN Y EDICIÓN DEL SISTEMA DE RUTAS	87
4.3.1 Construcción de la topología de arcos para la cobertura de líneas	87
4.3.2 Identificación de las líneas como elementos individuales y como parte de rutas para facilitar su manipulación	88
4.3.3 Conversión de las longitudes de los arcos de metros a kilómetros	89
4.3.4 Creación del sistema de rutas para la cobertura de arcos	91
4.3.5 Agrupación de las longitudes de los arcos por secciones	94
4.4 DESPLIEGUE Y CONSULTA SIMULTÁNEA DE BASES DE DATOS DE EVENTOS (LINEALES Y PUNTUALES) USANDO SEGMENTACIÓN DINÁMICA	97
Capítulo 5. ANÁLISIS ESPACIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO	104
5.1 CLASIFICACIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS	105
5.2 SOBREPOSICIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS	115
5.3 SOBREPOSICIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS Y PUNTOS	118
5.4 SOBREPOSICIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS Y POLÍGONOS	122
CONCLUSIONES	132
Apéndice A	
Apéndice B	
Bibliografía temática	
Cartografía impresa	
Cartografía digital	

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

En los últimos años, el proceso de globalización económica ha impulsado en México una política interna tendiente a lograr crecimiento y estabilidad económicos mediante un acelerado proceso de apertura comercial. Asimismo, bajo el impacto de dicha política, se ha revalorizado el funcionamiento del sistema nacional de transporte y, consecuentemente, se ha reconocido el carácter estratégico que posee este servicio público al integrar social, económica y políticamente a los mexicanos en el territorio nacional y permitir su participación eficiente en el contexto de la comunidad internacional (Plan Nacional de Desarrollo, 1988-1994).

Sin embargo, las nuevas condiciones de mercado implantadas a nivel mundial exigen cambios de gran trascendencia en el transporte nacional e internacional, ya que se han incrementado los flujos vehiculares, se han modificado la ubicación y la jerarquía de los principales corredores de carga (bajo los efectos de numerosos acuerdos comerciales que dan lugar a la formación de bloques económico-regionales) y, por otro lado, han ganado relevancia, ante el costo del servicio, conceptos como la oportunidad, la confiabilidad y la cobertura de mercados importantes y, sobre todo, la **seguridad** de los pasajeros, los vehículos y las mercancías.

Los diferentes modos de transporte constituyen un elemento fundamental para el desarrollo social y económico no sólo de México, sino de cualquier nación.

En particular, las redes de carreteras y los vehículos de motor que por ellas transitan representan la principal forma de desplazamiento de personas y bienes. Sin embargo, la función económica de cualquier modo de transporte y del sistema en su conjunto, sólo puede realizarse de manera óptima en la medida en que el traslado de personas y bienes se efectúe de manera rápida, confiable y **segura**.

Desde esta perspectiva, en México como en otros países del mundo occidental, la inseguridad vial, expresada a través de los accidentes de tránsito vehicular, se ha convertido en un grave problema que aqueja a la sociedad en su conjunto. Actualmente, más del 90% de los accidentes ocasionados por todos los medios de transporte motorizados (aviones, barcos, ferrocarriles, vehículos automotores, etc.) se deben a los vehículos automotores terrestres, por lo que este tipo de transporte está considerado como el más peligroso (Tolley and Turton, 1995:317). Los accidentes de tránsito vehicular ocasionan miles de muertos y heridos en la mayor parte de los países cada año, así como cuantiosos daños materiales, tanto en las vialidades de las zonas urbanas como de las rurales.

En Europa, las víctimas que genera este tipo de evento son cuantiosas: Alemania, Francia, Italia, Reino Unido y España registraron más de 7000 defunciones promedio anuales durante la década de los años ochenta. En ese mismo período, Estados Unidos y Japón tuvieron 46800 y 11500 víctimas en promedio respectivamente (Gardeta, 1992:14). Esta situación no es privativa de los países desarrollados, pues los países en vías de desarrollo también muestran altos índices de víctimas por accidentes de tránsito terrestre. Brasil, por ejemplo, reportó alrededor de 27000 defunciones y más de 320000 lesionados en el año de 1989 (Nassi, 1992:7), y las cifras de México también son altas. Los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) indican que el promedio anual de defunciones por accidentes de tránsito fue de 8700 y más 82800 de heridos durante el período 1980-1992 (INEGI, 1994:169).

Las estadísticas mundiales indican que los accidentes de tránsito generan en promedio anual, medio millón de muertes, entre 10 y 15 millones de personas heridas y daños materiales incalculables. Por su incidencia, la Organización Mundial de la Salud tiene diseñada la aplicación de distintas estrategias con el fin

de reducir hasta en un 20% el número de muertes ocasionadas por accidentes de tránsito vehicular para el año 2000. Pero si las acciones emprendidas no resultan efectivas, las cifras indicadas aumentarán conforme el proceso de globalización fomente la reactivación del comercio mundial, las tasas de motorización y la multiplicación de los viajes de personas y mercancías.

Para el caso concreto de México, los accidentes de tránsito, así como las víctimas resultantes, tienden a incrementarse de acuerdo con las estadísticas nacionales de INEGI. En particular, los accidentes fatales de tránsito en carreteras se han incrementado en 152% de 1980 a 1992, y los accidentes no fatales en 134% en el mismo período. Otro dato interesante resulta al diferenciar los accidentes que se presentan en zonas urbanas y en zonas rurales, estos últimos considerados como accidentes en carreteras. En el primer caso, los accidentes fatales en zonas urbanas se han incrementado en 78% y en zonas rurales en 240% de 1980 a 1992 (INEGI,1994:167-168).

Las defunciones que provocan los accidentes de tránsito registrados tanto en vialidades urbanas como en las rurales (sobre todo en las carreteras federales) se han incrementado paulatinamente hasta figurar, desde mediados de los años ochenta, entre las tres primeras causas de muerte, en las que las principales víctimas suelen ser personas jóvenes que se encuentran en la etapa más productiva de sus vidas (Diario Oficial de la Federación,25-marzo-1996:5).

De acuerdo con cifras presentadas durante el XIX Congreso Mundial sobre Carreteras (XIXth World Road Congress) realizado en Marrakesh en 1991, los países que componen la Comunidad Económica Europea (CEE) tienen un costo económico anual aproximado del 2.5% del Producto Interno Bruto (PIB), considerando sólo los accidentes de tránsito vehicular. Entre dichos costos se incluye, además de daños materiales, costos por atención médica y hospitales para las víctimas, pérdidas actuales y futuras en la producción laboral como resultado de decesos o invalidez de las víctimas, así como gastos generados por el personal de policía de caminos y de servicios de emergencia, por servicios jurídicos y por compañías de seguros, entre otros (Doyen,1991:40). En Australia, por ejemplo, se estima que las pérdidas económicas debidas a este fenómeno social varían el 1 y el 2% del PIB (Menéndez,1986:54), mientras que en Suecia se

calcula que los accidentes de tránsito duplican los costos de construcción y mantenimiento de toda la red nacional de carreteras (Rumar, 1992:4-5).

En 1992, funcionarios del Banco Mundial señalaron que el costo de los accidentes de tránsito para los países en vías de desarrollo equivale aproximadamente al 1% del PIB que, para el caso de México, significaría alrededor de 1500 millones de dólares en pérdidas anuales (El Economista, 24-Nov-92:24). Este dato por sí solo permite apreciar la elevada carga económica que representa este problema para el país. Por otra parte, un informe dado a conocer a la prensa nacional por la Dirección General de Medicina Preventiva de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en 1989, señala que los daños materiales ocasionados por accidentes vehiculares registrados únicamente en la red federal de carreteras del país, superaron el presupuesto asignado de manera conjunta a las secretarías de Relaciones Exteriores, del Trabajo y Previsión Social, de la Reforma Agraria, y de Pesca en ese año (Chías, 1994:501).

Un claro ejemplo que permite conocer la magnitud del problema generado por los accidentes de tránsito en el país es comparar el costo económico ocasionado por pérdidas materiales debido a accidentes de tránsito, que es del 1% del PIB nacional, contra la inversión que el gobierno federal ha realizado en el rubro de la educación en los últimos años y que es del 2.8%, en promedio, de 1983 a 1992. Aquí es necesario indicar lo positivo que resultaría para el país atenuar significativamente la tasa de accidentes de tránsito y, con ello, las pérdidas económicas resultantes de muertes, heridos y daños materiales.

A pesar de lo impresionante de las cifras referentes a víctimas y daños materiales, es preciso mencionar que en la realidad son todavía más elevadas. Es posible que de cada tres accidentes de tránsito que ocurren en el país, sólo se registre uno. Con respecto a las muertes que tienen como causa de defunción este tipo de siniestros, únicamente se consideran aquéllas que ocurren en el sitio del accidente, ya que las defunciones ocurridas durante el trayecto al hospital o la intervención médica no se registran como causadas por un accidente de tránsito.

Por otra parte, recientemente se afirmó que el 75% de los heridos que ingresan a la Cruz Roja son el resultado de accidentes de tránsito, situación que

implica un alto costo económico con el objeto de tratar de restablecer la salud de las víctimas.

Con justa razón, puede afirmarse que los accidentes de tránsito en México constituyen un problema nacional con repercusiones tanto sociales (destrucción de la unidad familiar, disminución de ingresos, problemas de salud, lesiones permanentes, etc.) como económicas (daños materiales, pérdidas en mercancías, costos de rescate, servicios jurídicos, etc.).

Justificación

De acuerdo con el diagnóstico de la infraestructura carretera y su seguridad presentado por el gobierno federal en el Programa del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, existen diferentes situaciones que en la actualidad favorecen el incremento de accidentes en la red carretera nacional.

Entre dichas situaciones se pueden citar las siguientes: los rezagos que existen tanto en la extensión como en el estado de conservación de las carreteras federales, la discontinuidad de los principales ejes troncales, la falta de libramientos, el inadecuado diseño de curvas y pendientes, la insuficiente cobertura y mantenimiento de los caminos rurales, la carencia de accesos terrestres adecuados en algunos puertos marítimos y fronterizos, la inadecuada señalización en las carreteras, la falta de capacitación de los operadores del servicio de transporte público, el escaso control de sus jornadas de trabajo, la insuficiencia de vigilancia, el congestionamiento de algunos tramos, así como la obsolescencia de la red carretera que se traduce en el rápido deterioro de los pavimentos, entre otros (Diario Oficial de la Federación, 25-marzo-1996:5).

Aunque el diagnóstico citado señala causas importantes en la ocurrencia de accidentes de tránsito en carreteras, es incompleto. Hace falta considerar muchos otros aspectos potenciales. Se pueden citar, por ejemplo: la antigüedad y la falta de mantenimiento de las unidades vehiculares utilizadas, el incremento en el flujo vehicular nacional, entre otros.

✎ Tampoco se consideran el **sitio concreto del accidente**, enclave que indica con certeza muchas de las condiciones que intervienen en este tipo de eventos, ni las **características socioeconómicas y físicas** del entorno. Como caso particular, se puede señalar que en los reportes de accidentes en carreteras de algunas instituciones de salud se anota únicamente el nombre de la entidad y del municipio donde ocurrió el evento. Por otro lado, cuando se trata de accidentes reportados en zonas urbanas, solamente se señala el nombre de la colonia. En ambos casos se pierde información sumamente valiosa del sitio exacto donde ocurre el evento y necesaria para establecer cualquier medida preventiva.

De lo anterior se desprenden algunas observaciones generales. ¿De qué manera se puede explicar que las entidades del norte del país posean los índices más elevados de accidentes de tránsito en carreteras a nivel nacional, si no considera la importancia que tienen los movimientos vehiculares diarios entre las ciudades fronterizas como consecuencia de las relaciones comerciales con Estados Unidos de América?.

Otro ejemplo más es el siguiente: ¿Cómo se puede explicar el caso de Sinaloa, entidad en la que se registraron los niveles nacionales de inseguridad vial en carreteras más altos durante 1990, si no menciona que en esta entidad la población misma asegura que las distancias se miden en función de los *six packs* de cervezas que suelen consumir los conductores?.

✎ En ambos casos no es posible explicar cabalmente cómo y por qué se presentan accidentes de tránsito con alta incidencia, si se desconocen las particularidades del **sitio concreto del accidente** y las **características socioeconómicas y físicas** del entorno. Por lo tanto, la prevención de accidentes de tránsito sólo puede efectuarse de manera óptima si se conocen las múltiples y variadas condiciones que intervienen en su ocurrencia, y las variables del sitio concreto del accidente y las características socioeconómicas y físicas del lugar. Dichas variables comúnmente se subvalúan al considerar este tipo de fenómeno.

Por otro lado, en la actualidad se cuenta con grandes volúmenes de información no sistematizada y parcial sobre accidentes de tránsito en carreteras, recabada por diversos organismos gubernamentales y privados, entre los que se encuentran la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Policía Federal de Caminos, las secretarías de tránsito de los diferentes gobiernos estatales y municipales de todo el país, la Secretaría de Salud y sus similares estatales, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, así como la Cruz Roja Mexicana y otras organizaciones de rescate y compañías aseguradoras, entre otras.

Debido a la gran dispersión de dicha información es necesario automatizar los procesos de captura de datos y de análisis por medios automatizados. Por supuesto, este análisis sólo puede llevarse a cabo si se cuenta con una base completa, confiable y oportuna de información concerniente a los accidentes de tránsito. También es necesaria la vinculación entre los diferentes sectores relacionados con este problema (policía, salud, rescate, seguros, educación, etc.) para sistematizar el levantamiento y el tratamiento de los datos estadísticos que requiere el análisis.

Desde este punto de vista, la disminución de los accidentes de tránsito demanda, no sólo la importante tarea de recabar, procesar y sistematizar la información bibliográfica, gráfica y estadística sobre los accidentes, sino también la unificación de criterios por parte de las diferentes instituciones y organismos públicos y privados encargados de atender los siniestros. Esto permitirá estudiar, desde una perspectiva multicausal e interdisciplinaria, la mayor cantidad de causas que inciden en la ocurrencia de los accidentes de tránsito con el fin de instrumentar campañas de prevención y seguridad adecuadas para los usuarios de los servicios de transporte.

Dicha tarea rebasa las metas de esta tesis, cuya finalidad es avanzar metodológicamente en el diseño e implementación de un SIG que permita analizar de manera oportuna y rápida una gran cantidad de información georeferenciada relacionada con la ocurrencia de accidentes de tránsito en carreteras.

Actualmente, la Dirección Técnica de Ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, dedicada al análisis de accidentes de tránsito en carreteras, está interesada en adoptar metodologías basadas en sistemas computarizados que le permitan desarrollar con mayor eficiencia los estudios sobre accidentes de tránsito a partir de una base de datos que considere la información proveniente del mayor número de fuentes existentes.

En consecuencia, en esta tesis se propone una metodología que permite manejar y analizar información gráfica y tabular existente sobre accidentes de tránsito en carretera usando el SIG ARC/INFO, con el propósito de facilitar el análisis de accidentes de tránsito que realiza la citada Dirección, como base para diseñar y establecer programas preventivos de accidentes que realmente logren disminuir a nivel nacional el actual índice de accidentes de tránsito en carreteras.

Las razones por las que se eligió este sistema son las siguientes. En primer término, porque ARC/INFO trabaja básicamente con un formato gráfico a partir del cual es posible manipular información relacionada con vectores (en este caso carreteras). En segundo lugar, porque cuenta con un conjunto de programas conocido como Segmentación Dinámica (*Dynamic Segmentation*), que facilita la asignación de información o datos sobre un fenómeno espacial a sus correspondientes porciones a lo largo de los vectores, tal y como se expresa dicho fenómeno en la realidad y, de esta manera, realizar análisis espacial sobre accidentes de tránsito.

Hipótesis

En este estudio sólo se pretende señalar algunos aspectos básicos y de referencia obligada con referencia al accidente de tránsito vehicular con el fin de fundamentar la hipótesis presentada. En primer lugar, hay que insistir en que los accidentes de tránsito no son eventos totalmente aleatorios ni inevitables, de tal manera que una gran cantidad de ellos se podrían evitar al considerar los siguientes aspectos:

1) Que el accidente se comporta como un fenómeno recurrente en tiempo y espacio.

2) Que el accidente generalmente no es el resultado de una sola causa, sino que se trata de un evento de complejidad multicausal.

3) Que su prevención requiere de conocer no sólo la situación referente al vehículo, al conductor y a la vialidad, sino también las características y particularidades del entorno físico y socioeconómico donde se registran frecuentemente los accidentes.

Su estudio se facilitaría si se incorporan nuevas tecnologías con capacidad para monitorear dicho fenómeno y si el análisis se realiza desde una perspectiva socioespacial usando un sistema de información geográfica (SIG). Se podría, de esta manera, facilitar el análisis integral del problema en tiempos reducidos y a bajo costo con el fin de implementar medidas viables y explícitas para prevenir los accidentes de tránsito.

El aporte del trabajo no radica en el estudio de la causalidad y la elaboración de programas preventivos. En otras palabras, el valor de este estudio radica en el desarrollo metodológico que permita utilizar los SIG como herramienta fundamental para monitorear la dinámica y la causalidad de los accidentes de tránsito en carreteras.

En consecuencia, esta tesis pretende establecer una propuesta práctica y viable con relación a la investigación de las causas de accidentes en carreteras, asunto considerado como uno de los objetivos fundamentales para lograr la **seguridad en el transporte**, rubro contemplado en el Programa del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000 del gobierno federal (Diario Oficial de la Federación, 25-marzo-1996:37-38).

Objetivos

Objetivo general

- 1) Diseñar una metodología general basada en el uso de un SIG para evaluar los accidentes de tránsito que sirva como base para diseñar y establecer programas preventivos de accidentes (de acuerdo a las necesidades de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito de la SCT) en tiempos reducidos y a bajo costo.

Objetivos específicos

- 2) Preparar (organizar y capturar) la información gráfica y tabular relativa a accidentes de tránsito como base para realizar el análisis espacial de los accidentes de tránsito.
- 3) Realizar el análisis espacial a partir de la información disponible mediante los programas provistos por el SIG ARC/INFO (en general) y los programas conocidos como Segmentación Dinámica (en particular).
- 3) Generar cartografía analítica y sintética sobre accidentes de tránsito en carreteras.
- 4) Avanzar en el diseño de un sistema preventivo de accidentes.

Para probar la metodología propuesta, se realizaron varios ejercicios de análisis en los que se consideró información gráfica y tabular de diferentes fuentes correspondiente al estado de Tamaulipas. Existen dos razones para ello. Por un lado, Tamaulipas ocupa uno de los primeros lugares, a escala nacional, por la frecuencia con que se presentan accidentes de tránsito tanto en zonas urbanas como en carreteras federales, ya que forma parte de los estados fronterizos del país en los que existe gran afluencia vehicular como consecuencia de las relaciones comerciales con Estados Unidos de América (Chías,1994:505) y, por otra parte, porque fue posible conseguir la información mínima necesaria y significativamente reciente sobre el problema planteado en esta tesis.

Materiales y técnicas

El *software* utilizado para el análisis es el SIG ARC/INFO, versión 6.1 (ESRI,1990:i) desarrollado en Estados Unidos por el *Environmental System Research Institute*.

Por otra parte, el equipo de cómputo utilizado para el procesamiento de la información sobre accidentes de tránsito mediante ARC/INFO fue una estación de trabajo (*work station*) SUN SPARK 10, y para la captura de datos sobre accidentes con la hoja de cálculo MICROSOFT EXCEL fue una computadora personal 486 DX2.

Los diferentes tipos de información con que se contó para realizar este ejercicio metodológico son los siguientes:

- 1) Mapa digital vectorial con información correspondiente a la red federal de carreteras de estado de Tamaulipas. Este mapa fue realizado mediante el levantamiento de los registros obtenidos con un receptor GPS (Global Positioning System) a lo largo de la red federal de carreteras de todo el país por el Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) durante 1995, y posteriormente trasladado a ARC/INFO.
- 2) Mapa digital puntual con información sobre diferentes tipos de infraestructura a lo largo de las carreteras federales, tales como intersecciones, entronques, cruces de ferrocarril, paradas de autobuses de pasajeros y paraderos de camiones de carga. Esta información fue obtenida durante el levantamiento de la red federal de carreteras por el I.M.T. Se encuentra en formato de ARC/INFO.
- 3) Estadísticas de accidentes de tránsito en carreteras federales del estado de Tamaulipas durante el año 1992. La información corresponde a datos absolutos del número de accidentes, muertos, heridos, daños materiales ocasionados y las causas de los mismos (S.C.T.,1992). Esta base de datos se encuentra referida a tramos de 5 km de longitud por la misma S.C.T. Ver Apéndice A.

4) Información correspondiente a la calificación de la calidad del pavimento y la señalización de las carreteras, referida a tramos de 10 km de longitud (S.C.T.,1995). Esta información consiste de una calificación ponderada del estado físico de la red federal de carreteras. Las características consideradas dentro de esta calificación son: la corona, el drenaje y el derecho de vía (cuerpo del camino) y el señalamiento vertical y horizontal. De la misma forma que la base de datos de accidentes, esta se encuentra referida en tramos cada 10 km por la S.C.T. Ver Apéndice B.

5) Ubicación de las localidades urbanas del estado de Tamaulipas que cuentan con centros hospitalarios para atención a personas accidentadas (I.N.E.G.I.,1995). Estos centros hospitalarios dependen de empresas paraestatales y del sector salud (Instituto Mexicano del Seguro Social, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Marina y Secretaría de Salud).

Se diseñó y construyó una base de datos dentro de ARC/INFO consistente en información gráfica y tabular:

1) Información gráfica: Los mapas digitales de la red federal de carreteras de Tamaulipas y de infraestructura carretera fueron proporcionados por el I.M.T. en formato de ARC/INFO, en tanto que el mapa digital de puntos de localidades urbanas del estado de Tamaulipas que cuentan con centros hospitalarios con atención a personas accidentadas fue capturado en ARC/INFO a partir de un mapa de carreteras de la S.C.T. a escala 1:600000 con base en la información de I.N.E.G.I.

2) Información tabular: Se capturaron dos bases de datos en la hoja de cálculo MICROSOFT EXCEL. La primera con la información correspondiente a estadísticas de accidentes en el estado de Tamaulipas (referida a tramos de 5 km), y la segunda base de datos con la información sobre la calificación de la calidad del pavimento y la señalización de las carreteras federales (referida a tramos de 10 km) para el mismo Estado.

Una vez capturada la base de datos se procedió a analizarla utilizando las herramientas de Segmentación Dinámica de ARC/INFO, las cuales permiten

calcular y referir las posiciones de eventos (puntuales o lineales) a lo largo de elementos geográficos representados mediante líneas en el SIG, con la ventaja de poder relacionar diversas bases de datos al mismo tiempo para realizar análisis espacial y, a la vez, mantener la independencia entre las bases de datos y el mapa digital.

A partir de la integración de la base de datos se construyeron escenarios manejados a través de ejemplos de análisis para mostrar los resultados de la metodología y las ventajas de manipular los datos en un ambiente SIG. Estos escenarios fueron diseñados con diferentes grados de complejidad. En un primer tipo de ejercicios de análisis se combinó información gráfica de líneas con líneas. En otros ejemplos, se combinó información representada por líneas y puntos, y en otros más se combinó información representada por líneas, puntos y polígonos. El objetivo fue mostrar la posibilidad de analizar información espacial que se representa en este tipo de elementos gráficos y que puede ser útil en el análisis de los accidentes de tránsito.

Es necesario señalar que en la actualidad existen en México grandes volúmenes de información de este tipo que pueden ser utilizados para el análisis de accidentes de tránsito. Sin embargo, hasta la fecha no han sido aprovechados debido a la dificultad que presenta su manipulación sin el uso de SIG.

Por último, los resultados se presentan en forma gráfica y tabular, como ejemplo de productos derivados de la metodología.

Estructura del trabajo

El primer capítulo de la tesis explica los conceptos básicos en los que se ubica el análisis de los accidentes de tránsito vistos como un fenómeno socioespacial dentro de la geografía del transporte, y se fundamenta la necesidad de realizar su análisis desde la perspectiva geográfica en un SIG.

El segundo capítulo presenta los conceptos fundamentales de un SIG y su capacidad para realizar análisis espaciales, concretamente para el estudio de accidentes de tránsito.

El tercero describe algunos conceptos básicos de la estructura lógica de ARC/INFO e introduce al lector en el concepto de Segmentación Dinámica (*Dynamic Segmentation*).

El cuarto capítulo presenta la primera parte de la metodología que describe las operaciones necesarias para preparar la información relativa a las carreteras y accidentes de tránsito a fin de facilitar su análisis dentro del SIG.

El quinto y último capítulo describe la parte analítica de la metodología a través de ejemplos que muestran los resultados de su aplicación.

El tema, el desarrollo y las propuestas de la tesis están dirigidos a la Dirección Técnica de Ingeniería de Tránsito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, organismo que tiene a su cargo la tarea de estudiar el problema de los accidentes de tránsito en carreteras y proponer medidas apropiadas de prevención de acuerdo con la realidad del país.



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

Capítulo 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 LA GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE

1.1.1 Antecedentes de la geografía del transporte

Desde fines del siglo XIX y principios del actual surgieron diferentes tendencias en la geografía del transporte (Tabla 1), tanto en su definición como en su enfoque, campo y métodos de estudio. Tales cambios en la visión de esta parte de la geografía tuvieron como base el auge de todos los modos de transporte existentes en ese momento, como el ferrocarril y, en especial, con el advenimiento del automóvil y su eventual desarrollo como principal medio de transporte terrestre, así como con el crecimiento longitudinal de las redes de transporte.

Básicamente, la geografía del transporte respondió, desde sus orígenes, al nivel de desarrollo de los medios de transporte existentes y a los grupos de poder interesados en el dominio del espacio dentro y fuera de sus fronteras.

A partir de la segunda mitad del siglo XIX se constituyó como disciplina diferenciada de la geografía general y como una parte importante de la geografía económica con la obra de J. G. Kohl, conocido como uno de los principales precursores de la geografía del transporte. Estudió la influencia de la relación entre el hombre y el medio sobre las redes de transporte y los

asentamientos humanos, y fue el impulsor de la formulación de modelos teóricos de las redes de transporte con base en figuras geométricas. Consideraba a las vías de comunicación como componentes naturales del paisaje y fuera de la influencia del hombre (Chías,1994:166). Los orígenes de la geografía del transporte estuvieron dentro de la tendencia conocida como *corológico-paisajista*.

Otra figura reconocida en la geografía de fines del siglo XIX, E. Reclus, estudió la influencia del comercio y de las redes de comunicaciones en el progreso de la humanidad y, a la vez, destacó al ferrocarril como un medio de transporte relevante en el movimiento de pasajeros, en la difusión de las ideas y en el reparto de la riqueza de esos tiempos (Giménez,1986:10).

A partir de esta etapa, en la que la expansión colonial de Europa se imponía en todo el mundo, y cuando las comunicaciones y los transportes dependían de esos intereses, todo lo referente a los diversos modos de transporte y a sus vías de comunicación empieza a tratarse por separado.

De esta manera, la geografía del transporte va adquiriendo definición y métodos propios debido al consecuente y acelerado desarrollo de los transportes en todo el mundo, y a la revalorización provista por la aparición de diversas obras históricas sobre el desarrollo del transporte (Giménez,1986:13).

Durante la primera mitad del siglo XX el comercio fue un elemento sumamente importante para las naciones imperialistas para controlar el espacio y, nuevamente, la geografía del transporte, con la tendencia *fisiográfica-técnica*, y con F. Ratzel como uno de sus principales representantes, responde a dichos intereses al estudiar las vías de comunicación como elementos que forman parte del paisaje y, en consecuencia, sujetos a las condiciones naturales sin considerar el factor social como parte importante en su estudio. Además plantea la circulación presente en las redes de comunicaciones como un sistema económico único (Giménez,1986:14-15).

Conforme se diversifican las actividades económicas, principalmente el comercio, y se intensifica el crecimiento demográfico en la etapa posterior a la

Segunda Guerra Mundial, el hombre reorganiza el espacio social en el mundo occidental e intenta integrarlo y hacerlo funcional a través de los sistemas de redes de transporte. En esta etapa los estudios de geografía del transporte se realizan a partir de una tendencia *mercantil* en la que se considera a las vías de comunicación como un hecho social desencadenado fundamentalmente por el comercio (Potrykowski y Taylor, 1984:14).

Pero ese desarrollo industrial y tecnológico vertiginoso, propio de la era de las comunicaciones de la posguerra, constantemente supera la visión y los alcances de los estudios que se realizan para entender el funcionamiento de los diferentes modos de transporte.

Desde mediados de este siglo y hasta principios de la década de los años setenta, la tendencia que se impone en los estudios de la geografía del transporte está dirigida a responder a los problemas de las redes de transporte en relación con las actividades económicas. Esta tendencia se conoce como *económica* y asume la idea de la concepción de las redes de transporte como un sistema en el marco de la región económica (Chías, 1994:167-168).

Con la revolución cuantitativa de los años sesenta, la geografía del transporte se ve influida por nuevos métodos y técnicas de investigación para estudiar las redes de transporte, lo que permite describir con mayor precisión sus formas y niveles de complejidad (Tolley and Turton, 1995:4). Uno de los representantes más destacados de la tendencia, E. Ullman, de la escuela cuantitativa norteamericana, sostiene la idea de que el transporte es un elemento sumamente importante en la economía de cualquier país, así como un factor esencial en la formación espacial y en el funcionamiento de los sistemas económicos (Potrykowski y Taylor, 1984:15).

Finalmente, durante los últimos 25 años, los sistemas de redes de transporte en todas sus modalidades (aéreo, marítimo y terrestre) se han visto beneficiados con el actual desarrollo tecnológico para la construcción de los medios de transporte, y no sólo eso, sino de las propias redes de transporte, las cuales también han sido objeto de constantes modificaciones y mejoramientos para satisfacer las demandas de traslado de personas y

mercancías propias de una sociedad en constante cambio, y de la intensificación de las relaciones comerciales intra e internacionales.

En esta etapa surge la necesidad de abordar los estudios de geografía del transporte en una forma más acorde con la compleja realidad en la que se sitúan, en contraposición a los estudios anteriores que se realizaban bajo un enfoque en el que no se consideraba la naturaleza social de la geografía del transporte (Chías,1994:169). La actual tendencia refleja un enfoque integral del espacio y, sobre todo, considera el aspecto *social* de las interrelaciones que se dan alrededor del sector transporte.

En este marco social destaca el análisis de fenómenos vinculados al transporte, como ocurre con la contaminación, el desequilibrio regional o segregación territorial, el crecimiento urbano y los accidentes de tránsito.

Tabla 1. PRINCIPALES TENDENCIAS EN LA GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE

TENDENCIA	PERIODO	REPRESENTANTES	OBJETO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS
COROLOGICA-PAISAJISTA	mediados siglo XIX-fines siglo XIX	J.G. Kohl	influencia de la relación hombre-medio sobre las redes de transporte y los asentamientos humanos	considera las vías de comunicación como parte del paisaje fuera de la influencia del hombre
FISIOGRAFICA-TECNICA	fines siglo XIX-principios siglo XX	E. Reclus y W. Gotz F. Ratzel y Vidal de la Blanche	el comercio colonial y las interrelaciones entre la ruta y el medio físico historia sobre el desarrollo del transporte	estudia el desarrollo de las vías de comunicación como medio necesario para la colonización y el comercio, y además se interesa en las características funcionales de cada modo de transporte y por la historia de las vías de comunicación
MERCANTIL	fin 2a. Guerra Mundial-fin años cincuenta	Max Sorre y Erich Otremba	el comercio como eje de los medios de transporte	considera las vías de comunicación como un hecho social desencadenado por el comercio
ECONÓMICA	fin años cincuenta-principio años setenta	Ullman, Taaffe y Garrison	las vías de comunicación como un sistema	asume la idea de sistema de transporte en el marco de la región económica
SOCIAL	principios años setenta-actualidad	Hurst, Wheller, Gauthier y Ullman	el análisis de las interrelaciones entre los diferentes subsistemas que componen el transporte	intenta analizar las relaciones alrededor de las vías de comunicación desde una concepción global de la sociedad

FUENTES: -Chías, L. (1994). *Geografía del Transporte. La geografía humana en México: institucionalización y desarrollo recientes*. UNAM-FCE, México, p. 167-179.

- Potrykowki, M. y Taylor, Z. (1984). *Geografía del Transporte*. Ed. Ariel, Barcelona, p. 13-19.

1.1.2 Objeto y métodos de estudio de la geografía del transporte

La evolución de la geografía del transporte ha dado lugar a su redefinición acorde con las diferentes tendencias a que ha estado sujeta. Actualmente se le considera como la disciplina cuyo objeto y campo de estudio es "el transporte tratado como fenómeno y/o proceso en el espacio considerado en su estrecha relación con las condiciones físico y económico-geográficas" (Potrykowski y Taylor,1984:17).

En esta forma, su campo de acción se amplía considerablemente, pues ya no sólo debe estudiarse el transporte de una manera aislada, sino en su interrelación con otros aspectos como el social, económico y político en una forma integral.

El geógrafo está interesado en el estudio del transporte por varias razones: primero, porque es una significativa actividad humana que se manifiesta a través de su localización, distribución, patrones de comportamiento y relación con otras variables presentes en el espacio, por lo que es un legítimo objeto de estudio de la geografía. Segundo, porque es un importante factor que influye en la variación espacial de muchas otras actividades sociales y económicas (White and Senior,1983:6) y, finalmente, porque el transporte es un aspecto básico y funcional en la organización del espacio (Taaffe and Gauthier,1973:1).

Por otra parte, junto con la definición de objeto y campo de la geografía del transporte, los métodos de estudio han sido enriquecidos, por un lado, a partir de la tendencia *económica*, con la aplicación de variados métodos cuantitativos de análisis basados principalmente en la estadística y, por el otro, por el enfoque *social* en que se ha visto inmersa durante las últimas décadas. En la Tabla 2 se han agrupado algunos de los problemas que estudia la geografía del transporte, así como los métodos de análisis que emplea y algunos de sus principales representantes.

Tabla 2. ALGUNOS MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE

MÉTODOS DE ANÁLISIS	EJEMPLOS DE APLICACIÓN	REPRESENTANTES
Modelo gravitacional	Determinación de la fuerza de interacción, ponderación de los efectos de la fricción de la distancia y de los pesos específicos entre dos puntos considerados	Taaffe y King (1966)
Modelo normativo	Determinación de un patrón óptimo de las redes de transporte acorde con los criterios establecidos y evaluación de la accesibilidad de nodos individuales y redes completas	Gauthier (1968) Scott (1971)
Análisis factorial y análisis de componentes principales	Estudio de las fuentes de la variabilidad conjunta de las estructuras del espacio de la acción de dos poblaciones.	Horton y Reynolds (1971)
	Formulación de las principales características socioeconómicas de los grupos de viajeros -etapa inicial del estudio.	Wiseman (1975)
	Definición de la estructura básica de la interacción -etapa inicial del estudio.	Wheeler (1972)
	Reconocimiento de los componentes del proceso de interacción social a base de los datos del viaje con fin amistoso.	Stutz (1973)
	Definición de los componentes de la percepción del ambiente en las condiciones de opción por un sistema de transporte alternativo (análisis modificado de componentes principales -el algoritmo INGRID).	Burnett (1977)
	Establecimiento de los tipos de actitudes existentes en los vecindarios y de la relación entre las variables y dichos tipos.	Wheeler (1976)
Análisis de correlación	Detección de las relaciones y las dependencias entre:	Wiseman (1975)
	- la movilidad de los individuos y sus características socioeconómicas;	Höllhuber (1974)
	- la frecuencia de la interacción y la evaluación individual de la distancia;	
	- la frecuencia de la interacción y la evaluación de determinados nudos.	
Cadenas de Markow	Definición de la duración media del primer paso de los viajes de fines múltiples	Wheeler (1972)
Métodos de grafos	Definición de la accesibilidad horaria y de la jerarquía de los nudos de la red de transporte urbana.	Höllhuber (1974)
Graduación multidimensional	Graduación de la accesibilidad y de las actitudes ambientales respecto a la arteria proyectada.	Wheeler (1976)
Programación lineal	Definición de los denominados costes psíquicos de transporte.	Menchiik (1974)

FUENTES:- Potrykowki, M. y Taylor, Z. (1984). **Geografía del Transporte**. Ed. Ariel, Barcelona, p. 290
- Taaffe, E. and Gauthier, H. (1973). **Geography of Transportation**. Prentice-Hall, New Jersey, p. 73-74.

1.2 LAS CARRETERAS

1.2.1 El papel de las carreteras en la integración del espacio y sus consecuencias

Se entiende por transporte aquella parte del proceso de producción que facilita el traslado de mercancías y/o personas de un sitio a otro (Potrykowski y Taylor, 1984:11) y, por consiguiente, un factor básico en el desarrollo e integración del espacio geográfico. El proceso del transporte se lleva a cabo en el espacio social y es, por sus características, un proceso altamente complejo, pues una red de transporte integra diferentes puntos dentro de un espacio social organizado mediante líneas o vías por medio de las cuales se realiza el traslado de personas y/o mercancías.

Esto implica que los análisis realizados para comprender el funcionamiento de una red de transporte deban aplicarse a partir de un enfoque que considere la naturaleza espacial de la misma, así como utilizar métodos o

técnicas de estudio que puedan ser capaces de considerar la dinámica de los fenómenos que se llevan a cabo en una red de transporte.

El modo de transporte más utilizado en la actualidad, por el hombre es, sin duda, el terrestre mediante carreteras, por las siguientes razones:

- 1) es el modo de transporte más antiguo,
- 2) al que tiene acceso un mayor número de personas,
- 3) permite el acceso a todos los niveles dentro de la red (local, regional, nacional e internacional),
- 4) por el que pueden circular diversos tipos de transporte, entre ellos, vehículos automotores y no automotores, y
- 5) en todo el mundo la longitud de las redes de carreteras y caminos supera a la de las redes de vías férreas.

Debido a que es el modo de transporte más utilizado por la población en general, se le ha prestado gran atención a la inversión y al desarrollo tanto de los medios como a la red del transporte misma, sobre todo en las últimas décadas.

Aunque la función básica de un sistema de redes de transporte es la de integrar el espacio geográfico teniendo como base el desarrollo socioeconómico, también es cierto que en la actualidad, aún con todos los adelantos técnicos de diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura de una red de transporte, no se ha logrado integrar en su totalidad todas las regiones de cada país y, en cambio, la misma dinámica del desarrollo de los sistemas de transporte terrestre ha acarreado serias consecuencias a la sociedad, entre las que sobresalen el impacto ambiental que ocasiona la construcción de nuevas carreteras, la falta de mantenimiento de las ya existentes y la inseguridad vial que se manifiesta a través del accidente de tránsito, objeto de análisis del presente estudio.

1.2.2 Situación actual de la red carretera en México

En el transcurso de los últimos 25 años, la red de carreteras y caminos de México se ha incrementado significativamente. Como ejemplo, se puede mencionar que en 1970 existían aproximadamente 70000 km de carreteras pavimentadas, revestidas y caminos de terracería, y en 1992 la red de carreteras se incrementó a más de 243000 km equivalentes a poco más de 340% (Tabla 3). Esto resulta relevante si se considera que el sistema nacional de carreteras y caminos moviliza más del 85% de la demanda nacional de carga y el 98.5% del flujo de pasajeros (Diario Oficial de la Federación, 25-marzo-1996:8).

Sin embargo, en la actualidad la red carretera nacional representa, en términos generales, un factor de riesgo para los usuarios debido a la calidad de la infraestructura carretera existente. De acuerdo con el diagnóstico que el Gobierno Federal hace de la red federal de carreteras, durante los últimos años se ha invertido en su conservación, reconstrucción, modernización y ampliación. Sin embargo, esta inversión no ha sido suficiente ya que existen diferentes factores negativos que limitan dichos esfuerzos. Entre ellos se encuentran los siguientes (Diario Oficial de la Federación, 25-marzo-1996:11):

- 1) la gran extensión de la red de carreteras,
- 2) el estado físico crítico,
- 3) el constante incremento de los volúmenes de tránsito,
- 4) los efectos recurrentes de los fenómenos naturales cuya consecuencia es el progresivo deterioro de las carreteras,
- 5) la obsoleta geometría de algunos tramos que se manifiesta en curvas cerradas y pendientes pronunciadas,
- 6) la existencia de entronques a nivel entre vías transitadas,

- 7) la ausencia de señalamiento en determinados sitios conflictivos,
- 8) el escaso mantenimiento de la señalización, y
- 9) el uso indebido del derecho de vía en las carreteras, entre otros.

Tabla 3. CRECIMIENTO DE LA RED CARRETERA NACIONAL

AÑOS	CARRETERAS						
	TOTAL	PAVIMENTADAS		REVESTIDAS		TERRACERÍAS	
	km	km	%	km	%	km	%
1930	1,426	541	37.9	256	18.0	629	44.1
1940	9,929	4,781	48.2	3,505	35.3	1,643	16.5
1950	21,422	13,585	63.4	5,972	27.9	1,865	8.7
1960	44,892	28,979	64.6	11,203	25.0	4,710	10.5
1970	71,520	41,947	58.7	21,079	29.5	8,494	11.9
1975	186,218	60,643	32.6	77,723	41.7	47,852	25.7
1980	212,626	87,602	41.2	66,977	31.5	58,047	27.3
1986	225,516	74,854	33.2	117,122	51.9	33,540	14.9
1992 *	243,856	87,433	35.9	120,245	49.3	36,178	14.8

FUENTE: Chias, L. (1992). *Transporte y estructura regional del abasto. Aspectos metodológicos de la investigación. El Abasto de alimentos de México*. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM. México, págs. 187-222.
 * Centros SCT y Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

En particular, la situación con respecto al estado físico de la red carretera (corona, drenaje, derecho de vía, y el señalamiento vertical y horizontal) en los últimos años ha sido la siguiente: hasta el año de 1992, el 62% de la red federal libre se encontraba en malas condiciones y el 38 % en regular y buen estado; mientras que en la actualidad, el 52% se encuentra en malas condiciones y el 48% en regular y buen estado (Diario Oficial de la Federación, 1996:11).

Si se considera la longitud total de la red carretera nacional para el año de 1992 (Tabla 4), resulta que la totalidad de los caminos rurales que incluye tanto las terracerías como las brechas, y casi la mitad de la red alimentadora de caminos se encontraba en malas condiciones, mientras que el resto de la red alimentadora de caminos, la red troncal de carreteras libres y de cuota contaba con una calidad entre regular y buena para la circulación vial segura de acuerdo con información de la SCT. Lo anterior, aunado a la edad promedio de

la flota vehicular nacional que es de 12 años, incrementa el riesgo a la inseguridad vial.

Tabla 4. LONGITUD Y CARACTERÍSTICAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS 1992

TIPO DE RED	PAVIMENTADOS		REV	TERR	BRECH	TOTAL	%
	4 carriles	2 carriles					
RED TRONCAL (cuota)	3,140	330	-	-	-	3,470	1.42
RED TRONCAL (libre)	3,505	40,323	1,795	185	-	45,808	18.78
RED ALIMENTADORA	962	36,678	21,866	2,230	-	61,736	25.32
CAMINOS RURALES		2,495	96,584	643	33,120	132,842	54.48
TOTAL	7,607	79,826	120,245	3,058	33,120	243,856	100.00

FUENTE: Centros SCT y Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

Adicionalmente, el funcionamiento de este modo de transporte está acompañado, por un lado, de problemas de tipo económico, tales como la demanda de espacio para la infraestructura vial, el incremento en el consumo de energéticos, el requerimiento de grandes inversiones para la construcción de nuevas carreteras y/o el mantenimiento de las existentes y, por el otro, de graves problemas sociales, siendo los más importantes la contaminación ambiental, los congestionamientos urbanos y suburbanos, y los accidentes de tránsito urbanos y en carreteras (Chías, 1992:193-194).

1.3 LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

1.3.1 Los accidentes de tránsito como consecuencia del disfuncionamiento de las carreteras

Para muchos investigadores interesados en el estudio de los accidentes de tránsito, este evento es un suceso "indeseable, involuntario y repentino, cuyas consecuencias pueden ser daños mentales, corporales y/o materiales", y que además se caracteriza por ser "violento, eventual, incontrolable y fortuito, aunque en este sentido existe discusión sobre la aleatoriedad del evento y las

posibilidades para su prevención", opinión generalizada entre médicos, economistas y abogados (Domínguez,1993:13).

De acuerdo con especialistas en ingeniería de tránsito, el accidente vehicular es un evento inevitable. No obstante, hacen la distinción entre aquéllos que son auténticos casos fortuitos, en sentido estricto, y aquéllos que pueden ser previstos. Para dichos especialistas el problema principal radica en que la mayoría de los accidentes que ocurren en las vías públicas de todos los países pueden y deben ser evitados, por lo que la reducción de accidentes de tránsito depende de la atención que se preste al problema con el fin de disminuirlos al mínimo posible, aunque consideran que hay que asumir un cierto número de accidentes como riesgo inherente e inevitable al transporte (Altozano,1986:25).

X Sin embargo, desde el punto de vista geográfico, el accidente de tránsito vehicular puede definirse como un evento espacial y temporal resultado del movimiento entre personas y vehículos en un espacio determinado. En consecuencia, es un fenómeno que se expresa en el espacio social y, por tanto, es objeto de estudio del análisis geográfico, ya que se manifiesta con una localización, extensión, distribución, intensidad, temporalidad y causalidad propios, y está interrelacionado con otras variables dentro del espacio geográfico. El accidente de tránsito suele ocurrir como resultado de múltiples y complejas causas que se presentan dentro del sistema de transporte, considerándose este último como la interacción entre el hombre-vehículo-vía-entorno (Niño,1986:7). Además, es preciso señalar que las causas pueden ser directas e indirectas.

En la tabla 5 se presenta un resumen de algunas de las posibles causas que generan accidentes de tránsito vehicular divididas en cuatro grandes rubros. Esta tabla se estructuró con información de diferentes fuentes consultadas para la elaboración de esta tesis.

Siendo la carretera una estructura que permite el traslado o movimiento de personas y/o mercancías a través de vehículos automotores, es decir, que su funcionamiento está condicionado al movimiento, se hace patente una

propiedad esencial e intrínseca del transporte: **la seguridad vial**. Para que se logre la óptima función del transporte, éste debe ser seguro, pues sin seguridad vial no existe el transporte (Gardeta,1986:13). La consecuencia que se persigue con la seguridad vial es "la reducción, hasta donde sea posible, de los accidentes de tráfico y la aminoración de sus consecuencias, en la medida en que pueda conseguirse" (Altozano,1986:25).

Tabla 5. ALGUNAS CAUSAS QUE GENERAN ACCIDENTES DE TRÁNSITO VEHICULAR

HUMANAS	ENTORNO	VIALES	VEHICULARES
<ul style="list-style-type: none"> - desconocimiento de los reglamentos de tránsito - consumo de bebidas alcohólicas y de drogas por los conductores - cansancio del conductor - falta de capacitación de los operadores del servicio de transporte público - escaso control de sus jornadas de trabajo - insuficiencia de vigilancia - uso indebido del derecho de vía - cruce de peatones en caminos de alta velocidad - falta de puentes para el peatón 	<p>CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - caminos en zonas montañosas <p>CONDICIONES METEOROLÓGICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - lluvia - granizo - niebla - nevadas, etc. <p>CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - constante incremento de los flujos vehiculares - desarrollo tecnológico de vehículos más veloces - crecimiento de redes carreteras 	<ul style="list-style-type: none"> - rezagos en la extensión y en el estado de conservación de las carreteras - discontinuidad de los principales ejes troncales - falta de libramientos - insuficientes cobertura y mantenimiento de caminos y señalamientos - inadecuada señalización en las carreteras - ausencia de señalización en sitios de tránsito conflictivo - obsolescencia de la red carretera - inadecuado diseño de curvas y pendientes - existencia de entronques a nivel entre vías transitadas 	<ul style="list-style-type: none"> - antigüedad de la flota vehicular - falta de mantenimiento de la flota vehicular

FUENTE: Centros SCT y Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos
Diario Oficial de la Federación, 1996, p. 5, 11.

Dentro de esta misma lógica y desde el enfoque de la planeación de la seguridad vial, otros autores consideran que el accidente de tránsito no es fortuito sino efecto de múltiples causas (Menéndez,1986:52). Esto permite hacer a un lado posiciones conformistas y pesimistas en torno a la seguridad vial y concentrarse en una visión que tienda a disminuir los accidentes de tránsito como elemento de desequilibrio o disfuncionamiento en las carreteras.

1.3.2 Estudios sobre accidentes de tránsito

En la actualidad muchos países industrializados están realizando grandes inversiones en la construcción y en el desarrollo de carreteras y vías férreas, así como en el transporte público con los últimos adelantos tecnológicos. Además, paralelamente, los gobiernos de estos países están empezando a considerar con mayor seriedad los problemas ambientales que se derivan del desarrollo del sector transporte (Tolley and Turton,1995:146-147).

Con relación a los accidentes de tránsito en carreteras, también varios países, como Canadá, Estados Unidos y algunos europeos, principalmente Francia y Suecia, cuentan con importantes programas de investigación sobre accidentes desde hace varios años, y han logrado avances significativos en la disminución de los índices de accidentes en sus carreteras al instrumentar medidas preventivas adecuadas.

Por lo que corresponde a México, existen estudios sobre accidentes de tránsito que han sido abordados principalmente por médicos, ingenieros y abogados y, en menor escala, por psicólogos, economistas y geógrafos (Domínguez,1993:3-5). Sin embargo, la mayoría de dichos estudios arrojan resultados parciales pues están enfocados desde el punto de vista profesional y particular de los autores. En este tipo de estudios, el enfoque médico está dirigido, en general, al tratamiento curativo de las personas accidentadas y a la inspección médica de los conductores de servicios públicos de transporte. Los ingenieros dirigen su atención a la construcción de vialidades funcionales y seguras, en tanto que los abogados se enfocan a la reglamentación y normatividad de la circulación sobre las vialidades. En cambio, los economistas evalúan los costos derivados de los daños materiales ocasionados por este fenómeno.

Es significativo, en estos enfoques, notar la ausencia de aspectos importantes en el estudio de un fenómeno como lo es el accidente de tránsito, tales como su localización, extensión, distribución, intensidad, temporalidad y causalidad, así como su interrelación con otras variables presentes en el espacio geográfico. Estas características son estudiadas por el geógrafo, quien

se encarga de ubicar espacialmente el fenómeno y analizar sus causas *in situ*. Sin embargo, hasta el momento se carece de estudios que traten de integrar una visión más amplia que analice todas o, al menos, la mayoría de las causas y factores que inciden en un fenómeno espacio-temporal como es un accidente de tránsito, y que además considere enfoques utilizados por otros profesionistas.

Domínguez (1993) presenta un resumen sobre los estudios de accidentes de tránsito que se han realizado en México y describe sus características más importantes por temática, enfoque, metodología, tiempo que abarcan y escala, entre otras. Se ha reproducido dicho resumen en la Tabla 6 por presentar sintéticamente el panorama actual que prevalece en México sobre el conocimiento de los accidentes de tránsito.

Aunque los citados estudios son suficientes desde el punto de vista de cada profesionista, hace falta el aporte y la integración de cada uno de ellos a partir de un enfoque geográfico para llegar a la conceptualización y a la comprensión cabal del problema, pues una vez comprendida la dinámica del accidente de tránsito vehicular como fenómeno social que se manifiesta en el espacio geográfico, se podrán instrumentar programas de prevención puntuales y funcionales que coadyuven a su disminución.

1.3.3 La prevención de accidentes de tránsito con base en un SIG

Considerando que el accidente de tránsito vehicular es un fenómeno resultante de diversas y complejas causas coincidentes en un espacio, se requiere analizarlo desde una perspectiva geográfica en la que se tome en cuenta el mayor número posible de variables con el fin de establecer modelos sobre su comportamiento. Dado que un estudio de esta naturaleza involucra por sí mismo el manejo de diversos tipos de información y, a la vez, grandes volúmenes de datos, se hace necesario buscar la forma de optimizar el tiempo y el costo de dicho análisis.

Tabla 6. CARACTERÍSTICAS Y TENDENCIAS DEL ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES DE VEHÍCULOS EN CARRETERAS EN MÉXICO. 1951-1990

DISCIPLINA	MEDICINA	INGENIERÍA	DERECHO	GEOGRAFÍA	PSICOLOGÍA	ECONOMÍA
No. DE ESTUDIOS: 81	35	23	13	3	1	1
Porcentaje	43.2	28.4	16.0	3.7	1.2	1.2
TEMÁTICA GENERAL	Conceptualización desde los años cincuenta (OMS) Esquemas curativos más que preventivos.	Conceptualización en los años setenta. Construcción de vialidades seguras	Conceptualización en los años noventa. Legislación en materia de accidentes.	Escaso interés en accidentes. Dentro de geografía médica	Estudios orientados a accidentes de trabajo.	Evaluación de costos.
MÉTODOS	Predomina método epidemiológico y método estadístico	Evaluación de los accidentes en forma absoluta y relativa.	Reglamentación, normatividad y leyes.	Se busca relacionar aspectos geográficos, físicos y humanos.	Cualitativos	Econométricos
ESPACIALIDAD Y TEMPORALIDAD	Estudios puntuales básicamente, puntuales en menor número.	Estudios puntuales, a veces históricos.	Estudios puntuales y uso de croquis para peritajes.	Se analizan someramente y en forma puntual.	Óptica del espacio industrial	Enfoque más urbano que rural.
EL ESPACIO SE ANALIZA EN FORMA ABSTRACTA, COMO SIMPLE SOPORTE						
ESCALAS DE ESTUDIO	Años setenta: escala nacional. Años ochenta: escala urbana.	Uso de croquis. Escalas: nacional, estatal y urbana.	Escala: nacional, estatal y urbana.	Estatal	Escala urbana	La escala de estudio es nacional
TENDENCIA ACTUAL	Prevención mediante campañas de seguridad e inspecciones médicas a choferes.	Prevención mediante diseño adecuado de las vialidades.	Prevención normativa, reglamentos, uso de cinturón de seguridad, etc.	Incierta	Incierta	Incierta
TENDENCIA FUTURA	ANÁLISIS INTEGRAL DEL ACCIDENTE, CONCEPTUALIZACIÓN DEL ACCIDENTE EN UN SISTEMA EN QUE SE ANALICEN TODAS LAS COMPONENTES QUE INTERVIENEN (SIG)					

FUENTE: Domínguez, J.M. (1993). **Estudio geográfico de los accidentes de vehículos en carreteras y vías urbanas en México. 1980-1988**. Tesis de Licenciatura en Geografía. Colegio de Geografía, FFyL, UNAM, México, p. 5.

Para poder manipular la información referente a accidentes de tránsito, integrarla y, posteriormente, analizarla considerando, asimismo, la dinámica propia del problema, se plantea el uso de un sistema de información geográfica (SIG) o, en otras palabras, un conjunto de herramientas de cómputo que facilitan el análisis espacial de fenómenos geográficos. Un SIG tiene, entre otras ventajas, la capacidad de almacenar, manipular y analizar información espacial en tiempos reducidos. Lo anterior permitirá instrumentar programas adecuados de prevención de accidentes de tránsito en carreteras, acordes con la realidad social, económica y política del país.

Capítulo 2

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

2.1.1 Definición de sistema de información geográfica

Un SIG es un conjunto de programas de cómputo que permiten la colección, el almacenamiento y el análisis espacial de objetos o fenómenos del mundo real, de los que es importante considerar su posición respecto a un sistema de coordenadas conocidas, y sus atributos o características propias, así como las interrelaciones espaciales de estos elementos con otros objetos o fenómenos presentes en el espacio geográfico (Aronoff,1991:1,39; Burrough,1991:6-7). Este conjunto de herramientas proporciona al usuario las siguientes capacidades básicas para manejar datos geográficos:

- 1) entrada de datos (captura y/o conversión de formatos),
- 2) manejo de datos (almacenamiento y recuperación),
- 3) manipulación y análisis de la información, y
- 4) salida de datos procesados.



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVES

Un SIG también puede ser definido en función de su capacidad para realizar operaciones espaciales y relacionar series de datos junto con la localización de objetos o fenómenos. De acuerdo con diversos autores (Burrough,1991:9; ESRI,1990:1-7; Maguire,1991:16) un SIG debe ser capaz de contestar ciertas preguntas referentes al fenómeno estudiado, tales como:

Localización (location)	¿Qué hay en ...? Esta pregunta intenta averiguar qué objeto(s) o fenómeno(s) existe(n) en una localización geográfica particular. La localización de un objeto o fenómeno puede referirse en diferentes formas, una de ellas a partir de un sistema de coordenadas cartográficas (geográficas, UTM, Lambert, etc.), a partir de un sistema de mediciones (metros, kilómetros, millas, millas náuticas, etc.), o por medio de direcciones (nombres de calles, avenidas, números de códigos postales, etc.)
Condición (condition)	¿Dónde está ...? La segunda pregunta pretende encontrar una localización donde se presenten ciertas condiciones espaciales en relación con el objeto o fenómenos estudiado, por lo cual se requiere aplicar operaciones de análisis espacial para contestarla.
Tendencia (trend)	¿Cuánto ha cambiado desde ...? Esta pregunta intenta, además de involucrar las dos anteriores, determinar cómo cambia un objeto o fenómeno con relación al tiempo, dentro del espacio estudiado.
Definición de rutas (routing)	¿Cuál es el mejor camino a ...? Esta pregunta es más compleja que las anteriores y pretende encontrar la ruta óptima entre dos puntos cualquiera.
Patrones (pattern)	¿Qué patrones espaciales existen ...? Esta pregunta es capaz de responder a la búsqueda de formas típicas de comportamiento de un objeto o fenómeno en el espacio.
Escenarios (modeling)	¿Qué sucedería si ...? Esta última pregunta plantea la posibilidad de conocer el comportamiento de un objeto o fenómeno si las condiciones espaciales actuales se modifican.

Existen SIG manuales que aplican rutinariamente las operaciones arriba citadas y que son eficientes para desempeñar las tareas que se les asignan y en las condiciones en las que operan (Aronoff,1991:39). Sin embargo, también existen ventajas muy específicas para utilizar un SIG basado en computadora. Entre estas ventajas se encuentran las siguientes:

1) es posible capturar, almacenar, recuperar, organizar, consultar y actualizar grandes volúmenes de datos tabulares y de información gráfica en menor tiempo y, por consiguiente, con menor costo que en los sistemas manuales,

- 2) permite el intercambio de la información (exportación-importación) a otros programas de cómputo,
- 3) facilita la aplicación de diferentes tipos de análisis espacial del fenómeno estudiado, y
- 4) permite crear cartografía a diferentes escalas y proyecciones en forma prácticamente transparente.

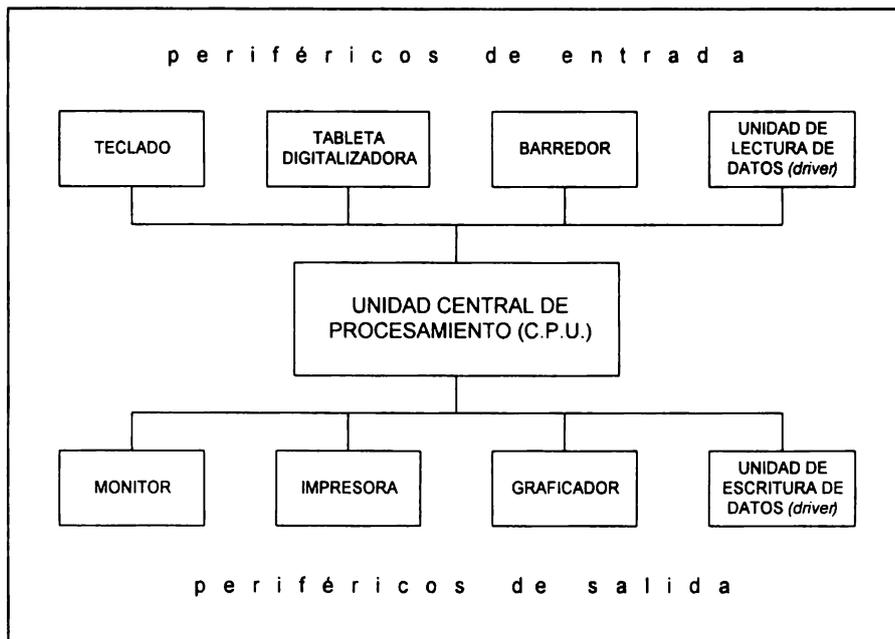
Estas ventajas son importantes si los volúmenes de datos que se van a manejar en el SIG son grandes, si los datos van a ser consultados con frecuencia, si la actualización de datos es importante y si los datos requieren ser utilizados para una amplia variedad de análisis (Aronoff,1991:44).

Un SIG no es un simple programa de cómputo para crear mapas a diferentes escalas y proyecciones, su importancia radica en que es una herramienta para el análisis de información geográfica con la capacidad de establecer relaciones espaciales entre diferentes objetos o fenómenos al ligar datos espaciales con información geográfica. La información se almacena como atributos o características de los elementos representados gráficamente (ESRI,1990:1-9,1-10). Otra característica importante de un SIG es que utiliza la información geográfica existente para generar nueva información a partir del análisis espacial.

2.1.2 Componentes básicos de un SIG

Los componentes fundamentales de un SIG están divididos en tres grandes grupos que deben encontrarse en equilibrio para que el sistema funcione adecuadamente y proporcione los resultados esperados por el usuario (Burrough,1991:7). El primer grupo corresponde al equipo de cómputo o *hardware* (Figura 6), el segundo se refiere a los programas (*software*) de aplicación y el tercero al contexto de organización o diseño del SIG.

Figura. 6. EQUIPO DE CÓMPUTO BÁSICO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



FUENTE: Burrough, P. (1991). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford University Press, Oxford, p. 7.

El equipo de cómputo (*hardware*) está constituido por la unidad central de procesamiento *CPU* (por sus siglas en inglés), propiamente la computadora, a partir de la cual se realiza el almacenamiento y el procesamiento de los datos y, por otra parte, por los periféricos de entrada y salida de datos. Entre los primeros se encuentran los teclados, las unidades de lectura de datos o *drivers* (diskettes, cintas magnéticas, discos ópticos, etc.), las tabletas digitalizadoras y los barredores de gráficos (*scanners*) y en los segundos, los monitores, las unidades de escritura de datos o *drivers*, las impresoras y los graficadores. En la actualidad los SIG están diseñados para trabajar en diferentes tipos de computadoras, principalmente en computadoras personales (*PC*) y más recientemente en estaciones de trabajo (*work stations*). La capacidad de almacenamiento y, principalmente, la capacidad y el tiempo de procesamiento de datos dependen del tipo de computadora en que esté operando un SIG.

El segundo componente de un SIG es el conjunto de programas de aplicación (*software*) que comúnmente está dividido en módulos. Entre estos

módulos se encuentran los de entrada y almacenamiento de datos, manejo de bases de datos, análisis de la información y salida de datos.

La entrada de datos (*data input*) es el procedimiento de conversión y/o transferencia de información a formatos que pueden ser usado directamente en la base de datos del SIG (Montgomery and Schuch,1993:1). El tipo de datos que pueden ser capturados y transformados para manejarse dentro de un SIG es muy amplio y comprende mapas y cartas impresos, información digital existente, observaciones de campo e información obtenida a partir de sensores tales como fotografías aéreas, imágenes de satélite, imágenes de radar, registros de coordenadas a partir de sistemas de posicionamiento, etc. Comúnmente, éste es uno de los procesos más difíciles de cubrir adecuadamente en la instrumentación de un SIG, pues la recopilación de datos y, posteriormente, su captura y/o conversión de formato, si es que éstos ya se encuentran en formato digital, requiere de mucho tiempo y, frecuentemente, de un alto costo. Para evitar problemas en esta fase se hace necesario considerar previamente los tipos de información y los formatos de captura que van a formar parte de la base de datos digital.

El almacenamiento (*data storage*) y el manejo de la base de datos (*database management*) son otra parte importante dentro del SIG y están relacionados con la forma en que se estructuran los datos dentro del sistema y se establecen ligas de acceso entre los elementos de los mapas (puntos, líneas y polígonos) y sus atributos o características correspondientes (información tabular) para facilitar los procesos de análisis. Una estructura de datos deficiente puede dificultar la obtención de los resultados de análisis esperados por el usuario o generar procesos innecesarios de análisis a pesar de contar con información adecuada y concreta sobre el problema o fenómeno analizado, además de ocasionar fuertes inversiones de personal capacitado, tiempo y costo.

Un aspecto crítico en la creación y construcción de la base de datos es la obtención de datos precisos y bien documentados, y su incorporación en forma adecuada al SIG con el fin de que realmente sirvan como una base

concreta de información para obtener resultados satisfactorios a partir de su análisis.

El mantenimiento de la información espacial y de atributos es el conjunto de operaciones que ocupan más personal, tiempo y costo en la instrumentación de un SIG. Es una tarea que se debe controlar desde el principio para evitar correcciones innecesarias durante el proceso de análisis y la obtención de resultados. Estas operaciones constituyen básicamente la preparación de la información para su análisis y consisten, para el caso de la información espacial, en la transformación de archivos de datos espaciales, su edición y/o corrección (limpieza de mapas) y la evaluación de su precisión. Por otra parte, el mantenimiento de la información de atributos se refiere a la conversión de la información capturada a los formatos adecuados y su verificación dentro de la base de datos construida.

El componente medular y más complejo de un SIG, que lo distingue de los programas de diseño gráfico y de los sistemas de cartografía automatizada es la parte analítica de la información (*data analysis*). Es en las funciones de análisis espacial en las que el SIG utiliza la información espacial y establece su relación con la no espacial (atributos) para contestar las preguntas acerca del mundo real que se plantea el usuario (Aronoff,1991:189). Algunas tareas como la captura y el almacenamiento de datos son comunes en los sistemas de cartografía automatizada, pero la capacidad de análisis de la información es la característica distintiva de un SIG (Burrough,1991:81).

El nivel de complejidad de la parte analítica de un SIG depende de la capacidad de sus funciones, pues aunque en principio la mayoría de los SIG ejecutan las operaciones espaciales básicas, algunos sistemas cuentan con funciones de análisis más complejas. El componente de análisis espacial es aquella parte en la que un SIG adquiere su valor real, ya que algunas aplicaciones analíticas realizadas de manera manual podrían consumir demasiado tiempo o serían prácticamente imposibles de realizar, pero mediante un SIG automatizado pueden ser ejecutadas con mayor eficiencia (ESRI,1990:3-4). Algunos ejemplos de operaciones analíticas en un SIG

automatizado pueden apreciarse en la Tabla 1, donde aparece la clasificación general de funciones de análisis de un SIG.

El tercer componente se refiere al diseño e instrumentación del SIG. El diseño conceptual comprende las siguientes fases (Aronoff,1991:251; Burrough,1991:174-175; ESRI,1990:3-3):

1) Definir cuál es el problema o problemas por resolver y determinar si el uso de un SIG automatizado es un método alternativo y válido para la solución del problema planteado.

2) Definir los usuarios de los productos finales (técnicos, académicos, planificadores, público en general, etc.), así como otros usos probables de la información y sus requerimientos específicos.

3) Definir los tipos de información que se requieren para alimentar al SIG y la extensión geográfica de la información gráfica, así como los formatos de manejo de la información gráfica (*raster/vector*) adecuados para el análisis, y las formas y formatos de captura de la información gráfica y no gráfica.

4) Determinar los tipos de análisis aplicables a la información gráfica y no gráfica integrada.

5) Definir los productos resultantes del análisis en el SIG, así como su nivel de precisión y calidad: documentos cartográficos, resúmenes estadísticos, reportes, etc.

6) Definir y evaluar los requerimientos del equipo de cómputo (*hardware*) y los programas de cómputo (*software*) en función de los objetivos y alcances del proyecto.

En cuanto a la organización y operación del SIG, se pueden considerar las siguientes fases comunes en cualquier proyecto:

- 1) Obtener e instalar el *hardware* y *software* elegidos, así como determinar el sitio de trabajo adecuado para las necesidades del proyecto.
- 2) Determinar los requerimientos de personal capacitado o, en su defecto, de personal a capacitar.
- 3) Instrumentar el SIG (Tabla 2).
- 4) Determinar los dispositivos periféricos necesarios para la captura y/o conversión de formatos digitales de la información gráfica y no gráfica dentro del SIG, así como de los dispositivos necesarios para la impresión de los documentos resultantes del análisis.
- 5) Estructurar la información gráfica (por capas de información y extensión geográfica) y de la información tabular en la base de datos dentro del SIG.
- 6) Definir los procedimientos operativos para mantener la base de datos, así como las formas y los tiempos para la actualización y el respaldo de la información en los medios de almacenamiento adecuados.
- 7) Aplicar operaciones de análisis a la información gráfica y no gráfica integrada previamente.
- 8) Evaluar la veracidad de los resultados del análisis.
- 9) Presentar los resultados mediante mapas impresos y/o digitales, resúmenes estadísticos y reportes.

Tabla 1. CLASIFICACIÓN DE FUNCIONES DE ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ANÁLISIS DE DATOS	1) MEDICIÓN	distancia recta distancia a lo largo de un arco área frecuencia		
	2) RECUPERACIÓN	mediante cursor mediante coordenadas mediante operaciones booleanas		
	3) DEFINICIÓN DE ÁREAS DE TOLERANCIA (buffering)	alrededor de puntos alrededor de líneas/arcos alrededor de líneas/polígonos ponderación		
	4) FUNCIONES DE ANÁLISIS DE MAPAS	reclasificación sobreposición múltiple de coberturas promedio de los valores de celdas min/max de los valores de celdas combinaciones lógicas suma/substracción de mapas multiplicación/división de mapas agrupamiento de valores de celdas (clustering)		
		operaciones locales	promedio de los valores de celdas mínimo de los valores de celdas máximo de los valores de celdas suma de los valores de celdas valor de celda más frecuente	
	5) ANÁLISIS DE SUPERFICIE	pendiente aspecto interpolación de puntos de elevación obtención de vistas a partir de cualquier punto obtención de vistas a partir de arcos/áreas obtención de curvas de nivel cálculo de rutas óptimas generación de secciones		
	6) ANÁLISIS DE REDES	ruta mínima óptima a lo largo de una red valores acumulativos de los atributos de una red distribución de rutas búsqueda de vecinos cercanos		
	7) SEGMENTACIÓN DINÁMICA	creación y calibración de rutas análisis con datos de eventos		
	8) OPERACIONES DE POLÍGONOS	sobreposición de polígonos puntos en polígonos líneas en polígonos fusionar/disolver polígonos a partir de atributos		
	9) OTROS	polígonos de Thiessen combinaciones booleanas reportes de cruce de tablas resúmenes estadísticos muestreos aleatorios análisis de proximidad análisis ponderado de proximidad		

FUENTE: GIS World (1993). INTERNATIONAL GIS SOURCEBOOK. GIS World Inc., USA.

Tabla 2. INSTRUMENTACION DE UN SIG

INTRUMENTACIÓN DE UN SIG	DETERMINAR LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO			
	CONSTRUIR LA BASE DE DATOS	PREPARAR LA INFORMACIÓN		<ul style="list-style-type: none"> - identificar elementos geográficos y sus atributos - organizar las capas de información gráfica - identificar mapas o coberturas para capturar
		AUTOMATIZACIÓN DE LOS DATOS	INTRODUCIR DATOS ESPACIALES AL SIG	<ul style="list-style-type: none"> - preparar mapas impresos para su automatización - capturar elementos a partir de mapas impresos - evaluar visualmente la calidad de los datos capturados
			HACER MANEJABLES LOS DATOS ESPACIALES	<ul style="list-style-type: none"> - construir la topología - identificar errores - corregir errores - reconstruir la topología
			INTRODUCIR DATOS DE ATRIBUTOS AL SIG	<ul style="list-style-type: none"> - crear un nuevo archivo de datos para introducir los atributos - agregar los valores de los atributos al archivo de datos creado - relacionar o unir los atributos al archivo de atributos de elementos
		MANEJAR LA BASE DE DATOS		<ul style="list-style-type: none"> - crear una cobertura de puntos de control que contenga coordenadas cartográficas - proyectar los valores de latitud-longitud de los puntos de control a un sistema de coordenadas UTM - transformar las coordenadas de los elementos digitizados en las coberturas a coordenadas cartográficas - igualar los límites de elementos capturados en mapas adyacentes - unir las dos coberturas adyacentes en una para toda el área en estudio
	APLICAR ANÁLISIS ESPACIAL			<ul style="list-style-type: none"> - establecer los objetivos y los criterios para el análisis - preparar los datos para las operaciones espaciales - ejecutar las operaciones espaciales - preparar los datos para el análisis tabular - evaluar e interpretar los resultados - mejorar el análisis (si es necesario)
	PRESENTAR LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS			<ul style="list-style-type: none"> - determinar los propósitos del mapa final - diseñar los componentes de los mapas finales - definir los parámetros del mapa (escala, tamaño, etc.) - generar el mapa final - generar un reporte tabular

2.2 ANÁLISIS ESPACIAL USANDO UN SIG

2.2.1 El papel de los SIG en el análisis espacial

La capacidad de análisis geográfico a partir del uso de la información espacial y los datos de atributos no espaciales, para contestar preguntas del mundo real, es la característica distintiva entre un SIG y otros sistemas de información (Aronoff,1991:189). El propósito fundamental de cualquier SIG es proporcionar un soporte básico al usuario para facilitar la toma de decisiones con base en el análisis espacial de la información, con los siguientes beneficios potenciales:

- 1) cuantitativos, aquellos que pueden ser medidos y cuantificados en términos económicos específicos, y
- 2) cualitativos, aquellos que, aunque no pueden ser cuantificados o medidos, finalmente pueden influir favorablemente a los económicos (Montgomery and Schuch,1993:17-18).

En los últimos 20 años se ha incrementado el número de usuarios, tanto del sector público como del privado, que se han visto beneficiados con las facilidades y ventajas que proporciona el uso de un SIG. Tales organizaciones están relacionadas con la prestación de servicios y trabajos de agricultura, minería, geología, arqueología, conservación de recursos naturales, impacto y protección ambiental, climatología, cartografía, procesamiento digital de imágenes, fotointerpretación y fotogrametría, ingeniería civil, catastro, planificación del uso de suelo, planeación urbana y regional, manejo de redes de energía eléctrica, agua potable, gas, comunicación (teléfono, telégrafo, correo) y transporte, arquitectura, estudios de mercado, bienes raíces, entre otras (Dangermond,1991:59).

2.2.2 El análisis de los accidentes de tránsito en un SIG

El análisis espacial es fundamental en la mayoría de las actividades del sector transporte, ya que los objetos y eventos presentes en las redes de transporte son fácilmente manipulables a partir de los elementos básicos de representación y análisis geográfico, es decir, elementos tales como un accidente o una señal en carretera pueden ser representados como un punto; características físicas del pavimento o flujos vehiculares pueden ser manejados a partir de líneas o arcos; y otros elementos como tipos de uso de suelo, información demográfica a niveles local y/o regional, pueden representarse por medio de polígonos (Simkowitz, 1993:234).

De esta manera, el sector transporte ha aprovechado enormemente las ventajas que ofrece el uso de un SIG. En muchos países europeos, y principalmente en los Estados Unidos, la tecnología provista por los SIG, junto con la utilización de sistemas de posicionamiento global para la obtención de coordenadas geográficas y el uso de cámaras de video en carreteras ha sido aplicado satisfactoriamente. Entre las principales aplicaciones sobresalen: la determinación de rutas óptimas para la circulación de vehículos en autopistas con fines de distribución, servicios de emergencia, transporte de estudiantes y de personal, la utilización de sistemas de navegación para el control vehicular, el monitoreo de secciones de autopistas mediante cámaras de video y la instalación de dispositivos de información en los vehículos para determinar su localización en eventuales accidentes, entre otras. En síntesis, el uso de un SIG permite evaluar eficientemente los trabajos relacionados con el transporte y su planeación.

En particular, la información obtenida a partir de eventos tales como accidentes de tránsito vehicular requiere del análisis geográfico-espacial y, a la vez, la diversidad de información necesaria para dicho análisis coloca a los SIG como la mejor opción para tratar el problema. El análisis de accidentes de tránsito involucra la correlación de distintas variables con relación a los caminos, tales como condiciones del camino, características geométricas, condiciones meteorológicas, volúmenes de tráfico, señalización, entre otros. Para establecer modelos sobre la causalidad de los accidentes es necesario

considerar éstas y otras variables en sitios con distintos grados de accidentalidad. Asimismo es necesario considerar la escala como parte importante del análisis espacial. El estudio de accidentes mediante un SIG permitirá conocer la dinámica del problema a distintas escalas, es decir, en tramos o secciones sobre los caminos, localmente, regionalmente y, aún, macrorregionalmente.

Algunas de las principales aplicaciones de SIG para el análisis de accidentes de tránsito vehicular han sido desarrolladas en centros de investigación y departamentos de transporte en varias partes del mundo; como ejemplo se encuentran las siguientes: *Turner Fairbank Highway Research Center* (E.U.), *Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité* (Francia), *Institut de Géographie (Université Catholique de Louvain, Bélgica)*, *The New York Department of Transportation*, *The Indiana Department of Transportation*, *The Colorado Department of Transportation*, *The Georgia Department of Transportation*, *The Pennsylvania Department of Transportation*, *The Missouri Highway and Transportation Department*, *The Fairfax County Office of Transportation* (Virginia), *The County of Riverside* (California) y *The Haifa Municipality* (Israel).

Algunos ejemplos de análisis y de productos realizados por medio de un SIG (apoyados con otras tecnologías de punta, tales como el uso de imágenes de video y del sistema de posicionamiento global), y desde la perspectiva geográfica orientados a la prevención de accidentes de tránsito en carreteras se enlistan en la tabla 3.

Concretamente, la cartografía sobre accidentes de tránsito, de la misma forma que cualquier documento cartográfico, ofrece varias ventajas:

- 1) Permite tener una apreciación o aproximación espacial sobre el problema, pues ubica el fenómeno estudiado en el sitio en que se presenta.
- 2) Puede representar un elemento de interpretación para los analistas del problema y retroalimentar otros tipos de análisis.

3) Puede funcionar como un apoyo para la toma de decisiones cuando expresa resultados de análisis.

4) Puede actuar como un medio de comunicación dirigido a los usuarios de las carreteras.

Tabla 3. EJEMPLOS DE ANÁLISIS Y DE PRODUCTOS GENERADOS MEDIANTE UN SIG DENTRO DE LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

ANÁLISIS
- identificación de sitios a lo largo de la red carretera con alto riesgo de accidentes
- identificación de las características físicas de los sitios con alto riesgo de accidentes
- clasificación de sitios o segmentos de la red carretera por frecuencia de accidentes en general, frecuencia de accidentes fatales, frecuencia de accidentes no fatales, tasa de accidentes fatales por 100000 habitantes, tasa de accidentes no fatales por 100000 habitantes, etc.
- monitoreo sitios de alto riesgo de accidentes
- la determinación de la severidad del accidente (por su tipo, por edad del conductor, por tipo de vehículo, etc)
- determinación de sitios de accidentes en tiempo real a partir del sistema de posicionamiento global (GPS)
- relación de sitios o segmentos con alta frecuencia de accidentes, con otras variables, a lo largo de la red carretera: características físicas y sociales del entorno (localidades, aspectos demográficos, uso de suelo, actividades económicas, etc.), infraestructura del camino (intersecciones, entronques, puentes, etc.) y características físicas del camino (pendiente, calidad de la carpeta asfáltica, señalización, etc.), entre otras

EJEMPLOS DE PRODUCTOS
- mapas de riesgo de accidentes de tránsito en carreteras para conductores (turista, transportista, etc.)
- determinación de rutas adecuadas para el uso de los cuerpos de policía, de emergencia y de rescate que participan en el traslado de accidentados a los centros de atención hospitalaria
- determinación de rutas alternativas para los conductores vehiculares al presentarse accidentes de graves consecuencias para la circulación en las vías carreteras
- reportes de accidentes para los organismos encargados de su prevención (policías, servicios médicos, compañías aseguradoras, etc.)

Fuentes: Bayapureddy,1996:1-3; Breuer *et al*,1992:49; Cohn,1995:26-27, D'Arcy,1995:34; Filian and Higelin,1996a;1-3; Filian and Higelin,1996b:1-2; Francica,1992:86; Peled *et al*,1996:1-2; Randolph,1993:54; Simkowitz,1993:234; Zhang,1996:1; y documentos digitales consultados vía Internet (<http://www.esri.com/resource/userconf/proc95/to050/p029.html>, 8 p.; <http://www.intergraph.com/Infraestructure/products/mgsm.html>, 4 p.; http://www.intergraph.com/Infraestructure/markets/trans/ti_txt.html, 5 p.; y <http://www.esri.com/resources/userconf/proc95/to250/p213.html>, 1 p.)



**BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO**

Capítulo 3

ARC/INFO Y SEGMENTACIÓN DINÁMICA

3.1 INTRODUCCIÓN A ARC/INFO

3.1.1 Representación de elementos geográficos

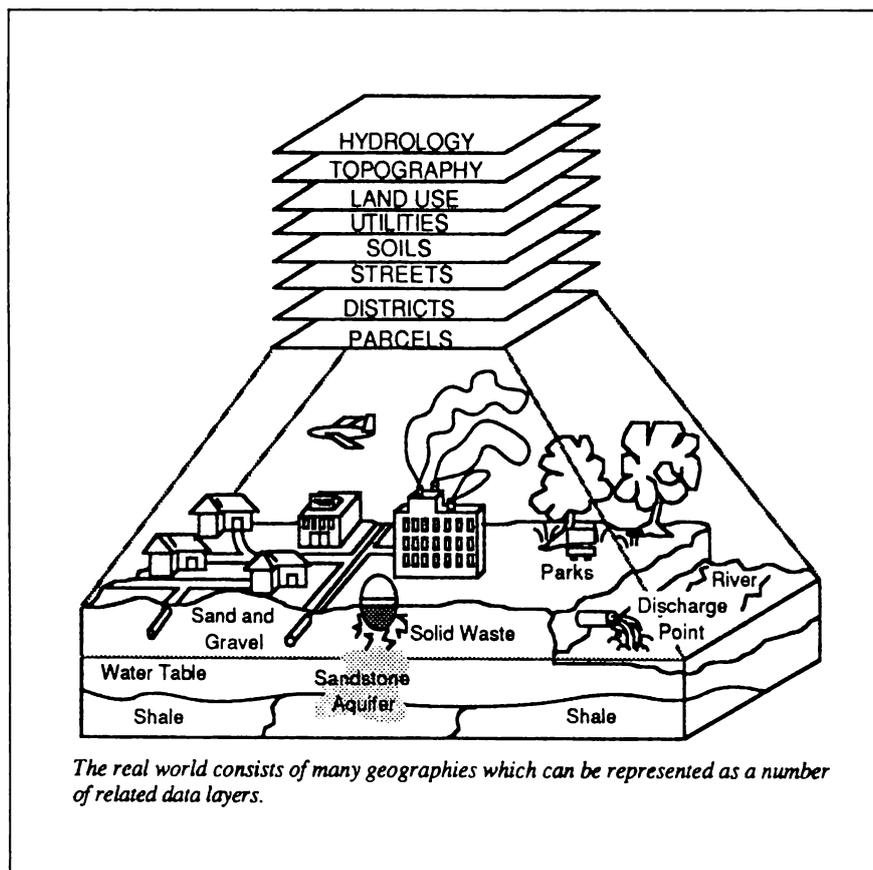
Existen dos tipos básicos de información geográfica: información espacial e información de atributos asociada. La primera describe la posición y la forma de un elemento geográfico, en tanto que la segunda describe características específicas sobre un elemento geográfico. El método común para representar la información espacial es el mapa impreso. En un SIG la información espacial está representada en la misma forma que en un mapa convencional, es decir, por medio de una serie de puntos, líneas y áreas referidos a posiciones específicas sobre la superficie terrestre mediante un sistema de coordenadas geográficas.

El punto se utiliza para representar la posición de un fenómeno geográfico que es demasiado pequeño para ser considerado como línea o área a la escala de trabajo empleada. Algunos ejemplos de elementos o fenómenos geográficos representados en esta forma son poblaciones, edificios, postes de energía eléctrica, estaciones meteorológicas, etc. La línea representa aquella forma de elemento geográfico que es demasiado angosta para representarse como área y únicamente se considera su longitud. Como ejemplos se encuentran los ríos, carreteras, límites político-administrativos, línea de costa, etc. El área es una región limitada por varias líneas que representa la forma y la posición de un

elemento geográfico homogéneo, tal como parcelas, municipios, estados, tipos de suelo o vegetación, etc.

Cualquier tipo de fenómeno geográfico puede ser representado en los tres tipos topológicos básicos arriba descritos (Figura 1). Todos estos elementos geográficos pueden ser diferenciados por colores, símbolos y anotaciones, y ser explicados al usuario por medio de la leyenda y los textos descriptivos.

Figura 1. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS REALES REPRESENTADOS CARTOGRÁFICAMENTE



Fuente: ESRI (1990) Understanding GIS. The ARC/INFO Method. Redlands, CA., p.1-2.

Por otro lado, la información de atributos corresponde básicamente a las características específicas cualitativas y cuantitativas de los elementos geográficos representados. Como ejemplos de estos tipos básicos de información se pueden señalar los siguientes: una ciudad y su nombre, una calle y su nombre, una parcela y el nombre de su propietario. La información espacial se representa y

maneja como objetos simples (puntos, líneas y polígonos), en tanto que sus correspondientes atributos se manipulan como descripciones simples.

Cada elemento geográfico representado en un mapa convencional posee características bien definidas que comúnmente están señaladas o explicadas en la leyenda del mismo. En la misma forma, en un mapa digital cada elemento geográfico debe estar ligado a la información de atributos que le corresponde. En un SIG estas relaciones espaciales están determinadas a partir de la topología, concepto utilizado para representar las relaciones espaciales en bases digitales de datos geográficos, que se explicará más adelante.

3.1.2 Métodos para la representación de la información espacial

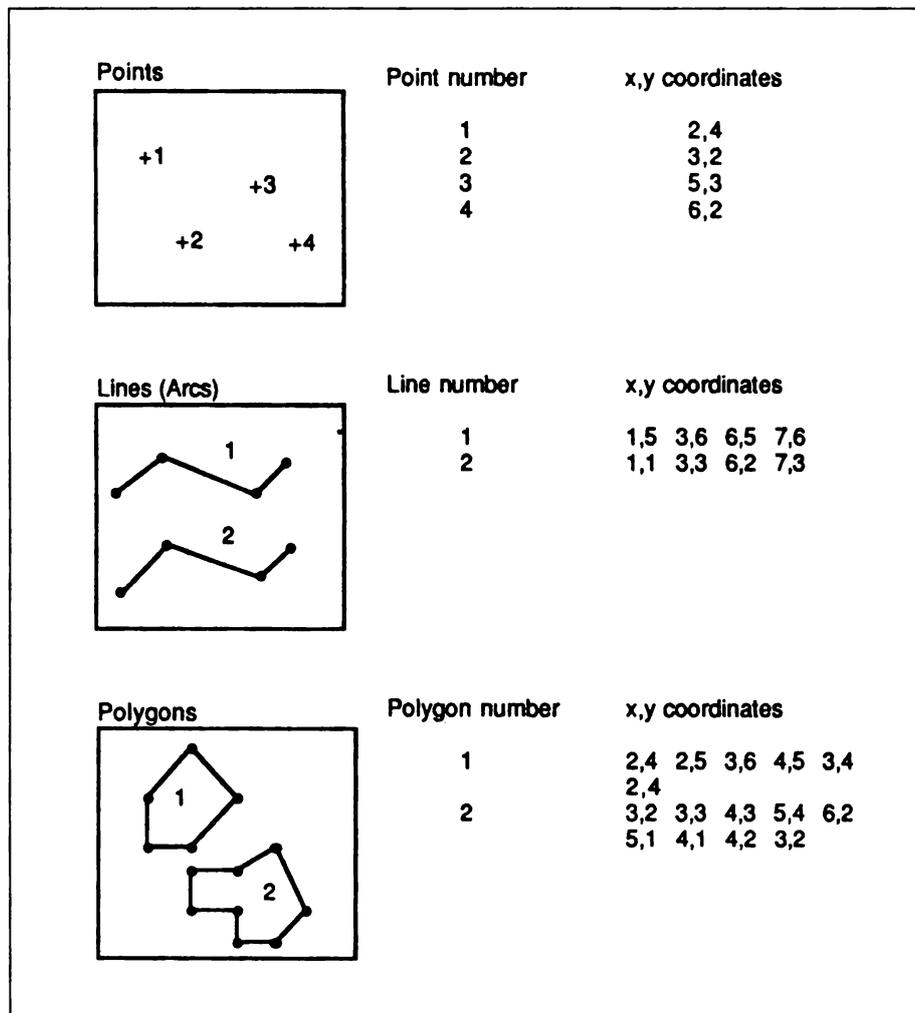
Existen dos formas básicas para representar y manipular la información espacial digital. Tales modelos, conocidos como *vector* y *raster*, almacenan información sobre la posición de los elementos geográficos que definen. La principal diferencia entre estos dos modelos es la forma en que representan las posiciones de los elementos geográficos.

En el modelo *vector* (Figura 2), la posición de la información espacial está definida por las coordenadas x,y de puntos, líneas y polígonos. En este modelo se asume que un elemento geográfico está representado en un espacio de coordenadas continuas donde su posición es matemáticamente exacta (Aronoff, 1991:172). El punto es el tipo más simple de representación de los datos espaciales y está designado por un par de coordenadas x,y . La línea se representa por medio de una serie de pares de coordenadas x,y , en cuyo caso es posible representar la longitud de la línea a escala, pero no su amplitud. Por último, el polígono se representa por una línea o un conjunto de líneas que contienen un área.

En el modelo *raster* (Figura 3) la información espacial está representada en una matriz de celdas organizada en series de renglones y columnas. La posición de cada celda está definida por una columna y un renglón. El valor de cada celda

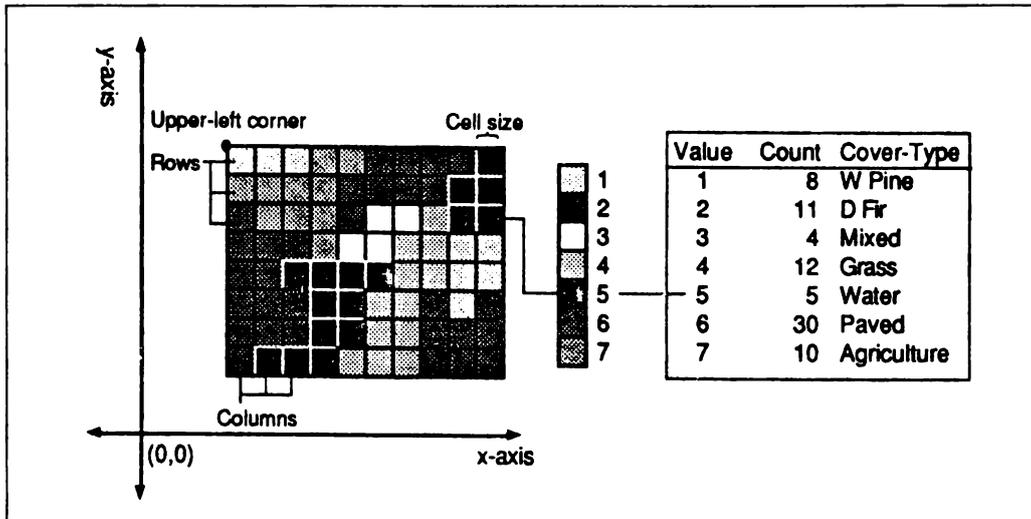
indica el valor del atributo o característica que representa. En este modelo un punto está representado por una sola celda, una línea por una cadena de celdas en una dirección, y un área por un conjunto de celdas. En este tipo de representación no continua de datos, se asume que el espacio geográfico puede ser tratado como si fuera una superficie cartesiana plana, de tal manera que cada celda está asociada a una porción cuadrada de terreno, por lo que la resolución o escala de los datos es la relación entre el tamaño de la celda en la base digital de datos y el tamaño de la celda en el terreno (Burrough,1991:20).

Figura 2. REPRESENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS GEOGRÁFICOS EN EL MODELO VECTOR



Fuente: ESRI (1992c). *ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software.* Redlands, CA., p. 1-9.

Figura 3. REPRESENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS GEOGRÁFICOS EN EL MODELO RASTER



Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 1-6.

3.1.3 Topología

En el modelo *vector* la mayor parte de los elementos geográficos están formados por la combinación de otros elementos, lo que favorece que el almacenamiento de datos sea eficiente siempre y cuando se registren una sola vez las coordenadas de los elementos compartidos. Como ejemplo se puede señalar un polígono que tiene un límite común con otro polígono. El sistema almacenará solo una vez las coordenadas de la línea común a ambos polígonos al utilizar la estructura de datos arco-nodo (ESRI, 1992c:1-12).

En esta estructura, los elementos gráficos básicos son el punto, el arco y el nodo (elemento gráfico que define los puntos inicial y final de un arco), y el resto de los elementos gráficos se compone a partir de éstos, en forma tal que todos los elementos están definidos topológicamente, es decir, como objetos compuestos por otros elementos (ESRI, 1992c:1-12).

El modelo topológico es un método matemático que se utiliza para establecer las relaciones espaciales entre los diferentes elementos geográficos representados en un mapa dentro de un SIG (Aronoff,1991:174). Los diferentes tipos de relaciones espaciales se expresan en listas o tablas de los elementos gráficos del mapa digital, uno para cada tipo de elemento espacial, es decir, tablas sobre los puntos, arcos y polígonos que los definen. A partir de estas tablas se definen la relaciones espaciales de conectividad, definición de área y contigüidad de los elementos geográficos representados (ESRI,1992c:1-5).

La conectividad (Figura 4) se refiere a la relación que se establece entre los arcos mediante los nodos. Los arcos se pueden unir sólo a partir de sus nodos y esta información se almacena en dos tablas o listas. Estos datos se encuentran en una tabla de atributos de nodos conocida como *NAT (node attribute table)* y una tabla de atributos de arcos *AAT (arc attribute table)* dentro de ARC/INFO (ESRI,1992c:1-14).

La definición del área (Figura 5) de un polígono se establece a partir de un arco o un conjunto de arcos cerrados. La información de los arcos que forman un polígono se almacena en una tabla de atributos de polígonos *PAT (polygon attribute table)* y cuando un arco forma parte de dos o más polígonos sus coordenadas se registran sólo una vez, lo que reduce la cantidad de datos almacenados y asegura que los límites de los polígonos adyacentes no se superpongan (ESRI,1992c:1-15).

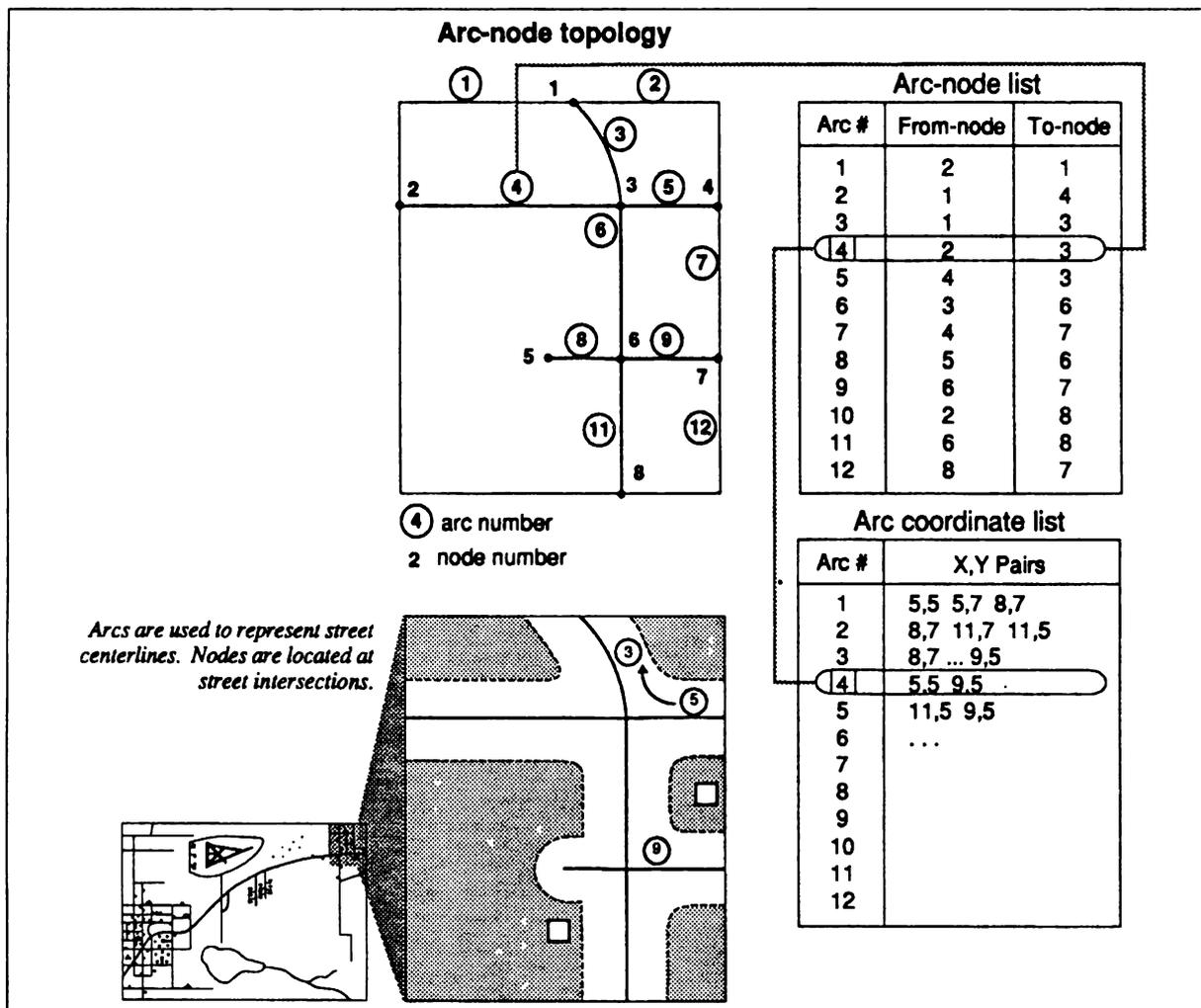
La contigüidad (Figura 6) es la característica de adyacencia que tiene cualquier polígono que comparte un arco con otros polígonos. Debido a que cada arco tiene una dirección definida por su nodo inicial y su nodo final, es posible mantener una lista de los lados derecho e izquierdo de cada polígono, y así determinar la adyacencia entre los polígonos.

La estructura topológica, caracterizada por la conectividad, la definición de área y la contigüidad de los elementos gráficos de un mapa digital presenta varias ventajas para el usuario, entre las que se pueden citar las siguientes:

- 1) Los datos se almacenan eficientemente.

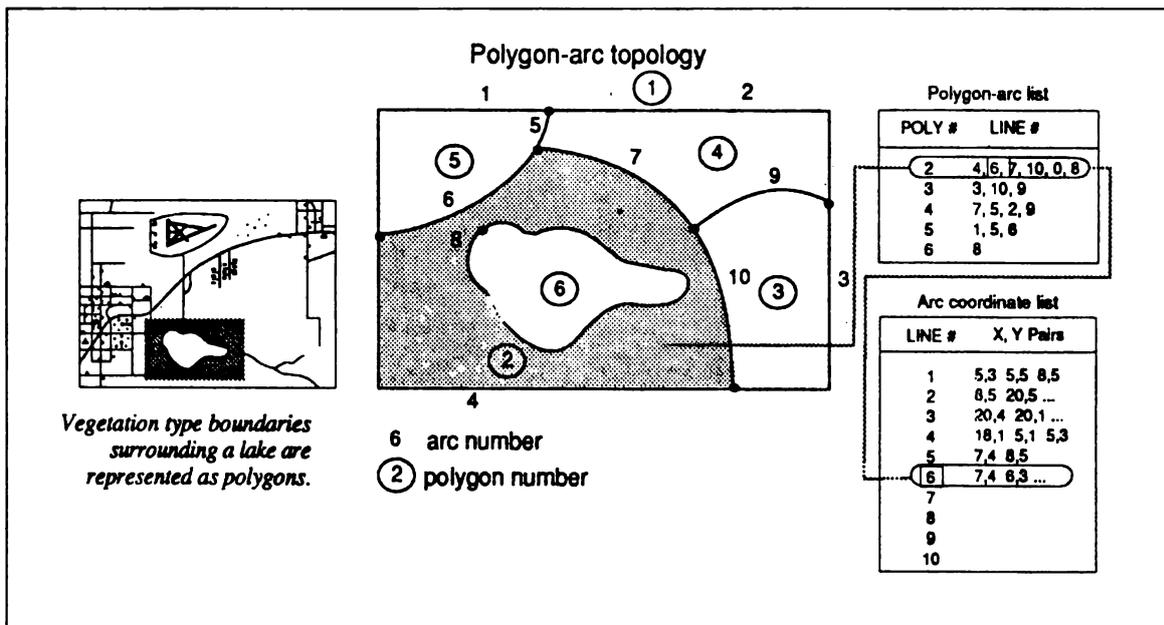
- 2) Es posible procesar grandes volúmenes de datos.
- 3) Es posible procesar la información en forma rápida.
- 4) Facilita funciones analíticas como la identificación y combinación de polígonos adyacentes, la sobreposición de elementos geográficos, el análisis de redes, entre otros.

Figura 4. LA CONECTIVIDAD EN EL MODELO TOPOLÓGICO



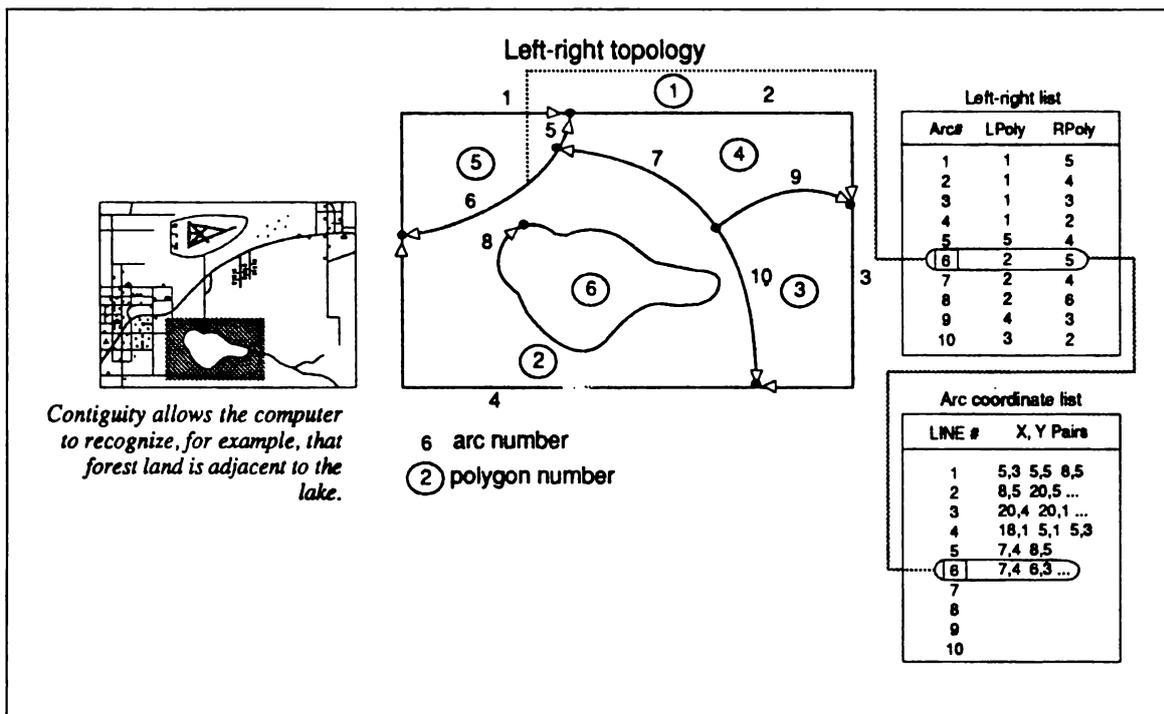
Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 1-14.

Figura 5. LA DEFINICIÓN DE ÁREA EN EL MODELO TOPOLÓGICO



Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 1-15.

FIGURA 6. LA CONTIGÜIDAD EN EL MODELO TOPOLÓGICO



Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 1-16.

En otras palabras, las relaciones topológicas se construyen a partir de elementos simples, como son los puntos, a elementos complejos, como son los arcos (series de puntos conectados), áreas (series de arcos conectados) y rutas (series de secciones, las cuales son arcos o porciones de arcos).

Una de las mayores ventajas del método topológico es que se eliminan las coordenadas de datos redundantes debido a que un arco puede representar una línea, parte del límite de un área, o ambos casos (ESRI, 1992c:G-61).

3.1.4 Comparación entre las representaciones *raster* y *vector*

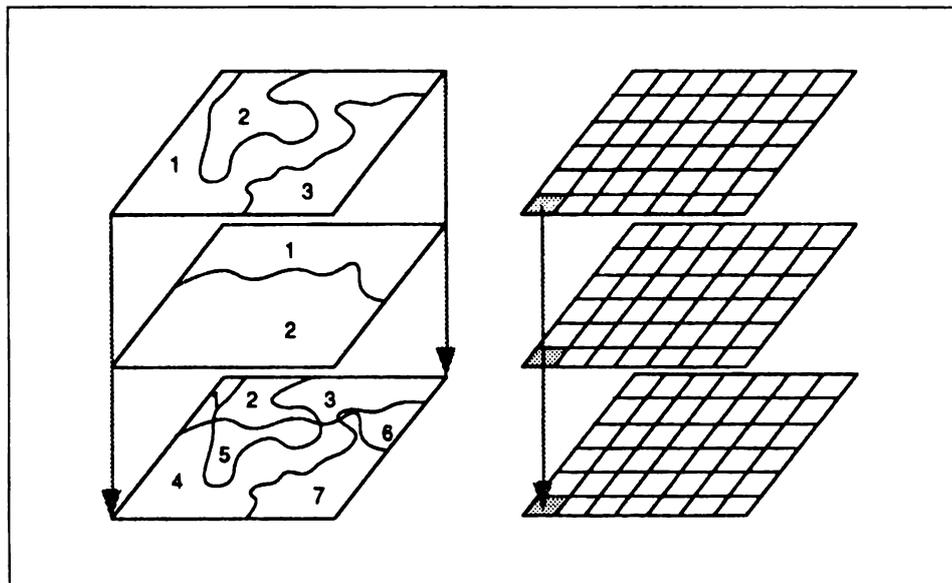
ARC/INFO es un SIG capaz de integrar información en los dos tipos de modelos anteriormente descritos, ya que utiliza ambos modelos de representación de datos espaciales, aunque el formato *vector* (Figura 7) es el más importante y es el que se utiliza en la mayor parte del sistema. Sin embargo, el módulo GRID manipula información en formato *raster*. Esto es útil, ya que dependiendo de las características de los elementos o fenómenos geográficos es posible representarlos con mayor precisión a partir de cualquiera de los dos modelos. En la Tabla 1 se presentan las características más importantes de cada uno de los formatos citados, así como sus ventajas y desventajas.

3.1.5 El modelo georrelacional (ligas de atributos a elementos gráficos)

Los datos de atributos de los elementos gráficos del mapa se almacenan como una serie de números y caracteres en tablas de dos entradas. Estas tablas reciben el nombre de tablas de atributos de elementos (*feature attribute table*). Cada línea en la tabla corresponde a un registro (*record*) y contiene información descriptiva (cualitativa o cuantitativa) de un elemento geográfico individual. Cada columna (*item*) contiene información sobre una característica distintiva de los elementos gráficos. A través de la asignación de un número de elemento (*feature number*) que asocia los atributos con las coordenadas del elemento gráfico, se

establece una liga entre los elementos gráficos y sus correspondientes atributos. Este número es distinto para cada uno de los elementos considerados. Una vez que se establece esta conexión es posible desplegar información de atributos, seleccionar atributos específicos y, aun, establecer condiciones para reelegir información o crear un mapa a partir de los atributos almacenados en la tabla (ESRI,1992c:1-20).

Figura 7. COMPARACIÓN GRÁFICA ENTRE LOS MODELOS VECTOR Y RASTER



Fuente: ESRI (1992c). *ARC/INFO. Data model, concepts and key terms.*
The geographic information system software. Redlands, CA., p. 1-17.

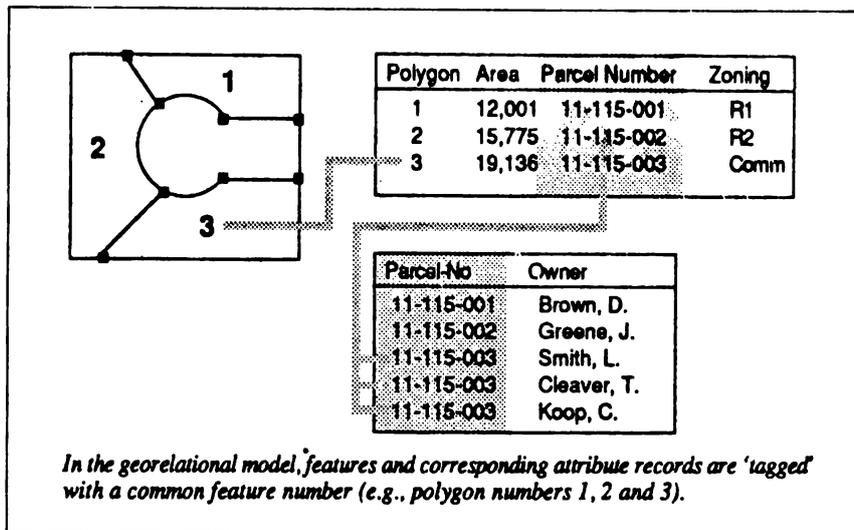
El modelo georrelacional (Figura 8), descrito arriba, que permite establecer una liga entre dos tipos de datos distintos entre sí (datos gráficos espaciales y datos tabulares descriptivos), es una de las más poderosas capacidades de un SIG, característica que permite aplicar funciones de análisis espacial (ESRI,1992c:1-21).

Tabla 1. COMPARACION ENTRE LOS MODELOS RASTER Y VECTOR

		MODELOS	
		RASTER	VECTOR
CARACTERÍSTICAS	ESTRUCTURA DE DATOS	Relativamente simple. utiliza renglones y columnas en una red de celdas de tamaño uniforme	Puntos, líneas y polígonos con relaciones topológicas.
	COORDENADAS	Almacena coordenadas del mundo real y calcula todas las que sean necesarias.	Almacena coordenadas x,y del mundo real para todos los elementos.
	PRECISIÓN DE LOS ELEMENTOS	Representa las formas, límites y superficies de los elementos geográficos con una transición gradual.	Representa las formas, límites y superficies de los elementos geográficos con alta precisión.
	RESOLUCIÓN	La resolución de los datos depende del tamaño de la celda.	Depende del método de compilación y la escala de los datos originales.
	VALORES DE ATRIBUTOS	Cada celda tiene un valor ligado a su posición de columna y renglón en la red de celdas.	Cada elemento tiene un identificador único que lo liga a sus atributos descriptivos.
	REQUERIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO	Generalmente grandes, pero los valores pueden ser comprimidos.	Generalmente más compacto que el almacenamiento en el modelo raster.
	RELACIONES TOPOLÓGICAS	Difíciles de establecer.	Fáciles de representar.
	SOBREPOSICIÓN	Fácil de realizar, muy eficiente, en general requiere poco tiempo de procesamiento de datos.	Difícil de realizar por ser un proceso muy sofisticado, requiere mucho tiempo de procesamiento de datos.
	RECOMENDADO PARA CAPTURAR	Elementos continuos (elevación, tipos de suelos, temperatura, etc.)	Elementos de límites discretos (límites de propiedades levantados, límites político-administrativos, líneas de energía eléctrica y teléfonos, etc.)
VENTAJAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es una estructura de datos simple. 2. Las operaciones de sobreposición se realizan fácil y eficientemente. 3. La variabilidad espacial alta es eficientemente representada. 4. Se requiere para manipular con eficiencia y mejorar la imágenes digitales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tiene una estructura de datos compacta. 2. Proporciona una buena codificación de la topología que permite realizar más eficientemente operaciones que requieren información topológica como el análisis de redes. 3. El modelo vector es más conveniente para manipular gráficos de forma más parecida a los mapas hechos a mano. 	
DESVENTAJA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es una estructura de datos poco compacta. Las técnicas de compresión de datos frecuentemente pueden solucionar este problema. 2. Es difícil establecer las relaciones topológicas. 3. En general, la salida de gráficos es de baja calidad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es una estructura de datos más compleja que un simple raster. 2. Es más difícil de realizar operaciones de sobreposición. 3. La representación de la variabilidad espacialmente alta es ineficiente. 4. No es posible manipular ni mejorar imágenes digitales en el dominio vector. 	

Fuente: Aronoff, S. (1991). *Geographic information systems. A management perspective*. WDL Publications, Ottawa, p. 166.
 ESRI (1992c). *ARC/INFO. Data model, concepts and key term. The geographic information system software*. Redlands, CA., p. 1-17,1-18.
 ESRI (1992h). *Introduction to ARC/INFO. Rev. 6.0*. Redlands, CA., p. 2-9.

Figura 8. EL MODELO GEORRELACIONAL



Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 1-21.

3.1.6 Tipos de datos geográficos

En ARC/INFO se utilizan varios de estos modelos para manipular la información geográfica, entre los cuales se encuentran: el modelo *vector* aplicado en las coberturas, el modelo *raster* utilizado en los *grids*, los modelos de redes de triángulos irregulares (*tins*) y de redes de puntos regularmente espaciados (*lattice*) usados para la representación de superficies, y el modelo georrelacional para los datos descriptivos.

En particular, los modelos de representación de información geográfica utilizados para aplicar la metodología de análisis sobre accidentes de tránsito en carreteras son los siguientes: el *vector*, el *raster* y el georrelacional.

Cobertura

En ARC/INFO una cobertura (*coverage*) es una versión digital de un mapa simple que representa una sola capa de información espacial y que se encuentra

almacenada en formato *vector*. Los datos espaciales están almacenados como puntos, arcos y polígonos y relacionados topológicamente entre sí por medio de los archivos o tablas de atributos correspondientes. La cobertura contiene la información espacial y de atributos ligada y los datos de posición de los elementos gráficos se encuentran en la forma de series de coordenadas x,y . Comúnmente se organiza la información geográfica temática en diferentes capas o *layers*.

Grids

Un *grid*, en ARC/INFO es el equivalente de la cobertura pero en formato *raster*. Cada imagen *grid* representa una variable espacial, es decir, una capa de información o *layer*. Todos los elementos geográficos están representados por medio de celdas, en tal forma que un punto está representado por una sola celda; una línea o arco por una serie de celdas con una dirección; y un polígono o área por un conjunto de celdas que poseen el mismo valor de atributo. Los datos de posición de los elementos gráficos del *grid* están definidos por las coordenadas x,y de cada celda.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de algunas características de las coberturas y los *grids* en ARC/INFO.

Tablas de atributos

Los atributos de la información gráfica se almacenan en tablas que se relacionan con los elementos geográficos por medio de un número de identificación de elemento (*feature ID*). Tanto las coberturas como los *grids* tienen asociada información de atributos que se encuentra en tablas. Estas tablas (Figura 9) contienen renglones y columnas. Cada renglón contiene un registro de los datos descriptivos de la tabla y cada columna o *item* contiene valores de atributos particulares. Es posible agregar a cada tabla columnas o *items* que contengan otro tipos de información temática específica, o un número determinado que pueda asociar esta tabla con otros archivos de datos de atributos.

Tabla 2. RESUMEN DE ALGUNAS SERIES DE DATOS GEOGRÁFICOS EN ARC/INFO

SERIE DE DATOS GEOGRÁFICOS	ESTRUCTURA	OBJETOS ESPACIALES	TABLAS DE ATRIBUTOS	USOS
Cobertura	georrelacional topológica vectorial (arco-nodo)	etiquetas arcos nodos polígonos anotaciones rutas secciones tics	PAT AAT NAT PAT TAT RAT SEC TIC	- Cartografía - Automatización y actualización de datos espaciales - Modelación de elementos lineales - Definición de límites de elementos - Manejo de bases de datos espaciales
Grid	georrelacional raster	celdas	VAT	- Análisis y modelación espacial - Representación de superficies - Automatización de datos espaciales mediante barredores (<i>scanners</i>)

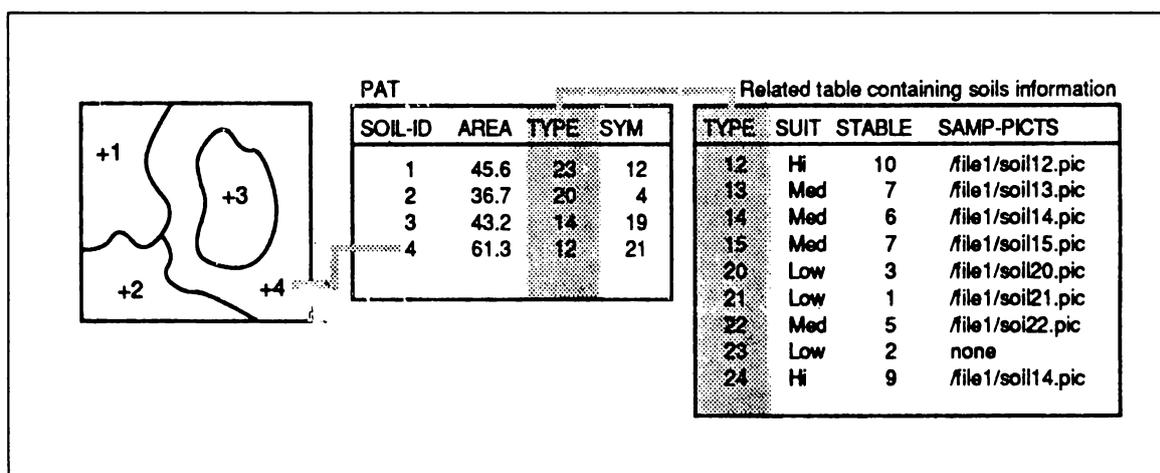
Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 2-39.

3.1.7 La cobertura en ARC/INFO

Una cobertura (Figura 10) es una analogía digital de un mapa, y es considerada como la unidad básica y principal de almacenamiento de información vectorial en ARC/INFO. En una cobertura los elementos geográficos se almacenan como elementos primarios, tales como nodos (*nodes*), puntos (*label points*), arcos (*arcs*) y polígonos (*polygons*), y como elementos secundarios tales como puntos de control (*tics*), extensión de mapa (*map extent*), ligas (*links*) y anotaciones (*annotations*) (ESRI,1992c:G-10). La cobertura es georrelacional debido a que contiene la liga entre los datos gráficos espaciales y los datos tabulares descriptivos de los elementos geográficos en un área determinada.

Una cobertura o mapa digital en ARC/INFO está estructurado como un subdirectorio dentro del que se encuentra una serie de archivos o tablas de atributos (Tabla 2).

Figura 9. TABLAS DE ATRIBUTOS EN ARC/INFO



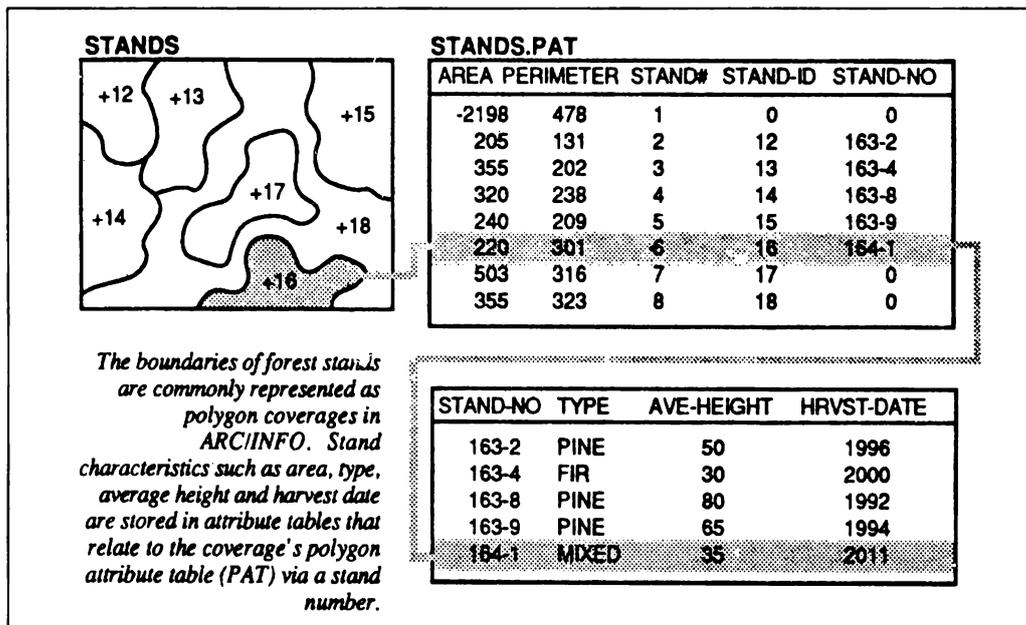
Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 2-17.

3.1.8 El espacio de trabajo en ARC/INFO

Dentro de ARC/INFO los datos están organizados en archivos binarios y archivos de texto. Los primeros se encuentran bajo el formato del sistema operativo y únicamente pueden ser leídos, traducidos y procesados por la computadora, mientras que los archivos de texto pueden ser manipulados por el usuario mediante el uso de procesadores de palabra, hojas de cálculo, manejadores de bases de datos y lenguajes de programación de alto nivel.

Todos estos archivos se almacenan en espacios de trabajo (*workspaces*) y en coberturas (*coverages*). El espacio de trabajo es un directorio que permite organizar los datos y su procesamiento dentro del SIG. Pueden existir tantos espacios de trabajo como sea necesario para organizar adecuadamente el almacenamiento de datos, los mapas creados y los mapas resultantes del análisis. Por otra parte, las coberturas están almacenadas como subdirectorios dentro de los espacios de trabajo. Dichos subdirectorios contienen varios archivos donde reside gran parte de la información espacial y de atributos del mapa. Estos archivos pueden ser los archivos ARC, los cuales contienen la información precisa de posiciones de los elementos espaciales o absoluta, y las tablas externas INFO, que contienen la información de atributos o relativa.

Figura 10. LA COBERTURA EN ARC/INFO



Fuente: ESRI (1992c). ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software. Redlands, CA., p. 2-3.

3.1.9 Organización del sistema

ARC/INFO es un sistema híbrido compuesto por dos grupos de programas. El primer grupo consiste en programas de gráficos que manejan datos espaciales y, el segundo, en programas manejadores de bases de datos que manipulan datos tabulares de atributos. Los programas gráficos operan directamente con las relaciones espaciales que existen entre los elementos geográfico-espaciales, mientras que los programas manejadores de bases de datos incluyen entre sus funciones la unión de tablas de datos, construcción de nuevas tablas, generación de reportes y de formatos especiales de salida de datos, entre otras.

El sistema está organizado en varios subsistemas, cada uno de los cuales maneja una función diferente y se dividen de la siguiente manera: ARC, ARCCREDIT, ARCPLOT, TABLES y LIBRARIAN (Tabla 3). ARC es el módulo

principal en ARC/INFO y cada uno de los subsistemas se inicia desde este módulo.

Por otra parte, INFO es un programa que proporciona las funciones características de los manejadores de bases de datos. Este programa manipula archivos que contienen datos tabulares de atributos. INFO y ARC comparten los datos dentro de la estructura de ARC/INFO.

Existen, además, extensiones de los subsistemas que complementan las funciones del SIG, entre las que se encuentran COGO, NETWORK, TIN y GRID, así como otras funciones adicionales, provistas dentro de los subsistemas arriba señalados, conocidas como DATABASE INTEGRATOR y DYNAMIC SEGMENTATION, los cuales son series de comandos que se ejecutan dentro de los subsistemas de ARC/INFO. En la Tabla 3 se presentan las características más importantes de cada subsistema, extensión y funciones adicionales.

Tabla 3. ORGANIZACIÓN DEL SIG ARC/INFO

		CARACTERÍSTICAS MAS IMPORTANTES	OPERACIONES QUE REALIZA
SUBSISTEMAS	ARC	- Manejador global del SIG - No es un módulo gráfico	- Genera y maneja coberturas - Convierte datos a partir de otros formatos - Manipula datos espaciales y de atributos en una o más coberturas - Crea nuevas relaciones de datos entre coberturas
	ARCEDIT	- Editor interactivo de gráficos	- Digitiza y edita una cobertura a la vez - Corrige errores en datos espaciales y de atributos
	ARC PLOT	- Módulo gráfico usado para el despliegue de mapas y para la consulta de datos	- Despliega datos espaciales y de atributos para una o más coberturas - Permite la consulta de características espaciales y de atributos en conjunto - Crea despliegues de pantalla y mapas - Genera archivos de impresión
	TABLES	- Sistema manejador de datos tabulares que utiliza archivos INFO	- Crea, almacena, edita y consulta datos tabulares
	LIBRARIAN	- Sistema manejador de datos geográficos	- Crea y maneja colecciones de mapas
EXTENSIONES	COGO	- Conjunto de herramientas para manipular datos levantados en campo	- Se utiliza en aplicaciones que requieren alta precisión de coordenadas geométricas
	NETWORK	- Conjunto de herramientas para manipular y procesar información vectorial	- Se utiliza para análisis y modelación lineal
	TIN	- Conjunto de herramientas para manipular y procesar información referente a superficies en una red de triángulos irregulares	- Se utiliza para análisis y modelación de superficies
	GRID	- Conjunto de herramientas para manipular y procesar información en formato raster	- Se utiliza en aplicaciones basadas en imágenes
FUNCIONES	DATABASE INTEGRATOR	- Series de comandos que permiten asociar datos que se encuentran en otros manejadores de bases de datos con ARC/INFO	- Se utiliza para establecer ligas entre bases de datos externas a ARC/INFO.
	DYNAMIC SEGMENTATION	- Series de comandos que permiten referir y manipular en vectores diferentes bases de datos a la vez	- Se utiliza para análisis y modelación lineal

Fuente: ESRI (1992h). Introduction to ARC/INFO. Rev. 6.0. Redlands, CA., p. 3-5.



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

3.2 SEGMENTACIÓN DINÁMICA (*Dynamic Segmentation*)

3.2.1 Introducción. Elementos lineales

Comúnmente la información espacial se registra en un sistema bidimensional de coordenadas x,y dentro de los SIG, el cual facilita la representación de elementos tales como límites políticos, tipos de suelo o vegetación y redes de caminos, entre otros. Sin embargo, existen algunos tipos de información geográfica que pueden referirse de manera más apropiada si se relacionan con otros elementos geográficos ya existentes en la base digital. En particular, para esta tesis la información sobre accidentes de tránsito debe relacionarse con las redes de carreteras, que se representan mediante arcos o líneas dentro del mapa digital. Dicha relación puede establecerse a partir de un sistema de medición (*measurement system*) mediante el cual los hechos o eventos pueden ser ubicados sobre los elementos lineales en función de la posición que guardan con respecto a ellos.

Este sistema de medición simplifica el registro de datos en las bases tabulares de atributos o eventos, ya que utiliza una posición relativa. En este esquema de representación, la posición de un rasgo se define en función de un elemento conocido y de una medición sobre él. Por ejemplo, un puente en el kilómetro 4.1, una intersección en el kilómetro 50.1, etc., identifican una posición en el espacio geográfico sin expresarla en coordenadas x,y . Mediante este sistema de rutas y mediciones es posible representar, consultar y analizar información asociada a elementos lineales, como en el caso de accidentes de tránsito en carreteras, así como otros tipos de información que esté relacionada con este fenómeno, como puede ser el número de accidentes que ocurren por tramo, el valor de los daños materiales ocasionados, el tipo de camino de que se trate, la calidad del pavimento, la señalización de las carreteras, las intersecciones y entronques existentes, etc. Toda esta información se almacena en bases de datos externas, que pueden relacionarse con una cobertura de arcos que contenga la red de carreteras común a todos estos atributos. Mediante los comandos de Segmentación Dinámica es posible establecer una liga entre dichas bases de datos y los elementos lineales, bajo el formato de ruta-medición (*route-measure*) (ESRI, 1992f:1-2).

Segmentación Dinámica (*Dynamic Segmentation*)

ARC/INFO cuenta con una serie de comandos conocidos como Segmentación Dinámica (*Dynamic Segmentation*), que permiten calcular y referir las posiciones de eventos (puntuales o lineales) a lo largo de elementos geográficos representados mediante arcos dentro de una cobertura o mapa digital. La ventaja de este método, que opera bajo el modelo de sistema de rutas (*route-system model*), es que dichos eventos no están relacionados directamente con la topología de la cobertura, únicamente se accede a ellos cuando se requiere, ya que el método proporciona una alternativa para segmentar virtualmente, mediante pseudonodos que corresponden a las posiciones de los eventos, los arcos que forman el sistema de rutas (ESRI, 1992c:G-16).

Los comandos de Segmentación Dinámica provistos por ARC/INFO proporcionan la capacidad al usuario para asociar múltiples series de atributos o eventos a cualquier segmento de un rasgo lineal sin modificar su base topológica, al mismo tiempo (o dinámicamente) en que se realiza la consulta y/o análisis de la información de los elementos lineales. Este método proporciona varias ventajas (ESRI, 1992f:1-2):

- 1) Permite definir una o varias rutas en una sola cobertura de líneas.
- 2) Trabaja con datos relacionados con las rutas a partir de un sistema de mediciones.
- 3) Permite relacionar los puntos o eventos asociados a los elementos lineales sin almacenar los primeros en los archivos de la topología de las coberturas de arcos. Dichas relaciones se establecen únicamente cuando se requieren, es decir, en el momento mismo de la consulta o del análisis.
- 4) Existe la posibilidad de relacionar múltiples archivos de eventos o atributos parcial o totalmente con las rutas, sin modificar la base original de coordenadas de la cobertura de arcos.

Capacidades y ejemplos de Segmentación Dinámica

Las capacidades de Segmentación Dinámica se basan en el modelo topológico arco-nodo, que proporciona un método para modelar y analizar elementos lineales, en el que los atributos se definen a lo largo de una ruta que abarca varios arcos o una ruta que abarca sólo una porción de arco (ESRI,1992f:1-4).

En resumen, Segmentación Dinámica ofrece al usuario herramientas para asociar atributos independientes a una cobertura de arcos sin modificar su topología. Estas herramientas son las siguientes (ESRI,1992f:1-5):

- 1) Asignación de atributos a una ruta consistente en una parte de un arco, múltiples arcos o una combinación de arcos enteros y parciales.
- 2) Asignación de atributos representados por medio de puntos a lo largo de arcos.
- 3) Asociación de datos registrados en un sistema de mediciones a la cobertura que se encuentra en coordenadas x,y .
- 4) Asociación de múltiples series de datos a cualquier porción de una ruta.
- 5) Sobreposición de eventos expresados cartográficamente en líneas sobre líneas y puntos sobre líneas.

Algunos ejemplos comunes de aplicaciones son las siguientes:

- 1) Registro de datos sobre elementos lineales tales como caminos, ríos y líneas de ferrocarril (ARC News,1995; Fabrikant,1996:1; Jin and Freeman,1996:1; Landis,1996:1).
- 2) Manejo de sistemas de pavimento y puentes (ARC News,1995; Breuer *et al*,1992:49; Cohn,1995:26, Higgins,1996:1; Landis,1996:1; Price,1996:1).

3) Análisis de accidentes de tránsito (Bayapureddy,1996:1; Breuer *et al*,1992:49; D'Arcy,1995:34; Filian and Higelin,1996a;1; Filian and Higelin,1996b:1-2; Francica,1992:86; Peled *et al*,1996:1-2; Randolph, 1993:54; Simkowitz, 1993:234; Zhang,1996:1; <http://www.intergraph.com/Infraestructure/products/mgsm.html>,p.1; http://www.intergraph.com/Infraestructure/markets/trans/ti_txt.html, p. 1.

4) Modelación de redes de comunicación y distribución, tales como líneas eléctricas, telefónicas, de agua potable y drenaje, televisión por cable, gasoductos, oleoductos, etc. (ARC News,1995; Breuer *et al*,1992:49; Price, 1996:1; Simkowitz,1993:234; Versenyi, *et al*,1994:43).

3.2.2 El modelo de sistema de rutas (*route-system model*)

Un sistema de rutas (*route-system*) es un conjunto de líneas bajo un sistema común de medición que representa diferentes tipos de rasgos geográficos dentro de una cobertura de arcos o líneas. Algunos ejemplos de estos rasgos geográficos pueden ser una ruta de autobuses escolares, de vehículos de emergencia o de rutas de distribución.

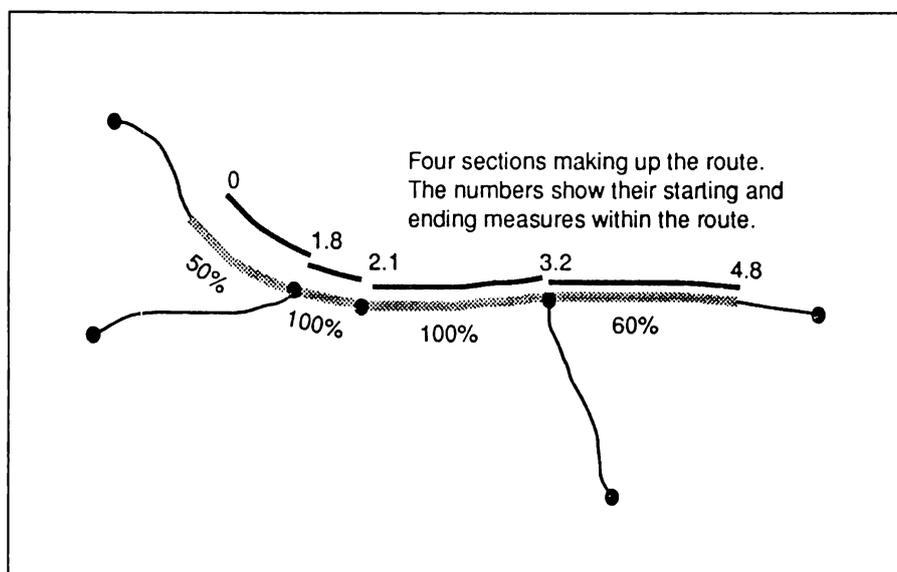
Este sistema está diseñado para manipular múltiples rasgos lineales con atributos similares (ESRI,1992f:2-1). Esto significa que una sola cobertura de arcos puede contener muchos sistemas de rutas; por ejemplo, una cobertura de arcos puede tener definido un sistema de rutas de autobuses escolares y un sistema de rutas de autobuses públicos sobre la misma red de calles y avenidas. Cada una de estas rutas se diferencia mediante un nombre de ruta particular (ESRI,1992c:g-50; ESRI,1992f:2-1,G-2).

Para que puedan manipularse varios sistemas de rutas en una sola cobertura de se crean dos nuevas tablas de atributos conocidas como: tabla de atributos de ruta (*route attribute table* -RAT) y la tabla de atributos de sección (*section attribute table* -SEC), las cuales forman parte del modelo de sistema de rutas (ESRI,1992f:2-2). Estas tablas son independientes de las tablas que forman la topología de una cobertura (por ejemplo, AAT, PAT, NAT, etc.)

Sección (*section*)

Una sección (Figura 11) representa un arco completo o una parte de arco. Para cada sección está asignada una posición inicial y una posición final, que se registran en las columnas o *items* F-POS y T-POS de la tabla SEC. A la vez, cada sección tiene asignado un valor de inicio y un valor final, o una medición basada en su posición dentro de una ruta (ESRI,1992f:2-2). La información contenida en la tabla SEC permite conocer qué porcentaje de un arco forma parte de una sección, en qué dirección la ruta cruza el arco y el sistema de medición definido para la ruta (ESRI,1992c:G-53).

Figura 11. SECCIÓN



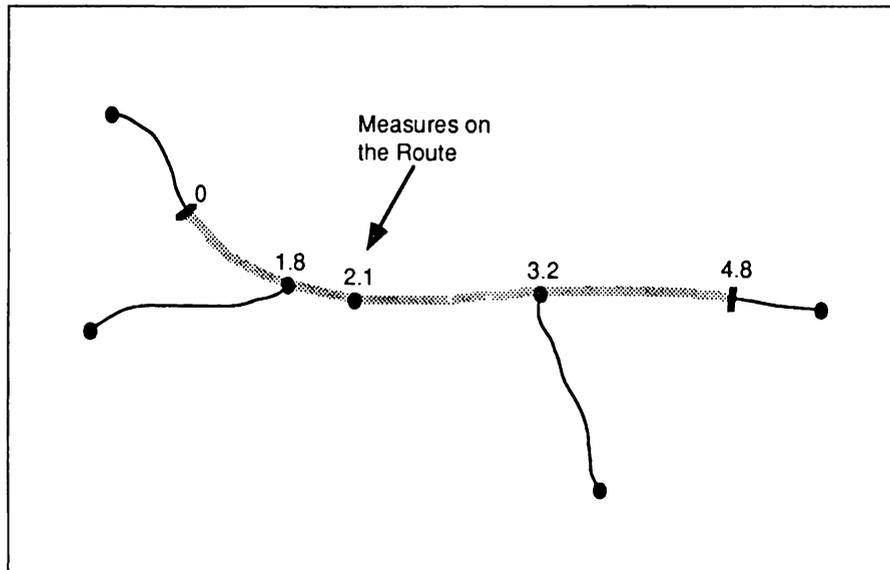
Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features*. Redlands, CA., p. 2-2.

Ruta (*route*)

Una ruta (Figura 12) es una colección ordenada de secciones. Las rutas están basadas en las propiedades de las secciones para representar elementos lineales definidos dentro de una serie de arcos; en consecuencia, las secciones definen los arcos que pertenecen a una ruta (ESRI,1992c:G-49). Asociado a las

rutas se encuentra un sistema de medición o un índice usado para ubicar los atributos (ESRI,1992f:2-2).

Figura 12. RUTA



Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features.* Redlands, CA., p. 1-3.

Almacenamiento de atributos en un sistema de rutas

Las tablas RAT y SEC son archivos creados y mantenidos por ARC/INFO, y se encuentran almacenados como archivos de datos INFO. Ambas tablas componen un sistema de rutas. Para diferenciar los diversos sistemas de rutas que puedan formar parte de una cobertura de líneas, cada uno lleva su propio nombre; por ejemplo, una cobertura llamada ROADS puede tener definido un sistema de rutas con el nombre BUS, de tal manera que a las tablas RAT y SEC les corresponderán los nombres ROADS.RATBUS y ROADS.SECBUS, respectivamente.

Tabla de atributos de sección (*section attribute table*). Una tabla SEC contiene diferentes columnas o *items* que definen el inicio y el final de las secciones. En la Figura 13 aparece un ejemplo de tabla SEC y la información de un sistema de ruta.

La posición de una sección en un arco está definida en los valores de las columnas F-POS (*from position*) y T-POS (*to position*) de la tabla SEC, en forma de porcentaje del arco. Esto significa que sólo una porción del arco puede formar parte de la sección sin necesidad de modificar la topología arco-nodo propia de la cobertura. Otra característica definida en las secciones es la dirección de la ruta. Si ésta es igual a la dirección del arco, los valores de porcentaje de las columnas F-POS y T-POS estarán de la siguiente manera: el valor mínimo en la primera columna y el máximo en la segunda; en cambio, si la dirección de la ruta fuera opuesta a la del arco, estos valores se encontrarían en orden inverso.

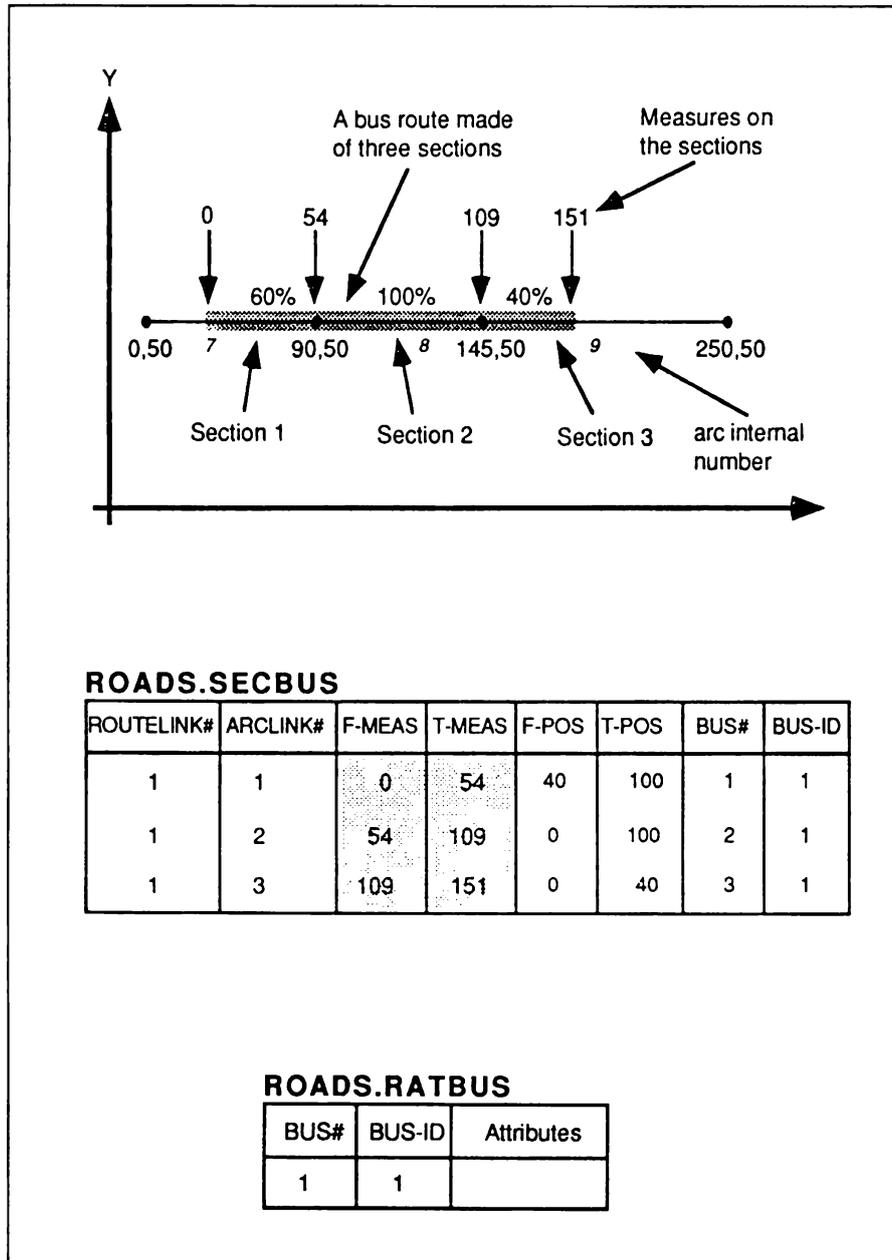
Por otra parte, las mediciones en la tabla SEC especifican la forma en que la sección está ordenada dentro de una ruta, las cuales están asociadas con el final de una sección. Estas mediciones son calculadas automáticamente por ARC/INFO, y por defecto (*default*) se considera la longitud del arco. Estos valores se encuentran en las columnas F-MEAS (*from measure*) y T-MEAS (*to measure*). En el ejemplo de la Figura 13 la longitud del primer arco es de 90 unidades, aunque sólo el 60% de ese arco forma parte de la sección y, a la vez, dicha sección tiene la misma dirección del arco, por tanto, las columnas F-POS y T-POS contienen los valores 40 y 100, respectivamente; mientras que las columnas F-MEAS y T-MEAS tienen los valores 0 y 54, es decir, el 60% de la longitud total del arco.

Tabla de atributos de ruta (*route attribute table*).- La tabla RAT (Figura 13) contiene columnas o *items* que identifican las secciones que forman una ruta. Las propiedades de una ruta son las siguientes (ESRI, 1992f:2-5):

- 1) Las rutas pueden sobreponerse entre sí debido a que cada ruta consiste en una o más secciones y muchas rutas pueden cruzar el mismo arco.
- 2) Las secciones no tienen que estar necesariamente alineadas final con final dentro de una ruta, es decir, pueden representar elementos lineales no continuos.

3) Las rutas pueden tener secciones que se bifurquen, ya que el orden de las secciones dentro de una ruta está basado en los valores asignados a las columnas F-MEAS y T-MEAS en la tabla SEC.

Figura 13. TABLA DE SECCIONES (SEC)



Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features.* Redlands, CA., p. 2-3, 2-4 y 2-5.

Definición de *items* en la tabla SEC:

- ROUTELINK# - identifica la ruta a la cual pertenece la sección (*RAT internal number*)
- ARCLINK# - identifica el arco al cual pertenece la sección (*arc internal number from de ARC file*)
- <subclass># - un número secuencial interno de las secciones asignado por el *software*
- <subclass>- ID - un identificador de secciones asignado por el usuario

El *item* ROUTELINK# de la tabla SEC equivale al *item* <subclass># de la tabla RAT. Ambos *items*, unidos a partir de un nombre común de ruta, ligan las tablas RAT y SEC.

Definición de *items* en la tabla RAT:

- <subclass># - un número secuencial interno de las rutas
- <subclass>- ID - un identificador de ruta asignado por el usuario

Definición de un sistema de rutas en ARC/INFO

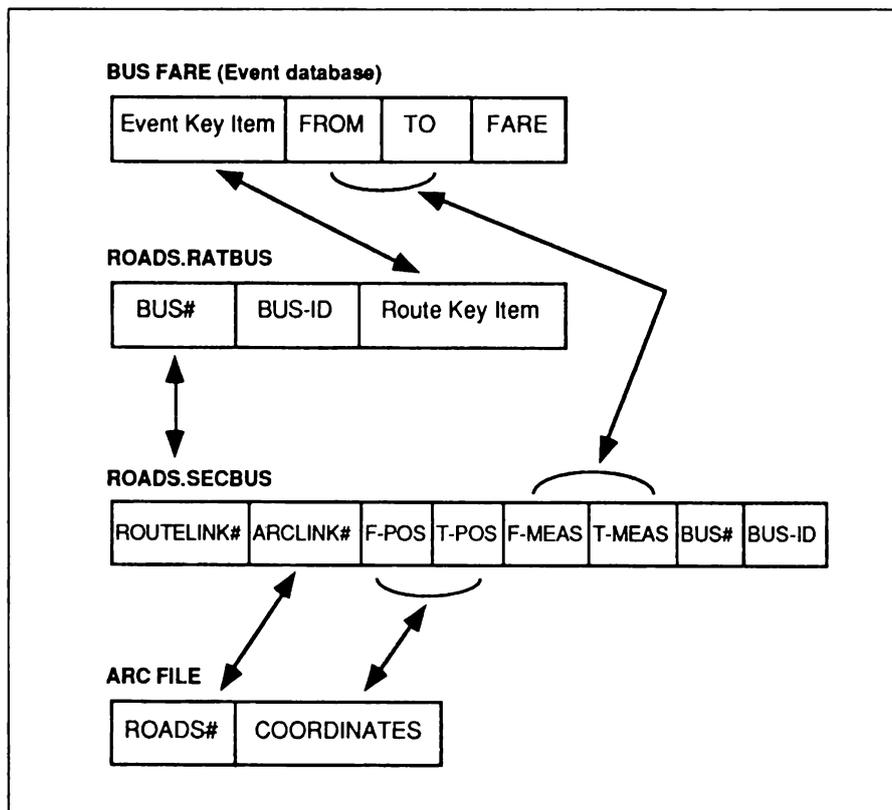
El concepto de sistema de ruta es un modelo lineal con su propio sistema de medición, en el cual los arcos están definidos en coordenadas *x,y*. Las rutas son los rasgos lineales de más alto nivel y a los que se asocian eventos. El sistema de medición asociado a las rutas está basado en la forma en que las posiciones de los eventos se almacenan por el usuario en bases de datos independientes de la cobertura y del sistema de rutas. El segundo nivel de rasgos lineales del sistema de rutas está representado por las secciones, cuyo orden dentro de la ruta está basado en las mediciones asignadas a la ruta.

Este modelo permite representar diferentes tipos de elementos lineales y sus correspondientes eventos asociados. Para ligar las rutas al sistema de coordenadas *x,y* de la cobertura, la tabla de secciones contiene posiciones en

términos de porcentaje de los arcos existentes, así como también mediciones asignadas a ellos basadas en la ruta a la que pertenecen. Es posible agregar columnas (*join items*) a la tabla RAT para establecer la liga o relación con las bases de datos de eventos. La tabla de eventos contiene *items* que definen la posición del evento en términos de las mediciones de la ruta; a la vez, dicha posición estará relacionada con las columnas F-MEAS y T-MEAS de la tabla SEC. En la Figura 14 se muestra la relación existente entre los diversos archivos de un sistema de rutas:

La posición de un evento sobre un rasgo lineal es calculado por ARC/INFO cuando se requiere, es decir, en el momento del despliegue de la información en el sistema (ESRI, 1992f:2-7).

Figura 14. RELACIÓN DE ARCHIVOS DE UN SISTEMA DE RUTAS



Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features.* Redlands, CA., p. 2-7.

3.2.3 Bases de datos de eventos

Eventos (*events*)

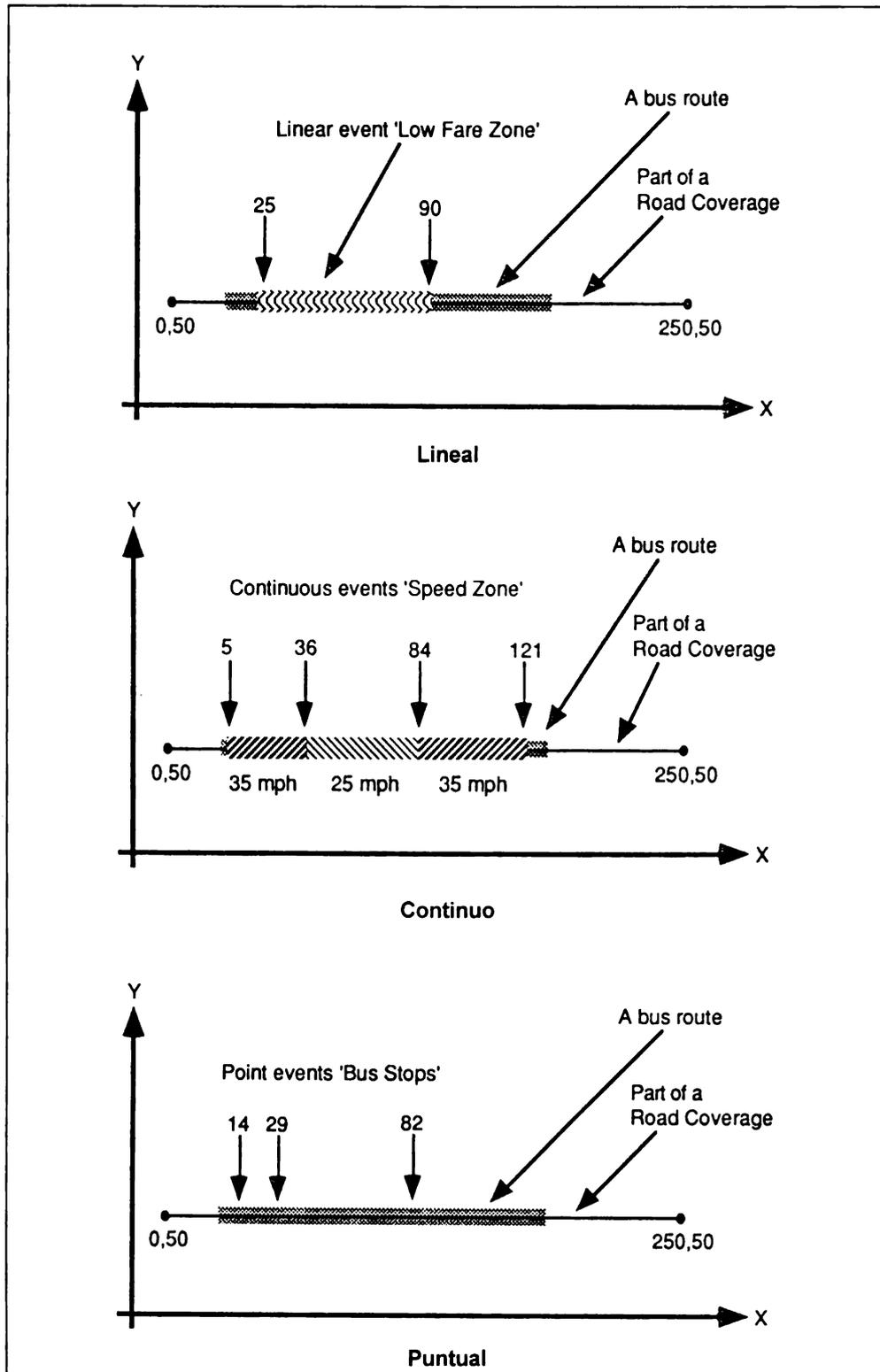
Los atributos asociados con la ruta son conocidos como eventos (*events*). La posición de los eventos sobre los arcos está definida en términos de la ruta y el sistema de medición utilizado. Estos atributos pueden ser cualquier característica propia de los elementos lineales. En el caso estudiado, las carreteras federales están representadas como elementos lineales o arcos y los accidentes como atributos o eventos de la red carretera. Otro tipo de eventos utilizado en este estudio es la calidad del pavimento o la señalización de los caminos. Los eventos pueden ser tanto puntos como segmentos de los arcos.

Las bases de datos de eventos son tablas que contienen atributos a lo largo de elementos lineales bajo un sistema ruta-medición (*route-measure*) o, en otras palabras, bajo un sistema de registro de posiciones. En ARC/INFO, estas tablas pueden manipularse desde el formato de archivos de datos INFO o desde tablas que se encuentren en los sistemas manejadores de bases de datos (RDBMS) soportados por el *software* (ESRI, 1992f:3-1).

Tipos de eventos

Existen tres tipos de eventos: lineales, continuos y puntuales (Figura 15). Los eventos lineales son aquellos que tienen una posición inicial y una posición final dentro de una ruta. Por ejemplo, tramos de carreteras con diferentes calidad del pavimento, volúmenes de tráfico o de más de dos carriles, cuyo registro no sea continuo a lo largo del camino. Los eventos continuos son aquellos de los que se registra únicamente el punto donde ocurre un cambio, por lo que la posición inicial del evento siguiente se considera la misma de la posición final del evento previo. Esto es útil para registrar información sin lagunas a lo largo de las rutas. Un ejemplo de este tipo de evento es una carretera con diferentes límites de velocidad. Finalmente, los eventos puntuales son aquellos que ocurren en una localización puntual a lo largo de las rutas; como ejemplos se pueden mencionar diferentes tipos de infraestructura en las carreteras, tales como intersecciones, entronques, gasolineras, paradas de autobús, entre otras.

Figura 15. TIPOS DE EVENTOS



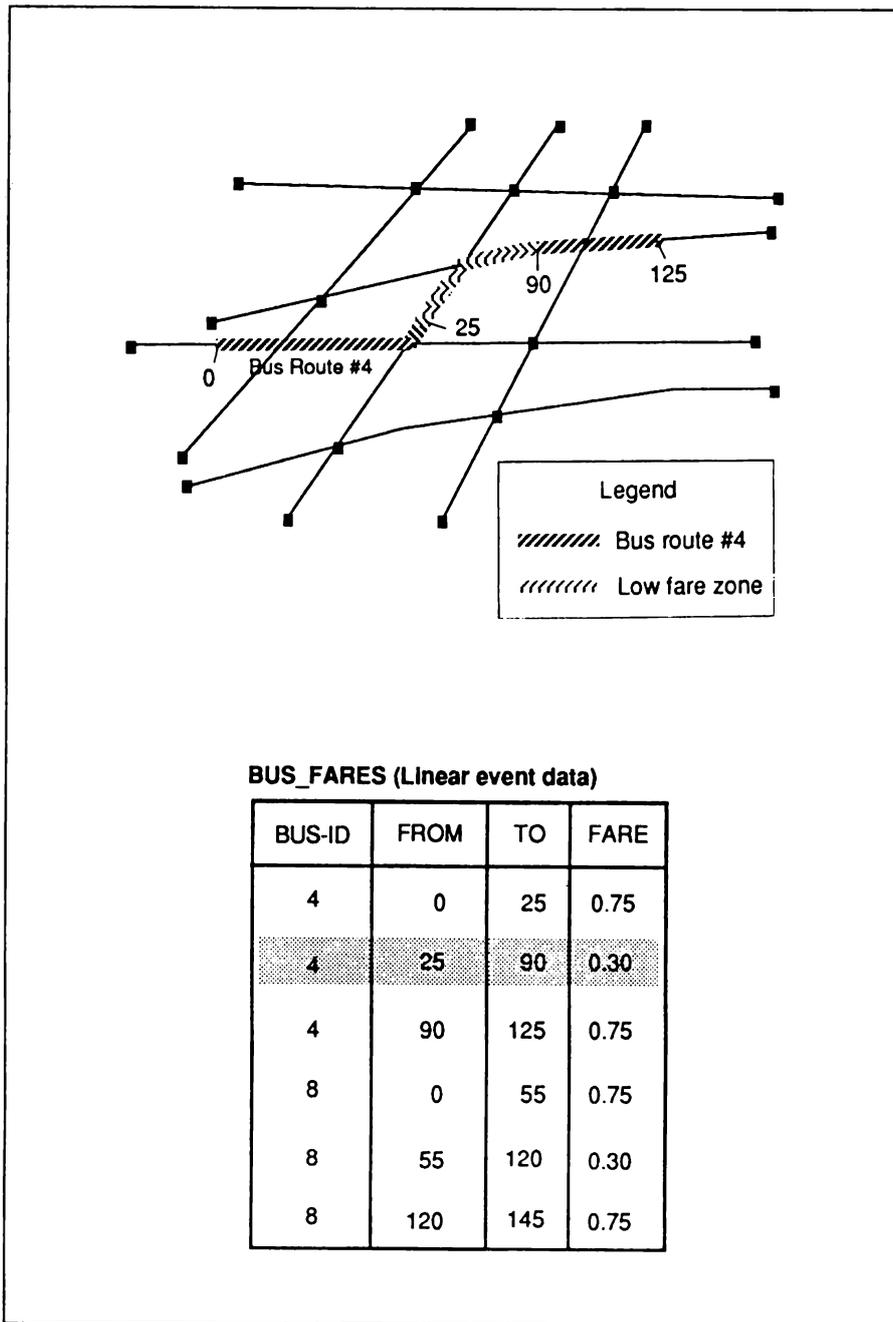
Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features.* Redlands, CA., p. 3-2,3-3.

Almacenamiento de datos de eventos

Las bases de datos de eventos no se modifican directamente por los procesos aplicados dentro de ARC/INFO. A menos que se encuentren en el formato de archivos de datos INFO pueden modificarse con los comandos del módulo TABLES. Sin embargo, aun así no dependen de los procesos aplicados por ARC/INFO mediante los programas de Segmentación Dinámica. Lo anterior queda aún más claro si se considera que pueden utilizarse tablas que se encuentren en el formato de otros sistemas manejadores de bases de datos (RDBMS) soportados por ARC/INFO, tales como INGRES, ORACLE o INFORMIX (ESRI, 1992f:3-3).

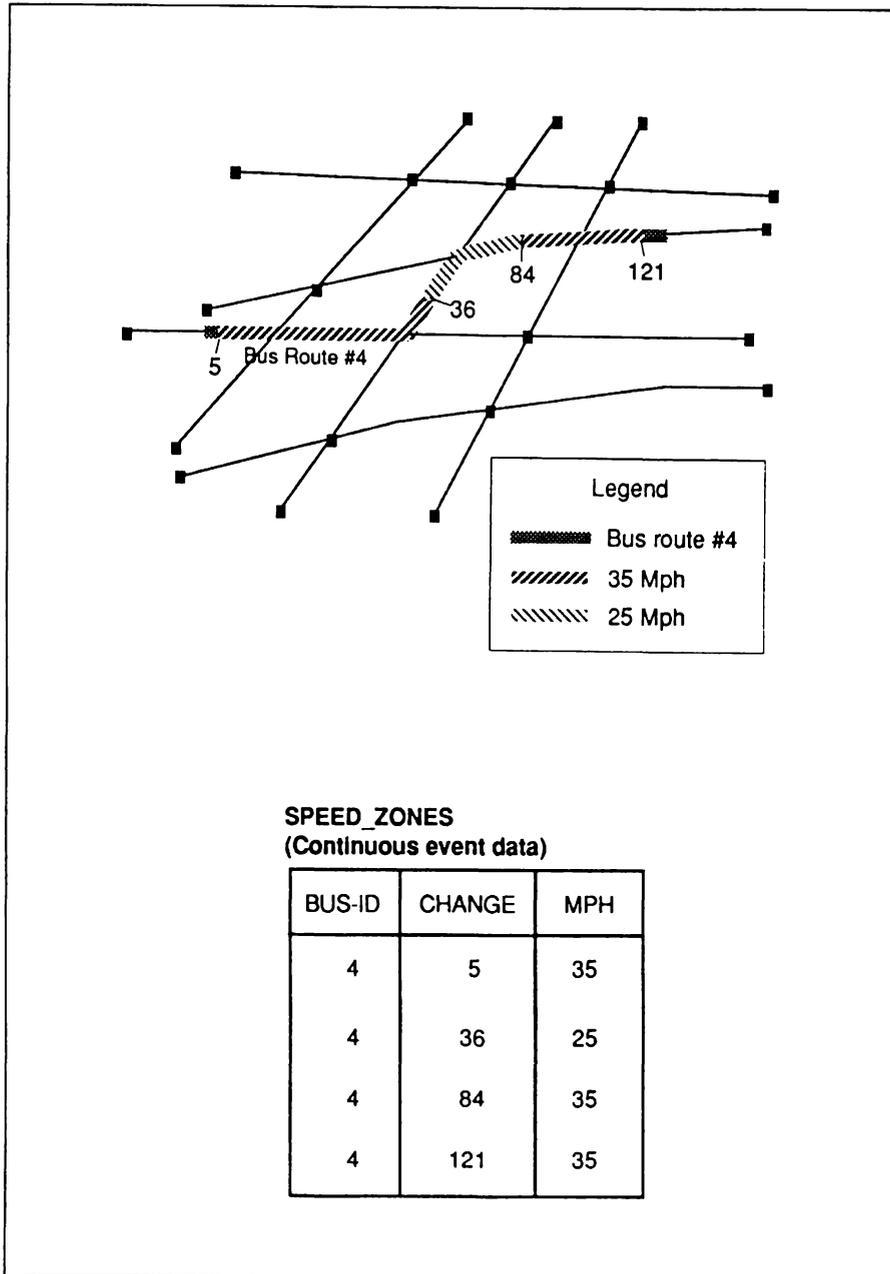
Para que pueda establecerse la liga o relación entre las bases de datos de eventos con la cobertura de arcos y su correspondiente sistema de rutas, debe existir una columna clave (*key item*) como mínimo para relacionar a las rutas en el sistema, y además otros *items* que definan la posición de los eventos en valores de medición sobre las rutas. Para el caso de eventos lineales deben ser dos *items* que contengan el inicio (FROM) y el fin (TO) de la posición de los eventos, y para el caso de los eventos continuos y puntuales, un *item* que contenga el fin (TO) de la posición de los eventos. En las Figuras 16, 17 y 18 se muestran ejemplos de cada uno de los casos mencionados.

Figura 16. EVENTOS LINEALES



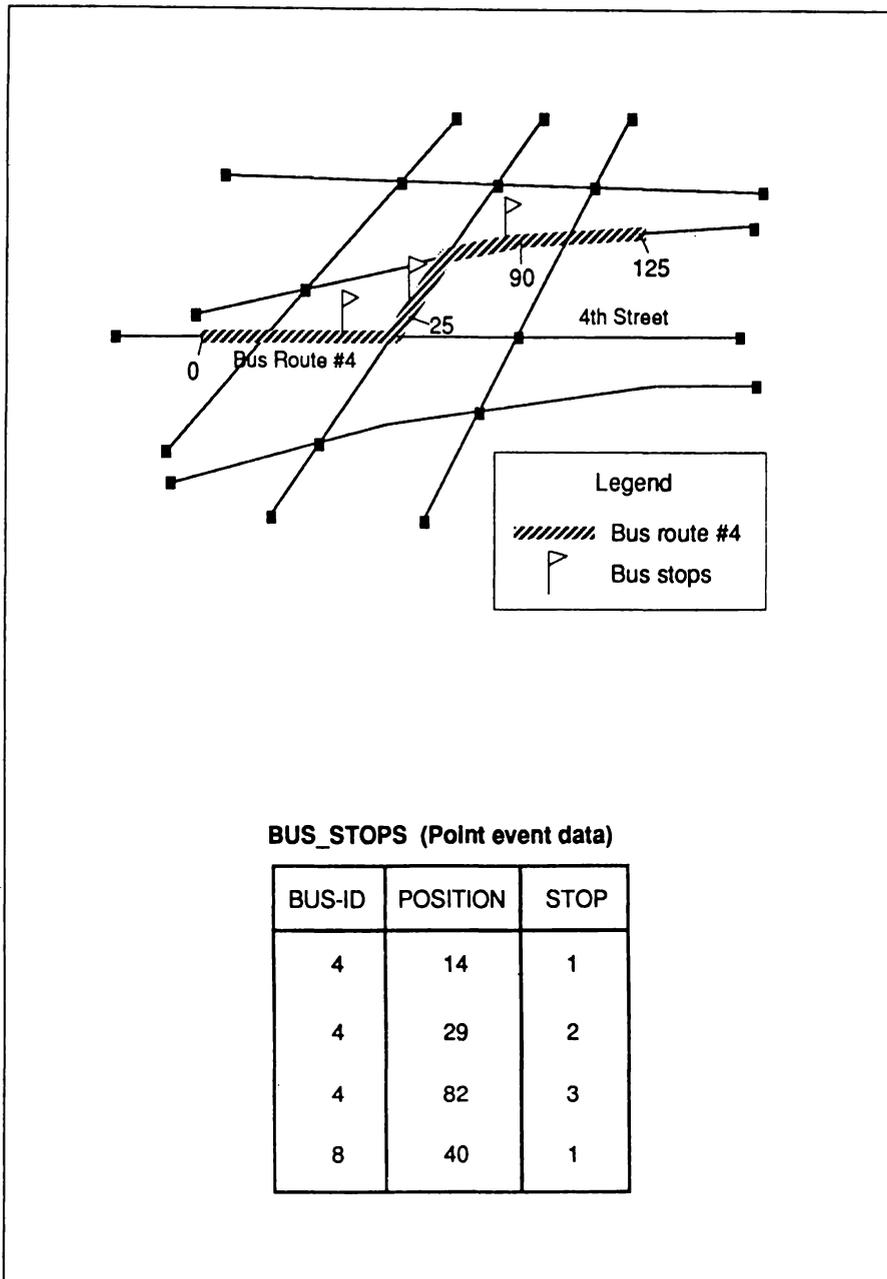
Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features.* Redlands, CA., p. 3-4.

Figura 17. EVENTOS CONTINUOS



Fuente: ESRI (1992f). Dynamic segmentation. Modeling linear features. Redlands, CA., p. 3-5.

Figura 18. EVENTOS PUNTUALES



Fuente: ESRI (1992f). *Dynamic segmentation. Modeling linear features.* Redlands, CA., p. 3-6.

3.2.4 Análisis con Segmentación Dinámica

Dentro de Segmentación Dinámica existe una serie de métodos para analizar un sistema de rutas y la información de atributos o eventos asociada. Entre ellos se encuentra la posibilidad de sobreponer información de líneas sobre líneas y puntos sobre líneas usando datos de eventos. Además de esto es posible crear coberturas de líneas o puntos a partir de eventos para aplicar otro tipo de análisis a partir de otras herramientas de ARC/INFO. En síntesis estos métodos son los siguientes (ESRI, 1992f:8-2,8-3):

1) Análisis usando sistemas de rutas. Es posible resolver preguntas que involucran rutas y que son resueltas por el sistema convirtiendo la ruta o sección en un sistema de rutas. Posteriormente, es posible continuar el análisis con otras herramientas distintas a Segmentación Dinámica dentro de ARC/INFO.

2) Análisis usando datos de eventos. Es posible encontrar áreas en donde se cumplan las condiciones establecidas por la ocurrencia de determinado evento a lo largo de un sistema de rutas.

3) Sobreposición de eventos. Es posible realizar análisis de sobreposición con datos de eventos a partir de la combinación de dos o más tablas de eventos para producir una tabla de salida que contenga la segmentación de todas las tablas de entrada. Pueden combinarse tablas de eventos de líneas sobre líneas o puntos sobre líneas. Para lograr lo anterior se intersectan o unen dos o más tablas de eventos lineales o puntuales para producir una tabla de eventos de salida.

Capítulo 4

PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL SIG

La información necesaria para realizar los ejercicios de análisis de accidentes de tránsito mediante el SIG proviene de diversas fuentes y se encuentra en diferentes formatos tanto impresos como digitales. En la Tabla 1 se describen las características y el contenido de dicha información.

Tabla 1. TIPOS DE INFORMACIÓN USADOS PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN CARRETERAS CON UN SIG

TIPO DE INFORMACIÓN	FUENTE	FECHA	FORMATO ORIGINAL	DESCRIPCIÓN	PROGRAMA DE CAPTURA	TIPO DE ELEMENTO (ARC/INFO)	PRECISION DE LA INF. GRAFICA
Mapa de la red federal de carreteras	Instituto Mexicano del Transporte (IMT)	1995	Digital (líneas)	Levantamiento de la red carretera a partir de un receptor de GPS	Ya se encuentra en formato digital.	Líneas	50 m (promedio)
Mapa de infraestructura carretera.	Instituto Mexicano del Transporte (IMT).	1995	Digital (puntos)	Levantamiento de la infraestructura carretera (intersecciones, entronques y cruces de FC, paradas de autobuses y camiones de carga) a partir de un receptor de GPS.	Ya se encuentra en formato digital.	Puntos	50 m (promedio)
Estadística de accidentes de tránsito.	Unidad de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones de la SCT.	1992	Impreso	Datos absolutos y gráficas del No. de accidentes, daños materiales, muertos, heridos, causas, etc., referidos a tramos de 5 km de longitud para la red federal.	Microsoft Excel, versión 5.00.	Líneas	-
Calidad del pavimento y señalización del camino.	Unidad de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones de la SCT	1995	Impreso	Calificación ponderada de la calidad del pavimento y la señalización (vertical y horizontal) del camino referidos a tramos de 10 km de longitud para la red federal.	Microsoft Excel, versión 5.00.	Líneas	-
Ubicación de las localidades que cuentan con centros hospitalarios para atención a personas accidentadas.	Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas. INEGI.	1995	Impreso	Nombre de las localidades.	Ubicación digital a partir del mapa de infraestructura carretera que contiene puntos de localidades.	Puntos	-



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

Es importante señalar que al final de la descripción de algunas operaciones importantes a lo largo de la preparación de la información en el SIG se indica el tiempo empleado para su consecución a fin de probar como cierta la parte de la hipótesis que se refiere a tiempos reducidos de procesamiento y análisis de la información sobre accidentes de tránsito.

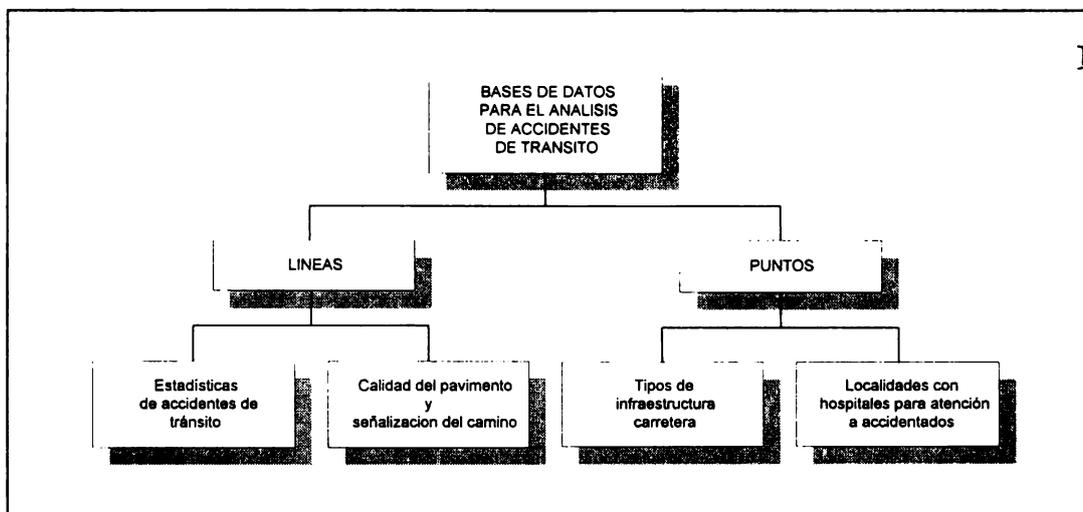
Debido a que parte de la información que se requiere para el análisis se encuentra en formato análogo es necesario capturarla en formato digital para posteriormente exportarla al sistema de información geográfica ARC/INFO. Para ello se eligió la hoja de cálculo MICROSOFT EXCEL (versión 5.00) por su uso común. La información que se capturó es la correspondiente a estadísticas de accidentes de tránsito y calidad del pavimento y señalización del camino (SCT-UCP, 1995). En el apéndice A aparecen las bases de datos tal y como se capturaron en la hoja de cálculo.

Con la información arriba descrita se generaron bases de datos de eventos dentro de ARC/INFO de acuerdo con la estructura de la Figura 1.



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIV

Figura 1. BASES DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO USANDO UN SIG



4.1 ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN GRÁFICA DE CARRETERAS

Para poder trabajar de acuerdo con la lógica de Segmentación Dinámica de ARC/INFO, es necesario estructurar la información gráfica, es decir, los arcos que representan las carreteras. Esta estructura básica fue tomada a partir de las estadísticas de accidentes de tránsito proporcionados por la UGP-SCT (1992) que tiene a su cargo el levantamiento en campo de dicha información. Dicho organismo clasifica las carreteras federales dentro del estado de Tamaulipas en diez carreteras: 2, 40, 54, 70, 80, 81, 85, 97, 101 y 180 (Figura 2). Sin embargo, la UGP de la misma SCT refiere la información de estadísticas de accidentes de tránsito 17 rutas divididas en segmentos de 5 km. En la Tabla 2 se presenta dicha estructura.

Tabla 2. CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE CARRETERAS FEDERALES PARA FINES DE MANEJO EN EL SIG

Rutas UGP		Longitud (km)	No.Carretera SCT	No. tramo UGP
Localidad origen	Localidad destino			
Líms. Tamps./N.L.	Nuevo Laredo	40.963	2	1
Monterrey	Nuevo Laredo	44.239	85	2
Reynosa	Nuevo Laredo	223.896	2	3
Matamoros	Reynosa	92.922	2	4
Matamoros	Playa Lauro Villar	40.085	2	5
Monterrey	Ciudad Mier	23.671	54	6
Libramiento Sur Reynosa	Libramiento Sur Reynosa	15.895	40	7
Urracas	Reynosa	115.377	97	8
Ciudad Victoria	Matamoros	312.176	101	9
Ciudad Victoria	Soto La Marina	117.334	70	10
Manuel	La Coma	233.779	180	11
Tampico	Ciudad Mante	144.932	80	12
González	Liera de Canales	88.206	81	13
Ciudad Valles	Ciudad Victoria	179.725	85	14
El Huizache	Antiguo Morelos	25.971	80	15
Tula	Ciudad Victoria	179.459	101	16
Ciudad Victoria	Monterrey	128.254	85	17

4.2 CAPTURA Y EXPORTACIÓN-IMPORTACIÓN DE LA INFORMACIÓN TABULAR LINEAL

4.2.1 Captura de la información tabular lineal en hojas de cálculo

El formato de captura en la hoja de cálculo debe ser tabular, es decir, la información debe estar referida a registros y columnas, pues ese es el formato de la base de datos con que trabaja ARC/INFO. Como la información de las dos bases de datos está referida a segmentos (para el caso de las estadísticas de accidentes de 5 km y para el de calidad del pavimento de 10 km), un registro equivale a toda la información de cada segmento.

La característica principal de los programas de Segmentación Dinámica es la capacidad de establecer relaciones de las coberturas o mapas de líneas con bases de datos de eventos en forma temporal, es decir, durante una sesión en el sistema. Entre el gráfico y las bases tabulares se establece dicha relación a partir de dos columnas llamadas FROM y TO (que deben formar parte de la base de datos), mismas que definen la posición del evento sobre las líneas mediante un sistema de mediciones que depende de la longitud de las líneas (Tabla 3). Por ejemplo, si un evento lineal determinado se localiza del kilómetro 3.5 al 4.5 de la ruta No. 2, el sistema relaciona los datos correspondientes a las columnas FROM y TO de la base de datos de eventos, cuyos valores son 3.5 y 4.5, respectivamente, con la línea definida como ruta 2 a partir de la topología de arcos de la cobertura gráfica.

Figura 2. MAPA DE CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS FEDERALES DEL ESTADO DE TAMAULIPAS
 Fuente: Estadística de Accidentes de Tránsito. Estado de Tamaulipas (1992).
 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Unidad General de Proyectos,
 Servicios Técnicos y Concesiones. México.

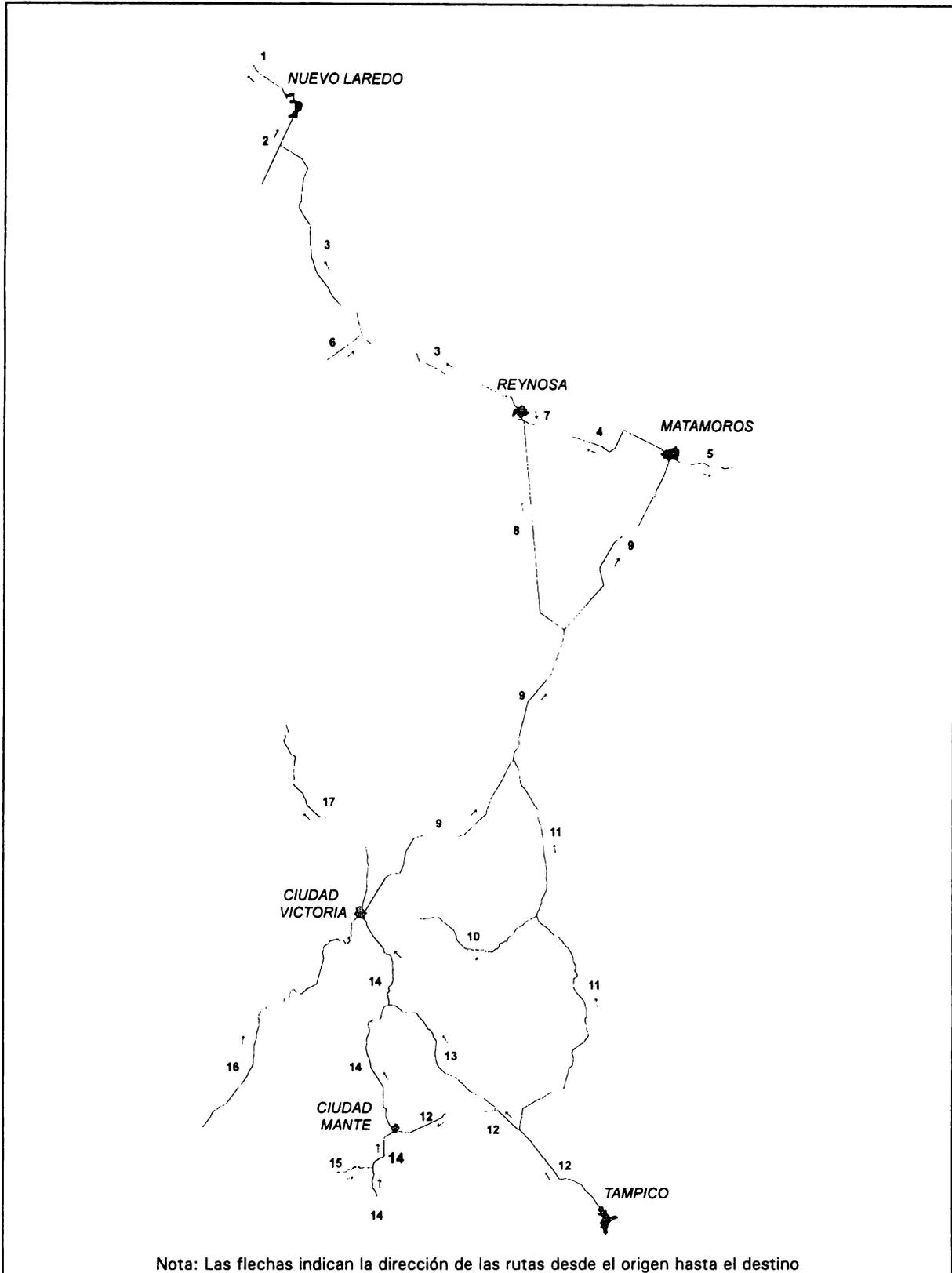


Tabla 3. BASE DE DATOS SOBRE ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS CAPTURADA EN EXCEL

No.	RUTA	FROM	TO	MUER	HER	D_MAT	COND	PEA PAS	VEH	CAM	GAN	A_NAT	No. ACC
1	1	0	5	0	1	8.300	2	0	0	0	0	0	2
2	1	5	10	0	4	13.000	3	1	1	1	0	0	6
3	1	10	15	0	5	14.300	2	0	0	1	0	1	4
4	1	15	20	0	1	32.500	5	0	1	1	1	0	8
5	1	20	25	1	0	12.000	1	0	0	1	0	0	2
6	1	25	30	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0
7	1	30	35	0	1	0.000	1	0	1	0	0	0	2
8	1	35	40	0	0	5.000	1	0	0	0	0	0	1
9	1	40	45	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0
10	1	45	50	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0
11	2	0	5	0	8	38.300	4	0	0	3	0	1	8
12	2	5	10	0	3	96.300	9	0	6	2	0	1	18
13	2	10	15	1	0	73.000	2	0	0	0	0	0	2
14	2	15	20	2	10	32.500	4	0	0	1	0	1	6
15	2	20	25	1	13	111.100	9	0	5	2	0	2	18
16	2	25	30	0	5	98.000	9	0	0	1	0	0	10
17	2	30	35	0	2	23.200	4	0	1	1	0	0	6
18	2	35	40	1	44	421.300	62	0	2	12	0	9	85
19	2	40	45	0	10	56.900	15	0	0	2	0	1	18

Los datos que definen la posición de los segmentos se encuentran tanto en las estadísticas de accidentes como en la información sobre calidad del pavimento y señalización del camino. Sin embargo, como cuatro rutas no inician con el valor cero de kilometraje, es necesario agregar dos columnas más a los datos capturados. El ejemplo gráfico de lo anterior se muestra en la Figura 3 en donde se puede apreciar que la ruta 2 inicia con el valor 184.6 y finaliza con 223.0 km. Para estos casos, las columnas agregadas por el usuario llevan los nombres de DEL_KM y AL_KM. Todos los valores de los registros serán iguales a los de las columnas FROM y TO, con excepción de las rutas 2, 6, 14 y 15, en donde deben ir los valores correctos. En la Tabla 4 aparece el ejemplo de la hoja de cálculo con las columnas DEL_KM y AL_KM.



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

Figura 3.

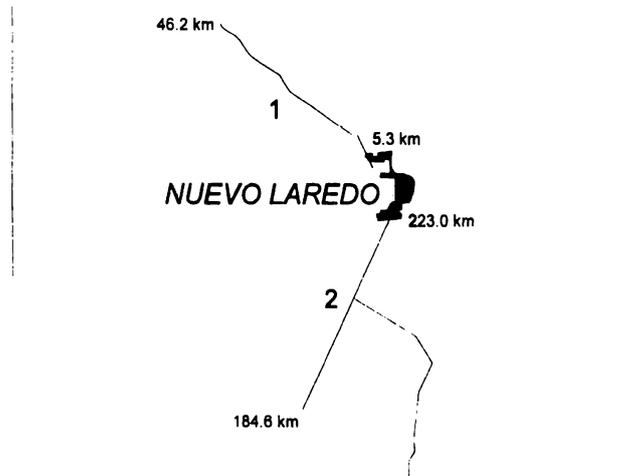


Tabla 4. BASE DE DATOS DE EVENTOS PARCIAL SOBRE ACCIDENTES DE TRANSITO

No.	RUTA	FROM	TO	DEL KM	AL KM	MUER	HER	D_MAT	COND	PEA PAS	VEH	CAM	GAN	A_NAT	No. ACC
1	1	0	5	0	5	0	1	8.300	2	0	0	0	0	0	2
2	1	5	10	5	10	0	4	13.000	3	1	1	1	0	0	6
3	1	10	15	10	15	0	5	14.300	2	0	0	1	0	1	4
4	1	15	20	15	20	0	1	32.500	5	0	1	1	1	0	8
5	1	20	25	20	25	1	0	12.000	1	0	0	1	0	0	2
6	1	25	30	25	30	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0
7	1	30	35	30	35	0	1	0.000	1	0	1	0	0	0	2
8	1	35	40	35	40	0	0	5.000	1	0	0	0	0	0	1
9	1	40	45	40	45	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0
10	1	45	50	45	50	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0
11	2	0	5	180	185	0	8	38.300	4	0	0	3	0	1	8
12	2	5	10	185	190	0	3	96.300	9	0	6	2	0	1	18
13	2	10	15	190	195	1	0	73.000	2	0	0	0	0	0	2
14	2	15	20	195	200	2	10	32.500	4	0	0	1	0	1	6
15	2	20	25	200	205	1	13	111.100	9	0	5	2	0	2	18
16	2	25	30	205	210	0	5	98.000	9	0	0	1	0	0	10
17	2	30	35	210	215	0	2	23.200	4	0	1	1	0	0	6
18	2	35	40	215	220	1	44	421.300	62	0	2	12	0	9	85
19	2	40	45	220	225	0	10	56.900	15	0	0	2	0	1	18

TIEMPO APROXIMADO DE CAPTURA: 60 HORAS

4.2.2 Exportación de la información tabular lineal

Desde el inicio, la estructura propuesta para la captura de datos resuelve problemas referentes a la exportación de los datos a ARC/INFO. Sólo hay que mencionar que los datos de tipo alfanumérico deben estar entrecomillados para que sean reconocidos como tales al ser importados en ARC/INFO. Finalmente, los archivos deben ser convertidos a formato ASCII, con las utilerías propias de la hoja de cálculo, de la siguiente manera:

```
Archivo
  Guardar como...
    Guardar archivo como:
      CSV (separado por comas)
        accident.csv
```

TIEMPO APROXIMADO DE EXPORTACIÓN: UNOS SEGUNDOS

4.2.3 Importación de la información tabular lineal a ARC/INFO

El procedimiento para convertir tablas ASCII a formato INFO dentro del SIG consiste en crear un nuevo archivo vacío dentro del módulo ARCEDIT (ESRI,1992b), y posteriormente agregar los registros del archivo ASCII a la tabla INFO dentro del módulo TABLES.

sintaxis

```
ARCEDIT: CREATE <in_info_file> INFO
```

ejemplo

```
ARCEDIT: CREATE accident INFO
Enter the initial INFO items:
  Item name: NUMERO
  Item width: 4
  Item output width: 4
  Item type: b

  Item name: RUTA
  Item width: 4 ..... etc.
```

En la siguiente lista aparecen las características de los *items* que se van a agregar en la tabla INFO vacía:

ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT WIDTH	TYPE *	DECIMALS
numero	4	4	b	-
ruta	4	4	b	
from	4	4	i	
to	4	4	i	
del_km	4	4	i	
al_km	4	4	i	
mueertos	4	4	b	
heridos	4	4	b	-
d_mat	8	8	f	3
conduc	4	4	b	
pea_pas	4	4	b	
veh	4	4	b	
cam	4	4	b	
gan	4	4	b	
a_nat	4	4	b	
no_acc	4	4	b	-

* Nota: Tipo de *item*: b = byte; i = integer; f = real; c = character

El siguiente paso consiste en agregar los datos de la tabla ASCII capturados en la hoja de cálculo (ACCIDENT.CSV) a la tabla creada dentro del módulo TABLES de ARC/INFO.

sintaxis y ejemplo

```
ARC: TABLES
TABLES: SELECT accident
TABLES: ADD {item....item} | FROM ASCII_file}
TABLES: ADD FROM accident.csv
```

Después del procedimiento anterior la tabla de eventos INFO está lista para ser usada aplicando los comandos de Segmentación Dinámica.

TIEMPO APROXIMADO DE IMPORTACIÓN: 20 MINUTOS
--

4.3 CREACIÓN Y EDICIÓN DEL SISTEMA DE RUTAS

4.3.1 Construcción de la topología de arcos para la cobertura de líneas

La primera parte de los pasos para establecer el sistema de rutas dentro de ARC/INFO, se lleva a cabo en los módulos de ARC y ARCEDIT, tanto para crear el sistema de rutas mismo como para modificarlo.

La información original con que se cuenta es una cobertura en formato *vector* en ARC/INFO (IMT,1995). El nombre de esta cobertura es CARR. Dicha información es el producto del levantamiento de las posiciones geográficas obtenidas a cada segundo (datos puntuales) con un receptor de GPS (*Global Positioning System*) sobre las carreteras federales de todo el país, y su posterior conversión en ARC/INFO en una cobertura de arcos (Palacio, *et al*,1995:21-22). Para poder crear el sistema de rutas es necesario que la cobertura tenga la topología de nodos y líneas que se almacenan en las tablas de atributos de nodos (NAT) y de arcos (AAT). El procedimiento para construir la topología de la cobertura con el comando BUILD (ESRI,1992a) es el siguiente:

sintaxis

Arc: BUILD <cover> {POLY | LINE | POINT | NODE | ANNO.<subclass>}

argumentos

<cover> - la cobertura que será construida.

{POLY | LINE | POINT | NODE | ANNO.<subclass>} - el elemento cuya topología va a ser construida.

ejemplo

Arc: BUILD carr NODE

Arc: BUILD carr LINE

TIEMPO APROXIMADO DE CONSTRUCCIÓN DE TOPOLOGÍA: UNOS SEGUNDOS

4.3.2 Identificación de las líneas como elementos individuales y como parte de rutas para facilitar su manipulación

Es necesario diferenciar las líneas o arcos que representan la red de carreteras federales, tanto como elementos individuales como en elementos agrupados en función de la forma en que se van a manejar las estadísticas de accidentes de tránsito en el SIG. Esta diferenciación facilita la selección en el momento de aplicar comandos para consulta y/o análisis de la información, en tal forma que hay que establecer dichas diferencias en el archivo de topología de arcos (AAT) a partir de los *items* CARR-ID y TRAMO antes de construir el sistema de rutas para la cobertura. El número total de las líneas que componen la red de carreteras es de 30, que están agrupadas en 17 rutas, por tanto, existen grupos que tienen más de dos líneas. Para diferenciarlas entre sí hay que asignarles los identificadores del usuario (User-ID) en el módulo ARCEDIT (ESRI,1992b), de la siguiente manera :

sintaxis y ejemplo

```
Arcedit: EDITCOVERAGE carr
Arcedit: DRAWENVIRONMENT arc
Arcedit: EDITFEATURE arc
Arcedit: SELECT MANY (a partir de la pantalla)
Arcedit: CALCULATE $ID = 101
Arcedit: SELECT MANY
Arcedit: CALCULATE $ID = 121, etc.
```

De la manera anterior hay que seleccionar cada línea y asignarle su identificador de acuerdo con la Tabla 2 y la Figura 2. El valor de la columna User-ID de la tabla AAT es generado automáticamente cuando se construye la topología de arcos, y con el procedimiento anterior se modifica el valor original (igual a cero) asignado por el sistema.

sintaxis

```
Arc: ADDITEM <in_info_file> <out_info_file> <item_name> <item_width>
      <output_width> <item_type>
```

argumentos

```
<in_info_file> - archivo INFO de entrada.
<out_info_file> - archivo INFO de salida. Puede ser un archivo diferente al anterior.
<item_name> - el item a agregar.
<item_width> - la amplitud de entrada del campo.
```



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

<output_width> - la amplitud de salida del campo.
<item_type> - el tipo de *item*.

ejemplo

Arc: ADDITEM carr.aat carr.aat tramo 2 2 b

La siguiente parte se realiza en el módulo ARCEDIT:

Arcedit: EDITCOVERAGE carr
Arcedit: DRAWENVIRONMENT arc
Arcedit: EDITFEATURE arc
Arcedit: SELECT MANY (a partir de la pantalla)
Arcedit: CALCULATE TRAMO = 1

Hay que seleccionar cada conjunto de líneas que conforman una ruta y asignarle su valor de acuerdo con la Tabla 2 y con la Figura 2.

TIEMPO APROXIMADO DE IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS: 1 HORA

4.3.3 Conversión de las longitudes de los arcos de metros a kilómetros

Después de que estén diferenciados los arcos individual y grupalmente en la cobertura, hay que agregar una columna o *item* al archivo de topología de líneas de la cobertura CARR.AAT para convertir de metros a kilómetros las longitudes de los arcos que corresponden a las carreteras federales, ya que por defecto (*default*) los valores de longitudes son calculados en metros por el sistema. Esto permite, posteriormente, referir en kilómetros la información de los atributos a lo largo de la redes carreteras, en forma semejante a como se refiere la información en campo, es decir, en función de valores de kilometraje (sistema de mediciones) y no mediante un par de coordenadas (sistema cartesiano) como comúnmente se refiere la información geográfica.

ejemplo

Arc: ADDITEM carr.aat carr.aat lengthkm 8 8 f 3

Con el paso anterior únicamente se está creando la columna. Después es necesario calcular sus valores. Esto se realiza en el módulo TABLES de la siguiente manera (ESRI, 1992a):

sintaxis y ejemplo

Arc: TABLES

Enter command: SELECT carr.aat

Enter command: CALCULATE lengthkm = length / 1000

Es importante señalar que en el caso de que sea necesario hacer una corrección o modificación de la información gráfica, modificando la distancia de algún arco dentro del módulo ARCEDIT después de haber calculado el *item* LENGTHKM, los valores de esta nueva columna no se actualizan al reconstruir la topología de líneas, únicamente se puede actualizar entrando de nuevo a TABLES. En la Tabla 5 se muestra parte del archivo CARR.AAT después de haber realizado las operaciones sugeridas en los dos puntos anteriores.

TIEMPO APROXIMADO DE CONVERSIÓN DE LONGITUDES: 5 MINUTOS

Tabla 5. TABLA DE ATRIBUTOS DE ARCOS DE LA COBERTURA CARR
(archivo AAT)

Record	FNODE#	TNODE#	LPOLY#	RPOLY#	LENGTH	CARR#	CARR-ID	TRAMO	LENGTHKM
1	1	2	0	0	40,962.707	1	111	1	40.963
2	3	4	0	0	22,766.246	2	121	2	22.766
3	4	5	0	0	21,473.467	3	122	2	21.473
4	7	6	0	0	103,870.875	4	131	3	103.871
5	6	4	0	0	120,025.172	5	132	3	120.025
6	8	9	0	0	92922.000	6	141	4	92.922
7	8	10	0	0	40,084.781	7	151	5	40.085
8	11	6	0	0	23,670.605	8	161	6	23.671
9	12	7	0	0	6,637.219	9	171	7	6.637
10	13	12	0	0	9,257.746	10	172	7	9.258
11	14	9	0	0	114,405.586	11	181	8	114.406
12	9	12	0	0	971.444	12	182	8	0.971
13	15	16	0	0	127,858.234	13	191	9	127.858
14	16	14	0	0	75,129.359	14	192	9	75.129
15	14	8	0	0	109,189.297	15	193	9	109.189
16	17	18	0	0	117,334.266	16	201	10	117.334
17	20	19	0	0	88,206.195	17	231	13	88.206
18	21	18	0	0	146,588.953	18	211	11	146.589
19	18	16	0	0	87,190.344	19	212	11	87.190
20	23	22	0	0	16,327.282	20	241	14	16.327
21	22	24	0	0	27,569.191	21	242	14	27.569
22	24	19	0	0	79625.500	22	243	14	79.626
23	19	17	0	0	56,203.125	23	244	14	56.203
24	25	22	0	0	25,970.967	24	251	15	25.971
25	27	26	0	0	155,814.844	25	261	16	155.815
26	26	28	0	0	23,644.143	26	262	16	23.644
27	15	29	0	0	128,254.102	27	271	17	128.254
28	30	21	0	0	70,481.844	28	221	12	70.482
29	21	20	0	0	16,951.949	29	222	12	16.952
30	20	24	0	0	57,498.055	30	223	12	57.498

Contenido de los *items*:

Record - Registro interno del sistema.

FNODE#, TNODE#, LPOLY#, RPOLY# - *items* que definen la topología de arcos.

LENGTH - longitud de cada arco (metros) calculada automáticamente por el sistema.

CARR# - identificador interno del sistema para cada elemento (este *item* no puede ser modificado por el usuario).

CARR-ID - identificador del usuario para cada elemento.

TRAMO - valor correspondiente a las subrutas o tramos (UGP).

LENGTHKM - longitud de cada arco (kilómetros). A partir de este *item* será posible referir la información de eventos en el sistema de mediciones (*measurement system*) adecuado para la ubicación de la información puntual.

4.3.4 Creación del sistema de rutas para la cobertura de arcos

El siguiente paso consiste en crear un sistema de rutas (*route system*) con el comando ARCSECTION (ESRI,1992a) a partir del *item* CARR-ID, en el que están clasificadas las redes de carreteras por secciones. El procedimiento es el siguiente:

sintaxis

```
Arc: ARCSECTION <in_cover> <out_route_system>
      {in_route_item} {out_route_item}
      {from_measure_item | constant} {to_measure_item | constant}
```

argumentos

<in_cover> - la cobertura de entrada para la cual se van a crear las intersecciones.
<out_route_system> - el nombre del sistema de rutas que será creado.
{in_route_item} - el nombre de un *item* en el archivo AAT que contenga el valor a usar para el User-ID en el archivo RAT.

ejemplo

```
Arc: ARCSECTION carr tmp carr-id # # lengthkm
      Building sections from arcs ...
      Sorting section table ...
```

Cuando se crea un sistema de rutas para una cobertura se generan dos nuevas tablas de atributos independientes entre sí (SEC y RAT). Dicha estructura de datos es precisamente la que permite que puedan establecerse varios sistemas de rutas para una misma cobertura. Para este ejemplo, sólo se creará un sistema de rutas para todas las carreteras federales del estado de Tamaulipas, es decir para la cobertura CARR. La estructura es la siguiente:

NIVEL DE INFORMACIÓN	TIPO DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	No. DE ELEMENTOS
Primero	rutas	Equivale a una subdivisión por tramos de las rutas manejadas por la UPG (SCT) para manipular la información correspondiente a estadísticas de accidentes y a la calificación ponderada de calidad del pavimento y señalización del camino.	Son 17 rutas identificadas en el <i>item</i> TRAMO del archivo AAT.
Segundo	secciones	Algunas de la rutas correspondientes al primer nivel de información contienen más de un arco. En este nivel cada arco está diferenciado con un identificador único, aunque pertenezca a la misma ruta.	Son 30 secciones equivalentes a cada arco, identificadas en el <i>item</i> CARR-ID del archivo AAT.

Primer nivel de información: rutas. Equivale a una subdivisión por tramos de las rutas (Figura 2) manejadas por la SCT (UGP) para manipular la información correspondiente a estadística de accidentes y a la calificación ponderada de calidad y señalamiento del camino. Son 17 rutas identificadas en el *item* TRAMO del archivo AAT.

Segundo nivel de información: secciones. Algunas de las subrutas correspondientes al primer nivel de información contienen más de un arco. En este nivel cada arco está diferenciado con un identificador único, aunque pertenezca a la misma ruta. Son 30 secciones equivalentes a cada arco, identificadas en el *item* CARR-ID del archivo AAT.

Los archivos nuevos, generados a partir de la creación del sistema de rutas, son la tabla de atributos de rutas (*route attribute table*) con extensión RAT y la tabla de atributos de secciones (*section attribute table*) con extensión SEC. Estas dos tablas constituyen en conjunto con la cobertura de arcos y su topología, el sistema de rutas. Las tablas de atributos RAT y SEC están almacenadas como archivos INFO. El sistema de rutas debe tener un nombre diferente al nombre de la cobertura de arcos. Para este ejemplo están designados los siguientes nombres:

Nombre de la cobertura de arcos: CARR
Nombre del sistema de rutas: TMP
Nombre del archivo INFO de rutas: CARR.RATTMP
Nombre del archivo INFO de secciones: CARR.SECTMP

La separación de los archivos del sistema de rutas con respecto a los archivos correspondientes a la topología de arcos es, precisamente, lo que evita

que la base de coordenadas originales de la cobertura de arcos se vea alterada al manipular la información de rutas, secciones y eventos asociados dinámicamente.

A continuación se muestran las tablas CARR.RATTMP (Tabla 6) y CARR.SECTMP (Tabla 7) generadas a partir del proceso anterior. La primera de ellas aparece completa ya que sólo se genera un registro por cada una de sus correspondientes rutas, siendo un total de 17 registros. Los *items* originales de esta tabla son únicamente los primeros tres; el cuarto es el *item* NOMBRE que fue agregado por el usuario posteriormente como atributo, como un ejemplo que muestra la forma en que puede alimentarse una base de datos (archivo INFO).

TIEMPO APROXIMADO DE CREACIÓN DEL SISTEMA DE RUTAS: 3 MINUTOS

**Tabla 6. TABLA DE ATRIBUTOS DE RUTAS DE LA COBERTURA CARR
(archivo RAT)**

Record	CARR#	CARR-ID	TRAMO	NOMBRE
1	1	1	1	Lims. Tamps./N.L.-Nuevo Laredo
2	2	2	2	Monterrey- Nuevo Laredo
3	3	3	3	Reynosa- Nuevo Laredo
4	4	4	4	Matamoras- Reynosa
5	5	5	5	Matamoras- Playa Lauro Villar
6	6	6	6	Monterrey- Ciudad Mier
7	7	7	7	Libramiento Sur Reynosa
8	8	8	8	Urracas- Reynosa
9	9	9	9	Ciudad Victoria- Matamoras
10	10	10	10	Ciudad Victoria- Soto La Marina
11	11	11	11	Manuel- La Coma
12	12	12	12	Tampico- Ciudad Mante
13	13	13	13	González- Llera de Canales
14	14	14	14	Ciudad Valles- Ciudad Victoria
15	15	15	15	El Huizache- Antiguo Morelos
16	16	16	16	Tula- Ciudad Victoria
17	17	17	17	Ciudad Victoria- Monterrey

Contenido de los *items*:

Record - número de registro del sistema.

CARR# -identificador interno del sistema para cada elemento (este *item* no puede ser modificado por el usuario).

CARR-ID - identificador del usuario para cada elemento.

TRAMO - valor correspondiente a las subrutas o tramos (UGP).

NOMBRE - atributo agregado por el usuario.

La siguiente tabla parcial corresponde a la de secciones. En el ejemplo únicamente aparecen los arcos correspondientes a las tres primeras subrutas. En

conjunto todas las columnas especifican cómo están organizadas la secciones dentro del sistema de rutas, es decir, almacenan la topología de secciones.

Tabla 7. TABLA PARCIAL DE ATRIBUTOS DE SECCIONES DE LA COBERTURA CARR (archivo SEC)

Record	ROUTELINK#	ARCLINK#	F-MEAS	T-MEAS	F-POS	T-POS	CARR#	CARR-ID
1	1	1	0.000	40.963	0.000	100.000	1	1
2	2	3	0.000	21.473	0.000	100.000	2	3
2	2	2	0.000	22.766	0.000	100.000	3	2
3	3	4	0.000	103.871	0.000	100.000	4	4
3	3	5	0.000	120.025	0.000	100.000	5	5

Contenido de los *items*:

Record - número de registro del sistema.

ROUTELINK# - identifica a cada arco que conforma la red

ARCLINK# - identifica a cada arco y lo relaciona con la tabla de topología de arcos (AAT).

F-MEAS, T-MEAS - definen la longitud en kilómetros de cada arco.

F-POS, T-POS - expresan el porcentaje de cada arco que forma parte de una sección.

CARR# - identificador interno del sistema para cada elemento (este *item* no puede ser modificado por el usuario).

CARR-ID - identificador del usuario para cada elemento.

4.3.5 Agrupación de las longitudes de los arcos por secciones

Como se puede observar en la tabla SEC anterior, las longitudes de cada arco aparecen en el *item* T-MEAS. Sin embargo, para poder realizar las consultas y el análisis posteriores es necesario organizar las secciones por su dirección dentro de las rutas, y recalcular sus longitudes.

El primer paso para organizar las secciones por su dirección se ejecuta en ARCPLOT y consiste en seleccionar los arcos de aquellas secciones que tienen cierta dirección (Figura 2) y escribir un archivo de selección (*select file*) que podrá ser leído por el comando MEASUREROUTE (ESRI,1992a), que permite organizar las secciones por su dirección y recalcular sus longitudes. Los comandos que se van a utilizar en ARCPLOT son dos, RESELECT (ESRI,1992d) para seleccionar todas las secciones de la cobertura CARR que tienen la misma dirección en función del nodo inicial y WRITESELECT (ESRI,1992d) para escribir en un archivo la selección hecha. La selección de secciones por la dirección del nodo

inicial deberá ser hecha de la siguiente manera, ya que son tres direcciones de las rutas de carreteras federales de Tamaulipas:

- 1) dirección UL (*upper left*) para las secciones 5 y 10,
- 2) dirección LL (*lower left*) para las secciones 1, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 14 y 17; 3, y
- 3) dirección LR (*lower right*) para las secciones 2, 6, 7, 9, 15 y 16.

El siguiente paso consiste en ejecutar el comando MEASUREROUTE tres veces, una por cada archivo de selección.

sintaxis

```
Arc: MEASUREROUTE <cover> <route_system>
      {in_route_item} {out_route_item} {measure_item}
      {UL | UR | LL | LR} {ROUTE | SECTION | ARC} {selection_file}
```

argumentos

<cover> - la cobertura que contiene arcos, rutas y secciones para la cual se recalcularán las mediciones.

<route_system> - el nombre del sistema de rutas, cuyas mediciones se recalcularán.

{measure_item} - un *item* en los archivos AAT, SEC o RAT cuyos valores sean acumulados para obtener los nuevos valores de medición. El *item* por default es LENGTH.

{UL | UR | LL | LR} - determina las direcciones de los arcos a partir del nodo de inicio. Estas pueden ser superior izquierda, superior derecha, inferior izquierda e inferior derecha.

{ROUTE | SECTION | ARC} - especifica el elemento que será recalculado.

{selection_file} - nombre de un archivo de selección el cual especifica las rutas que serán recalculadas. Por default, todas las rutas serán recalculadas.

ejemplos

```
Arc: MEASUREROUTE carr tmp ## lengthkm UL ROUTE ul.sel
```

```
Arc: MEASUREROUTE carr tmp ## lengthkm LL ROUTE ll.sel
```

```
Arc: MEASUREROUTE carr tmp ## lengthkm LR ROUTE lr.sel
```

Los cambios realizados en la operación anterior se pueden apreciar en los *items* F-MEAS, T-MEAS, F-POS y T-POS. Las longitudes de los arcos se encuentran agrupadas por secciones y las direcciones de los arcos ya están actualizadas. En la Tabla 8 aparecen los cambios generados a partir de este proceso (compara con los *items* F-MEAS y T-MEAS en la Tabla 7).

Tabla 8. TABLA PARCIAL DE ATRIBUTOS DE SECCIONES DE LA COBERTURA CARR
(archivo SEC)

Record	ROUTELINK#	ARCLINK#	F-MEAS	T-MEAS	F-POS	T-POS	CARR#	CARR-ID
1	1	1	0.000	40.963	0.000	100.000	1	1
2	2	3	0.000	21.473	0.000	100.000	2	3
2	2	2	21.473	44.240	0.000	100.000	3	2
3	3	5	0.000	120.025	0.000	100.000	4	4
3	3	4	120.025	223.896	0.000	100.000	5	5

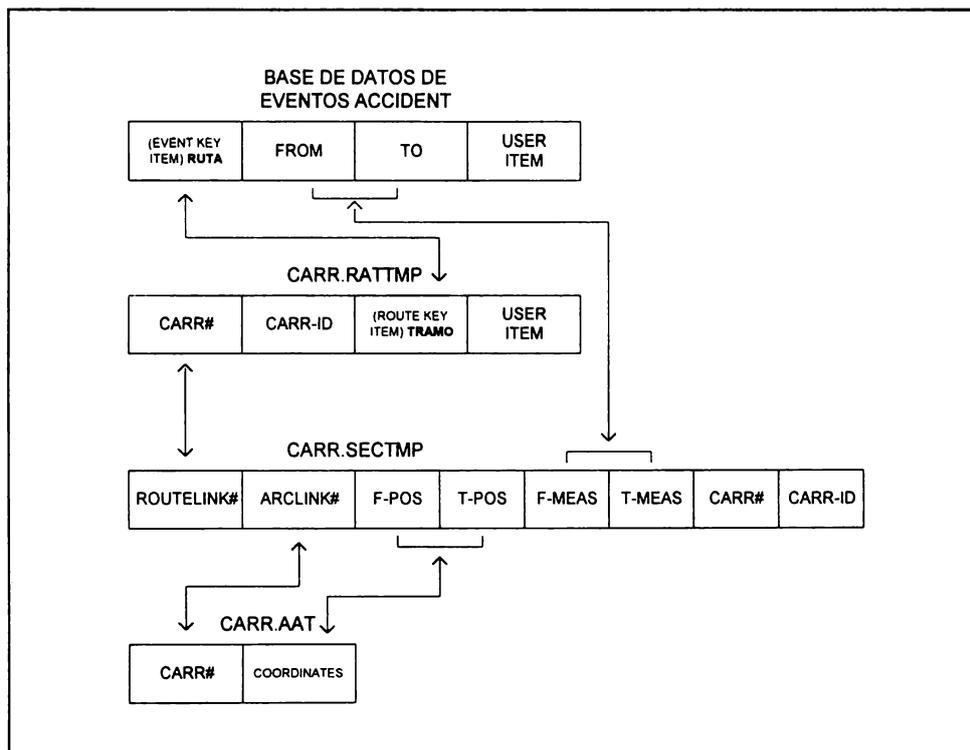
Contenido de los *items*:

F-MEAS, T-MEAS - definen la longitud en kilómetros de cada conjunto de arcos agrupado por rutas.

En la Figura 4 se presenta un esquema que muestra la forma en que se relacionan las tablas AAT, SEC, RAT y la base de datos de eventos (INFO) llamada ACCIDENT.

TIEMPO APROXIMADO DE AGRUPACIÓN DE LAS LONGITUDES DE LOS
ARCOS POR SECCIONES: 15 MINUTOS

Figura 4. RELACIÓN DE ARCHIVOS DEL SISTEMA DE RUTAS TMP



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVERO

4.4 DESPLIEGUE Y CONSULTA SIMULTÁNEA DE BASES DE DATOS DE EVENTOS (LINEALES Y PUNTUALES) USANDO SEGMENTACIÓN DINÁMICA

En esta sección se lista la serie de comandos necesarios del módulo ARCPLOT para realizar una consulta de cada una de las bases de datos de eventos con que se cuenta. Brevemente se explica la función que realiza cada comando. Es importante señalar que debe crearse una composición de mapa para poder hacer la consulta. En ARCPLOT es posible desplegar un mapa en la pantalla y almacenarlo como si fuera un archivo de impresión (*plot file*) que contiene instrucciones de dibujo para enviarse a un dispositivo de impresión (impresora o graficadora). Lo anterior se realiza por medio de la creación de una composición de mapa (*map composition*). Al mismo tiempo que se dibuja el mapa en la pantalla, se almacenan las series de instrucciones en un archivo de impresión, que permite redespigar el mapa en la pantalla o enviarlo a un dispositivo de impresión (ESRI, 1990;9-23).

A continuación se muestra como ejemplo una composición de mapa para consulta de eventos de accidentes de tránsito en carreteras con los datos procesados en este capítulo:

CREANDO UNA COMPOSICIÓN DE MAPA ...

Arcplot: MAP carr.map
Crea una composición de mapa (ESRI, 1992d).

DIBUJANDO EL SISTEMA DE RUTAS COMO BASE PARA LA CONSULTA DE DATOS ...

Arcplot: MAPEXTENT carr
Especifica el área de la cobertura para ser mostrada en el mapa (ESRI, 1992d).

Arcplot: ROUTELINES carr tmp
Dibuja rutas del sistema de rutas especificado (ESRI, 1992f).

Arcplot: SECTIONHATCH carr tmp 0.025 5 100
Dibuja líneas separadoras a intervalos específicos a lo largo de las secciones del sistema de rutas especificado (ESRI, 1992f).

Arcplot: ROUTETEXT carr tmp tramo

Dibuja un texto a lo largo de las rutas en el sistema de rutas especificado (ESRI, 1992f).

Arcplot: SEARCHTOLERANCE ROUTE 1

Especifica la distancia de tolerancia de búsqueda de rutas y eventos cuando se aplique el comando IDENTIFY (ESRI, 1992d).

ESTABLECIENDO LA BASE DE DATOS DE EVENTOS DE ACCIDENTES PARA CONSULTAS POSTERIORES ...

Arcplot: EVENTSOURCE ADD LINEAR acc accident info ordered tramo ruta from to

Establece la base de datos en las cual se encuentran las tablas de eventos y los items en la tabla de eventos para uso subsecuente del procesamiento de eventos (ESRI, 1992f).

CONSULTANDO LA BASE DE DATOS DE ACCIDENTES ...(Figura 5)

Arcplot: IDENTIFY carr EVENT tmp * acc del_km al_km muertos heridos d_mat conduc pea_pas
vehi camino ganado a_nat no_acc

Lista los atributos de bases de datos de eventos asociados con un sistema de rutas seleccionado en un mapa desplegado (ESRI, 1992d).

ESTABLECIENDO LA BASE DE DATOS DE EVENTOS DE CALIDAD Y SEÑALAMIENTO DEL CAMINO PARA CONSULTAS POSTERIORES ...

Arcplot: EVENTSOURCE ADD LINEAR cld calidad info ordered tramo ruta from to

CONSULTANDO LA BASE DE DATOS DE CALIDAD Y SEÑALAMIENTO ...

Arcplot: IDENTIFY carr EVENT tmp * cld del_km al_km r_sct tipo_red fase tipo_terreno

ESTABLECIENDO LA BASE DE DATOS DE EVENTOS DE INFRAESTRUCTURA SOBRE EL CAMINO (INTERSECCIONES, ENTRONQUES, CRUCES DE FFCC, PARADAS DE AUTOBUSES Y PARADEROS DE CAMIONES DE CARGA) PARA CONSULTAS POSTERIORES ...

Arcplot: eventsource add point inf infra.pat info linear tramo tmp# measure

CONSULTANDO LA BASE DE DATOS DE EVENTOS DE INFRAESTRUCTURA ...

Arcplot: IDENTIFY carr EVENT tmp * inf tipo r_meas

CONSULTANDO LAS TRES BASES DE DATOS DE EVENTOS ESTABLECIDAS ...(Figura 6)

Arcplot: IDENTIFY carr EVENT tmp * acc del_km al_km muertos heridos d_mat conduc pea_pas
vehi camino ganado a_nat no_acc and cld del_km al_km r_sct tipo_red fase tipo_terreno
cal_cam cal_sen and inf tipo r_meas

ESTABLECIENDO LA NUEVA BASE DE DATOS OBTENIDA A PARTIR DE LA SOBREPOSICIÓN DE LOS EVENTOS DE ACCIDENTES, CALIDAD Y SEÑALAMIENTO DEL CAMINO E INFRAESTRUCTURA PARA CONSULTAS POSTERIORES ...

Arcplot: eventsource add linear three three1 info ordered tramo tmp# from to

CONSULTANDO LA NUEVA BASE DE DATOS DE EVENTOS ...(Figura 7)

Arcplot: IDENTIFY carr EVENT tmp * three del_km al_km muertos heridos d_mat conduc pea_pas vehi camino ganado a_nat no_acc del_km al_km r_sct tipo_red fase tipo_terreno cal_cam cal_sen tipo_r_meas

RESELECCIONANDO SEGMENTOS QUE CUMPLAN CON LA SIGUIENTE CONDICIÓN (como ejemplo):

'tipo de terreno = plano en 80% y lomerio en 20%'

'calidad del camino = buena'

'numero de accidentes durante 1992 = mayor de 10'

Arcplot: RESELECT three1 INFO tipo_terreno = 'PLANO 80%/LOM 20%' and cal_cam = 'BUENA' and no_acc > 10

Selecciona una serie de registros de un archivo INFO (ESRI, 1992d).

DIBUJANDO LOS SEGMENTOS SELECCIONADOS ...(Figura 8)

Arcplot: CLEAR

Limpia la pantalla gráfica (ESRI, 1992d).

Arcplot: LINESYMBOL 1

Selecciona el símbolo de línea del archivo de líneas establecido (ESRI, 1992d).

Arcplot: ARCS carr

Dibuja la selección de arcos de la cobertura de líneas especificada (ESRI, 1992d).

Arcplot: EVENTLINES carr tmp three 2

Dibuja eventos lineales (ESRI, 1992f).

Figura 5. CONSULTANDO LA BASE DE DATOS DE ACCIDENTES

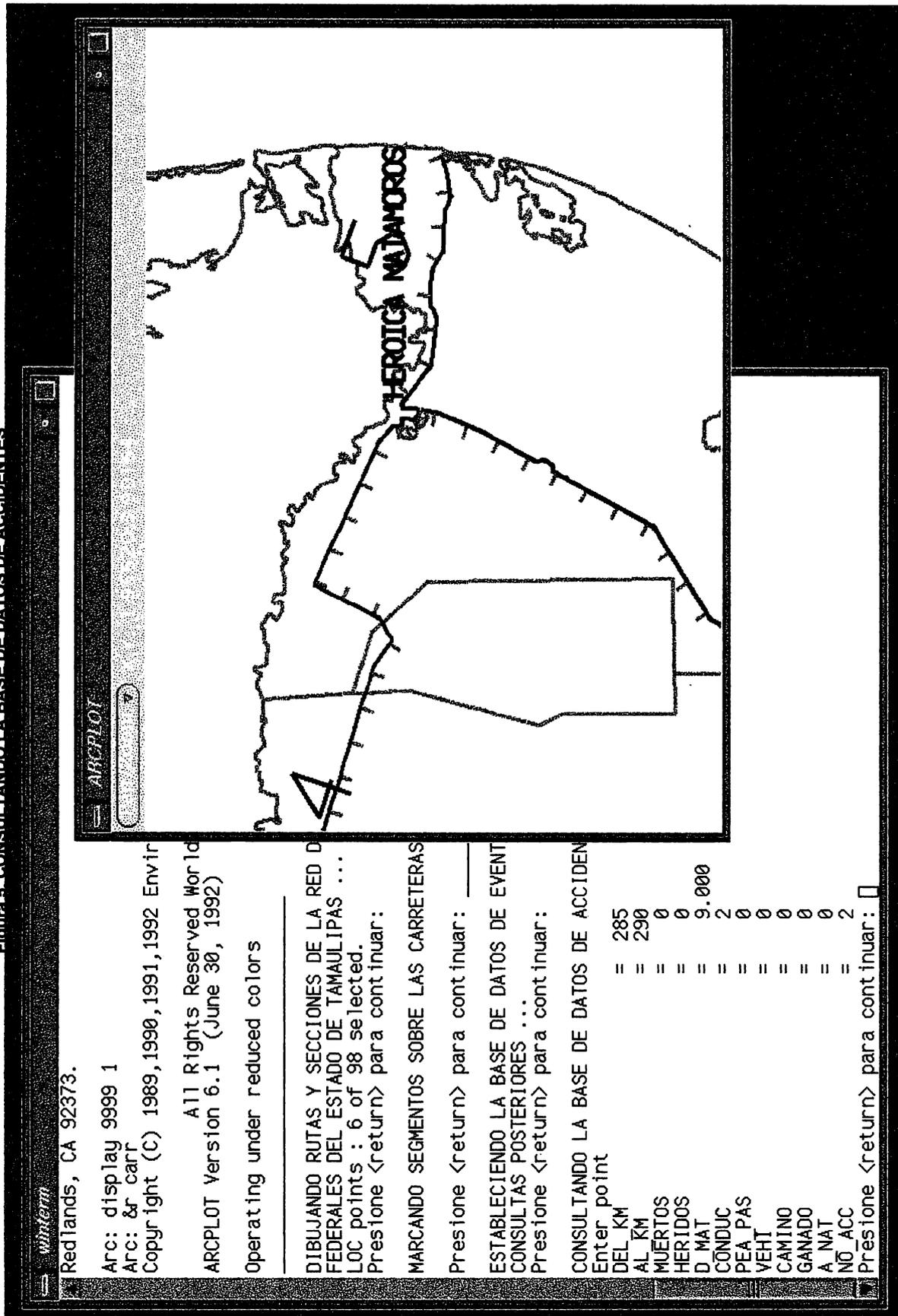


Figura 6. CONSULTANDO LAS TRES BASES DE DATOS DE EVENTOS ESTABLECIDAS

```

winterm
ESTABLECIENDO LA BASE DE DATOS DE EVENTOS DE INFRAESTRUCTURA SOBRE
EL CAMINO (INTERSECCIONES, ENTRONQUES,
DE AUTOBUSES Y PARADEROS DE CAMIONES DE
Presione <return> para continuar:

DIBUJANDO LOS PUNTOS QUE CORRESPONDEN A
SOBRE EL CAMINO ...
Presione <return> para continuar:

Presione <return> para continuar:

CONSULTANDO LAS TRES BASES DE DATOS DE
Enter point
DEL KM           = 25
AL KM           = 30
MUERTOS         = 0
HERIDOS        = 0
D MAT          = 1.000
CONDUC         = 1
PEA PAS        = 0
VEHT           = 0
CAMINO         = 0
GANADO         = 0
A NAT          = 0
NO_ACC         = 1

DEL KM           = 20.00
AL KM           = 30.00
R SCT          = 97
TIPO RED       = SEC
FASE           = PAV 100%
TIPO TERRENO   = PLANO 100%
CAL_CAM        = BUENA
CAL_SEN        = BUENA

TIPO           R MEAS
ENTRONQUE SIN PAV 29.102
P. CAMION CARGA  28.597
Presione <return> para continuar:
        
```

ARCPLOT

Figura 7. CONSULTANDO LA NUEVA BASE DE DATOS DE EVENTOS

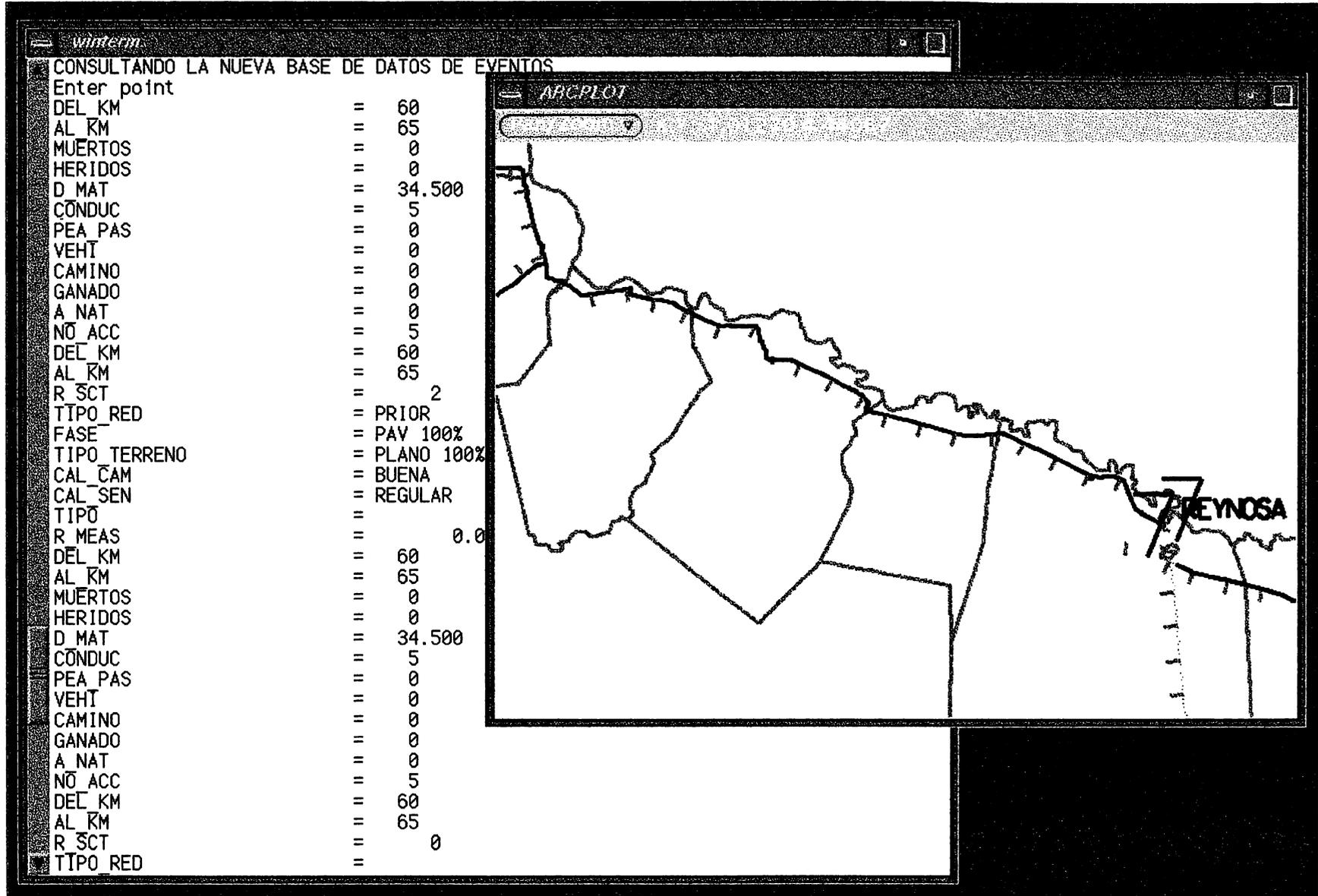
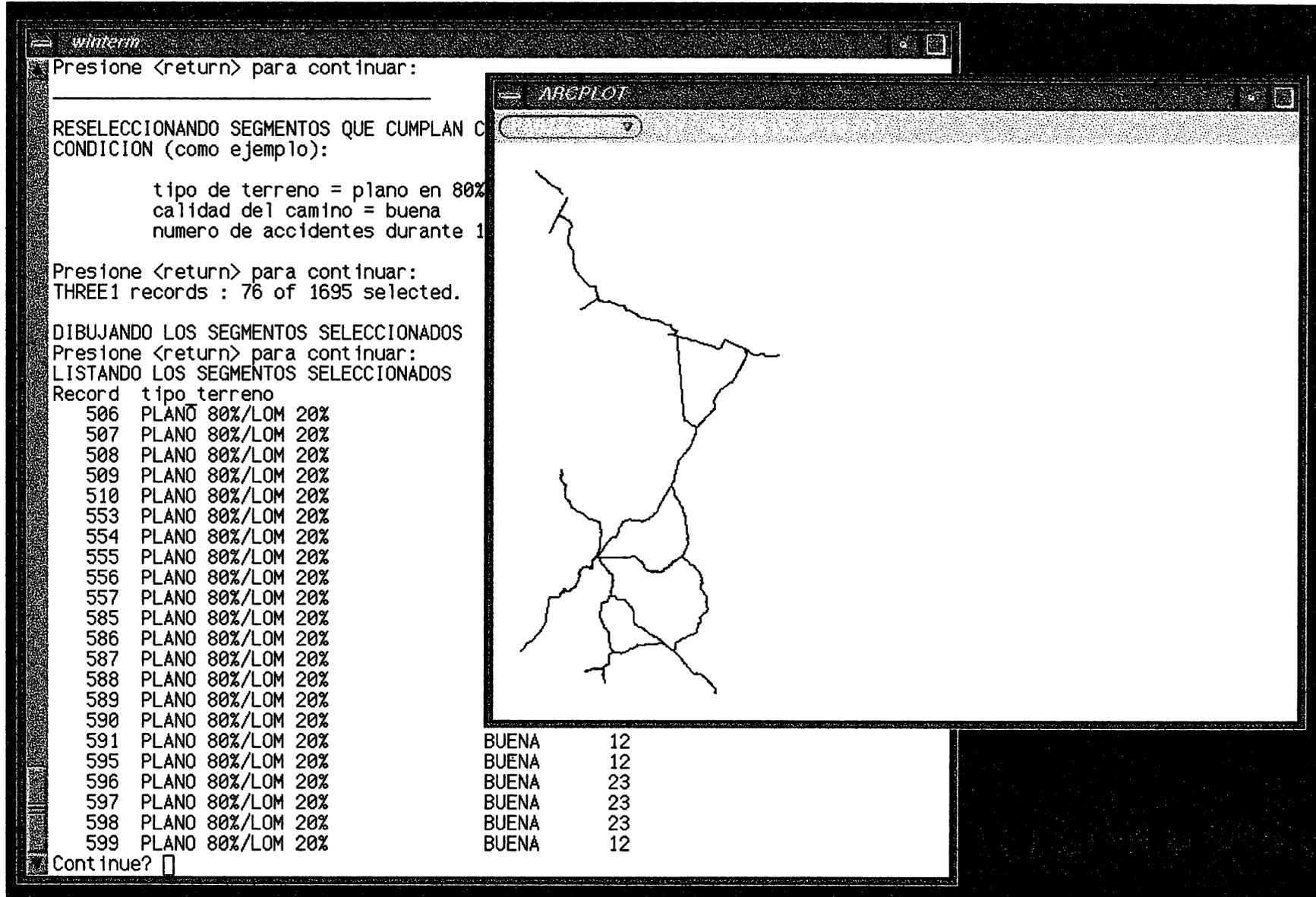


Figura 8. DIBUJANDO LOS SEGMENTOS SELECCIONADOS

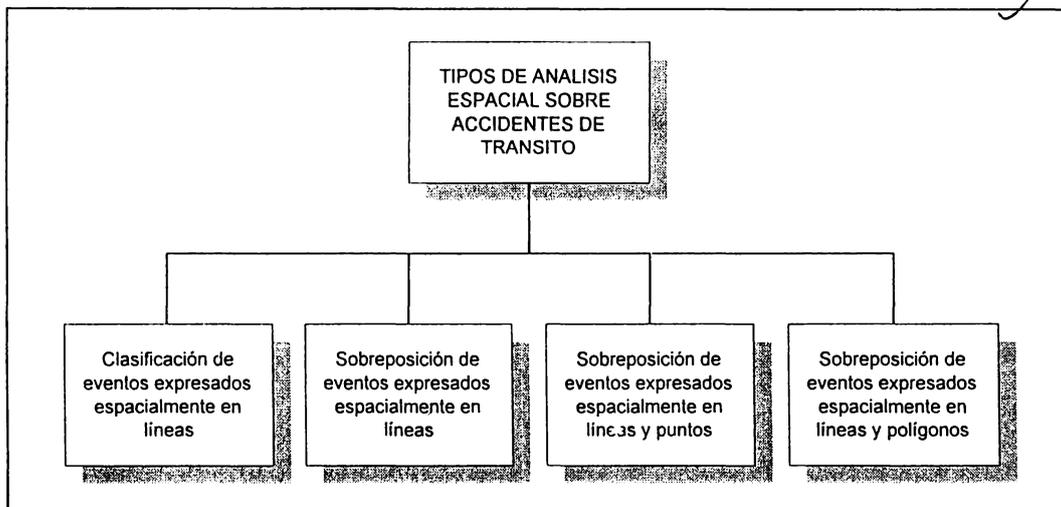


Capítulo 5

ANÁLISIS ESPACIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Dentro de un SIG es posible realizar análisis de la información que se encuentre registrada en los diferentes elementos propios del formato en el que trabaja. Para el presente caso dichos elementos son las líneas a partir de las cuales se creó el sistema de rutas de las carreteras federales del estado de Tamaulipas. Esta información, junto con las bases de datos de accidentes, permite establecer ejemplos de análisis utilizando la combinación de ellos. Los ejemplos de análisis que se presentan a continuación se agrupan de acuerdo con la Figura 1.

Figura 1. TIPOS DE ANÁLISIS ESPACIAL SOBRE ACCIDENTES DE TRÁNSITO USANDO UN SIG



Es indispensable señalar que las operaciones espaciales empleadas en algunos de los ejemplos que se presentan en este capítulo, no pretenden formar parte de un modelo de análisis espacial de los accidentes de tránsito. Se aplicaron sólo con el fin de demostrar que dentro de ARC/INFO, y en particular, con los programas de Segmentación Dinámica, es posible aplicarlas a los diferentes tipos de información con que se cuente para el análisis. Por tanto, no se deben considerar como propuestas definitivas de análisis.

5.1 CLASIFICACIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS

5.1.1 Ejemplo 1. Clasificar los segmentos de 5 km de longitud por la frecuencia de accidentes de tránsito en las carreteras federales del estado de Tamaulipas durante el año 1992, con el fin de obtener un mapa de distribución de accidentes de tránsito.

Se clasifican los segmentos de 5 km de longitud por ser, en términos prácticos, la unidad mínima de información obtenida para los accidentes de tránsito.

Paso 1. Definición de los rangos de accidentes por su frecuencia. Se utilizaron los valores de número de accidentes para cada segmento de la red carretera federal que se encuentran en la columna NO_ACC (número de accidentes) de la tabla de eventos ACCIDENT (apéndice A). En este caso únicamente se clasificará una variable.

En la Tabla 1 aparecen las algunas estadísticas de la variable NO_ACC. Es necesario señalar que los valores de número de accidentes y, consecuente, de las variables de número de muertos y daños materiales no siguen una distribución normal. Debido a ello, se definieron clases empíricamente que detallan las frecuencias con mayor número de casos.

Tabla 1. ESTADÍSTICAS BÁSICAS DE LA VARIABLE NO_ACC

VARIABLE NO_ACC	
No. de casos	405
Valor mínimo	0
Valor máximo	185
No. casos en cero	40
Sumatoria	3427
Media aritmética	8.46

Las clases definidas fueron las siguientes:

Tabla 2. CLASES DE FRECUENCIAS DE ACCIDENTES

Número de clase	Clase	Rangos
1	Nula	0
2	Baja	1 - 8
3	Media	9 - 14
4	Alta	15 - 33
5	Extraordinaria	> 33

Paso 2. Clasificación de los segmentos de 5 km a partir de la variable NO_ACC en el módulo de TABLES.

El procedimiento en ARC/INFO es el siguiente: se agrega un nuevo *item* a la tabla ACCIDENT para que contenga los valores clasificados de la variable NO_ACC:

sintaxis y ejemplo

Tables: ADDITEM accident no_acc_clf 2 2 b

Posteriormente se seleccionan los valores de la variable NO_ACC en el archivo ACCIDENT para cada clase y se escribe el número de la clase correspondiente en la columna NO_ACC_CLF de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

Tables: SELECT accident
 Tables: RESELECT no_acc = 0
 Tables: 40 Records selected.
 Tables: CALCULATE no_acc_clf = 1

Tables: SELECT accident
 Tables: RESELECT no_acc > 0 and no_acc < 9
 Tables: 251 Records selected.
 Tables: CALCULATE no_acc_clf = 2



BIBLIOTECA
 DR. JORGE A. VIVO

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc > 8 and no_acc < 15
Tables: 57 Records selected.
Tables: CALCULATE no_acc_clf = 3

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc > 14 and no_acc < 34
Tables: 43 Records selected.
Tables: CALCULATE no_acc_clf = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc > 33
Tables: 14 Records selected.
Tables: CALCULATE no_acc_clf = 5

Paso 3. Clasificación de los segmentos de 5 km a partir de la variable NO_ACC_CLF en el módulo ARC PLOT para realizar un mapa.

Hasta este punto existe una columna en la tabla de eventos ACCIDENT que contiene la clasificación del número de accidentes por segmento de 5 km de la red de carreteras federales para el estado de Tamaulipas. Sin embargo, también es posible clasificar directamente los segmentos, es decir segmentar la red gráfica de carreteras para consultar, desplegar en pantalla o para diseñar un mapa. Estas operaciones se realizan en el módulo ARC PLOT.

Para tener acceso a la tabla de eventos ACCIDENT es necesario establecer la liga temporal entre ella y el sistema de rutas y secciones del mapa CARR, únicamente al inicio de la sesión de ARC PLOT, utilizando el comando EVENTSOURCE (ESRI, 1992a y ESRI, 1992d).

sintaxis

Arcplot: EVENTSOURCE add linear acc accident info ordered tramo ruta from to

El siguiente paso corresponde a la selección de la información que se va a clasificar a partir de la columna NO_ACC_CLF de la tabla de eventos ACCIDENT y a su representación cartográfica con distintos colores:

sintaxis

Arcplot: RESELECT <info_file> INFO {logical expression}

argumentos

<info_file> - nombre del archivo INFO que contiene los datos que serán seleccionados.
{logical expression} - es una expresión lógica que opera con los atributos almacenados en el archivo de datos INFO.

ejemplo

Arcplot: RESELECT accident info no_acc_clf = 1
Arcplot: 40 Records selected.

Una vez que se ha seleccionado la información por medio del comando EVENTLINES (ESRI,1992d) es posible dibujar los eventos lineales seleccionados.

sintaxis

Arcplot: EVENTLINES <cover> <route_system> <event_source>
{item | symbol}

argumentos

<cover> - la cobertura que contiene las rutas que serán dibujadas.
<route_system> - el nombre del sistema de rutas utilizado para relacionar con la tabla de eventos.
<event_source>- un nombre utilizado para acceder a los datos contenidos en la tabla de eventos relacionada.
{item | symbol} - un valor a utilizar como símbolo de línea para dibujar los eventos.

ejemplo

Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 24

Después de realizar una selección de datos y dibujarlos es preciso borrar con el comando CLEARSELECT (ESRI,1992d) todas las series de elementos de la cobertura y registros INFO que han sido seleccionados mediante el comando RESELECT (ESRI,1992d). Esto es necesario para seleccionar otra serie de datos.

sintaxis y ejemplo

Arcplot: CLEARSELECT

La selección de toda la información a partir de la variable NO_ACC_CFL en ARCPLOT para generar el mapa de distribución es de la siguiente manera:

ejemplos

Arcplot: RESELECT accident info no_acc_clf = 1
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 1
Arcplot: CLEARSELECT

```
Arcplot: RESELECT accident info no_acc_clf = 2  
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 2  
Arcplot: CLEARSELECT
```

```
Arcplot: RESELECT accident info no_acc_clf = 3  
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 3  
Arcplot: CLEARSELECT
```

```
Arcplot: RESELECT accident info no_acc_clf = 4  
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 4  
Arcplot: CLEARSELECT
```

Con estos resultados se elaboró el mapa temático Distribución de Accidentes de Tránsito en Carreteras Federales. Estado de Tamaulipas, 1992, (Mapa 1), el cual permite apreciar de manera visual y cuantificable los siguientes aspectos:

- 1) La ubicación y los rangos definidos para jerarquizar la distribución de accidentes en la entidad.
- 2) Cuantificar por tramos y por rango de accidentes cada una de las carreteras que integran la red federal de Tamaulipas.
- 3) Diseñar programas de prevención de manera programática, por ejemplo, atendiendo primero los segmentos de 5 km donde la frecuencia de accidentes es extraordinaria.
- 4) Calificar las zonas que registran mayores accidentes en función de otras variables: relieve (Ciudad Victoria-Jaumave), en zonas urbanas (ciudades fronterizas), en zonas rurales (segmentos cercanos al entronque norte de la carretera 101 Gra. Fco. Villa-San Fernando), en zonas agrícolas importantes (alrededores de Cd. Mante), etc.

5.1.2 Ejemplo 2. Clasificar los segmentos de 5 km por su distribución en cuanto al número de accidentes y daños materiales ocasionados por accidentes de tránsito en las carreteras del estado de Tamaulipas durante el año de 1992 para generar un mapa.

Paso 1. Definición de los rangos de accidentes a partir de dos variables: frecuencia y daños materiales. En el ejercicio anterior se definieron cinco clases para la frecuencia de accidentes. De la misma forma se definieron las clases para la variable daños materiales ya que no siguen una distribución normal (como puede apreciarse en la Tabla 3). Por esta misma razón, se definieron clases que detallan dicha distribución de valores (Tabla 4).

Tabla 3. ESTADÍSTICAS BÁSICAS DE LAS VARIABLES NO_ACC Y D_MAT

	NO_ACC (frecuencia)	D_MAT (daños materiales)
No. de casos	405	405
Valor mínimo	0	0.00
Valor máximo	185	761.00
No. casos en cero	40	43
Sumatoria	3427	23030.62
Media	8.46	56.87

Las clases definidas para las variables consideradas fueron las siguientes:

Tabla 4. CLASES DEFINIDAS PARA LAS VARIABLES NO_ACC Y D_MAT

NUMERO DE CLASE	CLASE	RANGOS	
		NO_ACC	D_MAT
1	Nula	0	0.00
2	Baja	1 - 8	0.01 - 50.00
3	Media	9 - 14	50.01 - 100.00
4	Alta	15 - 33	100.01 - 200.00
5	Extraordinaria	> 33	> 200.01

Paso 2. Clasificación de los segmentos de 5 km por su frecuencia y daños materiales ocasionados. En este momento es necesario agregar dos columnas más a la tabla ACCIDENT, una por cada variable, para clasificar cada variable de acuerdo a las clases definidas. El procedimiento es el siguiente:

sintaxis y ejemplo

Tables: ADDITEM accident d_mat_clf 2 2 b

Una vez que existe la columna vacía D_MAT_CLF en la tabla ACCIDENT es posible clasificar cada una de las variables de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT d_mat = 0
Tables: 42 Record selectd.
Tables: CALCULATE d_mat_clf = 1

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT d_mat > 0.00 and d_mat <= 50.00
Tables: 229 Record selectd.
Tables: CALCULATE d_mat_clf = 2

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT d_mat > 50.01 and d_mat <= 100.00
Tables: 71 Record selectd.
Tables: CALCULATE d_mat_clf = 3

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT d_mat > 100.01 and d_mat <= 200.00
Tables: 40 Record selectd.
Tables: CALCULATE d_mat_clf = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT d_mat > 200.01
Tables: 22 Record selectd.
Tables: CALCULATE d_mat_clf = 5

Paso 4. Reclasificar las dos variables consideradas para obtener una jerarquización final en cinco clases (NULA, BAJA, MEDIA, ALTA y EXTRAORDINARIA).

Es necesario agregar una nueva columna a la tabla ACCIDENT en la que se reclasifiquen las dos variables anteriores. El procedimiento es el siguiente:

sintaxis y ejemplo

Tables: ADDITEM accident valor 2 2 b

Una vez que existe la columna vacía VALOR en la tabla ACCIDENT es posible reclasificar cada una de las variables de acuerdo a la Tabla 5 que sintetiza las cinco clases iniciales.

Tabla 5. RECLASIFICACION DE LAS VARIABLES NO_ACC Y D_MAT

VARIABLE 1	VARIABLE 2	NUEVA CLASE (columna VALOR)	CLASE
1	1	1	NULA
1	2	2	BAJA
2	2	2	BAJA
1	3	2	BAJA
2	3	3	MEDIA
3	3	3	MEDIA
1	4	2	BAJA
2	4	3	MEDIA
3	4	4	ALTA
4	4	4	ALTA
1	5	3	MEDIA
2	5	4	ALTA
3	5	4	ALTA
4	5	4	ALTA
5	5	5	EXTRAORD-

Para realizar lo anterior el procedimiento es el siguiente:

sintaxis y ejemplos

Tables: SELECT accident

Tables: RESELECT no_acc_clf = 1 and d_mat_clf = 1

Tables: 40 Record selectd.

Tables: CALCULATE valor = 1

Tables: SELECT accident

Tables: RESELECT no_acc_clf = 1 and d_mat_clf = 2
or no_acc_clf = 2 and d_mat_clf = 1

Tables: 2 Record selectd.

Tables: CALCULATE valor = 2

Tables: SELECT accident

Tables: RESELECT no_acc_clf = 2 and d_mat_clf = 2

Tables: 209 Record selectd.

Tables: CALCULATE valor = 2

Tables: SELECT accident

Tables: RESELECT no_acc_clf = 1 and d_mat_clf = 3
or no_acc_clf = 3 and d_mat_clf = 1

Tables: 0 Record selectd.

Tables: CALCULATE valor = 2

Tables: SELECT accident

Tables: RESELECT no_acc_clf = 2 and d_mat_clf = 3
or no_acc_clf = 3 and d_mat_clf = 2

Tables: 17 Record selectd.

Tables: CALCULATE valor = 3

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 3 and d_mat_clf = 3
Tables: 24 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 3

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 1 and d_mat_clf = 4
or no_acc_clf = 4 and d_mat_clf = 1
Tables: 0 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 2

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 2 and d_mat_clf = 4
or no_acc_clf = 4 and d_mat_clf = 2.
Tables: 4 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 3

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 3 and d_mat_clf = 4
or no_acc_clf = 4 and d_mat_clf = 3
Tables: 19 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 4 and d_mat_clf = 4
Tables: 12 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 1 and d_mat_clf = 5
or no_acc_clf = 5 and d_mat_clf = 1
Tables: 0 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 3

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 2 and d_mat_clf = 5
or no_acc_clf = 5 and d_mat_clf = 2
Tables: 0 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 3 and d_mat_clf = 5
or no_acc_clf = 5 and d_mat_clf = 3
Tables: 0 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 4 and d_mat_clf = 5
or no_acc_clf = 5 and d_mat_clf = 4

Tables: 7 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 4

Tables: SELECT accident
Tables: RESELECT no_acc_clf = 5 and d_mat_clf = 5
Tables: 7 Record selectd.
Tables: CALCULATE valor = 5

Paso 5. Clasificación de los segmentos de 5 km a partir de la columna VALOR para obtener un mapa.

El procedimiento es semejante al realizado en el ejemplo 5.1, paso 3. A continuación se listan los comandos utilizados en ARCPLOT para realizar la selección de los datos, y dibujar en pantalla los datos seleccionados tomados a partir de la columna VALOR del archivo ACCIDENT:

sintaxis

Arcplot: EVENTSOURCE add linear acc accident info ordered tramo ruta from to
Arcplot: RESELECT accident info valor = 1
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 24
Arcplot: CLEARSELECT

Arcplot: RESELECT accident info valor = 2
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 25
Arcplot: CLEARSELECT

Arcplot: RESELECT accident info valor = 3
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 26
Arcplot: CLEARSELECT

Arcplot: RESELECT accident info valor = 4
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 27
Arcplot: CLEARSELECT

Arcplot: RESELECT accident info valor = 5
Arcplot: EVENTLINES carr tmp acc 28
Arcplot: CLEARSELECT



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

Estos resultados están representados en el mapa de Distribución de Accidentes por su Frecuencia y Daños Materiales ocasionados en Carreteras Federales, Estado de Tamaulipas, 1992, (Mapa 2), el cual resulta de mayor

interés. No se trata de un mapa temático y descriptivo como el anterior, donde se aprecian claramente varios segmentos con frecuencia extraordinaria de accidentes, sino de un mapa de síntesis, que al procesar dos variables, reduce, identifica y precisa realmente los tramos más conflictivos en función del tipo de datos que se analizan en conjunto.

5.2 SOBREPOSICIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS

5.2.1 Ejemplo 3. Reclassificar los segmentos de 5 km que se encuentran clasificados por la frecuencia de accidentes de tránsito en las carreteras del estado de Tamaulipas durante el año 1992, en función de la calificación ponderada de la calidad del pavimento y la señalización de camino (horizontal y vertical) para generar un mapa que considere las dos variables.

Para realizar este análisis es necesario relacionar las dos tablas de eventos que contienen la información: ACCIDENT y CALIDAD (ambas tablas aparecen en el apéndice A). Este ejemplo requiere del uso de los comandos que componen el submódulo de Segmentación Dinámica.

Paso 1. En primer lugar hay que definir las clases de la información correspondiente a calificación ponderada de la calidad del pavimento y la señalización de camino tanto horizontal como vertical. La UGP de la SCT califica tales características para la red federal de carreteras de todo el país utilizando un valor máximo de 500 puntos. Los datos proporcionados por la SCT se encuentran bajo este formato y, en la mayoría de los casos, están referidos a tramos de 10 km de longitud. Sin embargo, presentan una escala de evaluación en la que la calificación ponderada máxima equivale a un 100% de calidad, y a partir de ella clasifica el estado físico del camino de acuerdo con la Tabla 9.

Tabla 9. ESCALA DE EVALUACIÓN

PORCENTAJE	CALIFICACION (puntuaciones brutas)	ESTADO FISICO
0 - 50	0 - 250.00	MALO
50 - 70	250.01 - 350.00	REGULAR
70 - 100	350.01 - 500.00	BUENO

Los datos correspondientes a la variable CALIF_POND están dados en puntuaciones brutas, por lo que fue necesario clasificarlos de acuerdo con la escala de evaluación propuesta por la misma SCT, con el fin de facilitar el manejo y el análisis de los datos. Esta operación se realizó en la misma hoja de cálculo en que se capturó la información y los resultados se encuentran en la variable ESTADO.

Paso 2. Hay que establecer el acceso o la relación temporal dentro del sistema ARC/INFO de las dos tablas de eventos existentes, así como crear otra relación más para una nueva tabla que se va a crear a partir de la sobreposición de las dos anteriores.

ejemplo

```
Arc: EVENTSOURCE add linear acc accident info ordered tramo ruta from to
Arc: EVENTSOURCE add linear cld calidad info ordered tramo ruta from to
Arc: EVENTSOURCE add linear acc_cld acc_cld.tbl info linear tramo ruta from to
Warning: Event table ACC_CLD.TBL does not exist
```

Para el último caso hay que definir el nombre de la nueva tabla de eventos.

Paso 3. Una vez realizada la operación anterior es posible aplicar el comando OVERLAYEVENTS (ESRI,1992a) que permite sobreponer dos o más tablas de eventos, ya sean de líneas o de puntos.

sintaxis

```
Arc: OVERLAYEVENTS <out_event_source> {UNION | INTERSECT}
```

argumentos

```
<out_event_source> - una base de datos para almacenar la información
después de la transformación.
{UNION | INTERSECT} - especifica el tipo de sobreposición que se va a
ejecutar en los eventos de entrada.
```

ejemplo

```
Arc: OVERLAYEVENTS acc_cld union
Enter event sources to be overlaid (Type END or a blank line when done)
Enter event source 1: acc
Enter event source 2: cld
Enter event source 3:
Done entering event sources (Y/N)? y
Do you wish to use the above event sources (Y/N)? y
```

Debido a que las tablas de eventos que se van a sobreponer corresponden a líneas, el tipo de sobreposición que se requiere para el presente ejemplo es UNION. En este caso todos los eventos de las dos tablas de entrada son divididos en donde se intersectan y escritos en la base de datos especificada como <out_event_source>.

En este momento ya existe una nueva tabla de eventos que contiene toda la información de las dos tablas ACCIDENT y CALIDAD, lo cual no implica ningún análisis aún, sino solamente la preparación o un paso previo.

Paso 4. Para realizar un análisis con la nueva tabla ACC_CLD.TBL hay que entrar al módulo de ARCPLOT, establecer el acceso temporal a la tabla ACC_CLD.TBL y después realizar, mediante el uso del comando RESELECT, una serie de operaciones lógicas para determinar las combinaciones de las dos informaciones. A continuación se presentan la información de las tablas de eventos ACCIDENT y CALIDAD clasificadas.

Tabla 10. CLASES DE ACCIDENTES Y ESTADO FÍSICO DE LA CARRETERA

CLASES ACCIDENTES	CLASES ESTADO FISICO
1 (nula)	MALO
2 (baja)	REGULAR
3 (media)	ALTO
4 (alta)	
5 (extraord.)	

Se realizaron tantas operaciones lógicas como combinaciones de las dos variables agrupadas en clases; hubo 25 en total. A continuación aparece la

sintáxis de las operaciones lógicas que se realizaron para determinar las posibles combinaciones entre ambas tablas:

sintaxis y ejemplo

```
Arcplot: EVENTSOURCE add linear acc_cld acc_cld.tbl info ordered tramo ruta  
from to
```

ejemplo

```
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 1 and estado = 'MALO'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 1 and estado = 'REGULAR'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 1 and estado = 'BUENO'  
  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 2 and estado = 'MALO'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 2 and estado = 'REGULAR'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 2 and estado = 'BUENO'  
  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 3 and estado = 'MALO'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 3 and estado = 'REGULAR'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 3 and estado = 'BUENO'  
  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 4 and estado = 'MALO'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 4 and estado = 'REGULAR'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 4 and estado = 'BUENO'  
  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 5 and estado = 'MALO'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 5 and estado = 'REGULAR'  
Arcplot: RESELECT acc_cld.tbl info valor = 5 and estado = 'BUENO'
```

Los resultados obtenidos se encuentran representados en el mapa de clasificación de accidentes por su frecuencia y calidad del pavimento y señalización (Mapa 3).

5.3 SOBREPOSICIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS Y PUNTOS

5.3.1 Ejemplo 4. Determinar la relación que existe entre la frecuencia de accidentes de tránsito y la presencia de intersecciones, entronques y cruces del ferrocarril en las carreteras.

Para realizar este ejercicio se requiere la tabla de eventos de intersecciones, entronques y cruces de ferrocarril llamada INFRA.PAT, así como la de eventos de accidentes ACCIDENT.

Paso 1. Establecer la relación temporal de las tablas INFRA.PAT y ACCIDENT dentro del sistema.

ejemplos

```
Arc: eventsource add linear acc accident info ordered tramo ruta from to  
Arc: eventsource add point inf infra.pat info linear tramo tmp# measure
```

Establecer la relación temporal de una nueva tabla de eventos que servirá para almacenar la información sobrepuesta de las tablas de eventos originales.

ejemplo

```
Arc: eventsource add point accinf acc_inf.tbl info linear tramo tmp# measure  
Warning: Event table ACC_INF.TBL does not exist
```

Paso 2. Realizar la sobreposición de eventos de líneas y puntos con el comando OVERLAYEVENTS (ESRI,1992a). Este comando con la opción INTERSECT escribirá en el archivo de salida ACC_INF.TBL sólo los eventos que son comunes a ambas tablas de eventos de entrada (INFRA.PAT y ACCIDENT).

ejemplo

```
Arc: OVERLAYEVENTS accinf intersect  
Enter event sources to be overlaid (Type END or a blank line when done):  
Enter event source 1: acc  
Enter event source 2: inf  
Enter event source 3:  
Done entering event sources (Y/N)? y  
Do you wish to use the above event sources (Y/N)? y
```

Después del paso anterior se genera la tabla de puntos ACC_INF.TBL con la sobreposición de ambas tablas de eventos. A partir de la nueva tabla es posible determinar la frecuencia de accidentes con la presencia de infraestructura como intersecciones, entronques y cruces de ferrocarril.

Paso 3. Para obtener la información necesaria de la nueva tabla es necesario entrar al módulo TABLES, seleccionar la información a partir de operadores lógicos y obtener la sumatoria de los accidentes de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

```
Tables: SELECT acc_inf.tbl  
Tables: RESELECT valor = 2 and tipo = 'INTERSECCION'  
Tables: 4 Record selected.  
Tables: STATISTICS  
Statistics: SUM NO_ACC  
NO_ACC = 6
```

Se realizaron 20 operaciones lógicas al combinar las cinco categorías de frecuencia de accidentes con los cuatro tipos de infraestructura existentes. En el ejemplo anterior aparece una la selección de una combinación en TABLES. Los resultados aparecen en la tabla 12

sintaxis y ejemplo

```
Tables: RESELECT valor = 1 and tipo = 'INTERSECCION'  
Tables: RESELECT valor = 1 and tipo = 'ENTRONQUE'  
Tables: RESELECT valor = 1 and tipo = 'ENTRONQUE SIN PAV'  
Tables: RESELECT valor = 1 and tipo = 'CRUCE DE FFCC'  
  
Tables: RESELECT valor = 2 and tipo = 'INTERSECCION'  
Tables: RESELECT valor = 2 and tipo = 'ENTRONQUE'  
Tables: RESELECT valor = 2 and tipo = 'ENTRONQUE SIN PAV'  
Tables: RESELECT valor = 2 and tipo = 'CRUCE DE FFCC'  
  
Tables: RESELECT valor = 3 and tipo = 'INTERSECCION'  
Tables: RESELECT valor = 3 and tipo = 'ENTRONQUE'  
Tables: RESELECT valor = 3 and tipo = 'ENTRONQUE SIN PAV'  
Tables: RESELECT valor = 3 and tipo = 'CRUCE DE FFCC'  
  
Tables: RESELECT valor = 4 and tipo = 'INTERSECCION'  
Tables: RESELECT valor = 4 and tipo = 'ENTRONQUE'  
Tables: RESELECT valor = 4 and tipo = 'ENTRONQUE SIN PAV'  
Tables: RESELECT valor = 4 and tipo = 'CRUCE DE FFCC'  
  
Tables: RESELECT valor = 5 and tipo = 'INTERSECCION'  
Tables: RESELECT valor = 5 and tipo = 'ENTRONQUE'  
Tables: RESELECT valor = 5 and tipo = 'ENTRONQUE SIN PAV'  
Tables: RESELECT valor = 5 and tipo = 'CRUCE DE FFCC'
```

Tabla 12. RESULTADOS DE LA COMBINACIÓN DE LOS DOS GRUPOS DE CLASES

FRECUENCIA DE ACCIDENTES	TIPO DE INFRAESTRUCTURA									
	INTERSECCION		ENTRONQUE		ENTRONQUE SIN PAVIMENTAR		CRUCE DE FERROCARRIL		TOTAL	
	No.Casos	No.Acc	No.Casos	No Acc	No.Casos	No Acc	No.Casos	No Acc	No Casos	No Acc
1	0	0	6	0	27	0	2	0	35	0
2	4	6	45	191	195	684	1	3	245	884
3	1	9	12	140	48	537	0	0	61	686
4	0	0	15	407	25	515	1	42	41	964
5	2	274	3	253	6	396	1	89	12	1012
TOTAL	7	289	81	991	301	2132	5	134	394	3546

Es preciso señalar que la suma de los accidentes para cada tipo de infraestructura considerada se refiere a los accidentes ocurridos a lo largo de cada segmento de 5 km (a partir de la base de datos ACCIDENT) y no necesariamente debidos a la presencia de la infraestructura. El dato referente al número de accidentes se considera como un indicador para establecer la posible relación entre la frecuencia de accidentes con la presencia de diferentes tipos de infraestructura carretera.

De los resultados anteriores se desprenden algunas observaciones:

- 1) Con respecto a los segmentos en donde se encuentran intersecciones, se observa que en general este rasgo de infraestructura es poco significativo con relación al número total de accidentes ocurridos para las diferentes clases de frecuencia, con excepción de la clase 5 (frecuencia extraordinaria), en la que únicamente a partir de dos segmentos se presentaron 274 accidentes durante el año considerado.
- 2) Con relación a los entronques pavimentados y sin pavimentar, es claro que este tipo de infraestructura influye en la ocurrencia de accidentes de tránsito. También es evidente que aquellos segmentos en donde se encuentran entronques sin pavimentar favorecen este tipo de eventos en más de un 50% en comparación con los segmentos con entronques pavimentados (2132 accidentes en los primeros y 991 accidentes en los segundos).
- 3) Aparentemente los cruces de ferrocarril sobre las carreteras no tienen una influencia tan marcada en la ocurrencia de accidentes como en el caso de los

entronques, pero si se aprecia cierta dependencia en las frecuencias 4 y 5. Ambas clases concentran casi el 100% de los accidentes registrados en segmentos con este tipo de infraestructura.

5.4 SOBREPOSICIÓN DE EVENTOS EXPRESADOS ESPACIALMENTE EN LÍNEAS Y POLÍGONOS

5.4.1 Ejemplo 5. Clasificar la red carretera en función del tiempo de recorrido para la atención hospitalaria oportuna de personas accidentadas.

Para poder clasificar la red de carreteras de acuerdo con el tiempo de recorrido señalado es necesario generar un mapa de zonas equidistantes a localidades que cuenten con este tipo de servicio. Posteriormente el mapa resultante debe intersectarse con el mapa de carreteras para obtener un mapa de puntos que sirvan para segmentar la red carretera.

Paso 1. Para relacionar la información que se tiene sobre los segmentos, es decir, las estadísticas de atributos sobre accidentes y calidad del camino con sitios que cuenten con centros hospitalarios que atiendan a personas accidentadas en carreteras, es necesario generar un mapa de distancias a dichos centros. Este mapa, por las características de su información, debe ser una cobertura de polígonos. Para ello se ha definido que los polígonos sean franjas equidistantes, (*buffering zones*) de 40 kms de ancho, a partir de los puntos que representen en el mapa los centros hospitalarios.

Para este ejemplo se han seleccionado las siguientes ciudades que cuentan con unidades médicas de hospitalización especializada: Reynosa, Cd. Victoria, Cd. Mante y Tampico (INEGI, 1995:152, 158-164).

El primer paso para crear un mapa de distancias en ARC/INFO consiste en tener una cobertura de puntos que corresponda a las ciudades arriba citadas. Todos los puntos deben tener identificador igual a cero. Dicha cobertura que debe contener la topología de puntos, debe ser convertida del formato *vector* al formato

raster aplicando el comando POINTGRID (ESRI,1992a) para crear un GRID a partir de una cobertura de puntos, de la siguiente manera:

sintaxis

```
Arc: POINTGRID <in_cover> <out_cover> {value_item}
```

argumentos

<in_cover> - la cobertura que contiene los puntos que se van a convertir.
<out_cover> - el grid da ser creado.
{value_item} - un item en el archivo PAT utilizado para asignar codigos al grid.

ejemplo

```
Arc: POINTGRID hosp hosp_gr valor
Converting points from hosp to grid hosp_gr
Cell size (square cell): 100.00
Convert th Entire Coverage(Y/N)?:n
Grid Origin (x, y): 360000,2450000
Grid size (nrows, ncolumns): 6250,3400
Enter background value (NODATA | ZERO): nodata
```

Al aplicar este comando es posible definir el tamaño de la celda o *pixel*, el valor de las celdas que no contienen información de puntos, así como la extensión del mapa en renglones y columnas.

Una vez que la cobertura se encuentra en formato *raster* se debe trabajar en el módulo GRID de ARC/INFO. Posteriormente, el comando que se utiliza para generar dicho mapa de distancias es EUCDISTANCE (ESRI,1992g), el cual calcula la distancia euclidiana de cada celda con respecto a las celdas vecinas adyacentes, en la siguiente forma:

sintaxis

```
Grid: EUCDISTANCE (<source_grid>)
```

argumentos

<source_grid> - el archivo en formato raster a cuyas celdas se les va a calcular la distancia euclidiana.

ejemplo

```
Grid: hosp_dst = EUCDISTANCE(hosp_gr)
```

El mapa de distancias resultante contiene información de distancias para cada celda. Para este caso, dicha característica lo hace poco funcional para

manipularlo juntamente con la información en formato *vector*, por lo cual debe ser clasificado en rangos dentro del modo GRID con el comando SLICE (ESRI,1992g), por medio del cual es posible agrupar los valores de las celdas en rangos específicos, zonas de áreas iguales o zonas de intervalos iguales en un mapa *raster*. Posteriormente este mapa *raster* clasificado debe convertirse a formato *vector* en el que cada rango equivale a las franjas equidistantes definidas, siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

sintaxis

Grid: SLICE (<GRID>, <TABLE | EQAREA | EQINTERNAL>, <remap_table>)

argumentos

<GRID> - el mapa en formato raster de entrada que será clasificado.
<TABLE | EQAREA | EQINTERNAL> - palabra clave que define el modo a partir del cual se clasificara el mapa raster.
<remap_table> - un archivo de clasificación de los valores raster en formato ASCII o INFO.

ejemplo

hosp_cl = SLICE(hosp_dst,table,clases.tbl)

La tabla 13 (*remap_table*) muestra los valores que se utilizaron para clasificar el mapa *raster* anterior.

Tabla 13. TABLA DE CLASIFICACIÓN CLASES.TBL

Remap table for grid classification
lowest-input 0
40000 : 1
80000 : 2
120000 : 3
160000 : 4
200000 : 5
240000 : 6
280000 : 7
320000 : 8

Paso 2. El siguiente paso consiste en la vectorización del mapa clasificado. Este paso se lleva a cabo en el módulo ARC de sistema. El comando que se utiliza es GRIDPOLY (ESRI,1992a) que convierte un mapa *raster* en una cobertura de polígonos. Los polígonos se construyen a partir de los grupos de celdas continuas

que contengan los mismos valores y se genera automáticamente la topología de la cobertura de polígonos. El procedimiento es el siguiente:

sintaxis

```
Arc: GRIDPOLY <in_grid> <out_grid>
```

argumentos

```
<in_grid> - el grid a ser convertido.  
<out_grid> - la cobertura a ser creada.
```

ejemplo

```
Grid: GRIDPOLY hosp_cl hosp_pol
```

Paso 3. Ahora ya existe una cobertura de polígonos en formato *vector*, la cual puede sobreponerse a la cobertura CARR (Figura 3) para obtener los puntos de las intersecciones de la red carretera y las zonas equidistantes. Para ello es necesario asignar valores de identificador a los nodos de cada una de las coberturas que se van a intersectar (CARR y HOSP_POL) en el módulo ARCDIT y después reconstruir la topología de nodos en ARC, de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

```
Arcedit: EDIT carr  
Arcedit: EDITFEATURE node  
Arcedit: SELECT ALL  
Arcedit: CALCULATE $id = 500  
Arcedit: SAVE  
Arc: BUILD carr node
```

```
Arcedit: EDIT hosp_pol  
Arcedit: EDITFEATURE node  
cedit: SELECT ALL  
cedit: CALCULATE $id = 600  
cedit: SAVE  
Arc: BUILD hosp_pol node
```

Ahora hay que juntar las coberturas CARR y HOSP_POL en una sola para obtener la intersección de los arcos que componen la red de carreteras federales y las líneas de las zonas equidistantes de 40 km (mapa de distancias), y generar los puntos (nodos) para segmentar la red. Para ello hay que aplicar el comando APPEND (ESRI, 1992a) con la opción NODE para que mantenga los atributos de los nodos de ambas coberturas.

sintaxis y ejemplo

```
Arc: APPEND carrdist NODE
Enter coverages to be appended (Type END or a blank line when done):
Enter the 1st coverage: CARR
Enter the 2nd coverage: HOSP_POL
Enter the 3rd coverage:
Done entering coverages names(Y/N)?y
Do you wish to use the above coverages(Y/N)?y
Appending coverages ....:
```

El siguiente proceso por aplicar es la intersección de las líneas de ambas coberturas por medio del comando CLEAN (ESRI,1992a) y reconstruir la topología de líneas para la nueva cobertura.

sintaxis y ejemplo

```
Arc: CLEAN carrdist
Arc: BUILD carrdist line
```

Hasta este momento los identificadores (User-ID) de los nodos en la nueva cobertura CARRDIST siguen siendo los valores 500 y 600 (para CARR y HOSP_POL, respectivamente). Ahora es necesario editar en ARCEDIT la nueva cobertura CARRDIST y seleccionar únicamente las líneas de la carretera que ya tienen los nodos de intersección con las zonas equidistantes, y enviarlas a una nueva cobertura de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

```
Arcedit: EDIT carrdist
Arcedit: EDITFEATURE ARC
Arcedit: SELECT $ID > 2
Arcedit: PUT carrdist1
```

En la cobertura CARRDIST las líneas que corresponden al límite de la cobertura tienen identificador igual a 1, las líneas que definen las zonas equidistantes tienen identificador igual a 2 y el resto de las líneas tienen valores mayores de 2 y corresponden a las carreteras.

Ahora existe una cobertura con las líneas de carretera que contiene los nodos de intersección con las zonas equidistantes, cuyo identificador es igual a 0. Con el comando NODEEPOINT (ESRI,1992a) es posible generar una cobertura de puntos a partir de los nodos de una cobertura de arcos (CARRDIST1). Es

importante mantener los valores originales de identificador para poder distinguir entre los valores 0 y 500, y únicamente seleccionar los que corresponden a las intersecciones mencionadas y no los correspondientes a los nodos de las carreteras.

Después de convertir los nodos a puntos, hay que construir la topología de puntos de la nueva cobertura y agregarle un *item* al archivo de topología de puntos para asignar el rango que le corresponde en función de su distancia a la localidad con centros de atención hospitalaria.

sintaxis y ejemplo

```
Arc: NODEPOINT <in_cover> <out_cover>
Arc: NODEPOINT carrdist1 carrdist2
Converting nodes from carrdist1 into points for carrdist2.
Building the INFO TIC & BND files for carrdist2.
59 point(s) generated.
```

```
Arc: BUILD carrdist2 POINT
Arc: ADDITEM carrdist2.pat carrdist2.pat rango 6 6 c
```

Una vez que la nueva cobertura de puntos tiene la topología construida y el nuevo *item* para asignar su distancia a centros hospitalarios, hay que asignar dichos valores en ARCEDIT y posteriormente reconstruir la topología de puntos, de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

```
Arccedit: EDIT carrdist2
Arccedit: DRAWENVIRONMENT LABEL
Arccedit: BACKCOVERAGE unidist
Arccedit: BACKENVIRONMENT ARC
Arccedit: EDITFEATURE LABEL
Arccedit: SELECT MANY
21 element(s) selected
Arccedit: MOVEITEM '0-40' TO rango
Arccedit: SAVE
```

```
Arc: BUILD carrdist2 point
```



Con el comando ADDROUTEMEASURE (ESRI, 1992a) es posible encontrar la ruta y las coordenadas de medición de un punto en la cobertura especificada y escribirlo en un archivo INFO, con lo cual será posible crear una base de datos de eventos para segmentar la red carretera con la información de zonas

equidistantes (40 km) a localidades con centros de atención hospitalaria para accidentados.

sintaxis y ejemplo

Arc: ADDROUTEMEASURE carrdist2 carr tmp distpnt point 100
Writing route, measures to distpnt

Después de aplicar el comando anterior el archivo INFO creado contiene las mediciones de cada punto sobre la red carretera (Tabla 14).

Tabla 14. ARCHIVO INFO DISTPNT ORIGINAL

Record	CARRDIST2 #	TMP#	MEASURE
1	1	1	35.446
2	2	2	5.335
3	3	3	196.685
4	4	3	137.313
5	5	3	44.872
6	6	3	42.833
7	7	8	71.475
8	8	9	239.268
9	9	8	22.332
10	10	9	218.175
11	11	9	135.173
12	12	11	192.012
13	13	17	43.118
14	14	9	42.872

Para complementar la información de la tabla DISTPNT hay que agregar la columna RANGO que se encuentra en la tabla CARRDIST2.PAT (Tabla 15) de la siguiente manera:

sintaxis y ejemplo

Arc: JOINITEM distpnt carrdist2.pat distpnt carrdist2# measure linear
Joinitem distpnt and carrdist2.pat to create distpnt

Tabla 15. ARCHIVO INFO DISTPNT MODIFICADO

Record	CARRDIST2 #	TMP#	MEASURE	RANGO
1	1	1	35.446	0-40
2	2	2	5.335	0-40
3	3	3	196.685	0-40
4	4	3	137.313	0-40
5	5	3	44.872	0-40
6	6	3	42.833	0-40
7	7	8	71.475	0-40
8	8	9	239.268	0-40
9	9	8	22.332	0-40
10	10	9	218.175	0-40
11	11	9	135.173	0-40
12	12	11	192.012	0-40
13	13	17	43.118	0-40
14	14	9	42.872	0-40
15	15	10	39.060	0-40
16	16	10	69.961	0-40
17	17	11	105.851	0-40
18	18	16	110.945	0-40
19	19	11	41.105	0-40
20	20	12	46.014	0-40
21	21	12	38.950	0-40
22	22	17	95.604	40-80

Paso 4. Ahora es posible realizar consultas en ARCPLOT con la nueva base de datos de eventos, que segmenta la red de carreteras, para definir los tiempos de recorrido para la atención hospitalaria oportuna de personas accidentadas.

sintaxis y ejemplo

```
Arcplot: EVENTSOURCE ADD POINT zonas distpnt info linear tramo tmp#
measure
Arcplot: EVENTMARKERS carr tmp ZONAS 2
Arcplot: TEXTSYMBOL 1
Arcplot: TEXTSIZE 0.04
Arcplot: EVENTPOINTTEXT carr tmp zonas rango
Arcplot: LINESYMBOL 2
Arcplot: IDENTIFY carr event tmp * zonas measure rango
```

En la Figura 4 aparece una selección de información realizada en ARCPLOT con la información procesada en este ejercicio.

Figura 3. COBERTURA DE POLÍGONOS DE ZONAS EQUIDISTANTES CON LA SOBREPOSICIÓN DE LA COBERTURA CARR

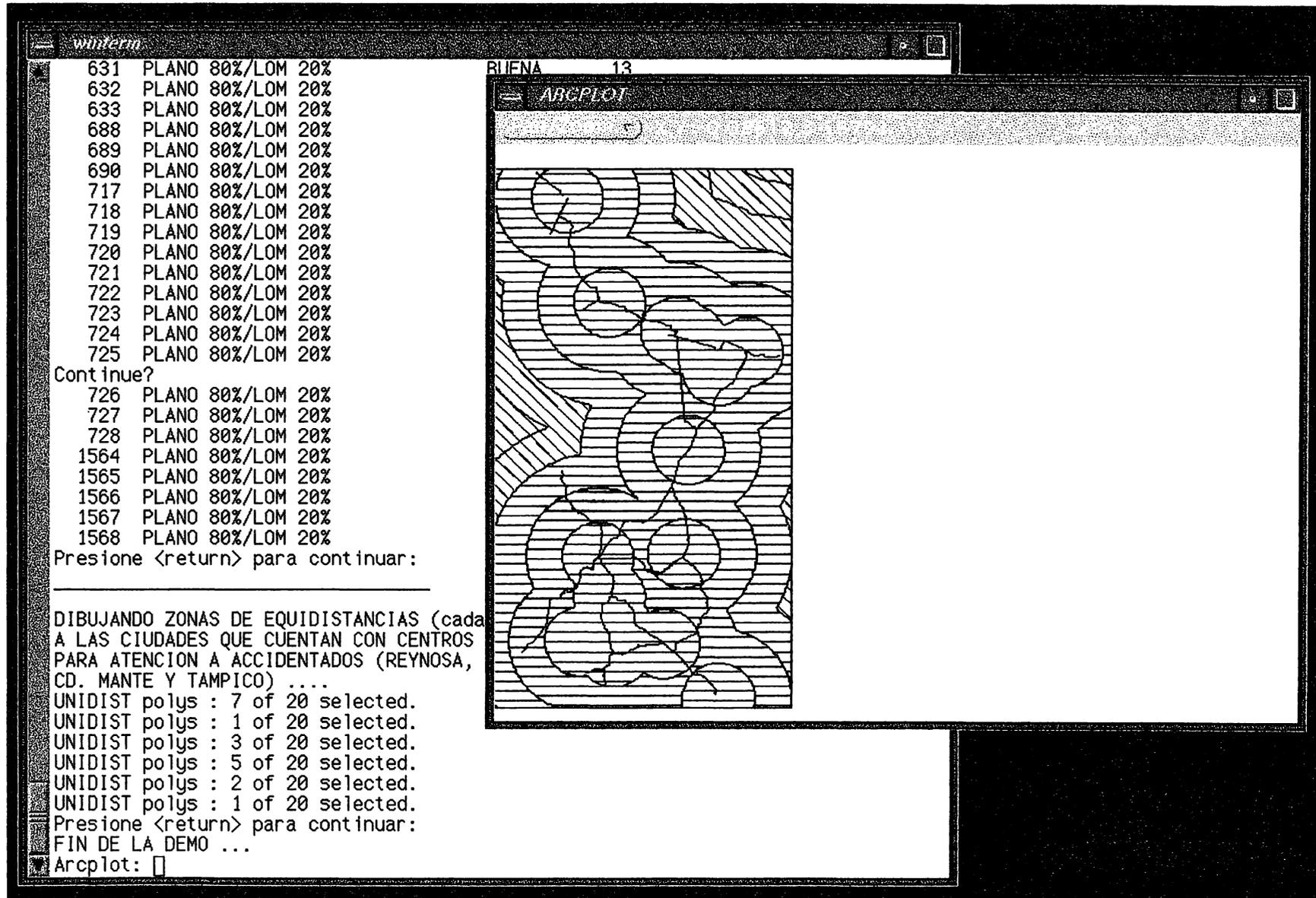
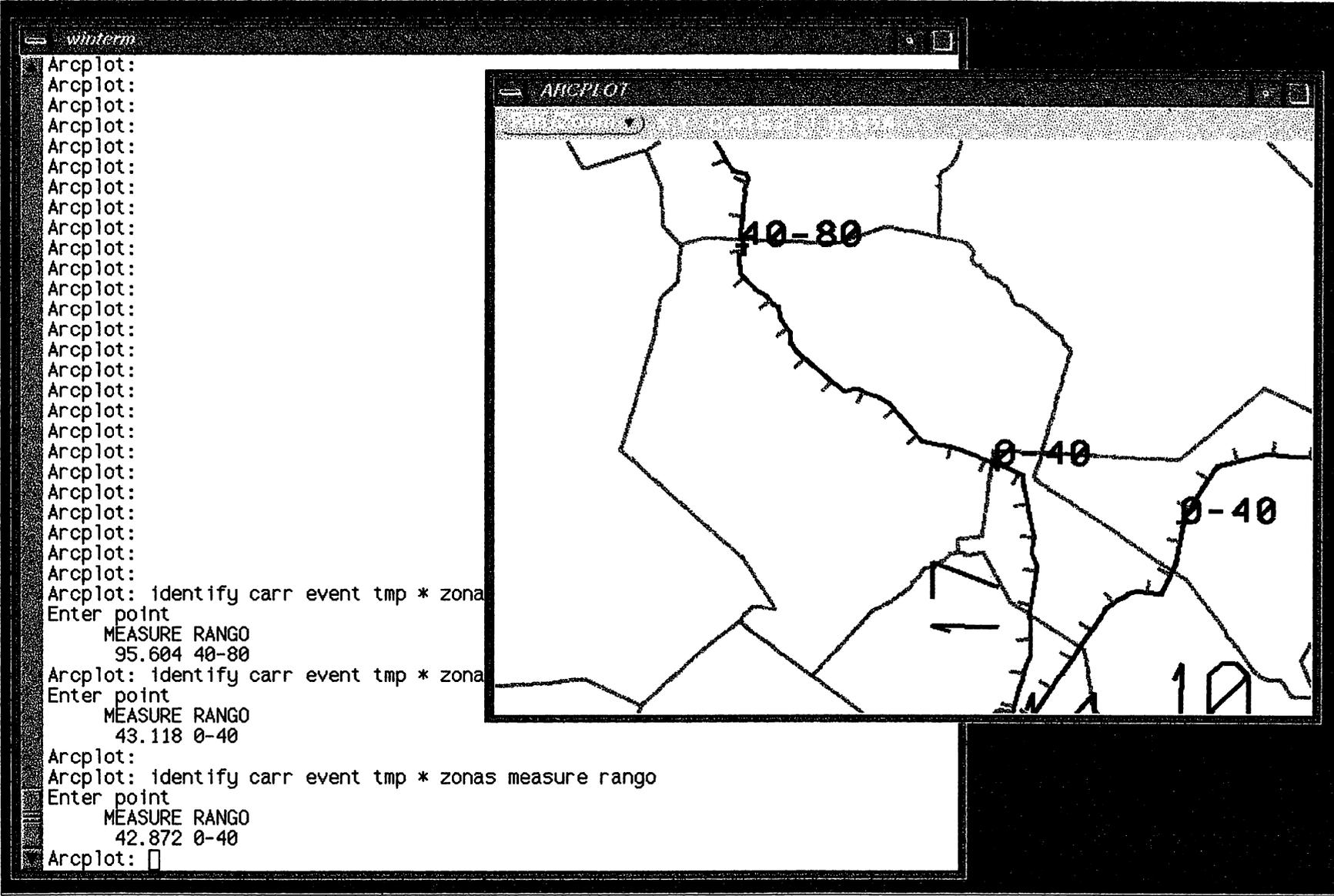


Figura 4. SELECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS SEGMENTADA A PARTIR DE LA COBERTURA DE ZONAS EQUIDISTANTES PARA DEFINIR TIEMPOS DE RECORRIDO PARA LA ATENCIÓN HOSPITALARIA OPORTUNA DE PERSONAS ACCIDENTADAS



CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo se pueden dividir en dos tipos: las relacionadas con los aspectos teóricos y las concernientes a los técnicos:

Aspectos teóricos:

1. Definición de accidente de tránsito desde el punto de vista geográfico:

- Es un fenómeno espacial y temporal resultado del movimiento entre personas y vehículos en un espacio determinado.
- Está interrelacionado con otras variables dentro del espacio geográfico.

2. El accidente de tránsito es objeto de estudio del análisis geográfico, ya que se manifiesta con una:

- localización
- extensión
- distribución
- intensidad
- temporalidad
- causalidad propios

3. Debe haber un cambio de perspectiva en el análisis de los accidentes de tránsito en México: ✓

- ✓ - Debe dejar de ser visto como un evento unicausal, aleatorio e imprevisible.
 - Debe considerarse como un evento que ocurre bajo circunstancias complejas y multicausales.
 - No deben considerarse como un problema particular, sino como un problema social.
 - ✓ - Debe incluir el punto de vista integral y multidisciplinario.
- ✓ 4. La investigación en materia de accidentes de tránsito tiene que identificar y contemplar a todos los actores involucrados en su ocurrencia:
- vía
 - vehículo
 - conductor
 - entorno
 - autoridades
- ✓ 5. El estudio integral de accidentes de tránsito debe considerar necesariamente las siguientes variables:
- el sitio concreto del accidente
 - las características socioeconómicas y físicas del entorno
6. El estudio de accidentes de tránsito debe partir de:
- un enfoque preventivo (con el fin de disminuir los accidentes al mínimo)
 - en lugar de reactivo (con el fin de reparar los daños sociales y económicos)
7. La disciplina geográfica y el trabajo profesional del geógrafo pueden contribuir de manera significativa en:
- el proceso de análisis de accidentes de tránsito
 - en el diseño de programas preventivos
 - en la toma de decisiones

Aspectos técnicos:

1. Se propone la utilización de un SIG como la mejor opción para analizar el problema de accidentes de tránsito por las siguientes razones:

- Los accidentes de tránsito requieren del análisis geográfico-espacial.
- Existen grandes volúmenes de información provenientes de diferentes fuentes y en diferentes formatos necesaria para dicho análisis.
- El análisis de accidentes de tránsito involucra la correlación de distintas variables.
- Es posible realizar análisis del problema a diferentes escalas en función de la precisión de la información original.

2. Las ventajas que ofrecen los programas de segmentación dinámica son las siguientes:

- Los accidentes de tránsito pueden ser representados cartográfica y digitalmente de manera más apropiada si se relacionan con las redes de carreteras mediante un sistema de medición, a partir del cual los primeros puedan ubicarse sobre la carreteras en función de la posición relativa que guardan respecto a ellos.
- Es posible realizar análisis espacial de la información (sobreposición de información representada mediante puntos, líneas y polígonos).

3. El método cartográfico moderno, sistematizado y computarizado sobre accidentes de tránsito cumple con tres funciones de vital importancia:

- como herramienta de análisis
- como instrumento para la representación de resultados cartográficos
- como base para la creación de distintos escenarios espacio-temporales

4. El tiempo de duración de los procesos de captura y manejo de bases de datos, análisis y representación cartográfica de los ejercicios de análisis realizados en este trabajo fue corto con relación a los métodos manuales tradicionales.

5. El bajo costo de la automatización de estos procesos está directamente relacionado con el poco tiempo de duración de los procesos de análisis.

6. Las ventajas y aspectos innovadores en el estudio de accidentes de tránsito usando un SIG y segmentación dinámica son los siguientes:

- el diseño y la creación de una base de datos cartográfica y otra base de datos estadísticos digitales independientes entre sí, ligadas eventualmente sólo con el fin de realizar consultas o aplicar procesos de análisis
- la incorporación amigable y ágil de nuevos datos
- la actualización funcional de las bases de datos cartográficos y estadísticos por separado
- la consulta accesible de datos por el usuario
- la representación cartográfica de los resultados del análisis y la generación de reportes estadísticos

7. Algunas desventajas del uso de un SIG en el análisis de accidentes de tránsito son las siguientes:

- la inversión inicial por la obtención de los programas, equipo de cómputo y su instalación es elevada, aunque rentable a largo plazo
- es necesario invertir en la formación de personal técnico calificado

8. La metodología presentada en esta tesis es lo suficientemente flexible pues permite la incorporación de variables no consideradas en el trabajo, con las cuales se constituya un marco general que facilite el análisis integral de accidentes de tránsito en carreteras.

APENDICE A
TABLA DE ESTADISTICAS DE ACCIDENTES DE TRANSITO. TAMAULIPAS 1992.
 Base de datos ACCIDENT

NUMERO	RTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDOC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
1	1	0	5	0	1	8.30	2	0	0	0	0	0	2
2	1	5	10	0	4	13.00	3	1	1	1	0	0	6
3	1	10	15	0	5	14.30	2	0	0	1	0	1	4
4	1	15	20	0	1	32.50	5	0	1	1	1	0	8
5	1	20	25	1	0	12.00	1	0	0	1	0	0	2
6	1	25	30	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
7	1	30	35	0	1	0.00	1	0	1	0	0	0	2
8	1	35	40	0	0	5.00	1	0	0	0	0	0	1
9	1	40	45	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
10	1	45	50	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
11	2	180	185	0	8	38.30	4	0	0	3	0	1	8
12	2	185	190	0	3	96.30	9	0	6	2	0	1	18
13	2	190	195	1	0	73.00	2	0	0	0	0	0	2
14	2	195	200	2	10	32.50	4	0	0	1	0	1	6
15	2	200	205	1	13	111.10	9	0	5	2	0	2	18
16	2	205	210	0	5	98.00	9	0	0	1	0	0	10
17	2	210	215	0	2	23.20	4	0	1	1	0	0	6
18	2	215	220	1	44	421.30	62	0	2	12	0	9	85
19	2	220	225	0	10	56.90	15	0	0	2	0	1	18
20	3	0	5	2	11	123.25	25	1	1	6	0	5	38
21	3	5	10	1	4	55.55	12	1	0	4	0	2	19
22	3	10	15	0	3	25.70	3	1	2	1	0	1	8
23	3	15	20	0	3	14.00	2	0	0	1	0	1	4
24	3	20	25	0	7	33.75	7	0	0	0	0	0	7
25	3	25	30	0	4	23.20	3	0	2	1	0	1	7
26	3	30	35	0	8	113.60	9	0	1	0	0	0	10
27	3	35	40	0	3	52.70	7	1	1	0	0	0	9
28	3	40	45	0	2	22.10	6	1	0	1	0	1	9
29	3	45	50	1	6	52.00	5	1	0	0	0	0	6
30	3	50	55	0	2	49.00	4	0	0	1	0	1	6
31	3	55	60	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
32	3	60	65	0	0	34.50	5	0	0	0	0	0	5
33	3	65	70	0	0	10.00	1	0	0	0	0	0	1
34	3	70	75	0	0	27.50	6	0	0	1	0	1	8
35	3	75	80	0	0	6.50	2	0	0	1	0	0	3
36	3	80	85	0	7	40.20	10	0	1	2	0	1	14
37	3	85	90	0	24	181.50	23	0	2	5	0	5	35
38	3	90	95	0	14	125.20	19	1	0	1	0	1	22
39	3	95	100	2	6	91.20	14	0	1	4	0	3	22
40	3	100	105	0	2	15.00	1	0	0	0	0	0	1
41	3	105	110	0	3	17.00	3	0	0	0	0	0	3
42	3	110	115	0	2	39.50	4	0	0	0	0	0	4
43	3	115	120	0	0	4.00	1	0	0	0	0	0	1
44	3	120	125	0	0	2.00	1	0	0	0	0	0	1
45	3	125	130	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
46	3	130	135	0	5	33.00	3	0	0	0	0	0	3
47	3	135	140	0	2	4.00	1	0	0	0	0	0	1
48	3	140	145	0	3	5.00	1	0	0	1	0	0	2
49	3	145	150	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
50	3	150	155	0	3	4.00	2	0	1	0	0	0	3
51	3	155	160	0	0	3.00	1	0	0	0	0	0	1
52	3	160	165	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
53	3	165	170	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
54	3	170	175	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
55	3	175	180	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
56	3	180	185	1	2	7.00	2	0	0	0	0	0	2
57	3	185	190	0	3	14.00	1	0	0	1	0	1	3
58	3	190	195	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
59	3	195	200	0	0	10.00	0	0	1	0	0	0	1
60	3	200	205	0	0	2.00	2	0	0	1	0	1	4
61	3	205	210	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
62	3	210	215	1	1	9.00	2	1	0	0	0	0	3
63	3	215	220	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
64	3	225	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	4
65	4	5	10	0	5	58.65	12	1	0	0	0	1	14

NUMERO	RTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDOC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
66	4	10	15	4	6	99.00	6	0	1	1	0	2	10
67	4	15	20	0	3	35.00	7	0	0	2	0	0	9
68	4	20	25	0	4	6.00	3	0	0	0	0	0	3
69	4	25	30	0	4	71.00	8	0	0	0	0	1	9
70	4	30	35	1	10	76.40	9	0	0	5	0	4	18
71	4	35	40	0	12	101.00	18	0	1	3	0	2	24
72	4	40	45	1	3	45.60	4	0	1	1	0	1	7
73	4	45	50	0	5	28.70	8	0	0	2	0	0	10
74	4	50	55	3	5	68.60	7	1	0	1	0	1	10
75	4	55	60	0	3	103.00	15	0	0	2	0	1	18
76	4	60	65	0	4	93.50	11	0	0	1	0	1	13
77	4	65	70	2	8	101.50	10	2	0	1	0	1	14
78	4	70	75	1	12	151.95	28	1	1	7	0	6	43
79	4	75	80	2	4	115.25	23	1	1	3	0	3	31
80	4	80	85	2	35	421.20	55	4	1	12	0	7	79
81	4	85	90	6	49	552.20	129	9	4	25	0	18	185
82	4	90	95	2	11	63.40	19	4	2	5	0	3	33
83	5	0	5	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
84	5	5	10	0	7	31.20	12	0	0	4	0	4	20
85	5	10	15	0	3	36.00	8	0	0	2	0	0	10
86	5	15	20	0	0	48.00	6	0	0	0	0	0	6
87	5	20	25	2	9	38.30	7	0	0	1	0	1	9
88	5	25	30	1	18	26.90	7	0	0	0	0	0	7
89	5	30	35	0	2	11.00	1	0	1	0	0	0	2
90	5	35	40	0	5	10.00	3	1	0	0	0	0	4
91	6	130	135	1	0	26.50	5	0	3	1	0	1	10
92	6	135	140	0	0	13.00	2	0	0	0	0	0	2
93	6	140	145	0	1	9.00	2	0	0	1	0	1	4
94	6	145	150	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
95	6	150	155	0	0	10.00	0	0	1	0	0	0	1
96	6	155	160	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
97	7	0	5	0	2	14.50	5	0	0	0	0	0	5
98	7	5	10	0	7	151.65	23	0	1	7	0	5	36
99	7	10	15	0	14	147.80	32	2	1	3	0	2	40
100	8	0	5	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
101	8	5	10	0	1	20.00	1	1	0	0	0	0	2
102	8	10	15	0	0	7.00	1	0	0	0	0	0	1
103	8	15	20	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
104	8	20	25	0	0	35.00	2	0	1	0	0	0	3
105	8	25	30	0	0	1.00	1	0	0	0	0	0	1
106	8	30	35	0	0	10.00	1	0	0	0	0	0	1
107	8	35	40	0	0	26.80	3	0	0	1	0	1	5
108	8	40	45	0	0	4.80	0	0	1	1	0	1	3
109	8	45	50	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
110	8	50	55	0	0	6.00	1	0	0	0	0	0	1
111	8	55	60	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
112	8	60	65	0	0	12.40	1	0	1	1	0	0	3
113	8	65	70	1	6	7.50	1	0	0	0	0	0	1
114	8	70	75	0	0	28.00	2	0	0	1	0	0	3
115	8	75	80	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
116	8	80	85	0	0	10.00	1	0	0	1	0	0	2
117	8	85	90	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
118	8	90	95	0	0	6.50	2	0	0	2	0	1	5
119	8	95	100	0	0	12.00	1	0	2	0	0	0	3
120	8	100	105	0	0	18.10	3	0	0	2	0	1	6
121	8	105	110	0	6	32.70	7	0	0	0	0	0	7
122	8	110	115	0	9	167.15	30	1	1	5	0	2	39
123	9	0	5	0	3	21.00	2	0	0	0	0	0	2
124													

APENDICE A
TABLA DE ESTADISTICAS DE ACCIDENTES DE TRANSITO. TAMAULIPAS 1992.
Base de datos ACCIDENT

NUMERO	RUTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDUC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
131	9	40	45	2	3	125.40	7	0	1	2	0	2	12
132	9	45	50	0	3	170.00	1	0	0	0	0	0	1
133	9	50	55	0	7	37.20	8	0	1	1	0	1	9
134	9	55	60	0	3	47.00	2	0	1	0	0	0	3
135	9	60	65	0	1	2.80	2	0	0	0	0	0	2
136	9	65	70	0	0	13.05	2	0	0	1	0	1	4
137	9	70	75	0	8	104.00	3	0	0	2	0	2	7
138	9	75	80	0	1	40.50	4	0	0	1	0	1	6
139	9	80	85	0	0	10.00	2	0	0	1	0	1	4
140	9	85	90	0	0	8.00	1	0	0	0	0	0	1
141	9	90	95	0	0	9.50	3	0	0	1	0	1	5
142	9	95	100	0	2	32.60	6	0	0	0	0	0	6
143	9	100	105	1	0	27.00	1	0	0	1	0	0	2
144	9	105	110	0	0	66.50	1	0	1	0	0	0	2
145	9	110	115	0	0	23.20	2	0	1	0	0	0	3
146	9	115	120	0	6	22.00	2	0	1	0	0	0	3
147	9	120	125	3	1	76.00	4	0	0	1	0	1	6
148	9	125	130	0	1	60.00	7	0	0	4	0	3	14
149	9	130	135	1	8	58.50	4	0	0	0	0	1	5
150	9	135	140	0	4	20.20	3	0	0	1	0	1	5
151	9	140	145	0	3	23.80	4	0	0	0	0	0	4
152	9	145	150	0	8	32.00	3	0	2	0	0	0	5
153	9	150	155	2	5	86.00	9	1	0	5	0	5	20
154	9	155	160	0	6	55.80	5	0	0	0	0	0	5
155	9	160	165	0	0	10.00	2	0	0	1	0	0	3
156	9	165	170	3	3	116.90	10	0	1	3	0	3	17
157	9	170	175	1	9	26.45	11	3	1	2	0	1	18
158	9	175	180	0	2	103.90	10	1	0	1	0	0	12
159	9	180	185	3	7	93.70	13	2	1	4	0	3	23
160	9	185	190	0	7	137.70	9	0	1	1	0	1	12
161	9	190	195	1	3	155.20	9	1	2	2	0	2	16
162	9	195	200	0	6	117.50	15	0	2	4	0	5	26
163	9	200	205	0	6	64.90	7	1	2	3	0	2	15
164	9	205	210	0	5	60.50	8	0	0	3	0	4	13
165	9	210	215	2	5	44.15	4	0	0	2	0	2	8
166	9	215	220	0	0	71.50	3	0	0	0	0	0	3
167	9	220	225	1	1	43.50	4	0	0	1	1	1	7
168	9	225	230	0	0	94.00	4	0	0	0	0	0	4
169	9	230	235	1	1	49.00	3	0	1	1	0	0	5
170	9	235	240	0	6	34.70	5	0	0	0	0	0	5
171	9	240	245	0	0	15.00	2	0	0	0	0	0	2
172	9	245	250	0	1	7.00	2	0	1	1	0	1	5
173	9	250	255	0	2	27.00	3	0	0	2	0	1	6
174	9	255	260	0	5	80.50	6	0	1	1	0	0	8
175	9	260	265	2	13	65.40	7	0	0	5	0	4	16
176	9	265	270	0	5	62.50	5	0	1	2	0	1	9
177	9	270	275	0	0	0.60	1	0	0	0	0	0	1
178	9	275	280	0	1	223.50	2	0	1	1	0	0	4
179	9	280	285	0	0	10.00	1	0	0	1	0	1	3
180	9	285	290	0	0	9.00	2	0	0	0	0	0	2
181	9	290	295	0	0	3.00	1	0	0	0	0	0	1
182	9	295	300	1	7	61.90	15	1	0	1	0	1	18
183	9	300	305	2	15	72.65	21	2	0	1	1	1	26
184	9	305	310	1	3	45.10	12	0	0	1	0	1	14
185	10	0	5	0	1	7.60	2	0	0	0	0	0	2
186	10	5	10	1	0	4.00	2	0	0	1	0	1	4
187	10	10	15	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
188	10	15	20	0	0	8.00	1	0	0	0	0	0	1
189	10	20	25	1	1	10.00	2	0	0	1	0	0	3
190	10	25	30	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
191	10	30	35	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
192	10	35	40	0	0	15.00	3	0	0	2	0	0	5
193	10	40	45	0	0	4.50	1	0	0	0	0	0	1
194	10	45	50	0	8	10.00	2	0	0	0	0	0	2
195	10	50	55	1	2	4.00	2	0	0	0	0	0	2

NUMERO	RUTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDUC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
196	10	55	60	0	0	2.50	1	0	0	0	0	0	1
197	10	60	65	0	0	21.00	2	0	0	0	0	0	2
198	10	65	70	0	0	11.00	1	0	0	0	0	0	1
199	10	70	75	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
200	10	75	80	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
201	10	80	85	0	0	15.00	2	0	1	1	0	0	4
202	10	85	90	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
203	10	90	95	0	0	4.00	1	0	0	0	0	0	1
204	10	95	100	0	0	5.00	1	0	0	1	0	1	3
205	10	100	105	0	3	7.00	1	0	0	0	0	0	1
206	10	105	110	0	0	0.50	1	0	0	1	0	0	2
207	10	110	115	0	5	33.00	3	0	0	1	0	1	5
208	10	115	120	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
209	11	0	5	0	0	46.00	3	0	0	2	0	1	6
210	11	5	10	0	0	7.00	1	0	0	0	0	0	1
211	11	10	15	1	2	28.80	7	1	2	2	0	1	13
212	11	15	20	0	1	63.00	5	0	1	1	0	0	7
213	11	20	25	0	0	26.00	5	0	2	1	0	0	8
214	11	25	30	0	4	21.10	3	0	0	0	0	0	3
215	11	30	35	0	4	55.70	8	0	1	1	0	2	12
216	11	35	40	0	0	8.00	2	0	0	1	0	1	4
217	11	40	45	0	0	51.00	4	0	1	3	0	2	10
218	11	45	50	0	2	41.20	5	0	0	1	0	1	7
219	11	50	55	0	0	38.00	3	0	0	1	0	1	5
220	11	55	60	0	2	59.20	4	0	0	2	0	0	6
221	11	60	65	0	0	36.50	2	0	2	1	0	1	6
222	11	65	70	0	7	25.00	4	0	0	2	0	1	7
223	11	70	75	0	5	34.00	2	0	1	1	0	0	4
224	11	75	80	0	0	6.20	2	0	0	0	0	0	2
225	11	80	85	0	2	21.00	4	0	0	2	0	0	6
226	11	85	90	1	3	42.00	5	0	0	3	0	2	10
227	11	90	95	0	4	32.00	2	0	0	0	0	0	2
228	11	95	100	0	0	36.00	4	0	0	2	0	2	8
229	11	100	105	0	0	147.50	7	0	0	2	0	0	9
230	11	105	110	1	11	82.00	4	0	1	1	0	0	6
231	11	110	115	0	0	32.00	3	0	0	1	0	0	4
232	11	115	120	0	0	18.20	3	0	0	1	0	1	5
233	11	120	125	0	0	302.00	0	0	2	0	0	0	2
234	11	125	130	0	0	10.00	1	0	0	0	0	0	1
235	11	130	135	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
236	11	135	140	0	0	472.00	2	0	0	1	0	0	3
237	11	140	145	0	3	42.00	4	0	1	0	0	0	5
238	11	145	150	0	7	82.70	9	1	1	2	0	2	15
239	11	150	155	0	0	19.00	3	0	0	1	0	0	4
240	11	155	160	0	2	25.50	4	0	0	1	0	1	6
241	11	160	165	0	0	24.50	3	0	0	3	0	1	7
242	11	165	170	0	2	37.00	4	0	0	1	0	1	6
243	11	170	175	0	3	24.00	3	0	1	0	0	0	4
244	11	175	180	0	0	28.00	3	0	0	0	0	0	3
245	11	180	185	0	0	7.50	2	0	0	0	0	0	2
246	11	185	190	0	0	6.00	0	0	1	0	0	0	1
247	11	190	195	2	1	62.00	1	0	2	0	0	1	4
248	11	195	200	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
249	11	200	205	0	0	48.00	3	0	1	3	0	3	10
250	11	205	210	0	0	43.00	2	0	1	2	0	2	7
251	11	210	215	0	3	14.00	3	0	0	1	0	0	4
252	11	215											

APENDICE A

TABLA DE ESTADISTICAS DE ACCIDENTES DE TRANSITO. TAMAULIPAS 1992.

Base de datos ACCIDENT

NUMERO	RTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDUC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
261	12	35	40	2	2	79.00	8	1	0	2	0	2	13
262	12	40	45	1	7	90.00	4	0	1	2	0	2	9
263	12	45	50	0	1	66.80	4	1	1	0	0	0	6
264	12	50	55	0	4	87.50	9	0	2	2	0	1	14
265	12	55	60	1	5	42.10	4	0	1	1	0	1	7
266	12	60	65	0	0	31.40	6	0	0	1	0	1	8
267	12	65	70	0	6	127.30	8	0	4	4	0	3	19
268	12	70	75	0	3	50.40	3	0	0	2	0	1	6
269	12	75	80	2	3	99.90	19	0	0	3	0	2	24
270	12	80	85	0	8	142.50	2	0	0	1	0	1	4
271	12	85	90	1	3	18.00	2	0	1	0	0	0	3
272	12	90	95	2	3	43.00	6	1	1	2	0	2	12
273	12	95	100	1	0	18.85	4	0	0	1	0	0	5
274	12	100	105	0	1	0.45	2	0	0	0	0	0	2
275	12	105	110	0	0	20.00	3	0	1	0	0	0	4
276	12	110	115	0	0	10.00	2	0	0	2	0	0	4
277	12	115	120	0	0	30.50	3	0	1	2	0	1	7
278	12	120	125	0	2	22.70	3	1	0	1	0	1	6
279	12	125	130	0	0	9.50	1	0	2	0	0	0	3
280	12	130	135	0	1	7.60	2	1	0	0	0	0	3
281	12	135	140	0	1	65.00	4	0	0	1	0	0	5
282	12	140	145	0	1	35.30	3	1	1	0	0	0	5
283	12	145	150	1	4	20.30	4	0	0	2	0	2	8
284	12	150	155	0	1	4.05	3	0	0	1	0	0	4
285	13	0	5	1	13	110.00	11	0	1	1	0	1	14
286	13	5	10	0	0	22.00	2	0	0	0	0	0	2
287	13	10	15	0	0	35.00	2	0	1	1	0	1	5
288	13	15	20	0	0	24.50	2	0	0	1	0	0	3
289	13	20	25	0	0	28.00	2	0	0	0	0	0	2
290	13	25	30	0	5	58.00	4	0	1	1	0	1	7
291	13	30	35	0	1	9.20	0	0	2	1	0	0	3
292	13	35	40	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
293	13	40	45	0	0	13.00	2	0	0	0	0	0	2
294	13	45	50	0	0	26.00	2	0	0	0	0	0	2
295	13	50	55	0	0	47.00	3	0	0	1	0	2	6
296	13	55	60	0	1	54.15	3	2	2	1	0	1	9
297	13	60	65	0	6	41.80	3	0	0	0	0	0	3
298	13	65	70	0	2	26.50	5	0	0	0	0	0	5
299	13	70	75	0	4	124.00	7	0	0	3	0	2	12
300	13	75	80	0	3	25.50	2	0	0	0	0	0	2
301	13	80	85	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
302	13	85	90	0	4	23.00	2	0	0	0	0	0	2
303	14	50	55	1	1	22.00	3	0	0	3	0	1	7
304	14	55	60	0	5	116.30	5	0	1	1	0	1	8
305	14	60	65	0	0	4.25	2	1	0	0	0	0	3
306	14	65	70	0	0	16.40	4	0	1	1	0	1	7
307	14	70	75	0	15	90.00	6	0	1	5	0	3	15
308	14	75	80	0	5	37.40	11	0	3	2	0	2	18
309	14	80	85	0	1	21.00	2	0	0	0	0	0	2
310	14	85	90	5	36	53.40	5	0	2	0	0	1	8
311	14	90	95	1	1	50.85	9	0	1	1	0	1	12
312	14	95	100	0	3	74.50	11	0	0	2	0	1	14
313	14	100	105	0	6	89.10	10	0	2	3	1	2	18
314	14	105	110	0	2	15.10	5	0	0	0	0	0	5
315	14	110	115	0	4	44.30	7	1	1	2	0	2	13
316	14	115	120	0	1	27.00	2	1	0	0	0	0	3
317	14	120	125	1	0	45.00	5	1	1	2	0	2	11
318	14	125	130	0	0	17.00	2	0	0	1	0	0	3
319	14	130	135	0	4	63.10	7	0	0	6	0	6	19
320	14	135	140	0	1	15.40	4	0	0	1	0	1	6
321	14	140	145	0	1	1.35	3	0	0	0	0	0	3
322	14	145	150	0	4	13.00	3	0	0	1	0	1	5
323	14	150	155	0	1	65.00	2	0	0	0	0	0	2
324	14	155	160	0	0	53.00	1	0	1	2	0	1	5
325	14	160	165	0	0	7.50	2	0	0	3	0	0	5

NUMERO	RTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDUC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
326	14	165	170	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
327	14	170	175	0	3	179.05	11	0	4	2	0	2	19
328	14	175	180	1	6	489.50	10	5	2	0	0	0	17
329	14	180	185	0	2	28.00	3	0	0	1	0	0	4
330	14	185	190	3	12	231.80	10	0	2	3	1	0	16
331	14	190	195	0	0	261.20	6	0	2	2	0	2	12
332	14	195	200	2	9	112.50	10	1	0	1	0	1	13
333	14	200	205	0	1	66.00	6	0	2	0	0	0	8
334	14	205	210	0	3	101.00	5	0	0	1	0	1	7
335	14	210	215	0	1	24.50	3	0	0	0	0	0	3
336	14	215	220	0	0	43.00	6	0	0	2	0	1	9
337	14	220	225	0	0	5.80	1	0	0	0	0	0	1
338	14	225	230	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
339	15	170	175	0	0	5.00	1	0	0	1	0	1	3
340	15	175	180	0	1	13.00	2	0	0	0	0	0	2
341	15	180	185	0	0	24.00	2	0	1	3	0	2	8
342	15	185	190	0	11	11.44	11	0	1	7	0	5	24
343	15	190	195	0	1	79.00	6	0	3	2	0	1	12
344	15	195	200	0	1	2.50	1	1	1	0	0	0	3
345	16	0	5	0	0	40.00	1	0	0	0	0	0	1
346	16	5	10	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
347	16	10	15	1	13	108.50	10	0	0	9	0	2	21
348	16	15	20	0	0	15.50	1	0	0	0	0	0	1
349	16	20	25	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
350	16	25	30	0	3	45.00	3	0	0	0	0	0	3
351	16	30	35	0	0	4.00	1	0	0	0	0	0	1
352	16	35	40	0	8	137.20	6	0	1	1	0	1	9
353	16	40	45	0	1	3.00	1	0	0	0	0	0	1
354	16	45	50	0	2	34.00	3	0	0	0	0	0	3
355	16	50	55	0	1	3.00	1	0	0	0	0	0	1
356	16	55	60	0	0	46.00	3	0	0	1	0	1	5
357	16	60	65	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0
358	16	65	70	2	0	347.50	5	0	0	2	0	1	8
359	16	70	75	1	4	325.00	6	0	1	3	0	1	11
360	16	75	80	0	9	98.00	5	0	4	4	0	3	12
361	16	80	85	0	0	43.00	3	0	0	1	0	1	5
362	16	85	90	0	0	42.00	5	0	0	4	0	3	12
363	16	90	95	3	22	266.60	23	0	1	23	0	15	62
364	16	95	100	1	7	229.00	17	0	0	11	0	6	34
365	16	100	105	0	1	15.00	2	0	0	2	0	2	6
366	16	105	110	0	3	53.50	3	0	1	1	0	0	5
367	16	110	115	0	1	15.50	4	0	1	0	0	0	5
368	16	115	120	0	0	3.80	1	0	0	0	0	0	1
369	16	120	125	0	1	16.00	3	0	0	1	0	0	4
370	16	125	130	0	0	50.60	3	0	1	2	0	2	8
371	16	130	135	0	0	4.50	1	0	0	0	0	0	1
372	16	135	140	1	4	183.30	11	0	1	3	0	3	18
373	16	140	145	4	6	437.50	17	0	4	5	0	5	31
374	16	145	150	0	2	89.00	7	0	1	5	0	2	15
375	16	150	155	1	7	505.10	12	0	1	5	0	3	21
376	16	155	160	0	1	96.00	7	0	1	2	0	1	11
377	16	160	165	0	1	329.60	11	0	9	2	0	2	24
378	16	165	170	0	8	204.00	13	0	0	4	0	3	20
379	16	170	175	0	5	14.90	4	0	0	1	0	1	6
380	17	0	5	1	4	16.07	6						

APENDICE A
TABLA DE ESTADISTICAS DE ACCIDENTES DE TRANSITO. TAMAULIPAS 1992.
Base de datos ACCIDENT

NUMERO	RUTA	DEL_KM	AL_KM	MUERTOS	HERIDOS	D_MAT	CONDUC	PEA_PAS	VEHI	CAMINO	GANADO	A_MAT	NO_ACC
391	17	55	60	0	0	50.00	2	0	0	0	0	0	2
392	17	60	65	2	1	96.90	7	1	0	0	0	0	8
393	17	65	70	1	5	80.00	6	0	0	2	0	2	10
394	17	70	75	0	0	82.00	8	0	0	1	0	1	8
395	17	75	80	0	0	117.50	7	0	0	3	0	2	12
396	17	80	85	0	2	125.90	5	0	0	1	0	2	8
397	17	85	90	0	0	155.00	9	0	1	2	0	2	14
398	17	90	95	0	18	781.00	36	0	0	24	0	21	81
399	17	95	100	0	0	51.00	3	0	0	1	0	1	5
400	17	100	105	1	3	147.00	4	0	0	1	0	1	6
401	17	105	110	0	3	216.00	9	0	0	3	0	2	14
402	17	110	115	0	2	37.00	4	0	0	0	0	1	5
403	17	115	120	0	1	351.41	16	0	0	5	0	2	23
404	17	120	125	0	0	104.00	5	0	0	3	0	3	11
405	17	125	130	0	0	3.00	0	0	0	1	0	0	1



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

APENDICE B
TABLA DE CALIDAD Y DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL CAMINO. TAMAULIPAS 1992.
 Base de datos CALIDAD

RUTA	DEL_KM	AL_KM	R_SCT	TIPO_RED	PASE	TIPO_TERRENO	CAL_CAM	CAL_SER
1	5.3	10	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
1	10	20	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
1	30	30	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
1	30	38	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
2	184.6	180	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
2	180	200	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
2	200	202.5	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
2	202.5	210	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
2	210	220	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
2	220	223.9	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	2	10	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	10	20	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	20	30	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	30	40	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	40	50	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	50	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	80	81	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
3	81	84	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
3	85	88.8	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
3	78.2	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
3	80	87	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
3	88.6	90	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
3	80	100	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
3	100	101.2	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
3	103.2	110	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
3	110	120	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
3	120	130	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
3	130	140	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
3	140	150	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
3	150	160	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
3	160	170	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
3	170	180	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
3	180	180	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
3	180	200	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
3	200	210	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
3	210	220	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
3	220	221.1	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
4	0	2	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	2	10	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	10	20	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	20	30	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	30	38	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	REGULAR
4	38	40	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	REGULAR
4	40	50	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	REGULAR
4	50	55	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	55	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
4	80	88	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	71	73.5	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	73.5	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
4	80	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
4	80	81.8	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
5	2.8	9.7	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
5	9.7	10	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
5	10	20	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
5	30	30	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	REGULAR
5	30	37.6	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	REGULAR
6	182.8	140	54	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
6	140	120	64	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	REGULAR
6	150	156.8	54	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
7	0	10	40	BAS	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
7	10	13.3	40	BAS	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	REGULAR
8	0	10	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	10	20	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	20	30	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	30	40	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
8	40	50	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	50	80	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	80	70	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	70	80	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	80	90	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	REGULAR	BUENA
8	90	100	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	100	110	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
8	110	115.1	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
9	4.5	10	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	10	20	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	20	30	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	30	40	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	40	45	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	45	46	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	46	50	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA

RUTA	DEL_KM	AL_KM	R_SCT	TIPO_RED	PASE	TIPO_TERRENO	CAL_CAM	CAL_SER
9	50	60	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	60	70	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	70	80	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	80	90	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	90	98	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	REGULAR	BUENA
9	97.3	100	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	100	110	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	110	120	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	120	130	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	130	140	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	140	150	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	150	160	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	REGULAR	BUENA
9	160	170	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	170	175.5	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	177.5	180	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	180	190	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	190	200	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	200	210	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	210	220	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	220	230	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	230	240	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	REGULAR	BUENA
9	240	250	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	250	280	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	280	270	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	270	280	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	280	290	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	REGULAR
9	290	300	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	300	307.8	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
9	307.8	308.9	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%LOM 30%	BUENA	BUENA
10	4.4	10	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	BUENA	BUENA
10	10	20	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	BUENA	BUENA
10	20	30	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	BUENA	BUENA
10	30	40	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	BUENA	BUENA
10	40	50	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	BUENA	BUENA
10	50	60	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	REGULAR	BUENA
10	60	70	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	REGULAR	BUENA
10	70	80	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	REGULAR	BUENA
10	80	90	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	BUENA	BUENA
10	90	100	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	REGULAR	BUENA
10	100	110	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	REGULAR	REGULAR
10	110	117.5	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%	REGULAR	REGULAR
11	0	10	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	10	20	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	20	30	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	30	38	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
11	38	40	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	40	50	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	50	60	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	60	70	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	REGULAR
11	70	80	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	80	90	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	90	100	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	100	110	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	110	120	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	120	130	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	130	140	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	140	148	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	148	150	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	BUENA
11	150	160	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
11	160	170	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
11	170	180	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
11	180	190	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	BUENA
11	190	200	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	200	210	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	210	220	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	REGULAR	REGULAR
11	220	230	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	REGULAR
11	230	232.5	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%	BUENA	REGULAR
12	7.2	10	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
12	10	12.7	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
12	12.7	20.4	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
12	25.1	30	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
12	35.6	100	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
12	100	110	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	BUENA
12	110	120	80	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	BUENA	

APENDICE B
 TABLA DE CALIDAD Y DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL CAMINO. TAMAULIPAS 1992.
 Base de datos CALIDAD

RUTA	DEL_KM	AL_KM	R_SCT	TIPO_RED	FASE	TIPO_TERRENO	CAL_CAM	CAL_BER
13	20	30	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
13	30	40	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	BUENA
13	40	50	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	BUENA
13	50	60	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	BUENA
13	60	70	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
13	70	75	51	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
13	75	80	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
13	80	88.6	81	BAS	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	50.4	80	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	BUENA	BUENA
14	80	88	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	BUENA	BUENA
14	98	97.5	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	BUENA	BUENA
14	97.5	70	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	BUENA	BUENA
14	70	80	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	REGULAR	BUENA
14	80	90	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	REGULAR	BUENA
14	90	93.9	85	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	BUENA	BUENA
14	98.8	100	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	100	107	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	107	108	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	108	110	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	110	120	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	120	130	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	130	140	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	BUENA
14	140	150	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	REGULAR
14	150	160	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	REGULAR
14	160	170	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	170	180	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	180	190	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	REGULAR	BUENA
14	190	200	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	200	210	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	210	220	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
14	220	226.9	85	PROR	PAV 100%	PLANO 70%ALOM 30%	BUENA	BUENA
15	173.3	180	80	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	MALA	REGULAR
15	180	180	80	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	MALA	REGULAR
15	180	198.9	80	SEC	PAV 100%	MONTE 100%	REGULAR	REGULAR
16	2.4	10	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	10	20	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	20	30	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	30	40	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	40	50	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	REGULAR	BUENA
16	50	60	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	60	70	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	70	80	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	REGULAR	BUENA
16	80	90	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	REGULAR	BUENA
16	90	100	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	100	110	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	110	120	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	120	130	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	130	140	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	140	150	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	150	160	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	160	170	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
16	170	173.4	101	BAS	PAV 100%	PLANO 20%ALOM 40%ALOM 40%	BUENA	BUENA
17	3.9	10	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	10	20	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	20	30	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	30	38	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	38	40	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	40	50	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	50	60	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	60	70	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	BUENA	BUENA
17	70	80	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	REGULAR	BUENA
17	80	80	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	REGULAR	BUENA
17	90	100	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	REGULAR	BUENA
17	100	110	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	REGULAR	BUENA
17	110	120	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	REGULAR	BUENA
17	120	128.2	85	PRO	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	REGULAR	BUENA
1	5.3	10	5.3	10	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
1	10	20	10	20	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
1	20	30	20	30	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
1	30	35	30	35	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
2	4.8	10	184.8	190	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
2	10	20	180	200	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
2	20	22.5	200	202.5	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
2	22.5	30	202.5	210	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
2	30	40	210	220	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
2	40	43.9	220	223.8	85	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
3	2.1	10	2.1	10	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
3	10	20	10	20	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
3	20	30	20	30	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%
3	30	40	30	40	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%

RUTA	DEL_KM	AL_KM	R_SCT	TIPO_RED	FASE	TIPO_TERRENO	CAL_CAM	PLANO	CAL_BER
3	40	50	40	50	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	50	60	50	60	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	60	81	60	81	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	81	84	61	84	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	85	88.6	85	88.6	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	78.2	80	78.2	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	80	87	80	87	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	88.6	90	88.6	90	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	90	100	80	100	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	100	101.2	100	101.2	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
3	103.3	110	103.3	110	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	110	120	110	120	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	120	130	120	130	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	130	140	130	140	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	140	150	140	150	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	150	160	150	160	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	160	170	160	170	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	170	180	170	180	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	180	190	180	190	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	190	200	190	200	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	200	210	200	210	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	210	220	210	220	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
3	220	221.1	220	221.1	2	PROR	PAV 100%	LOM 100%	
4	0	2	0	2	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	2	10	2	10	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	10	20	10	20	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	20	30	20	30	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	30	38	30	38	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	38	40	38	40	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	40	50	40	50	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	50	55	50	55	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	55	60	55	60	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	60	68	60	68	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	71	73.5	71	73.5	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	73.5	80	73.5	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	80	80	80	80	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
4	80	91.8	80	91.8	2	PROR	PAV 100%	PLANO 100%	
5	2.8	9.7	2.8	9.7	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
5	9.7	10	9.7	10	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
5	10	20	10	20	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
5	20	20	20	20	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
5	30	37.6	30	37.6	2	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
6	2.8	10	132.4	140	54	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
6	10	20	140	150	54	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
6	20	29.8	150	155.8	54	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
7	0	10	0	10	40	BAS	PAV 100%	PLANO 100%	
7	10	13.3	10	13.3	40	BAS	PAV 100%	PLANO 100%	
8	0	10	0	10	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	10	20	10	20	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	20	30	20	30	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	30	40	30	40	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	40	50	40	50	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	50	60	50	60	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	60	70	60	70	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	70	80	70	80	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	80	90	80	90	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	90	100	90	100	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	100	110	100	110	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
8	110	115.1	110	115.1	97	SEC	PAV 100%	PLANO 100%	
9	4.5	10	4.5	10	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	10	20	10	20	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	20	30	20	30	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	30	40	30	40	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	40	43	40	43	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	45	48	45	48	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	48	50	48	50	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	50	60	50	60	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	60	70	60	70	101	BAS	PAV 100%	PLANO 80%ALOM 20%	
9	70</								

APENDICE B
 TABLA DE CALIDAD Y DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL CAMINO. TAMAULIPAS 1992.
 Base de datos CALIDAD

RUTA	DEL_KM	AL_KM	R_SCT	TPO_REB	FASE	TIPO TERRENO	CAL_CAM	CAL_BER
9	177.3	180	177.3	180	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	180	180	180	180	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	180	200	180	200	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	200	210	200	210	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	210	220	210	220	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	220	230	220	230	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	230	240	230	240	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	240	250	240	250	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	250	260	250	260	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	260	270	260	270	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	270	280	270	280	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	280	290	280	290	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	290	300	290	300	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	300	307.3	300	307.3	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
9	307.3	308.9	307.3	308.9	101	BAF	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
10	4.4	10	4.4	10	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	10	20	10	20	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	20	30	20	30	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	30	40	30	40	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	40	50	40	50	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	50	60	50	60	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	60	70	60	70	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	70	80	70	80	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	80	90	80	90	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	90	100	90	100	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	100	110	100	110	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
10	110	117.3	110	117.3	70	SEC	PAV 100%	PLANO 50%MONT 30%LOM 20%
11	0	10	0	10	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	10	20	10	20	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	20	30	20	30	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	30	36	30	36	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	36	40	36	40	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	40	50	40	50	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	50	60	50	60	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	60	70	60	70	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	70	80	70	80	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	80	90	80	90	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	90	100	90	100	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	100	110	100	110	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	110	120	110	120	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	120	130	120	130	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	130	140	130	140	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	140	148	140	148	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	148	150	148	150	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	150	160	150	160	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	160	170	160	170	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	170	180	170	180	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	180	190	180	190	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	190	200	190	200	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	200	210	200	210	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	210	220	210	220	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	220	230	220	230	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
11	230	232.5	230	232.5	180	SEC	PAV 100%	LOM 100%
12	7.2	10	7.2	10	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	10	12.7	10	12.7	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	12.7	20.4	12.7	20.4	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	25.1	30	25.1	30	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	95.6	100	95.6	100	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	100	110	100	110	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	110	120	110	120	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	120	130	120	130	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	130	140	130	140	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	140	150	140	150	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
12	150	153.3	150	153.3	80	PRIOR	PAV 100%	PLANO 100%
13	0	10	0	10	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	10	20	10	20	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	20	30	20	30	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	30	40	30	40	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	40	50	40	50	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	50	60	50	60	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	60	70	60	70	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	70	75	70	75	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	75	80	75	80	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
13	80	88.8	80	88.8	81	BAF	PAV 100%	PLANO 70%LOM 30%
14	0.4	10	0.4	10	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%
14	10	18	10	18	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%
14	18	17.5	18	17.5	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%
14	17.5	20	17.5	20	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%
14	20	30	20	30	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%
14	30	40	30	40	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%

RUTA	DEL_KM	AL_KM	R_SCT	TPO_REB	FASE	TIPO TERRENO	CAL_CAM	CAL_BER
14	40	43.9	40	43.9	85	SEC	PAV 100%	MONT 100%
14	43.9	50	43.9	50	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	50	57	50	57	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	57	58	57	58	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	58	60	58	60	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	60	70	60	70	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	70	80	70	80	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	80	90	80	90	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	90	100	90	100	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	100	110	100	110	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	110	120	110	120	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	120	130	120	130	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	130	140	130	140	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	140	150	140	150	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	150	160	150	160	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	160	170	160	170	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
14	170	178.8	170	178.8	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 70%MONT 30%
15	3.3	10	3.3	10	80	SEC	PAV 100%	MONT 100%
15	10	20	10	20	80	SEC	PAV 100%	MONT 100%
15	20	28.9	20	28.9	80	SEC	PAV 100%	MONT 100%
16	2.4	10	2.4	10	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	10	20	10	20	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	20	30	20	30	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	30	40	30	40	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	40	50	40	50	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	50	60	50	60	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	60	70	60	70	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	70	80	70	80	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	80	90	80	90	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	90	100	90	100	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	100	110	100	110	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	110	120	110	120	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	120	130	120	130	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	130	140	130	140	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	140	150	140	150	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	150	160	150	160	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	160	170	160	170	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
16	170	173.4	170	173.4	101	BAF	PAV 100%	PLANO 20%MONT 40%LOM 40%
17	3.9	10	3.9	10	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	10	20	10	20	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	20	30	20	30	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	30	38	30	38	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	38	40	38	40	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	40	50	40	50	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	50	60	50	60	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	60	70	60	70	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	70	80	70	80	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	80	90	80	90	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	90	100	90	100	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	100	110	100	110	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	110	120	110	120	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%
17	120	126.3	120	126.3	85	PRIOR	PAV 100%	PLANO 80%LOM 20%

BIBLIOTECA
 DR. JORGE A. VIVO



CARTOGRAFIA IMPRESA

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subdirección de Cartografía y Presentación (1994). **Mapa de carreteras del estado de Tamaulipas. México.**

CARTOGRAFIA DIGITAL

Instituto Mexicano del Transporte (1995). **Mapa digital vectorial con información correspondiente a la red federal de carreteras del estado de Tamaulipas en formato ARC/INFO.**

Instituto Mexicano del Transporte (1995). **Mapa digital de puntos con información sobre diferentes tipos de infraestructura a lo largo de las carreteras federales del estado de Tamaulipas (intersecciones, entronques, cruces de ferrocarril, paradas de autobuses de pasajeros y paraderos de camiones de carga) en formato ARC/INFO.**

APLICACIONES EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- Bayapureddy, D. (1996). *Geographic information system for identification of high accidents locations. 1996 ESRI User's Conference. Proceedings.* USA, 13 p. (document in CD-ROM).
- Breuer, G., Fees, D. and Sanders, L. (1992). *Dynamic query system gives Missouri a highway management tool. Geo Info Systems. Vol. 2, No. 8, June 1992.* Advanstar Communications, USA, p. 49-55.
- Cohn, F. (1995). *War on potholes: New York City improves roadway design and management with CAD/GIS. Geo Info Systems. Vol. 5, No. 5, May 1995.* Advanstar Communications, USA, p. 23-28.
- D'Arcy, W. (1995). *Pennsylvania DOT maps local accidents. Geo Info Systems. Vol. 5, No. 5, May 1995.* Advanstar Communications, USA, p. 34-35,69.
- Environmental Systems Research Institute (1995). *Dynamic Segmentation for the GIS-T Desktop. ArcView and Transportation Applications. ARC News. Fall 1995.* Redlands, CA.
- Fabrikant, Sara. (1996). *MSc Thesis: Visualization of passenger flows on the Swiss Train Network. NetWiz-On line documentation.* <http://www.geo.unizh.ch/sara/NetWiz.html>, p. 1.
- Filian, R. K. and Higelin, J. (1996). *Traffic accident records. 1996 ESRI User's Conference. Proceedings.* USA, 20 p. (document in CD-ROM).
- Filian, R. K. and Higelin, J. (1995). *Traffic engineering in a GIS environment: Highlighting progress of the County of Riverside Geographic Information System Based Accident Records System (GIS-BARS). ESRI Home Page.* <http://www.esri.com/resource/userconf/proc95/to050/p029.html>, 8 p.
- Francica, J. (1992). *Commercial transportation applications abundant for GIS. GIS World. Vol. 5, No. 1, February 1992.* GIS World Inc. USA, p. 86-87.
- Higgins, S. (1996). *Integrating Dynamic Segmentation into publication quality transportation maps. 1996 ESRI User's Conference. Proceedings.* USA, 5 p. (document in CD-ROM).
- Intergraph, Inc. (1996). *MGE Segment Manager. Dynamic segmentation solutions for transportation, local government, and commercial industries. Intergraph Home Page.* <http://www.intergraph.com/Infrastructure/products/mgsm.html>, 4 p.
- Intergraph, Inc. (1996). *Providing solutions for the transportation industry. Information systems for transportation. Intergraph Home Page.* http://www.intergraph.com/Infrastructure/markets/trans/ti_txt.html, 5 p.
- Jin, Sh. and Freeman, J. (1996). *Data integration and automation in Polk county, Florida: Transportation applications and lessons learned. 1996 ESRI User's Conference. Proceedings.* USA, 4 p. (document in CD-ROM).

- Landis, K. (1996). *Comprehensive pavement management in Georgia utilizing the Route-System Data Model*. **1996 ESRI User's Conference. Proceedings**. USA, 4 p. (document in CD-ROM).
- Peled, A., Haj-Yehia, B. and Hakkert, A.S. (1996). *Arc/Info-based geographical information system for road safety analyses and improvement*. **1996 ESRI User's Conference. Proceedings**. USA, 7 p. (document in CD-ROM).
- Price, J. (1996). *Using the Georgia Department of Transportation's Road characteristics database for intersection level calibration: an application of the Arc/Info Dynamic Segmentation Model*. **1996 ESRI User's Conference. Proceedings**. USA, 12 p. (document in CD-ROM).
- Randolph, D. and Buchacz, D. (1993). *Transportation: targeting the rideshare market*. **Geo Info Systems. Vol. 3, No. 6, Jun 1993**. Advanstar Communications, USA, p. 54-58.
- Simkowitz, H. (1993). *GIS supports transportation system planning*. **1993 International GIS Sourcebook. Geographic Information System Technology in 1992**. GIS World Inc. USA, p. 234-236.
- Smith, P. (1993). *State transportation department empowered by GIS*. **GIS World. Vol. 6, No. 4, April 1993**. GIS World Inc. USA, p. 34-37.
- Stutheit, J. (1994). *GIS sparks traffic management cooperation*. **GIS World. Vol. 7, No. 4, April 1994**. GIS World Inc. USA, p. 44-47.
- Versenyi, J., Holdstock, D. and Fisher, T. (1996). *Considering the alternatives: GIS identifies nine possibilities for highway connection*. **Geo Info Systems. Vol. 4, No. 9, Sep 1994**. Advanstar Communications, USA, p. 43-45.
- Zhang, X. (1995). *Street address database creation: concept, programming and error tracking procedure*. **ESRI Home Page**. <http://www.esri.com/resources/userconf/proc95/to250/p213.html>, 1 p.

GEOGRAFÍA DEL TRANSPORTE

- Chías, L. (1992). *Transporte y estructura regional del abasto. Aspectos metodológicos de la investigación*. **El Abasto de alimentos en México**. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM-H. Cámara de Diputados, LV Legislatura. México, p. 187-222.
- Chías, L. (1994). *Geografía del transporte*. **La geografía humana en México: institucionalización y desarrollo recientes**. UNAM-FCE, México, 1994, p. 167-179.
- Giménez, R. (1986). *La geografía de los transportes, en busca de su identidad*. **Revista Geocrítica**. No. 62, Universidad de Barcelona, España, 64 p.
- Potrykowski, M. y Taylor, Z. (1984). **Geografía del transporte**. Ed. Ariel, Barcelona, 303 p.

- Taaffe, E. and Gauthier, H. (1973). **Geography of transportation**. Prentice-Hall Inc. New Jersey, 226 p.
- Tolley, R. and Turton, B. (1995). **Transports systems, policy and planning. A geographical approach**. Longman Group Ltd., London, 402 p.
- White, H.P. and Senior, M.L. (1983). **Transport geography**. Longman Group Ltd., London, 224 p.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- Aronoff, S. (1991). **Geographic information systems. A management perspective**. WDL Publications, Ottawa, 294 p.
- Burrough, P. (1991) **Principles of geographical information systems form land resources assessment**. Oxford University Press, Oxford, 194 p.
- Montgomery, G. and Schuch, H. (1993). **GIS Data Conversion handbook**. GIS World, Inc., USA, 291 p.
- Maguire, D.J. (1991). *An overview and definition of GIS*. **Geographical Information systems. Principles and applications**. Vol. 1. John Wiley & Sons, Inc. New York, p. 9-20.

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1994). **Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1994**. Aguascalientes, 668 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Tamaulipas (1995). **Anuario estadístico del estado de Tamaulipas 1995**. Aguascalientes, 390 p.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Unidad General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (1992). **Estadística de accidentes de tránsito. Estado de Tamaulipas 1992**. México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Unidad General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones. Centro S.C.T. Tamaulipas (1995). **Calificación actual del estado físico de la red federal de carreteras de Tamaulipas**. México.

MANUALES DE ARC/INFO

- ESRI (1992a). **ARC Command references**. Redlands, CA.
- ESRI (1992b). **ARCEDIT Command references**. Redlands, CA.
- ESRI (1992c). **ARC/INFO. Data model, concepts and key terms. The geographic information system software**. Redlands, CA.
- ESRI (1992d). **ARC PLOT Command references**. Redlands, CA.
- ESRI (1992e). **Cell-based modeling with GRID. Analysis, display and management**. Redlands, CA.
- ESRI (1992f). **Dynamic Segmentation. Modeling linear features**. Redlands, CA.
- ESRI (1992g). **GRID Command references**. Redlands, CA.
- ESRI (1992h). **Introduction to ARC/INFO. Rev. 6.0**. Redlands, CA.
- ESRI (1990). **Understanding GIS. The ARC/INFO Method**. Redlands, CA.

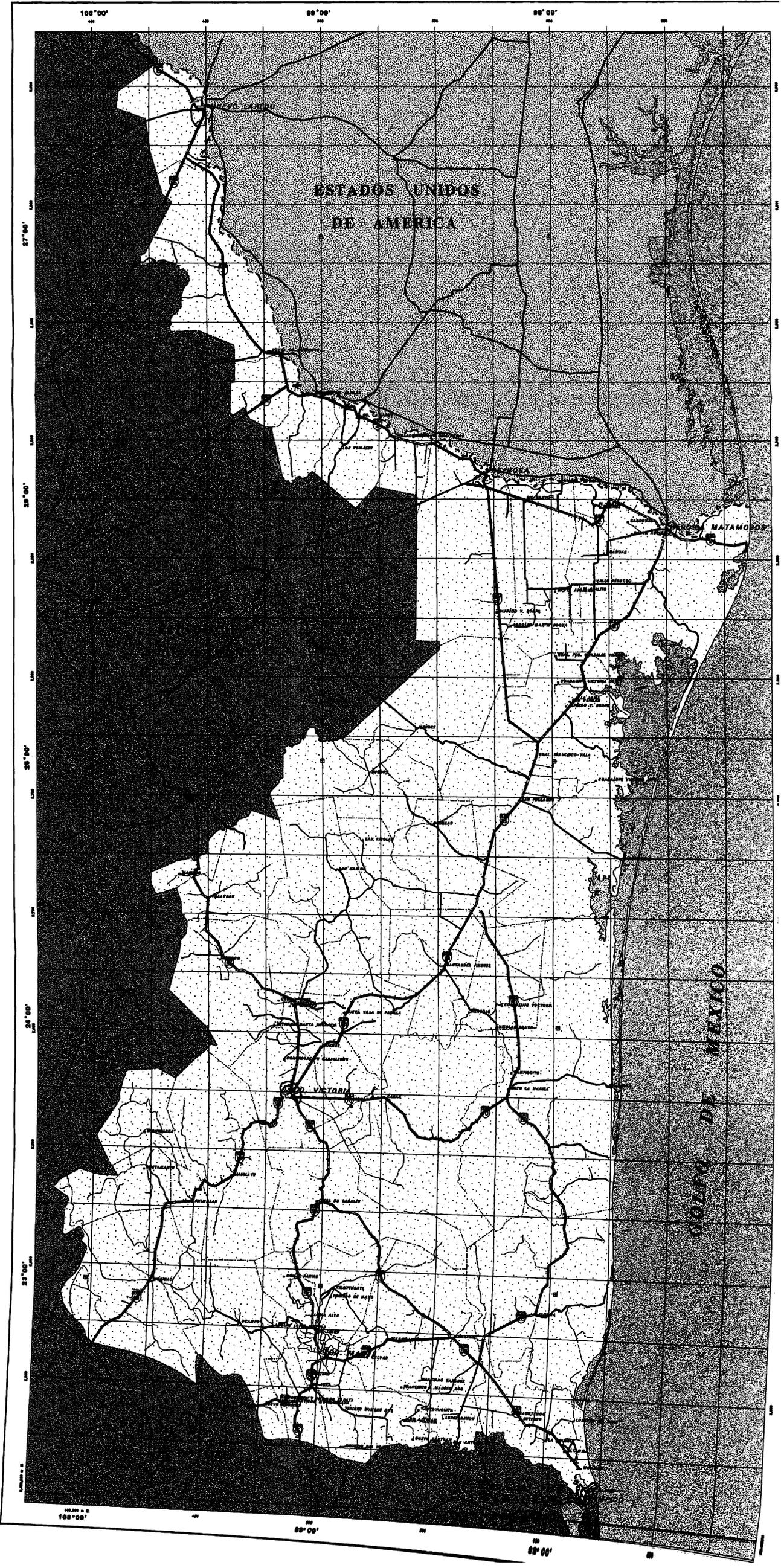
OTROS TEMAS

- Diario Oficial de la Federación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos (1996). **Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000**. Segunda Sección. Tomo DX, No. 16. México, D. F. lunes 25 de marzo de 1996. Talleres Gráficos de México, México. 64 p.
- Downie, N. y Heath R. (1973). **Métodos estadísticos aplicados**. Ed. Harla, México, 373 p.
- Palacio, J.L., Luna, L. and Backhoff, M.A. (1995) *GPS and GIS map Mexico's roads and highways*. **GPS World**, VOL. 6, No. 3, March 1995, USA, pp. 20-24.

BIBLIOGRAFÍA TEMÁTICA

ACCIDENTES DE TRÁNSITO

- Altozano, J.M. (1986). *Panorama general de la seguridad vial. Jornadas de Seguridad en Carreteras*. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León y Dirección General de Carreteras del MOPU. Octubre 30-31, Burgos, p. 25-35.
- Diario "El Economista", 24 de noviembre de 1992, México, D. F., p. 24.
- Domínguez, J.M. (1993). **Estudio geográfico de los accidentes de vehículos en carreteras y vías urbanas en México. 1980-1988**. Tesis de Licenciatura en Geografía. Colegio de Geografía, FFyL, UNAM, México, 100 p.
- Doyen, A. (1991) *Report of Belgium. XIXth World Road Congress*. Sept. 22-28. Marrakesh. Permanent International Association of Road Congress, p. 40.
- Gardeta, J.G. (1986). *El marco y fronteras de la seguridad vial. Jornadas de Seguridad en Carreteras*. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León y Dirección General de Carreteras del MOPU. Octubre 30-31, Burgos, p. 13-23.
- Menéndez, F. (1986). *Factores de la seguridad vial a considerar en el planeamiento. Jornadas de Seguridad en Carreteras*. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León y Dirección General de Carreteras del MOPU. Octubre 30-31, Burgos, p. 51-55.
- Nassi, C. (1992) *Accidentes de tránsito y el uso del cinturón de seguridad en Brasil. Seminario Internacional sobre Seguridad en Carreteras*. Noviembre 23-27, Cd. de México. Instituto Sueco de Investigación de Caminos y Tránsito, p. 7.
- Niño, M. (1986). *Sesión inaugural. Jornadas de Seguridad en Carreteras*. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León y Dirección General de Carreteras del MOPU. Octubre 30-31, Burgos, p. 7-9.
- Rodríguez, E. (1994). **Los accidentes de tránsito en la zona metropolitana de la Ciudad de México**. Tesis de Licenciatura en Geografía. Colegio de Geografía, FFyL, UNAM, México, 151 p.
- Rumar, K. (1992) *Aspectos generales y factores predisponentes de los accidentes en carretera. Seminario Internacional sobre Seguridad en Carreteras*. Noviembre 23-27, Cd. de México. Instituto Sueco de Investigación de Caminos y Tránsito, p. 4-5.
- Villegas, P. (1986). *Seguridad vial y sus problemas. Jornadas de Seguridad en Carreteras*. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León y Dirección General de Carreteras del MOPU. Octubre 30-31, Burgos, p.37-41.



CLASIFICACION DE ACCIDENTES DE TRANSITO POR SU FRECUENCIA, CALIDAD DEL PAVIMENTO Y SEÑALIZACION EN CARRETERAS FEDERALES

ESTADO DE TAMAULIPAS 1992

SIMBOLOGIA

LIMITES

INTERNACIONALES -----
ESTATALES -----
MUNICIPALES -----

LOCALIDADES

ALTA MIRA

VIAS TERRESTRES

CARRETERAS FEDERALES =====
CARRETERAS ESTATALES PAVIMENTADAS =====
CARRETERAS ESTATALES REVESTIDAS =====
OTROS CAMINOS REVESTIDOS =====

LEYENDA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES

POR FRECUENCIA

NULA =====
BAJA =====
MEDIA =====
ALTA =====
EXTRAORDINARIA =====

POR CALIDAD DEL PAVIMENTO Y SEÑALIZACION

MALA =====
REGULAR =====
BUENA =====

MAPA DE REFERENCIA



PROYECCION UTM
ESFEROIDE CLARKE de 1866
DATUM NAD83
ZONA UTM 14
CUADRICULA 8 sobre 25,000 m

ESCALA 1:2,000,000



TABLA COMPARATIVA DE RUTAS

Rutas
(S.C.T.)

2	OROSQUIZA - JARDINES DE DIOS	=====
86	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
2	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
2	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
2	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
64	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
40	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
97	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
101	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
70	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
180	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
80	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
81	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
85	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
80	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
101	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====
85	OROSQUIZA - OROSQUIZA	=====

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS



TESIS DE MAESTRIA EN GEOGRAFIA

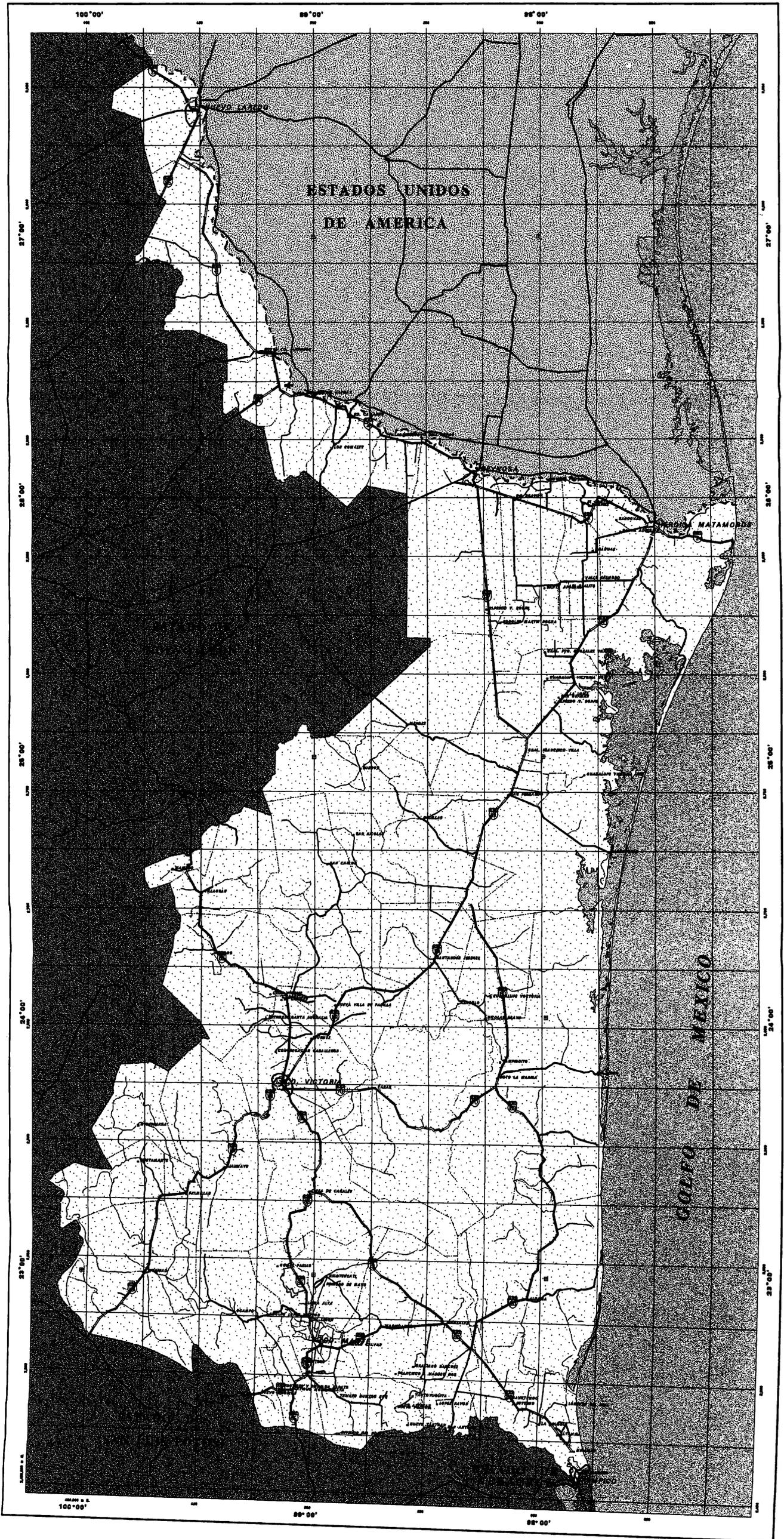
LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA: UNA ALTERNATIVA PARA EL ANALISIS SOCIO-
ESPACIAL DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS. UNA PROPUESTA METODOLOGICA.

LAURA LUNA GONZALEZ

MAPA 3



**BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO**



DISTRIBUCION DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS FEDERALES ESTADO DE TAMAULIPAS 1992

SIMBOLOGIA

LIMITES	
INTERNACIONALES	-----
ESTATALES	-----
MUNICIPALES	-----
LOCALIDADES	
	.ALTANURA
VIAS TERRESTRES	
CARRETERAS FEDERALES	=====
CARRETERAS ESTATALES PAVIMENTADAS	=====
CARRETERAS ESTATALES REVESTIDAS	=====
OTROS CAMINOS REVESTIDOS	-----

LEYENDA DISTRIBUCION DE ACCIDENTES

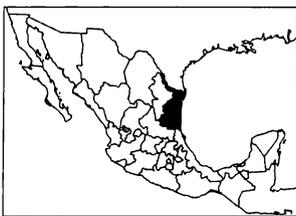
NULA	=====
BAJA	=====
MEDIA	=====
ALTA	=====
EXTRAORDINARIA	=====

ESTADISTICAS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS FEDERALES DEL ESTADO DE TAMAULIPAS OCURRIDAS EN 1992.

No. DE CAROS: 405	CAROS EN CERO: 40
MINIMO: 0	SUMATORIA: 3247
MAXIMO: 195	MEDIA: 8.47

NOTA: LOS DATOS ESTAN REFERENCIADOS EN SEGMENTOS A CADA 5 kms.

MAPA DE REFERENCIA



PROYECCION UTM
 ESFEROIDE CLARKE de 1866
 DATUM NAD83
 ZONA UTM 14
 CUADRICULA a cada 25,000 m

ESCALA 1:2,000,000

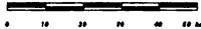


TABLA COMPARATIVA DE RUTAS

Rutas (S.C.T.)	
2	MIYU LARDO
06	MIYU LARDO
2	MIYU LARDO
54	MIYU LARDO
40	MIYU LARDO
97	MIYU LARDO
101	MIYU LARDO
70	MIYU LARDO
180	MIYU LARDO
80	MIYU LARDO
81	MIYU LARDO
88	MIYU LARDO
80	MIYU LARDO
101	MIYU LARDO
85	MIYU LARDO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
 FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

TESIS DE MAESTRIA EN GEOGRAFIA

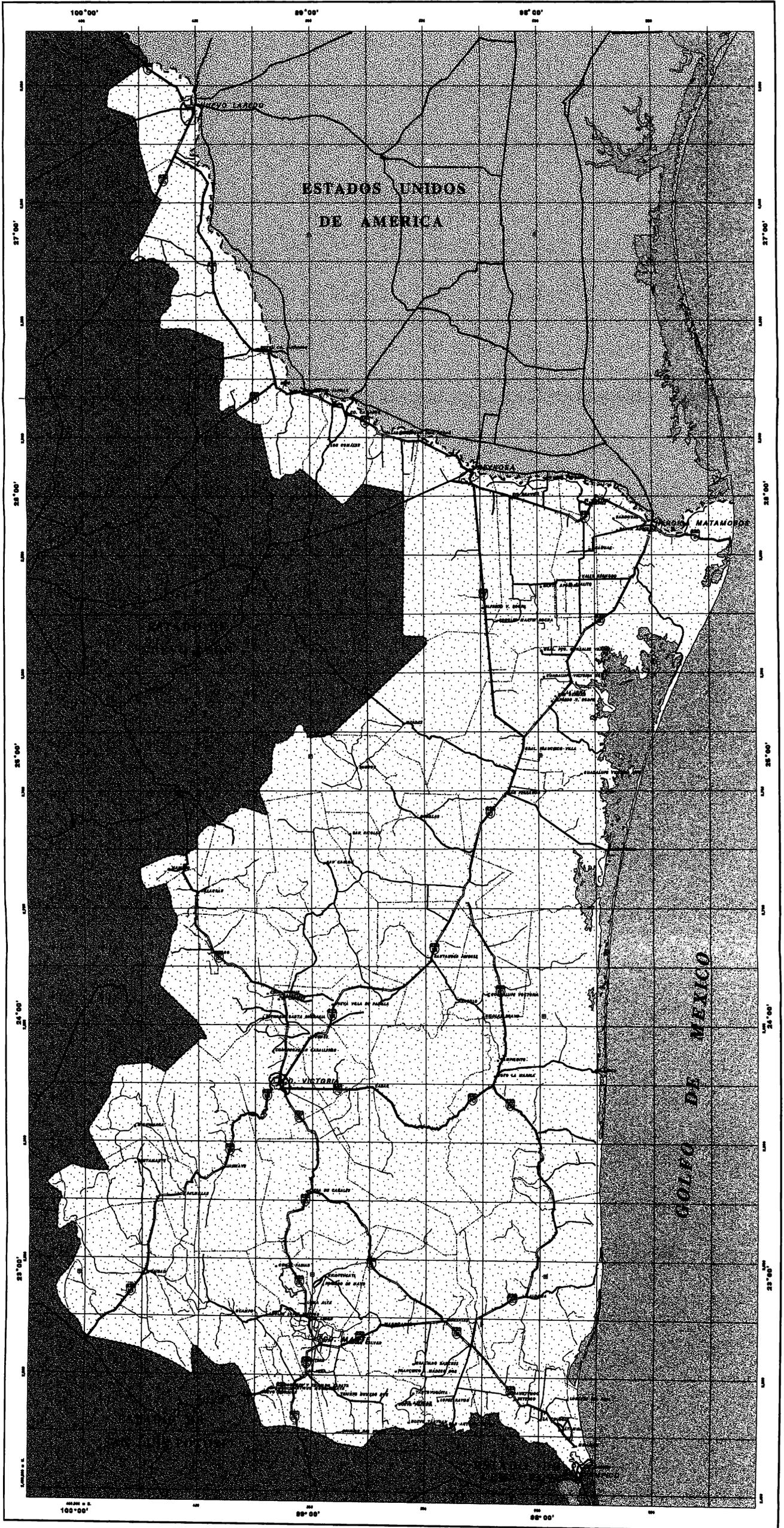
LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA: UNA ALTERNATIVA PARA EL ANALISIS SOCIO-
 ESPACIAL DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS. UNA PROPUESTA METODOLOGICA.

LAURA LUNA GONZALEZ

MAPA 1



**BIBLIOTECA
 DR. JORGE A. VIVO**



DISTRIBUCION DE ACCIDENTES DE TRANSITO POR FRECUENCIA Y DANOS MATERIALES OCASIONADOS EN CARRETERAS FEDERALES ESTADO DE TAMAULIPAS 1992

SIMBOLOGIA

LIMITES

INTERNACIONALES -----
ESTATALES -----
MUNICIPALES -----

LOCALIDADES

ALTAIRRA

VIAS TERRESTRES

CARRETERAS FEDERALES =====
CARRETERAS ESTATALES PAVIMENTADAS =====
CARRETERAS ESTATALES REVESTIDAS =====
OTROS CAMINOS REVESTIDOS -----

LEYENDA

DISTRIBUCION DE ACCIDENTES

NULA -----
BAJA -----
MEDIA -----
ALTA -----
EXTRAORDINARIA -----

ESTADISTICAS DE ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS FEDERALES DEL ESTADO DE TAMAULIPAS OCURRIDAS EN 1992.

VARIABLE 80_000

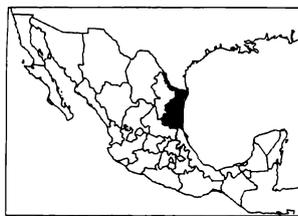
N. DE CASOS: 488
RANGO: 8
MAXIMO: 105
MINIMO DE CASOS: 45
SUMATORIA: 2427

VARIABLE 8_000

N. DE CASOS: 105
RANGO: 6
MAXIMO: 741
MINIMO DE CASOS: 45
SUMATORIA: 29208

NOTA: LOS DATOS ESTAN REFERENCIADOS EN SEGMENTOS A CADA 5 kms.

MAPA DE REFERENCIA



PROYECCION UTM
ESFEROIDE CLARKE de 1880
DATUM MAD37
SISTEMA UTM 14
CUADRICULA a cada 28,000 m

ESCALA 1:2,000,000



Rutas (S.C.T.)

TABLA COMPARATIVA DE RUTAS

2	MONTE LINDO	-----
05	MONTE LINDO	-----
2	MONTE LINDO	-----
54	MONTE LINDO	-----
40	MONTE LINDO	-----
97	MONTE LINDO	-----
101	MONTE LINDO	-----
70	MONTE LINDO	-----
180	MONTE LINDO	-----
80	MONTE LINDO	-----
81	MONTE LINDO	-----
85	MONTE LINDO	-----
80	MONTE LINDO	-----
101	MONTE LINDO	-----
85	MONTE LINDO	-----



BIBLIOTECA
DR. JORGE A. VIVO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS



TESIS DE MAESTRIA EN GEOGRAFIA

LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA: UNA ALTERNATIVA PARA EL ANALISIS SOCIO-ESPACIAL DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO EN CARRETERAS. UNA PROPUESTA METODOLOGICA.

LAURA LUNA GONZALEZ

MAPA 2