

GEOREFERENCIACIÓN DE PUENTES PEATONALES EN CIUDAD DE MÉXICO Y SU RELACIÓN CON PEATONES ATROPELLADOS.

Héctor Daniel Reséndiz López

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Geografía (IG), dpto.geografía económica
Maestro en Ingeniería de Transporte / Técnico en SIG
Circuito exterior Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán
C.P. 04510, México, Distrito Federal.
+ (01) 56 22 43 40 Fax: + (01) 56 16 21 45
hresendizl@hotmail.com

RESUMEN

Durante el año 2005, la Secretaría de Seguridad Pública de la ciudad de México registró en su base de datos más de 18 mil accidentes de tránsito, de los cuales 3,530 fueron atropellamientos. Extraoficialmente se estima que sólo una tercera parte de los accidentes son registrados, cuestión que magnifica lo ya alarmante de las cifras oficiales. El objetivo del trabajo es analizar la distribución de los puentes peatonales construidos en la ciudad de México y correlacionar esta infraestructura (construida para proteger a los peatones) con la distribución de las personas atropelladas por vehículos de motor. La información de accidentes de tránsito se sometió a diversos análisis estadísticos y espaciales utilizando un sistema de información geográfica. La georeferenciación de los puentes peatonales y las personas atropelladas permitió identificar tres patrones territoriales y comportamientos peatonales bien definidos: 1) zonas donde hay puentes peatonales y no hay atropellamientos; 2) zonas donde hay puentes peatonales y hay atropellamientos y 3) aquellos lugares donde hay atropellamientos y no hay puentes peatonales. Los patrones descritos permiten plantear hipótesis relacionadas con el uso y no uso de los puentes peatonales. El modelo construido tiene potencial para elaborar una propuesta preventiva con el propósito de proteger a los peatones en las zonas donde se concentra este tipo de eventos.

PALABRAS CLAVE: puente, peatón, accidente.

1. INTRODUCCIÓN.

El estudio de los accidentes de tránsito (AT) en el Distrito Federal (DF) se ha limitado a 3 temas principales: el manejo estadístico simple de los datos levantados por diversas dependencias, el deslinde de responsabilidades de los involucrados y la administración de multas, relegando las temáticas concernientes a su prevención y atención. Las instituciones encargadas de la seguridad pública se han enfocado principalmente al combate de la delincuencia y han otorgando recursos mínimos al estudio de los AT en el Distrito Federal. El enfoque de análisis espacial que se propone en el presente estudio puede generar intervenciones exitosas en materia preventiva ya que abre el camino para explicarlos pues puede conocerse el “sitio concreto” donde se registran los accidentes de tránsito.

2. LOS PUENTES PEATONALES EN EL DISTRITO FEDERAL

Con apoyo del CONACYT (para el desarrollo del proyecto Puentes peatonales y atropellamientos en la Ciudad de México) y del PAPIIT-UNAM (para desarrollar el Sistema de Información Geográfica para la Atención y Prevención de Accidentes en el D.F.) iniciamos el análisis de los patrones de distribución territorial de los AT mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo principal del estudio fue identificar y analizar los lugares de mayor peligro para peatones (por la frecuencia de atropellamientos y la presencia/ausencia de puentes peatonales, con el fin de elaborar posteriormente propuestas que aumenten la seguridad del peatón, la disminución de los atropellamientos y mejorar la seguridad de la circulación vehicular.

2.1 Geocodificación de los puentes peatonales

Una dirección define una localización de la misma manera en que lo hace una coordenada geográfica, sin embargo, a diferencia de éstas que emplean sistemas numéricos, las direcciones utilizan cadenas de texto que contienen información sobre el número de predio, nombre de calle, y código postal, es por esta razón que para localizar una dirección se necesita de un mecanismo especial. Con el proceso de geocodificación es posible desplegar direcciones almacenadas en bases de datos en forma de puntos en un mapa con la finalidad de ubicar y analizar sus localizaciones. Para llevar a cabo esta tarea las direcciones deben almacenarse en bases de datos y asociarse con una cobertura cartográfica de referencia, usualmente la red vial. Las coordenadas geográficas contenidas implícitamente en la base cartográfica de referencia se usan para calcular y asignar las coordenadas a las direcciones si los datos de tabulares de origen corresponden a las direcciones encontradas en la base cartográfica. Las

direcciones pueden representarse en un amplio rango de formatos. Las direcciones en el Distrito Federal usualmente presentan el formato mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Formato de direcciones utilizado en el Distrito Federal

Componente	Descripción
Orión 30	Nombre de calle y número de predio
Col. Tlatilco	Colonia
Azcapotzalco	Delegación
02860 MEXICO, D.F.	Código Postal + Nombre de localidad + Abreviatura del estado
MEXICO	País

Fuente: el autor.

El algoritmo que se encarga de hacer geocodificación en el SIG se muestra a continuación en la figura 1:

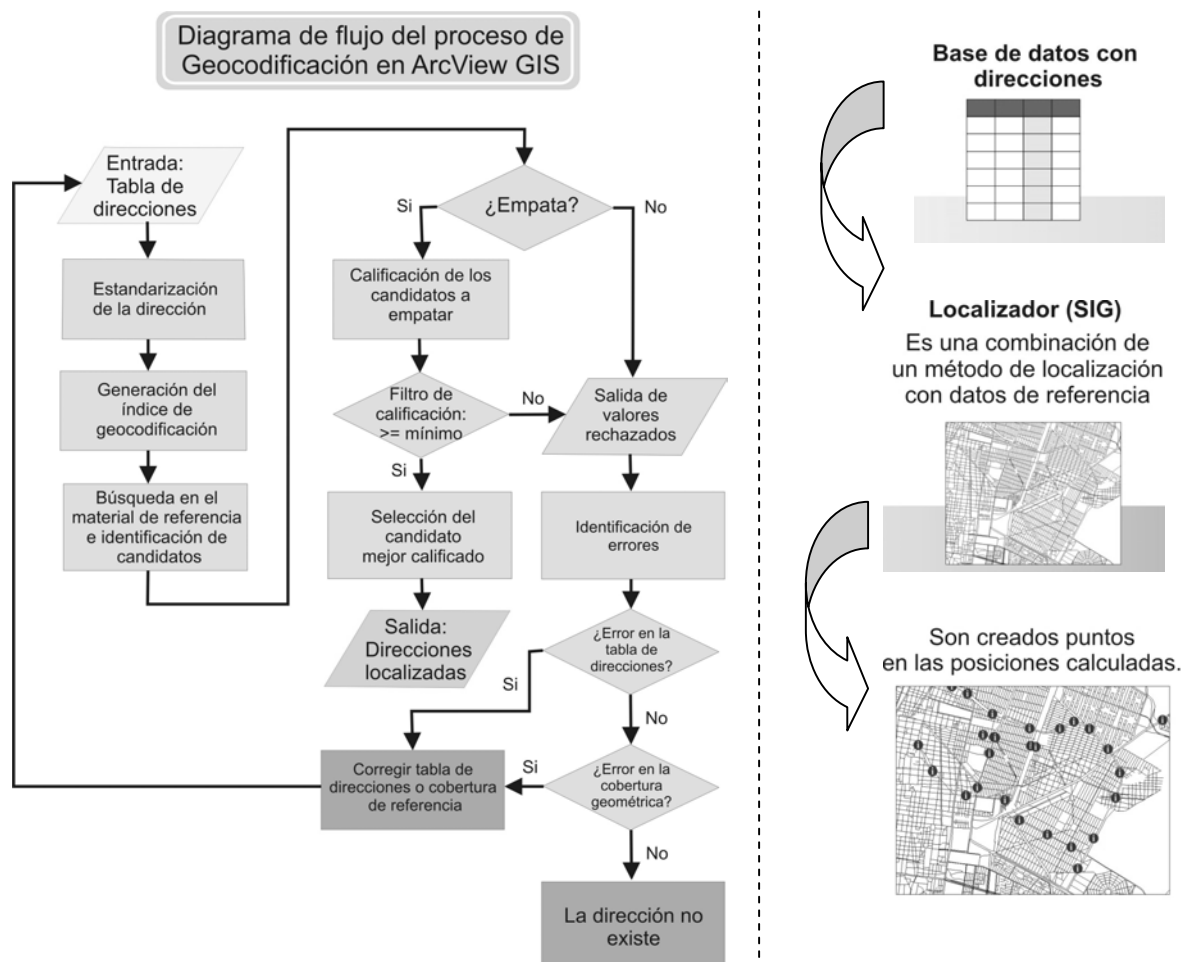


Figura 1. Algoritmo empleado en el SIG para geocodificar direcciones

La Dirección General de Obras Públicas del Distrito Federal (DGOP-DF) proporcionó al grupo de trabajo información tabular en formato impreso con la dirección de 466 de puentes peatonales (PP). Además de esto, consideraban que existían cerca de 100 puentes peatonales construidos por la Dirección General de Construcción de obras del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STCM), los cuales no estaban considerados en la relación. Para ubicar los PP fue necesario capturar en una base de datos las direcciones de los puentes peatonales como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Base de datos con las direcciones de los puentes peatonales

ID	CALLE 1	CALLE 2	REVISAR	COMENTARIOS
330	ACAPULCO	ANILLO PERIFERICO SUR		
24	ACOXPA	VIADUCTO TLALPAN		
291	ALBAÑILES	EMILIO CARRANZA		EJE 1 NORTE
292	ALBAÑILES	ORIENTE 174		EJE 1 NORTE
290	ALBAÑILES	OTE. 136		EJE 1 NORTE
289	ALBAÑILES	REFINERIA		EJE 1 NORTE
93	ANILLO PERIFERICO	A. ORIENTAL	1	ANTES DE SUBIR PUENTE DE CANAL DE SAN JUAN
61	ANILLO PERIFERICO	A4		

Los campos CALLE1 y CALLE 2 corresponden a la intersección vial más cercana en la que se localiza el PP, el campo COMENTARIOS es adecuado para introducir información extra sobre la localización, como lugares de interés cercanos u otro nombre que pertenezca a alguna de las vialidades. Fuente: IG-UNAM

Al realizar el empataamiento de direcciones en el SIG se logró la ubicación de 416 puentes peatonales, lo que significó el 89% de la base de datos proporcionada por DGOP-DF, el restante no fue localizado por: 1) No contar con dirección completa y 2) Registros repetidos. Acto seguido, se utilizó un procedimiento de rastreo visual con ayuda de un mosaico de fotografías aéreas con el fin de localizar aquellos puentes no incluidos en la base de datos y verificar que realmente existieran aquellos PP ubicados previamente. En la figura 2, izquierda: ejemplo con tres puentes localizados con ayuda del mosaico (IG-UNAM) en el SIG (círculos), derecha: un puente localizado con ayuda del programa de Google.

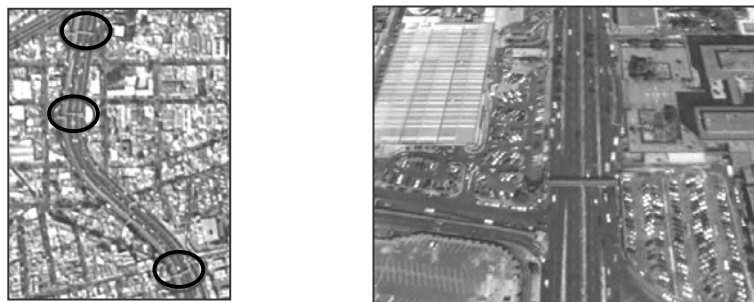



Figura 2. Ejemplo de localización visual con ayuda de fotografías aéreas

Se identificaron con esta técnica 201 puentes más, obteniendo un total de 617 puentes. La tabla 3 muestra la relación final indicando la fuente y el porcentaje delegacional.

Tabla 3. Relación de Puentes Peatonales en el Distrito Federal

DELEGACIÓN	ABR	Fuente: Gobierno de la ciudad	Fuente: Reconocimiento Visual	Total general	% respecto al total
IZTAPALAPA	IZTP	63	44	107	17.34%
GUSTAVO A MADERO	GAM	47	27	74	11.99%
COYOACAN	COY	49	13	62	10.05%
ALVARO OBREGON	AO	37	15	52	8.43%
BENITO JUAREZ	BJ	35	15	50	8.10%
IZTACALCO	IZTC	37	13	50	8.10%
VENUSTIANO CARRANZA	VC	33	10	43	6.97%
MIGUEL HIDALGO	MH	26	16	42	6.81%
TLALPAN	TLAL	24	18	42	6.81%
AZCAPOTZALCO	AZC	27	11	38	6.16%
CUAUHTEMOC	CUAH	27	5	32	5.19%
XOCHIMILCO	XOC	5	7	12	1.94%
CUAJIMALPA DE MORELOS	CUAJ	2	7	9	1.46%
MAGDALENA CONTRERAS	MC	4		4	0.65%
MILPA ALTA	MA	0	0	0	0
TLAHUAC	TLAH	0	0	0	0
Total general		416	201	617	100%



Las delegaciones con más PP son: IZTP, GAM y COY. Las que tienen menos: TLAH, MA y MC. A la derecha el mapa con las ubicaciones. Fuente: IG-UNAM

2.2 Jerarquía vial y puentes peatonales

Después de ubicar los PP en el SIG se hicieron operaciones de geoprocésamiento con otras capas de información, como es la jerarquía del sistema vial urbano y que consiste en lo mostrado en la tabla 4:

Tabla 4. Criterios de jerarquía de las vialidades del Distrito Federal

JERARQUÍA	ACCESO	MOVILIDAD	TRÁNSITO	FUNCIÓN
Vías Primarias				
Puertas de acceso	Controlado	Continua	Grande	Conectar las zonas conurbadas al Distrito Federal
Vías de acceso controlado anulares				Columna Vertebral de la red vial
Viaductos				Comunicar puntos específicos de la ciudad
Vías radiales				Comunicar el centro de la ciudad
Ejes viales	Sin control	Semaforizado	Grande	Forman una red a todo lo largo y ancho de la ciudad. Circulación Preferencial con carriles exclusivos para el transporte público de pasajeros en el sentido preferencial y en contra flujo
Vías principales				Enlazan y articulan uso de suelo generalmente comercial
Vialidad secundaria	Sin control	Semaforizado	Medio	Enlazan a los diferentes centros urbanos con la red vial primaria
Vía terciaria o local	Vías no continuas sin control de acceso	Dentro de zonas habitacionales o predios particulares	Local, no diseñadas para recibir tránsito intenso y pesado	Facilitan la movilidad dentro las zonas habitacionales o predios particulares conectándolos con jerarquías superiores

Fuente: Basado en la información de la Dirección General de Obras Públicas del Distrito Federal.

Uno de los productos de la investigación es que se construyó una red vial que cumpliera con las características que requiere la modelación de los AT en el SIG, en este rubro, el principal hallazgo fue una estimación más certera de la longitud de la red. La tabla 5 muestra las distancias obtenidas en comparación a la fuente oficial (Secretaría de Transporte y Vialidad – SETRAVI).

Tabla 5. Diferencias entre la estadística de longitud de vialidades en el DF

TIPO Vialidad	SETRAVI Kilómetros	IG, UNAM Kilómetros	DIFERENCIA Kilómetros
ANULAR	101.81	342.88	241.07
VIADUCTO	14.12	79.15	65.03
RADIAL	55.49	142.25	86.76
EJE VIAL	421.16	642.96	221.80
PRINCIPAL	320.57	1,129.95	809.38
TERCIARIA	9,269.00	12,203.35	2,934.35
A. CARRETERO		134.02	134.02
	10,182.15	14,674.55	4,492.40

La principal diferencia entre la fuente oficial y la red construida reside en las vías terciarias con casi 3,000km. También se hallaron longitudes considerables en vías principales, anulares y ejes. Fuente: IG-UNAM.

La tabla 6 muestra un resumen por delegación y tipo de vialidad de la red utilizada en el estudio. Destacan las vialidades terciarias con el 83% de la longitud total de la red.

Tabla 6. Longitud vial delegacional según tipo en el DF

DELGACION	TOTAL	% TOT	INFORMACIÓN EN KILÓMETROS						
			Vialidad Terciaria	EJE VIAL	VIA ANULAR	RADIAL	ACCESO CARRETERO	VIADUCTO	VIALIDAD PRINCIPAL*
IZTAPALAPA	2,446.8	16.7%	2,139.5	125.1	48.3	33.1	13.3		87.6
GUSTAVO A MADERO	1,844.9	12.6%	1,489.5	124.6	33.6		0.1		197.0
TLALPAN	1,295.2	8.8%	1,127.1	5.8	22.7	6.5	28.6	17.4	87.0
ALVARO OBREGON	1,267.3	8.6%	1,062.3	8.5	55.0		11.2		130.2
COYOACAN	1,078.3	7.3%	871.8	50.3	38.0	16.2		4.2	97.8
XOCHIMILCO	887.8	6.0%	818.9		12.6		14.8		41.4
MIGUEL HIDALGO	867.4	5.9%	634.3	21.1	52.3	21.7	0.5	6.7	130.8
CUAUHTEMOC	677.4	4.6%	503.7	57.9	9.3	4.4		4.8	97.4
TLAHUAC	669.0	4.6%	604.7	15.2			2.8		46.3
AZCAPOTZALCO	662.4	4.5%	535.5	42.6	8.1	23.2			53.0
VENUSTIANO CARRANZA	661.2	4.5%	525.4	53.8	24.6	17.1		3.3	37.0
BENITO JUAREZ	591.0	4.0%	411.9	63.2	18.9	10.5		22.6	63.8
IZTACALCO	545.4	3.7%	414.6	74.7	19.0	9.6		20.1	7.3
CUAJIMALPA	435.4	3.0%	353.9				62.7		18.9
MILPA ALTA	394.2	2.7%	381.5						12.7
MAGDALENA CONTRERAS	350.9	2.4%	328.7	0.1	0.5				21.7
Total general	14,674.5	100.0%	12,203.3	643.0	342.9	142.2	134.0	79.2	1,130.0
			83.2%	4.4%	2.3%	1.0%	0.9%	0.5%	7.7%

* Las vialidades principales incluyen las avenidas de dos o más carriles según criterios de la DGOP-DF.

En la tabla 6 también se identifican aquellas delegaciones que no cuentan con cierta jerarquía de vialidades, por ejemplo Xochimilco no cuenta con ejes viales, vías radiales ni viaductos. En caso contrario, Tlalpan y Miguel Hidalgo son las únicas delegaciones que cuentan con todos los tipos de vialidades.

El resultado del geoprocesamiento de los puentes peatonales con la jerarquía vial se muestra en la tabla 7. Se hizo una relación del número de puentes peatonales según el tipo de vialidad en el que se localizan. Destacan los ejes viales con 208 puentes, las vías anulares con 177 y las vías radiales con 80 puentes. Es decir, en el 7.7% de la red se concentra el 75.4% de los puentes peatonales.

Tabla 7. Localización de los Puentes según tipo de vialidad por delegación

Jerarquía Vial	DELEGACIÓN														Total	%
	IZTAP	GAM	COY	AO	BJ	IZTAC	VC	MH	TLAL	AZC	CUAH	XOC	CUAJ	MC		
Eje vial	48	47	12	6	15	19	24	5	3	17	10	2			208	33.7%
Vialidad Anular	31	6	17	39	3	6	13	24	9	5	12	9		3	177	28.7%
Vialidad Radial	19		19		10	7		5		12	8				80	13.0%
Viaducto			2		17	16	4	4	9						52	8.4%
Otros	6	13	4	4	3		1	2		3			1		37	6.0%
Vialidad Principal		8	8	1	2	2	1	2	7	1	2			1	35	5.7%
Accesos carreteros	3			2					14			1	8		28	4.5%
Total general	107	74	62	52	50	50	43	42	42	38	32	12	9	4	617	100%

*La jerarquía Otros se refiere a las vialidades terciarias. Fuente: IG-UNAM.

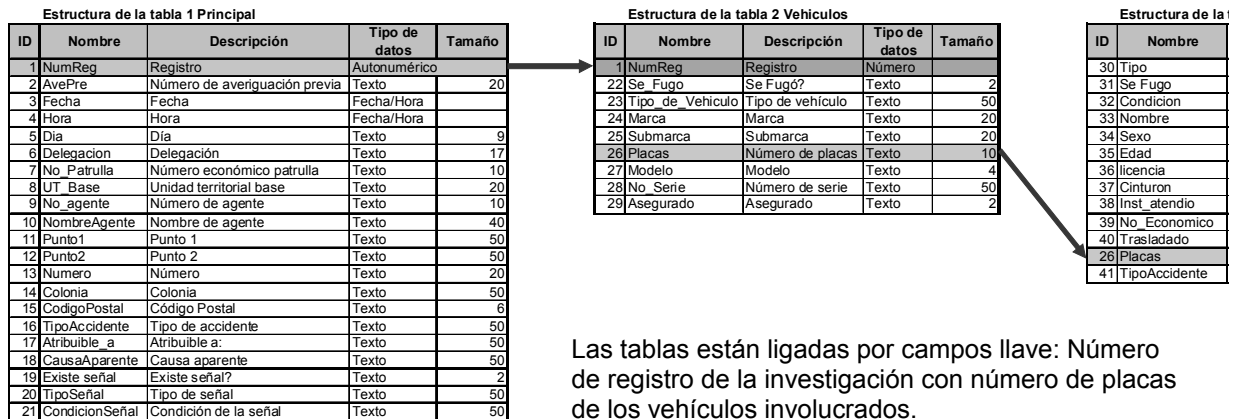
3. GEOCODIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL D.F.

Durante el año 2005 la Secretaría de Seguridad Pública del DF (SSP-DF) registró en una base de datos 41 variables de 33,950 involucrados en 18,385 accidentes de tránsito clasificados en colisiones, derrapamientos, volcaduras de vehículos, caídas de pasajeros y atropellamientos. Por la magnitud pandémica de los siniestros se puede definir que los AT en el DF son un problema social grave con tendencia creciente, además es posible suponer que las medidas actuales de seguridad y prevención son insuficientes y deficientes.

La información estadística oficial que se tuvo disponible para la investigación aparentemente es muy rica, sin embargo en muchos casos fue incompleta e inconsistente. Por ejemplo, existe una variable llamada “causa aparente del accidente” que no tuvo datos para el 62% de los registros. Una recomendación para las instituciones encargadas de estos registros es mejorar la base de datos desde su diseño conceptual hasta el operativo, considerando que esta información debería de tener como principal objetivo sustentar acciones preventivas.

La base de datos comprende 3 tablas relacionadas que se muestran a continuación en la tabla 8.

Tabla 8. Estructura relacional de la base de datos de accidentes de tránsito



Fuente: Basado en información de SSP-DF, 2005.

3.1 Estandarización de la base de datos de accidentes de tránsito

Se identificaron variables de localización a diferentes escalas territoriales como: delegación, sector policiaco, colonia, código postal e intersección vial más cercana, ésta última fue la unidad básica de estudio. El algoritmo de localización fue el mismo al empleado para la ubicación de los puentes peatonales, sin embargo tuvo que hacerse previamente un arduo trabajo de estandarización de direcciones que constó principalmente de las siguientes actividades:

- Nombres de calle y colonias homogéneas y con una estructura adecuada. Para ello se utilizó un directorio de calles y colonias con nomenclatura oficial previamente y se eliminaron palabras ajenas al nombre de la vialidad como por ejemplo: “ESQUINA CON”, “ENTRE”, “Y”.
- Algunas direcciones tenían el nombre de lugares en lugar de calles, por ejemplo “PARADERO DE INDIOS VERDES”, “EDIFICIO 218 “PRESIDENTE JUAREZ” ENTRADA “A” DEPARTAMENTO 104”. En estos casos fue difícil la localización exacta.
- En algunos casos venía incluida la numeración exterior de predios junto al nombre de la vialidad, como por ejemplo “AVENIDA 483 NUMERO 129”, estos casos tuvieron que corregirse introduciendo esos valores en un campo que incluyera solamente los números de predio.

La tabla 9 muestra los AT por delegación y resume que los principales tipos de AT corresponden a las colisiones (con el 76% del total) y los atropellamientos (con el 19%). Además el 56.4% del total de AT se concentra en 4 delegaciones: Cuauhtémoc, Iztapalapa, Miguel Hidalgo y Gustavo A. Madero.

Tabla 9. Frecuencia de AT por delegación en el D.F. (2005)

DELEGACION	COLISION	ATROPELLAMIENTO	CAIDA DE PASAJERO	DERRAPADO	VOLCADURA	TOTAL AT	% EVENTOS
Cuauhtémoc	2,699	941	73	22	27	3,763	20.5%
Iztapalapa	1,982	401	47	30	39	2,499	13.6%
Miguel Hidalgo	1,649	356	28	20	41	2,094	11.4%
Gustavo A Madero	1,547	397	23	17	29	2,013	10.9%
Benito Juárez	1,142	237	23	8	22	1,432	7.8%
Venustiano Carranza	1,054	270	25	22	19	1,390	7.6%
Álvaro Obregón	934	200	21	19	17	1,191	6.5%
Coyoacán	783	152	17	18	33	1,003	5.5%
Azcapotzalco	662	144	11	7	21	845	4.6%
Iztacalco	504	180	14	3	19	720	3.9%
Tlalpan	286	73	10	8	30	407	2.2%
Tláhuac	217	65	3	2	7	294	1.6%
Xochimilco	211	35	7	3	7	263	1.4%
Magdalena Contreras	202	39	8	1	3	253	1.4%
Cuajimalpa	76	31	3	1	22	133	0.7%
Milpa Alta	69	9	1	2	5	86	0.5%
Total general	14,017	3,530	314	183	341	18,385	100%
% Eventos	76.24%	19.20%	1.71%	1.00%	1.85%	100%	

Fuente: Secretaría de Seguridad Pública, 2005.

3.2 Resultados de la geocodificación de Accidentes de Tránsito

Del total de 18,385 registros de la base de datos, sólo se ubicó el 74%, obteniendo el 82.5% (2,912) de los atropellamientos. Esto debido a que las direcciones estaban incompletas o eran registros repetidos. La tabla 10 muestra un hallazgo importante, la tercera parte del total se concentra en los ejes viales.

Tabla 10. Atropellamientos por vialidad en el Distrito Federal

Delegación	Abreviatura	Eje Vial	Vias Locales	Vias Principales	Vialidad Anular	Vias Radiales	Viaductos	Accesos Carreteros	TOTAL	%
CUAUHTEMOC	CUAH	314	249	283	8	9	1		864	29.7%
MIGUEL HIDALGO	MH	20	66	179	53	17	3		338	11.6%
IZTAPALAPA	IZTAP	150	105	11	32	16			314	10.8%
GUSTAVO A MADERO	GAM	130	82	57	13				282	9.7%
BENITO JUAREZ	BJ	92	36	31	46	8	9		222	7.6%
VENUSTIANO CARRANZA	VC	78	63	26	21	26	2		216	7.4%
IZTACALCO	IZTAC	63	34	1	31	6	10		145	5.0%
ALVARO OBREGON	AO	11	51	50	16				128	4.4%
COYOACAN	COY	49	48	15	8	5	1		126	4.3%
AZCAPOTZALCO	AZC	50	37	14	1	15			117	4.0%
TLALPAN	TLAL	8	13	16	5	2	5	4	53	1.8%
TLAHUAC	TLAH	2	39	6					47	1.6%
MAGDALENA CONTRERAS	MC		10	6	3				19	0.7%
XOCHIMILCO	XOC		13	6					19	0.7%
CUAJIMALPA	CUAJ		10	4					14	0.5%
MILPA ALTA	MA		7	1					8	0.3%
TOTAL		967	863	706	237	104	31	4	2,912	100%
%		33.21%	29.64%	24.24%	8.14%	3.57%	1.06%	0.14%	100%	

Fuente: Análisis hecho con datos de la SSP-DF, 2005.

Al ubicar los accidentes de tránsito en el SIG la información se estructura de forma lógica y ordenada, cuestión que permite obtener reportes estadísticos multivariados como el que se muestra en la tabla 11 que indica por delegación la cantidad de AT e involucrados.

Tabla 11. Reporte de accidentes de tránsito elaborado con ayuda del SIG.

DELGACION	TOTAL DE VÍAS (KM)	% CON RESPECTO AL TOTAL DE VÍAS DEL DF	ACCIDENTES POR TIPO DE VIALIDAD							TOTAL DE ACCIDENTES	% AT
			EJE VIAL	VIALIDAD TERCIARIA	VIALIDAD PRINCIPAL	VIA ANULAR	RADIAL	VIADUCTO	ACCESO CARRETERO		
% VOLCADURA 22.1% 11.1% 19.1% 26.4% 12.8% 3.8% 4.7% % CAÍDA DE PASAJERO 32.7% 29.4% 18.5% 10.9% 6.5% 2.0% 0.0% % ATROPELLAMIENTO 37.9% 26.2% 22.9% 8.1% 3.6% 1.1% 0.1% % COLISION 37.5% 24.2% 19.0% 12.2% 5.0% 1.7% 0.3% % INVOLUCRADOS 37.9% 24.5% 19.4% 11.5% 4.7% 1.5% 0.4% % ACCIDENTES 37.1% 24.5% 19.9% 11.6% 4.9% 1.6% 0.4%											
IZTAP	2,446.8	16.7%	811	326	30	244	109			1,520	11.16%
GAM	1,844.9	12.6%	700	307	305	113			2	1,427	10.48%
TLAL	1,295.2	8.8%	20	49	75	34	14	31	34	257	1.89%
AO	1,267.3	8.6%	147	175	206	113			5	646	4.74%
COY	1,078.3	7.3%	316	173	114	96	80	10		789	5.79%
XOC	887.8	6.0%		65	35	2				102	0.75%
MH	867.4	5.9%	200	302	673	339	83	13	2	1,612	11.84%
CUAH	677.4	4.6%	1,330	962	854	106	56	46		3,354	24.63%
TLAH	669.0	4.6%	62	101	19					182	1.34%
AZC	662.4	4.5%	277	166	50	29	102			624	4.58%
VC	661.2	4.5%	399	288	117	119	116	24		1,063	7.81%
BJ	591.0	4.0%	507	240	165	248	65	58		1,283	9.42%
IZTAC	545.4	3.7%	285	97	3	122	38	42		587	4.31%
CUAJ	435.4	3.0%		24	8				7	39	0.29%
MA	394.2	2.7%		35	5					40	0.29%
MC	350.9	2.4%		32	45	17				94	0.69%
% CONDUCTORES 38.6% 25.6% 18.9% 10.9% 4.2% 1.4% 0.3% % PEATONES 38.2% 26.5% 22.5% 8.1% 3.4% 1.0% 0.2% % PASAJEROS 35.8% 21.2% 19.1% 14.7% 6.3% 2.1% 0.8% % LESIONADOS 36.9% 23.5% 19.8% 12.1% 5.3% 1.8% 0.6% % MUERTOS 27.3% 14.4% 25.1% 22.5% 7.5% 2.1% 1.1% % ILESOS 38.4% 25.8% 19.2% 11.1% 4.0% 1.2% 0.2%											
										13,619	100%

La tabla 11 indica por delegación la cantidad total de accidentes de tránsito por tipo de vialidad y los porcentajes de tipo de accidente, tipo y condición de involucrados. Fuente: el autor.

La figura 3 muestra los 2,912 atropellamientos geocodificados ocurridos en el DF durante el año 2005. Fuente: Instituto de Geografía, UNAM.



Figura 3. Atropellamientos ubicados por intersección vial

3.3 Análisis espacial de los atropellamientos y los puentes peatonales

Después del proceso de geocodificación se realizó un análisis de frecuencias, que consistió en cuantificar para cada intersección vial el número de atropellamientos que hubo a lo largo del año. La tabla 12 muestra un resumen por tipo de vialidad y frecuencia de atropellamientos en las intersecciones.

Tabla 12. Frecuencia de atropellamientos por tipo de vialidad

Tipo de vialidad	Frecuencia en las intersecciones										TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		20
Eje Vial	380	109	47	28	10	3	2	2	2			967
Vías Locales	658	71	14	4	1							863
Vías Principales	316	80	27	9	10	2	3			1	1	706
Vías Anulares	78	29	15	7	2				2			237
Vías Radiales	57	12	5	2								104
Viaducto	14	4	3									31
Acceso Carretero	2	1										4
TOTAL	1,505	612	333	200	115	30	35	16	36	10	20	2,912

Para una lectura adecuada de la tabla 12: En los ejes viales existen 380 intersecciones con frecuencia de 1 atropellamiento por intersección, de igual forma en las vías radiales existen 5 intersecciones con frecuencia de 3 atropellamientos durante el año 2005. Fuente: El autor.

El análisis mostrado en la tabla 12 permite identificar rápidamente el número de intersecciones que presentan mayor incidencia de los atropellamientos. Se observa que las vías principales y nuevamente los ejes viales presentan las mayores incidencias. Existen varias técnicas de análisis espacial que permiten estudiar las relaciones existentes entre los atropellamientos y los PP. Un primer análisis fue el de proximidad lineal mediante el uso de áreas búfer como se muestra en la figura 4.

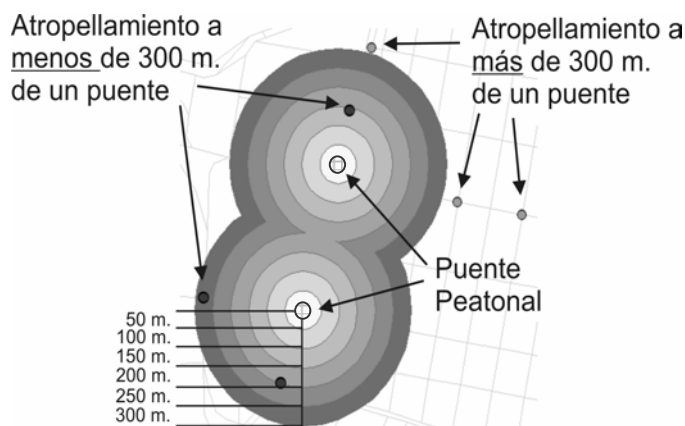


Figura 4. El algoritmo consiste en generar franjas equidistantes a partir de cada puente peatonal utilizando intervalos de distancia de 50 metros como se muestra en la siguiente imagen. Fuente: el autor.

Figura 4. Análisis búfer en franjas a cada 50 metros a partir de los PP

Se consideró el intervalo de 300 metros como la distancia que un peatón está dispuesto a recorrer sin utilizar transporte público. Con el proceso anterior se identificaron 3 escenarios espaciales (vea la siguiente imagen):

1. Puentes peatonales con atropellamientos próximos (a menos de 300 metros)
2. Puentes peatonales sin atropellamientos próximos
3. Zonas con atropellamientos sin puentes peatonales

El hallazgo de estos patrones territoriales permite plantear posibles hipótesis de investigación algunas de estas son:

Escenario 1.- No son utilizados los puentes debido a razones diversas como: la posibilidad de cruzar la vialidad sin utilizar el puente, existe inseguridad, falta de mantenimiento y/o falta de educación cívica de los peatones en esos lugares.

Escenario 2.- Los puentes son utilizados, ya sea porque no existe otra manera de cruzar las vialidades y/o existe conciencia de la peligrosidad del lugar por parte de los peatones.

Escenario 3.- No existe infraestructura adecuada que permita el cruce seguro de los peatones y/o las velocidades alcanzadas en esas vías impiden el cruce seguro de los peatones.

La figura 5 muestra un acercamiento a una zona de la ciudad con los patrones territoriales identificados.

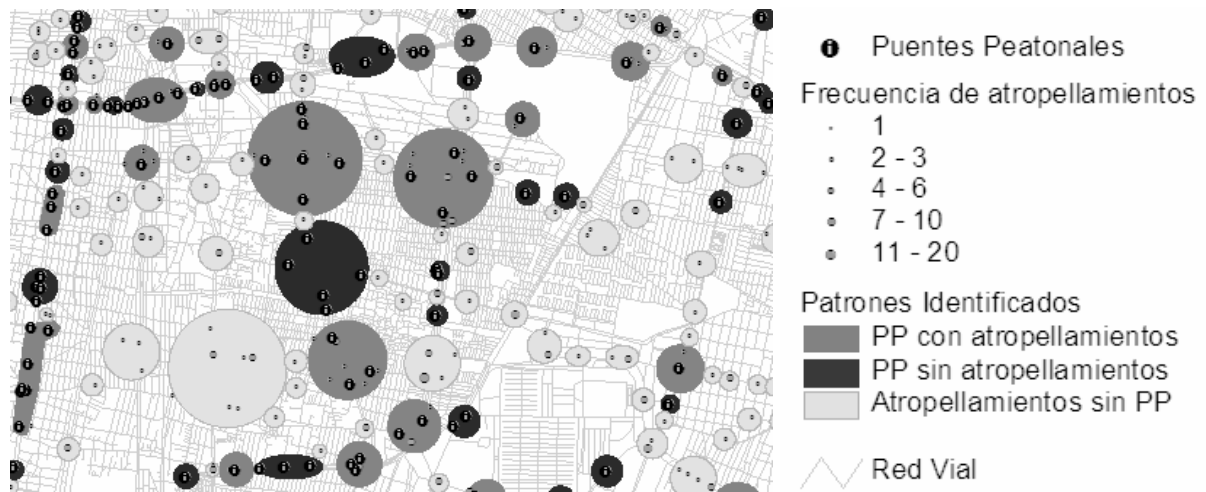


Figura 5. Patrones territoriales de la relación de PP con los atropellamientos

La tabla 13 a continuación, resume la cantidad y porcentajes de puentes peatonales y atropellamientos para cada uno de los escenarios.

Tabla 13. Resumen de los escenarios espaciales identificados

	ESCENARIO	No. de PP	% PP	No. de Atropellamientos	% Atr
1	Puentes Peatonales con Atropellamientos a menos de 300 m.	410	66.45%	777	26.68%
2	Puentes Peatonales sin Atropellamientos	207	33.55%	0	0
3	Atropellamientos sin Puentes Peatonales	0	0.00%	2,135	73.32%
	Totales	617	100%	2,912	100%

Se encontró que en el 66.45% de los puentes peatonales se concentró el 26.68% de los atropellamientos registrados. De tomarse medidas adecuadas en los sitios concretos estos siniestros podrían prevenirse.

Fuente: el autor.

Para el escenario 1 (PP con atropellamientos próximos) la tabla 14 a continuación muestra la estadística a cada 50 metros de un PP para todos los casos hallados en el Distrito Federal.

Tabla 14. Relación de los atropellamientos y la proximidad a los PP

Distancia (m.) a un puente peatonal	Intersecciones con atropellamientos	Número de atropellamientos	% de atropellamientos
50	115	208	7.14%
100	73	103	3.54%
150	63	79	2.71%
200	82	104	3.57%
250	104	151	5.19%
300	83	132	4.53%
subtotal	520	777	26.68%
más de 300 m.	520	2,135	73.32%
Total general	1,040	2,912	100%

Se observa en la tabla 14 que a 50 metros de un puente peatonal se registraron la mayor cantidad de atropellamientos, posteriormente a 250 metros. Fuente: el autor.

4. DISCUSIÓN

La ubicación es fundamental. Los accidentes de tránsito son eventos complejos pues muchas variables intervienen en su desarrollo y el análisis espacial es una herramienta imprescindible para identificar

patrones en su ocurrencia y hacer correlaciones con otras variables que utilizando otras metodologías sería prácticamente imposible de hacer.

El análisis espacial (AE) puede plantearse como una aproximación orientada hacia la investigación de modelos y leyes generales de los sistemas espaciales evidenciando sus propiedades, distribuciones, morfologías de organización, funcionamiento y evolución. El campo de aplicación de esta metodología analítica es extenso y siempre se apoya en diversos modelos y conceptos teóricos provenientes de diversas disciplinas. Con la evolución de la informática el AE se ha potencializado ya que es posible integrar métodos estadísticos, modelos matemáticos-económicos y diversos útiles de simulación con el componente espacial que brindan los sistemas de información geográfica (SIG). La siguiente imagen muestra el total de puentes peatonales y la densidad de atropellamientos. Esta información es la base para realizar análisis más complejos. A continuación la figura 6 muestra una sobreposición en el SIG de los puentes peatonales y la densidad de atropellamientos. Fuente: el autor.

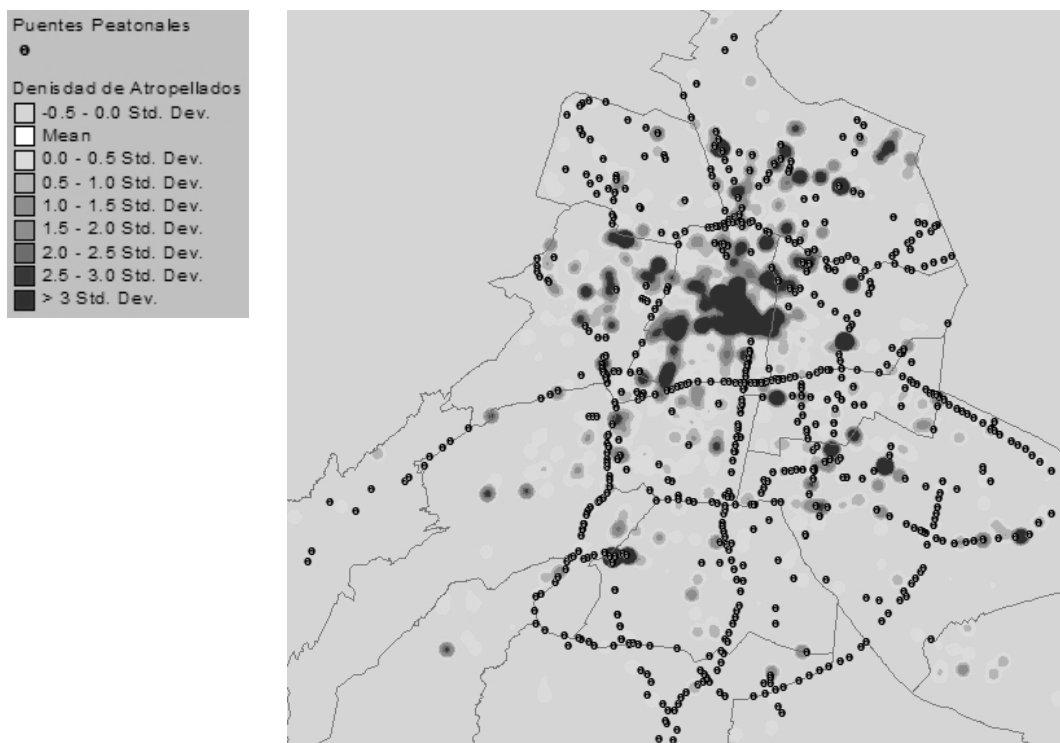


Figura 6. Análisis espacial de la relación entre los PP y los atropellamientos

El estudio arroja diversos resultados:

- Se ubicaron 617 puentes peatonales en el Distrito Federal, 201 puentes más que los registrados en la Dirección General de Obras Públicas del Gobierno del Distrito Federal. La delegación con

más puentes es Iztapalapa (con 107 puentes), existen 2 delegaciones sin puentes: Tláhuac y Milpa Alta.

- Como producto del estudio se generó una red vial en el SIG que tiene 4,492 kilómetros más que la red reportada por la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal (SETRAVI).
- En los ejes viales se localiza el 33.7% de los puentes peatonales, en segundo lugar están las vías anulares (28.7%) y las vías radiales (13%). En los ejes viales también se concentra el 33.2% de los atropellamientos, en las vías locales el 29.6% y en las vías principales el 24.2%.
- Los ejes viales también concentran la mayor cantidad de lesionados (36.9%) y muertos (27.3%). Cabe comentar que hay subregistros en la información de muertos y lesionados debido a la falta de coordinación y cooperación entre las instituciones de salud y seguridad del Distrito Federal.
- En el DF hubo 18,385 accidentes de tránsito con 33,950 involucrados durante el año 2005. Las colisiones corresponden al 76.24% y los atropellamientos al 19.2% (3,530 eventos).
- De la base de datos de la SSP se ubicaron 2,912 atropellamientos. Las delegaciones que presentan mayor cantidad son: Cuauhtémoc (29.7%), Miguel Hidalgo (11.6%) e Iztapalapa (10.8%).
- Respecto a los peatones involucrados en accidentes de tránsito, en los ejes viales se concentra el 38.2% del total, en vías terciarias el 26.5% y en vías principales el 22.5%.
- A menos de 300 metros del 66.45% de los puentes peatonales ocurre el 26.68% de los atropellamientos en el Distrito Federal. A menos de 100 metros de estos puentes ocurre el 10.7% de los atropellamientos.

Una queja frecuente en el estudio de los accidentes de tránsito es la falta de datos y de calidad en los mismos. Esta investigación demuestra que con el hecho de contar con la dirección es posible identificar patrones y relaciones con las variables disponibles en las bases de datos e incluso utilizar variables de otras fuentes. Esta investigación se encuentra en desarrollo actualmente y algunos de los temas por cubrir son:

- Temporalidad de los atropellamientos, fechas y horas de los siniestros.
- Relación de los atropellamientos con el uso de suelo.
- Identificación de corredores viales de accidentabilidad.
- Tipificación de las intersecciones de la red vial con el fin de identificar factores de riesgo para los peatones provocados por el diseño inadecuado de la infraestructura.
- Auditorias de seguridad vial para los peatones.
- Otros métodos de análisis espacial para identificar relaciones entre los PP y los atropellamientos.
- Además el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) realiza en conjunto con el IG-UNAM una encuesta para determinar el perfil de los peatones que son usuarios y no usuarios de los puentes con el fin de hacer intervenciones que prevengan los atropellamientos.

Bibliografía

Chías L. 1997. **Las externalidades como problema emergente. Problemas emergentes de la Zona Metropolitana de la Cd. de México.** UNAM, PUEC_UNAM. 235-259

Chías Becerril, Luis. 1997. **Los accidentes de tránsito como problema de salud.** Revista Ciudades. Ciudad y Salud. Año 9. No. 33. Red Nacional de Investigación Urbana con sede en el DIAU-ICUAP. México pp. 42-48. ISSN: 0187-8611. *

Híjar M, Kraus J, Tovar V., Carrillo C. 2001. **Analysis of fatal pedestrian injuries in México City 1994-1997.** Injury. Int J. Care Injured (32): 279-284.

Híjar MC., Lawrence D. Chu, Kraus J. 2000. **Cross National Comparison of Injury Mortality: Los Angeles County, California and Mexico City, Mexico.** International Journal of Epidemiology. 29(4):715-721

Híjar Medina, Martha C. y Eduardo Vázquez-Vela (Comp.) 2002. **Foro Nacional Sobre Accidentes de Tránsito en México. Enfrentando los retos a través de una visión intersectorial.** Instituto Nacional de Salud Pública de México, Secretaría de Salud.

Luna González, Laura y Luis Chías Becerril, 1999. **El uso de SIG en el análisis de la distribución de accidentes en carreteras: el caso de Tamaulipas, México.** Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. No. 40. Instituto de Geografía de la UNAM. pp. 148-161. ISSN: 0188-4611. Tiraje: 500 ejemplares.*

Ricardez Cabrera, Marcelino M. y Luis Chías Becerril, 2000. **La propensión a los accidentes de tránsito en municipios urbanos de México en 1990.** Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. No. 41. Instituto de Geografía de la UNAM. pp. 122-138. ISSN: 0188-4611. Tiraje: 500 ejemplares. *

Roberts Ian 1998. **Reducing Road Traffic.** Bri Med Jour. 316:242-3.

Söderlund-N; Zwi-AB 1995. **Traffic-related mortality in industrialized and less developed countries.** Bull-World-Health-Org.;73(2):175-182.