

ANALISIS DEL IMPACTO DE MEDIDAS DE GESTION DE TRANSITO

EN LA OCURRENCIA DE ACCIDENTES⁽¹⁾

Sergio González y Hernán Valenzuela
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile

y

Fernando Jofré
Ilustre Municipalidad de Santiago.

Resumen

Una gran cantidad de acciones en el plano de la gestión de tránsito municipal y en el de evaluación de proyectos de vialidad urbana tienen como objetivo prevenir la ocurrencia de accidentes. Sin embargo, no se cuenta con estudios realizados en nuestro país que permitan concluir acerca del éxito logrado y su justificación en términos de su rentabilidad social.

En este trabajo se presenta una revisión metodológica de medidas de ingeniería de bajo costo como criterio para reducir accidentes en el tránsito y se estudia el efecto de diversas medidas de gestión en la comuna de Santiago realizadas en los últimos años. Considerando una base de datos de accidentes en 80 intersecciones durante el período 1981-1984 se analizan medidas como: instalación de semáforos, demarcación y señalización, mejoramiento de semáforos, instalación de semáforos peatonales, rediseño de intersecciones y eliminación de semáforos. Una vez seleccionadas las intersecciones con medidas de gestión conocidas se recogió la información de accidentes provenientes de los partes policiales. Dicha información se codificó, validó y procesó mediante programas computacionales ad-hoc en un microcomputador APPLE IIe. Los resultados obtenidos, considerando algunas limitaciones de la base de datos, en términos de reducción de tasas de accidentes y en términos económicos demuestran un impacto ampliamente positivo.

(1) Este trabajo fue realizado a través de un convenio de investigación entre la Sección Ingeniería de Transporte del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile y la Dirección de Tránsito de la Ilustre Municipalidad de Santiago.

1. Introducción

En este documento se presentan algunos resultados preliminares de un proyecto de investigación sobre la aplicabilidad en Chile de medidas de ingeniería de bajo costo como herramienta para la formulación de programas de reducción de accidentes en el tránsito. No es claro a la fecha que exista en nuestro país una real conciencia sobre la magnitud del costo social en término de recursos económicos y de calidad de vida que provoca este tipo de accidentes. Las acciones más visibles que reflejan una "disponibilidad a pagar" por disminuir la gravedad del problema han ido en la línea de avisos publicitarios (TV, radio, diarios), nueva ley de tránsito, control mecánico obligatorio de vehículos, obtención de licencias de conducir y obligatoriedad de seguros de accidentes, en forma principal. Ha sido tradicional en nuestro país en los últimos años el culpar a los conductores (exceso de velocidad, manejo descuidado, influencia del alcohol y otros) de un elevadísimo porcentaje del total de accidentes y las líneas de acción preventiva han ido en su mayoría por ese lado. La evidencia no es clara en este sentido. En el eje Avda. Matta en el período 1983-1984 se controlaron aproximadamente 400 accidentes mientras que en la Avda. L.B. O'Higgins en una extensión similar y para el mismo período ocurrieron aproximadamente 90 accidentes. Se ha demostrado por otra parte (Jara y González, 1986) que la geometría de caminos juega un papel significativo en la ocurrencia de accidentes. Ambos resultados están indicando que hay otros factores tan o más importantes que también están en juego.

El reconocimiento de que el diseño de la infraestructura vial (carretera y geometría) así como la gestión de ella (demarcaciones, señalización, semaforización, etc..) juega un importante rol en la ocurrencia de un accidente ha permitido a los países desarrollados lograr importantes avances en materia de reducción del número y gravedad de ellos. Dentro de los enfoques que ha tenido un mayor éxito, en especial por sus tasas de rentabilidad en términos de beneficio-costo, está el denominado "medidas de ingeniería de bajo costo", cuya aplicabilidad en nuestro país es el motivo del presente estudio. En el punto 2 se entrega un resumen metodológico de este enfoque y de algunas experiencias en otros países. Una conclusión importante de esta recopilación bibliográfica está en que a pesar del éxito general de este tipo de medidas en todos los lugares donde se han aplicado, se detecta una gran diferencia en las tasas de reducción para cada ambiente. Más notorias resultan estas diferencias en aplicaciones en países subdesarrollados.

De aquí surgió la conveniencia de realizar un experimento en nuestro país basado en información disponible. Afortunadamente se encontró una serie de medidas de gestión de tránsito realizadas en la Municipalidad de Santiago en los últimos años, diseñándose un proceso de recolección de información y análisis de resultados que se describen en los puntos 3 y 4. En este último punto, se entregan tasas de accidentes comparativas del impacto de medidas de gestión así como cifras económicas preliminares que pueden ser utilizadas como referencia para estudios futuros. Como ha sido ya mencionado en diversas ocasiones (González y Cannobbio, 1984) el principal problema encontrado para realizar el estudio radicó en el proceso de recolección de información, codificación, validación y procesamiento en que aproximadamente se ha consumido más del 80% del avance realizado a

la fecha. El estudio de medidas de ingeniería de bajo costo requiere un nivel de información estadístico de cada accidente de alto nivel de desagregación que no queda registrado actualmente en los partes policiales. Sólo en aquellos accidentes graves en que concurre la CIAT (33a. Comisaría de Investigación de Accidentes en el Tránsito) queda un registro completo de ellos. Es claro que el contar con información más adecuada y en un sistema computacional habría permitido disponer de una gran cantidad de recursos orientados sólo a la etapa de análisis de los datos.

Por último, en el punto 5 se incluyen las conclusiones obtenidas a la fecha en esta línea de investigación y sus perspectivas futuras.

2. Medidas de Ingeniería de Bajo Costo

Los países desarrollados tienen ya varias décadas de experiencia en materia de seguridad vial a través de una considerable cantidad de investigaciones y experiencia práctica. Sin embargo, es importante reconocer que la transferencia de métodos y la potencialidad de las medidas a ser aplicadas en países subdesarrollados donde las condiciones físicas, sociales y culturales, así como la disponibilidad de recursos son sustancialmente diferentes, puede anular el efecto esperado e incluso bajo ciertas circunstancias puede empeorarse la situación existente (WHO Meeting, 1984). Sin embargo, varios aspectos son posibles de utilizar en nuestros países a partir de la experiencia acumulada en el extranjero. Uno de ellos es el reconocimiento de que, como en muchas otras áreas, la intuición y el sentido común han probado llevar a soluciones equivocadas y caras, por lo cual parece ser especialmente valioso la utilización del método científico para proponer y evaluar políticas de seguridad vial (WHO Meeting, 1984). Otro aspecto se refiere a la racionalidad de seguir un determinado enfoque metodológico en la formulación y evaluación de programas de reducción de accidentes basados en medidas de ingeniería de bajo costo. El análisis de diversos autores (Dept. Environment, 1974; Sparks, 1977; Brawn, 1972; The Inst. Highway Engineers, 1980) permite recomendar una determinada secuencia, contenido y alcances para dicho proceso.

2.1. Formulación de un programa de reducción de accidentes

La formulación de un programa de reducción de accidentes en el tránsito basado en medidas de ingeniería de bajo costo requiere analizar una serie de aspectos que están interrelacionados entre sí. La disponibilidad real de información y el nivel de detalle de ésta condicionan fuertemente todo el proceso.

2.1.1. Definición del ámbito espacial

Se reconocen fundamentalmente tres ámbitos de aplicación de programas; a nivel de área o zona, de eje o sección y de foco o punto. La selección entre ellos dependerá del tipo de accidente que se quiere evitar y de las posibles medidas a adoptar. En algunas ocasiones medidas adoptadas sobre determinados focos tendrá como efecto el desplazamiento de los accidentes hacia intersecciones cercanas debiendo ampliarse por lo tanto el ámbito del estudio. En otros casos, es posible detectar ejes o secciones completas que por sus características de diseño, flujo vehicular o de actividades merecen un tratamiento uniforme. Hay por último casos

en que por la causalidad de los accidentes y, por el tipo de medidas a adoptar y por su eficiencia comprobada es adecuado el tratamiento de foco. La información debe poder manejarse detalladamente a nivel de áreas y a partir de su análisis se deberá concluir sobre el ámbito de formulación más apropiado; área, sub-área, eje o foco.

2.1.2. Identificación de áreas, ejes o focos a estudiar

Aún cuando es deseable que la acción de reducción de accidentes esté dirigida a todo punto o sección en que ellos ocurran, la limitación usual de recursos ha llevado a definir prioridades entre ellos con el fin de utilizarlos de la forma más racional posible. Varios son los criterios utilizados para identificar lugares que requieran una acción prioritaria, estando casi todos ellos basados en el ordenamiento de las estadísticas de accidentes según determinados parámetros, los que mediante valores límites generan los puntos, secciones o áreas buscadas. Existe concordancia entre los criterios que se han utilizado en Gran Bretaña (Dept. Environment, 197 Estados Unidos (Sparks, 1977) y Sud Africa (Brawn, 1972), que fundamentalmente contemplan; i) promedio de accidentes totales ocurridos en un período determinado, ii) tasa de ocurrencia de accidentes, que pondera la cifra anterior por el flujo vehicular para el caso de focos o por el total de kilómetros viajados en el caso de secciones y, iii) número de accidentes esperados. Por razones de disponibilidad de información se utiliza con mayor frecuencia el primer criterio señalado, dado que el segundo requiere información de flujos vehiculares y el tercero requiere análisis estadísticos de suficiente sofisticación como para predecir un fenómeno de carácter aleatorio y de múltiple causalidad como es un accidente. Para este último caso, se han derivado algunas funciones empíricas (Sparks, 1977) y relaciones gráficas (Mc Guigan, 1982). Cabe mencionar que la presencia de un alto riesgo de accidentes con bajo nivel de flujo vehicular permite esperar un mayor potencial de reducción de accidentes frente a medidas de ingeniería de bajo costo, por lo cual, dicha información es además de importancia para asignar prioridad a la identificación de áreas, ejes o focos (Dept. Environment, 1974). A pesar de no ser muy utilizado es recomendable realizar la selección considerando la gravedad de los accidentes y eventualmente incluyendo razones externas (presión pública u otros).

Es importante que en la formulación de un programa de reducción de accidentes se fijen metas a alcanzar de la manera más clara posible de tal manera sea posible evaluar las medidas por su efectividad y costo, y asignar prioridades. En el caso chileno, en que aún no existe un adecuado conocimiento del problema, no parece factible fijar, por el momento, metas objetivas de reducción de accidentes según tipo en esta etapa de formulación. Una vez que se tenga un diagnóstico detallado de la situación de accidentabilidad y el tipo de medidas posibles, y algunos estándares nacionales de efectividad de ellos, parece razonable especificar metas en la etapa de formulación de un programa.

2.2. Métodos de análisis, evaluación y selección de medidas

Los métodos de análisis están orientados a determinar tendencias o patrones comunes que estén presentes en la ocurrencia de accidentes dentro del ámbito espacial definido para el estudio. El primer aspecto a considerar

se refiere a la información disponible en cantidad y nivel de detalle. La base de información que se ha utilizado normalmente en estudios de esta naturaleza es posible resumirla en tres grupos (D.E, 1974, Kemp et al, 1972; Muhlrad, 1984; Russam y Sabey, 1972; Brawn, 1972); i) reportes policiales, ii) observaciones directas y iii) análisis de conflictos.

Los reportes policiales corresponden al sistema más utilizado de recolección de datos, basado en el hecho de que en cada accidente existe una cobertura policial, principalmente destinada a servir de referencia a la justicia. Lo que se ha hecho normalmente es aprovechar esta cobertura y mediante formularios adecuados conseguir recolectar información detallada, de tal manera que sea posible realizar procesos computacionales de validación y procesamiento (González, Cannobbio, 1984).

El método de observación directa desarrollado en Gran Bretaña (Kemp et al, 1972) consiste en enviar un equipo, normalmente de dos personas especialmente entrenadas, a cada accidente que ocurre. Este equipo examina el sitio del accidente y los vehículos, recogiendo todos los elementos y características que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad vial. Aún cuando la información recogida presenta un gran nivel de detalle, recogiendo evidencias que posteriormente desaparecen, debe verse claro el gran costo que involucra al requerirse personal entrenado durante un período normalmente extenso hasta recoger una muestra representativa. Se ha estimado, dependiendo de los objetivos de cada estudio, un tamaño de muestra mínimo de 1000 casos. Por otra parte, experiencias realizadas en Gran Bretaña (Kemp et al, 1972) indican que no hay una gran diferencia entre esta información y la recogida a través de los partes policiales. En el caso chileno, p. ej., no sería necesario tomar datos en terreno cuando concursa un equipo investigador de la CIAT dada la profundidad de su investigación (Ubilla, 1982).

Sobre el método de análisis de conflictos existe una amplia literatura y experiencia internacional. Su principal característica es que no requiere información previa sobre accidentes ocurridos. Su base teórica se encuentra en la observación directa de las maniobras, velocidades, posiciones, etc., de vehículos y objetos en un área en estudio, a partir de las cuales se generan situaciones de conflicto que presentan diferentes grados de riesgo. De la situación de conflicto surge una maniobra evasiva cuya consecuencia es finalmente la ocurrencia o no de un accidente (Russam y Sabey, 1972). Es claro que el mayor número de las situaciones de conflicto y maniobra evasiva no concluye en un accidente, sin embargo, se ha podido demostrar que existe una estrecha relación entre ambos. Experiencias en diversos estudios realizados utilizando esta técnica (Russam y Sabey, 1977; Spicer, 1973; Muhlrad, 1984) han coincidido en señalar que la información sobre conflictos obtenida en 10 horas de observaciones puede representar la accidentabilidad producida en el mismo lugar en tres años considerando accidentes sólo con lesionados. Su utilización es recomendable para realizar evaluaciones preliminares de medidas de solución y para recoger información en lugares donde no existen estadísticas previas o ésta es muy precaria. Actualmente se acompaña las observaciones con toma de videos durante todo el período y se está intentando perfeccionar la técnica buscando correlacionar la gravedad de los accidentes ocurridos, con fines de evaluación de medidas de solución (Muhlrad, 1984).

Cualquiera que sea el método de recolección de datos la técnica básica de procesamiento hoy día requiere del uso de la computación. A través del computador es posible obtener valores estadísticos medios y sus varianzas para todas las variables que concurren en un accidente determinándose tasas y participación de elementos comunes. Trabajos que tradicionalmente se han hecho en forma manual, como cuadros o matrices que resumen la información (Andreassend, 1983), confección de planos de ubicación y confección de diagramas de ocurrencia, actualmente también pueden ser desarrollados computacionalmente y manejados con gran flexibilidad para ordenar la información, buscar los elementos comunes (SORT) y otros. La profundidad del análisis requerido dependerá de la dificultad de encontrar dichos elementos, lo cual normalmente llevará a la necesidad de incorporar mayor información al sistema (Dept. Environment, 1974). También se requerirá un mayor nivel de análisis al no encontrarse soluciones cuya eficiencia haya sido comprobada, dificultándose por lo tanto la toma de decisiones.

El proceso de evaluación de las medidas de solución propuestas puede realizarse en términos de análisis costo-efectividad o análisis beneficio-costo. En el primer caso, debe especificarse ciertas metas a alcanzar en cuanto a número y tipo de accidentes a reducir, y el criterio de selección y ranking entre alternativas se realiza estimando los costos de inversión y efectividad en el logro de las metas. Este proceso exige el contar con una experiencia que se puede lograr sólo después de un período experimental significativo en cada ambiente. Por una parte, la especificación de metas requiere un conocimiento de tasas normales de ocurrencia o tasas de seadas de accidentes para cada circunstancia y según diferentes tipos, que sean alcanzables con los niveles de inversión y medidas que sea recomendable adoptar. Por otra parte, la medición de la efectividad en el logro de determinadas medidas para determinadas causalidades, requerirá un conocimiento empírico profundo en los diferentes ambientes de aplicación.

El análisis beneficio-costo consiste en realizar un proceso normal de análisis de rentabilidad el cual deberá hacerse en términos de rentabilidad social. La mayor dificultad estará en la medición de los beneficios del programa, que requiere estimar la reducción potencial de accidentes en el área en estudio considerando la posibilidad de aumento en el número de accidentes en otros puntos y/o cambios en el tipo de accidentes. Tendrá importancia la consideración de la gravedad de los accidentes de tal manera sea posible evaluar los cambios esperados, considerando los costos sociales involucrados. También se recomienda estimar otros impactos de las medidas sugeridas que puedan ser cuantificados económico, como son variaciones en los tiempos de viajes de usuarios de la red y en las maniobras que se realizan en puntos específicos (Dalby y Ward, 1981).

Todos estos beneficios (y/o costos según el caso) se deberán actualizar al año 0, considerando un horizonte no superior a 5 años (Inst. Highway Engineers, 1980; Dalby y Ward, 1981) aún cuando se recomienda usar como indicador la tasa de rentabilidad del primer año, lo cual implica considerar sólo beneficios para el primer año. Con este enfoque, la selección entre varios programas de reducción o entre alternativas de medidas de reducción al interior de un programa se realiza de acuerdo

a criterios de rentabilidad económico-social.

En la evaluación es importante considerar diversos aspectos para la estimación de las rentabilidades (Inst. Highway Engineers, 1980); i) tomar en cuenta el crecimiento vegetativo en la accidentabilidad y sus causas, ii) si la solución adoptada está ligada con modificaciones en la regulación de tránsito hay que considerar el porcentaje de violabilidad de ellas y, iii) la evaluación supone que las características generales del medio ambiente se mantienen constantes. Si existe algún proyecto en estudio o ejecución que afecte al medio ambiente deberá ser incluido su impacto.

2.3. Evaluación de resultados

Es conveniente estudiar los resultados que se logren con las medidas adoptadas, con el fin de validar las hipótesis originales y/o modificarlas perfeccionando el método de predicción de impactos y la evaluación. La mayoría de los estudios realizados a la fecha a nivel de focos han utilizado información sobre la accidentabilidad 3 años antes y 3 años después de implantada la medida. Los test empleados para determinar si existen variaciones entre ambos períodos se han basado en distribución de Poisson, test chi-cuadrado y test de Fisher (Dept. Environment, 1974; Rainbird, 1981; Sparks, 1977; Faulkner and Eaton, 1977). La elección entre ellos depende de la cantidad de información necesaria para su aplicación. Los dos primeros se usan preferentemente para efectuar evaluaciones sobre el total de accidentes (número alto) y el test de Fisher es recomendado para el caso en que el número de accidentes totales (antes y después) es bajo.

2.4. Algunos resultados logrados con medidas de reducción

B.L. Hills y G.D. Jacobs (1981) compararon los resultados obtenidos en cinco estudios diferentes en Gran Bretaña y U.S.A. Las principales conclusiones son:

- i) Existe en general una muy alta rentabilidad de las medidas de gestión analizadas, sin embargo, se muestra una gran variabilidad en los indicadores de rentabilidad.
- ii) Mejoramientos en la señalización de tránsito muestran tasas de retorno del ler. año de 1.550 y 3.700 así como relaciones beneficio/costo de 47 y 15 para 4 estudios diferentes.
- iii) Instalación de semáforos muestra una relación beneficio/costo de 0.9 y 6.4 para dos estudios.
- iv) Demarcaciones muestran relaciones beneficio/costo de 58 y 26,5 y tasas de retorno de ler. año de 640 y 1.500 para 4 estudios.

B.E. Sabey (1979) estudió el potencial de reducción de accidentes con lesionados, basado en información de 4 años, concluyendo que desde el punto de vista de la ingeniería vial utilizando medidas de bajo costo la tasa de accidentes puede disminuir como mínimo un 20%.

En ambos casos las medidas de bajo costo muestran elevados retornos económicos lo cual las lleva a ocupar el primer lugar en las opciones de

medidas de solución.

Resultados obtenidos en Nigeria (Hills y Jacobs, 1981) indican que las medidas a sugerir deben considerar el medio ambiente y comportamiento de los usuarios antes de ser aplicadas. Estudios del comportamiento de los conductores frente a una luz roja y frente a semáforos peatonales en varios países muestran una gran diferencia entre países desarrollados y del Tercer Mundo, variando entre un 6% y un 35,6% de conductores que no se detienen en el primer caso y de un 60% a un 84% en el segundo (Jacobs, Downing y Sayer, 1979; Hills y Jacobs, 1981).

En Estados Unidos (ITE, 1976) se ha encontrado también importantes reducciones en el número de accidentes y lesionados como consecuencia de la aplicación de medidas de bajo costo, pudiendo alcanzarse cifras superiores al 50%.

La gran variabilidad de tasas de reducción encontradas en los diversos estudios analizados permite concluir sobre la inconveniencia de adoptar dichos resultados en ambientes diferentes, reforzándose la necesidad de estudios propios en cada realidad.

3. Estudio de Medidas de Gestión en la Comuna de Santiago

Las características de la comuna de Santiago en lo que se refiere a número de intersecciones y flujos vehiculares más la existencia de personal profesional calificado, permitió plantear un estudio piloto del impacto de diversas medidas de gestión de tránsito realizadas en los últimos años.

La elección de medidas a ser consideradas, se basó en la búsqueda de aquellas que hubieran sido adoptadas en un número importante de intersecciones. Para el caso de las intersecciones asociadas a cada medida, se buscó a aquellas en que existiera un período posterior a la implantación suficiente como para realizar una comparación.

El resumen de la distribución de medidas y el número de intersecciones asociadas, se muestra en la siguiente tabla:

M E D I D A	Nº de Intersecciones
1. Instalación de semáforos	21(20)
2. Instalación de semáforos peatonales	3(1)
3. Mejoramiento de semáforos (lámparas, ubicación)	20(20)
4. Demarcación y señalización	15(7)
5. Rediseño	12(12)
6. Medidas de gestión (retiro de semáforos, cambios de sentido del tránsito)	4(4)
7. Intersecciones de control	5(5)

TABLA 1 : Medidas de gestión analizadas

Los números entre paréntesis corresponden al número de intersecciones que finalmente se emplearon en el análisis. La reducción fue producto principalmente de las imposibilidad de disponer con cierta precisión de las fechas en que se implementaron las medidas y/o por deficiencias en la recolección de la información.

De acuerdo a la ley, a Carabineros de Chile, ante el conocimiento de la ocurrencia de un accidente de tránsito, le corresponde la función de asistir y recopilar todos los antecedentes que permitan posteriormente determinar los hechos y situaciones que pudieran causarlo, emitiendo para ello un parte que es luego remitido al juzgado correspondiente. Dentro de dicha institución existe además una unidad especializada como es la CIAT la cual por razones de capacidad concurre en forma prioritaria sólo en aquellos casos en que existan lesionados graves o muertes, alcanzando una cobertura aproximada en el Área Metropolitana de un 7% del total de ocurrencias. En cada caso la CIAT elabora un informe técnico en el que se analizan en profundidad los hechos, por lo que la información que contiene es de gran utilidad para cualquier análisis posterior que se deseé de la accidentabilidad. Existen a su vez, casos en los cuales Carabineros no concurre y que son denunciados por los propios participantes en las Comisarías más cercanas al lugar de ocurrencia, lo que dá origen a los partes conocidos como constancias. De esta forma se puede concluir que existe dos fuentes de información para conocer los detalles de un accidente (dependiendo de su gravedad), estos son los partes policiales y los informes técnicos CIAT.

Dada la cobertura que ofrece CIAT, sumado al hecho de que cada uno de sus informes técnicos tiene asociado un parte policial y a la magnitud y tipo de estudio que se deseaba realizar, se eligió a los partes policiales como fuente de información. Para ésto se debió concurrir directamente a las comisarías bajo cuyas respectivas jurisdicciones se encontraban las distintas intersecciones seleccionadas. De esta manera la recolección se centró en seis Comisarías de la comuna de Santiago (2a, 3a, 4a, 9a, 21a y 22a) trabajo desarrollado por un total de cinco personas.

El período considerado en la recolección correspondió al cuadriénio 1981-1984 (en algunos casos se actualizó a Septiembre 85), tratando de abarcar así un período aproximado de tres años antes de la implantación de los diferentes medidas, cubriendose la totalidad de los partes existentes (incluidos contenciosos). Para realizar esta labor se diseñó un formulario ad-hoc (Anexo 1), con el que se buscó obtener el máximo de información relativa a cada accidente a partir de cada parte policial. De esta forma se recolectó información sobre un total aproximado de 1800 accidentes distribuidos entre las 80 intersecciones consideradas.

Cabe hacer presente que debido a razones operacionales internas de Carabineros, al inicio de esta recolección (Febrero 1985) los libros que contenían los partes enviados a los juzgados de Policía Local durante los años 1981 y 1982 habían sido eliminados razón por la cual para dichos años sólo se contó con información relativa a partes de Mayor Cantidad (accidentes con lesionados menos graves, graves, muertos y algunos leves), hecho que obligó a manejar cuidadosamente la información para su posterior análisis comparativo. Debe señalarse también, la dificultad que significó, tanto durante la recolección como en el análisis posterior, la poca información que presentan algunos partes (principalmente constancias y casos sin lesionados), lo cual no permite conocer elementos básicos como son las maniobras realizadas por los vehículos involucrados y la ubicación precisa del accidente en la intersección. Por razones inherentes a la labor policial no siempre es posible trabajar en la obtención de información de accidentes a partir de los libros de partes, por lo cual, el trabajo de recolección tuvo finalmente una duración aproximada de 8 meses a jornada parcial.

Con el propósito de permitir el proceso computacional de la información recolectada, se creó una codificación que utiliza el formulario anteriormente señalado como base y permite lograr un nivel de desagregación de las características descriptivas de cada accidente, adecuado para el análisis que se pretendía realizar.

Todo el trabajo de procesamiento de la información se llevó a cabo en un microcomputador APPLE IIe, desarrollándose una serie de programas interactivos en lenguaje BASIC, que permiten generar la base de datos, ordenarla por intersecciones y posteriormente presentar diferentes alternativas de procesamiento.

En el análisis de la información se decidió emplear el sistema de "Matrices de Análisis" (Department of Environment, 1974), en los que se condensan las diferentes características asociadas a cada accidente permitiendo una visualización rápida de ellos. En virtud que el uso de dichas matrices está más bien dirigido al estudio de una intersección en forma singular más que un análisis conjunto, se consideró desarrollar una matriz con distintos niveles de desagregación. El primer nivel agrupa el tipo de accidente en sólo cuatro tipos (igual dirección, direcciones cruzadas, direcciones opuestas y miscelánea), en lo que respecta a maniobras previas considera sólo tres clases (detenido o deteniéndose, maniobra evasiva y otra maniobra), en lo relativo a infracciones sólo distingue si ellos son peatonales o vehiculares y finalmente la hora de ocurrencia de cada accidente lo clasifica en diurno o nocturno. El objeto de esta matriz

fue que permitiera de una forma global, una comparación rápida entre intersecciones. En el segundo nivel de desagregación, las clasificaciones utilizadas en la primera matriz fueron realizadas con mayor detalle, los tipos de accidente se aumentaron a 18 (por ejemplo, para el caso de direcciones cruzadas, ahora se consideró si ellos eran en ángulo recto, por viraje a la derecha o por viraje a la izquierda), para maniobras previas se consideraron 17 clasificaciones distintas, las infracciones de tránsito contemplaron ahora 8 casos distintos y en el caso de la hora de ocurrencia se crearon 7 períodos distintos. Debe señalarse que esta matriz de mayor nivel de desagregación es selectiva, lo que significa que en ella aparecerán solamente las clasificaciones para las cuales existen accidentes en cada caso, por lo cual pueden variar tanto de una intersección a otra como de un período a otro. Así mismo, se contempló la generación de una tercera matriz que entrega el resto de las características de cada accidente (Nº de lesionados, tipo de señalización entre otros). Por último, se entrega también una tabla que resume para cada accidente, su fecha, Nº de formulario y las maniobras previas de cada uno de los vehículos participantes.

El programa que permite la generación de estas tres matrices, contempla además la posibilidad de ordenamiento (SORT) por cualquiera de las características o clasificaciones, lo que representa una gran herramienta en el estudio específico de una intersección (Valenzuela, 1985).

4. Resultados

De las medidas seleccionadas inicialmente (Tabla 1), sólo en algunos casos la cantidad de información permitió obtener conclusiones que se puedan estimar de significancia estadística. Los resultados de este estudio deben considerarse parciales en el sentido de que no ha sido posible cubrir completamente el total de accidentes 3 años antes y 3 años después como recomienda la experiencia internacional. Esta misma razón llevó a realizar análisis del tipo agregado juntando el total de la muestra para cada una de las medidas sin realizar análisis individual de intersecciones. De esta manera, se ha podido llegar a conclusiones preliminares para algunas de las medidas adoptadas que parecen indicar una cierta tendencia que en el futuro deberá ser validada con más información. Cabe recordar que en todos los casos para los años 1981 y 1982 se cuenta sólo con información de accidentes con lesionados.

4.1. Instalación de semáforos

En la Tabla 2 se entrega un resumen de los resultados obtenidos de analizar 20 intersecciones durante un período variable de meses antes-después de la medida de instalación de semáforos. El total de accidentes analizados es de 275. Las principales conclusiones son:

- i) La tasa de accidentes sin lesionados (sólo daños materiales) permanece prácticamente constante. Sin embargo, la estructura de este tipo de accidentes cambia radicalmente. Mientras en la situación sin semáforo más del 60% del total corresponde a accidentes de vehículos

Categoría	Período	Nº de meses-int.	Tipo de valor	Tipo de Accidente (Acc/Año-Inters.)				
				Accidentes no peatón	peatón	Direcciones cruzadas	Igual Dirección	Posterior
CON LESIONADOS	Antes	410	Medio Máximo	1,872 5,148	0,408 1,296	1,380 5,148	0,084 0,648	0,024 0,324
	Después	166	Medio Máximo	0,792 2,004	0,144 1,092	0,648 1,848	0,072 1,092	0,072 1,092
SIN LESIONADOS	Antes	125	Medio Máximo	4,992 20,304	-	3,072 15,696	1,728 4,620	1,394 4,620
	Después	115	Medio Máximo	4,800 12,000	-	1,152 5,148	3,756 10,800	2,508 6,000

TABLA 2 : Tasas de accidentes correspondiente a medida Instalación de Semáforos

NOTA: En todos los casos el valor mínimo de las tasas es 0.0.

en direcciones cruzadas y en ángulo recto, en la situación con semáforo el 78% corresponde a accidentes de vehículos en igual dirección aproximadamente 2/3 choques por detrás y 1/3 por cambio de pista. Cabe señalar que siendo las tasas medias indicativas de los efectos agregados existe una variabilidad interna entre las diversas intersecciones analizadas que aún no ha sido plenamente explicada (ver p. ej. valores máximos en Tabla 2).

- ii) La tasa de accidentes con lesionados disminuye en un 58% al ser instalado un semáforo y el número de atropellamientos en un 65%, mostrando una drástica disminución de los accidentes graves. El nivel de reducción presenta una gran estabilidad entre las intersecciones analizadas.

4.2. Demarcaciones

Se pudo obtener información confiable para 6 intersecciones todas ellas en Avda. Manuel Rodríguez, con un período global de muestreo de 63 meses antes de la medida y de 81 meses después (10,5 y 13,5 meses por intersección). El total de accidentes fue de 13 con lesionados y 53 sólo con daños materiales.

En la Tabla 3 se resumen los resultados del procesamiento de datos a partir de los cuales y considerando las limitaciones de la muestra, se puede concluir:

- i) La tasa de accidentes sin lesionados muestra una ligera disminución de un 6% probablemente no significativa. Sí, al igual que en la instalación de semáforos, hay una disminución importante de los accidentes en direcciones cruzadas (33%).
- ii) La tasa de accidentes con lesionados disminuye en un 88,5%, el número de lesionados en un 84% (graves en un 91%) y los accidentes en direcciones cruzadas también en un 84%, indicando incluso una mayor disminución en los accidentes graves que la medida de instalación de semáforos.

4.3. Rediseños

La muestra considerada para la medida de rediseños está representada por 8 intersecciones de la Avda. Recoleta con un promedio de 14 meses por intersección y con un total de 113 accidentes registrados antes de la medida y 17 meses con 98 accidentes después. El rediseño considera repavimentación, ensanche de Avda. Recoleta en promedio en una pista, demarcaciones, iluminación, islas especiales para virajes a la izquierda y bandeón central o isla para peatones en algunos sectores. En la Tabla 4 se muestran las tasas medias de accidentes por año e intersección para diferentes tipos de accidentes y consecuencias. A partir de él es posible concluir:

- i) La tasa de accidentes total sin lesionados disminuye en un 24%, mostrando una disminución fuerte de los accidentes en igual dirección (28%) y un aumento de los accidentes en direcciones cruzadas (112%). Los primeros disminuyen fundamentalmente como consecuencia de las demarcaciones (accidentes por cambio de pista bajan en un 58%) y aparentemente por la habilitación de pistas especiales para viraje a la izquierda (accidentes "por detrás" disminuyen en un 17%). Los segundos aumentan probablemente como

Categoría	Período	Nº de Accidentes (Acc/Año-Inter.)			Lesionados (Les/Año-Inter.)			Tipo de Accidente (Acc/Año-Inter.)							
		Total	Diurno	Noct.	Total	Graves	Menos graves	Leves	Peatón	Igual Direc.	Direc. cruz.	Post.	Cambio pista	Viraje Izquier.	Viraje derecha
SIN LESIONADOS	Antes	4,57	3,81	0,76	-	-	-	-	-	1,14	2,86	0,95	0,19	0,0	-
	Después	4,30	3,70	0,60	-	-	-	-	-	1,19	1,93	1,19	0,00	0,29	-
CON LESIONADOS	Antes	3,81	3,43	0,38	6,48	1,71	2,67	2,10	0,76	-	2,67	-	-	0,19	0,19
	Después	0,44	0,30	0,14	1,04	0,15	0,74	0,15	0,00	-	0,49	-	-	0,00	0,00

TABLA 3 : Tasas de accidentes y consecuencias correspondiente a medida Demarcación y Señalización

Categoría	Período	Nº de Accidentes (Acc/Año-Inter.)				Lesionados (Les/Año-Inter.)				Tipo de Accidente (Acc/Año-Inter.)					
		Total	Diurno	Noct.		Total	Graves	Menos Graves	Leves	Peatón	Igual Diricc.	Dirac. Cruz.	Post.	Cambio Pista	Viraje Izquier.
SIN LESIONADOS	Antes	9,25	7,77	1,48	—	—	—	—	—	7,60	0,33	4,51	2,31	0,66	0,11
	Después	7,01	5,92	1,09	—	—	—	—	—	5,52	0,70	3,77	0,96	0,26	0,70
CON LESIONADOS	Antes	3,19	2,68	0,51	3,63	1,21	0,44	1,98	1,21	1,43	0,22	1,32	0,00	0,11	—
	Después	1,58	1,33	0,25	1,66	0,61	0,18	0,87	0,61	0,44	0,26	0,44	0,09	0,00	—

TABLA 4 : Tasas de accidentes y consecuencias correspondiente a medida Rediseño

consecuencia del ensanche de Avda. Recoleta en una pista. Se observa también una importante disminución de los accidentes nocturnos (36%).

- ii) La tasa de accidentes con lesionados muestra disminuciones más importantes que la anterior. El total de accidentes que se pueden clasificar como graves disminuye en un 50% y el total de lesionados disminuye en un 54%. Según tipo de accidentes, los atropellamientos disminuyen en un 50%, accidentes en igual dirección en un 69% (mayoritariamente por detrás), aumentando ligeramente los accidentes en direcciones cruzadas (18%) por las mismas razones entregadas anteriormente.

4.4. Otras medidas

Se estudió el efecto de otras medidas en que la información disponible no permite obtener conclusiones significativas.

- i) Mejoramiento de semáforos (cambio de lámparas, ubicación de postes). Se estudió esta medida en el eje Avda. Matta siendo la base de comparación posible sólo la de accidentes con lesionados (período 81/82 con período 83/84) no encontrándose diferencias apreciables. Cabe sí destacar, la gran cantidad de accidentes detectados en el período 83/84, aproximadamente 400, lo cual hace constituir a este eje en un gran foco de accidentes.
- ii) Semáforos peatonales. La única fuente de información de importancia se constituyó en el semáforo peatonal de Avda. Santa María con Puente Los Carros. Considerando períodos comparables se observa una drástica disminución de los accidentes. En accidentes con lesionados de 2 atropellos se baja a 0 y en accidentes sin lesionados, 8 accidentes se reducen a 1 (básicamente accidentes "por detrás" o cambio de pista).
- iii) Retiro de semáforos. El tamaño de la muestra es sólo de 3 intersecciones con un total de accidentes de 22. Para un período comparable, de 0 accidente con y sin lesionados se aumenta a 6 accidentes con lesionados y 16 accidentes sin lesionados indicando un gran impacto negativo desde este punto de vista.
- iv) Intersecciones de control. Se recogió información en 5 intersecciones donde no se ha tomado ninguna medida de gestión de tránsito en los últimos años, con el objetivo de detectar alguna tendencia en la accidentabilidad que puede alterar las conclusiones anteriores. No se observan diferencias significativas, siendo importante señalar que el tamaño de la muestra es pequeño como para obtener una conclusión definitiva al respecto.

4.5. Distribución de accidentes según tipo de vehículos

En términos generales, para toda la muestra de accidentes, la participación de automóviles, locomoción colectiva y taxis superan el 90% del total de vehículos. Esto indica que la participación de camiones, motos y bicicletas es de carácter minoritario. Predominan claramente los accidentes de automóviles siendo sólo superados por locomoción colectiva en puntos muy específicos del eje Avda. Matta y Avda. Recoleta. En cuanto al efecto de las medidas estudiadas las conclusiones obtenidas sólo tienen un carácter preliminar.

- i) En las intersecciones en que se instaló semáforo la participación porcentual inicial en accidentes de 77%, 11% y 10% entre automóviles, taxis y locomoción colectiva cambia a 59%, 12% y 21%.
- ii) En las intersecciones con rediseño disminuye la participación porcentual de automóviles y taxis aumentando la de la locomoción colectiva.

Los resultados parecen indicar un mayor respeto a la señalización, de marcaciones y semáforos, por parte de automóviles y taxis que por parte de buses y taxibuses, sintiéndose el efecto fundamentalmente en los primeros y en mucho menor grado en los segundos.

4.6. Análisis económico preliminar

Para la realización de este análisis se adoptó como costo medio de un accidente sin lesionados \$ 200.000 y con lesionados \$ 800.000, considerando la muestra de accidentes antes-después de medidas de semaforización, de marcaciones y señalización, y rediseños. En la Tabla 5 se entregan los costos estimados, relación B/C y tasa de rentabilidad inmediata (T.R.I.), con valores aproximados (en miles de \$, 1985).

Medida	Costo Inversión (1)	Costo Anual Equivalente (2)	Beneficios Anual (3)	Relación B/C (3)/(2)	T.R.I. (%) (3)/(1)
Semaforización	1.200	260	1.100	4,4	92
Rediseño	600	140	1.736	12,4	289
Demarcación y señaliz.	60(*)	140	2.750	19,6	4.583

Tabla 5: Rentabilidad aproximada de medidas de ingeniería de bajo costo

(*) Supone pintura de duración aproximada de 4 meses más señalización vertical.

5. Conclusiones

A pesar de encontrarse esta línea de investigación en una etapa preliminar, los resultados obtenidos son promisorios. Parece ser definitivamente claro que la ingeniería de diseño vial urbano y la ingeniería de tránsito tienen mucho que aportar en términos de formulación de programas de reducción de accidentes. A modo de ejemplo, es posible rescatar algunas cifras:

- i) A través de la instalación de semáforos es posible reducir los accidentes graves en un 58% y los atropellamientos en un 65%. La tasa total de accidentes y en especial la de sin lesionados no se modifica, observándose sin embargo un cambio de estructura al disminuir los accidentes en direcciones cruzadas y aumentar los de igual dirección. En términos de rentabilidad aproximada, sólo por efecto de disminución de accidentes, se tiene una tasa de rentabilidad inmediata de un 92%.
- ii) Las demarcaciones y señalización tienen un gran efecto sobre la ocurrencia de accidentes graves, disminuyendo estos en un 88,5% y el número de lesio-

nados graves en un 91%. La rentabilidad de este tipo de medidas es notable alcanzando para la muestra obtenida una tasa de rentabilidad inmediata del 4583%.

- iii) Los rediseños muestran una importante tasa de disminución de accidentes sin lesionados (28%) siendo más importante la de accidentes graves y atropellamientos que disminuyen en un 50% y de lesionados en un 54%. La rentabilidad de este tipo de medidas, para la muestra de accidentes recogida alcanzó una tasa de rentabilidad inmediata de un 289%.
- iv) En otras medidas de gestión, los tamaños de muestra no permiten obtener conclusiones significativas. Será importante reforzar con mayores estudios el carácter negativo que presenta el retiro de semáforos y el carácter positivo que presenta la colocación de semáforos peatonales.

El área de investigación de accidentes desde el punto de vista de la ingeniería tiene un desarrollo incipiente en nuestro país. Destacan dos estudios que es indispensable abordar para continuar su desarrollo. En primer lugar, la implementación definitiva de un sistema estadístico computacional de recolección de datos y en segundo lugar, la determinación del costo social para diferentes tipos de accidentes; con lesionados según su gravedad y daños materiales según su tipo (igual dirección, direcciones cruzadas, etc.). El primero, se requiere para destinar los recursos de investigación al análisis de los datos y no a su recolección, que actualmente se lleva la mayor parte del esfuerzo, y el segundo, para poder realizar las evaluaciones de las medidas a nivel de impactos detallados y tomar decisiones. Los estudios realizados por González y Jofré (1983) en caminos nacionales y éste en vialidad urbana, son definitivamente claros en señalar que la ingeniería tiene un rol de importancia que asumir en la reducción de los accidentes en el tránsito.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Carabineros de Chile por facilitar el acceso a la información de accidentes. También desean agradecer a Computerland por su apoyo computacional.

Referencias

- ANDREASSEND, D.C. (1983) Standard accident definitions: primary accident classes an accident types. Australian Road Research. Vol. 13, N° 1.
- BRAWN, R.J. (1972) The identification and improvement of accident black spots. Technical Manual K.21, National Institute for Transport and Road Research, Sud Africa.
- CANNOBBIO, J.E. (1984). Sistema de Información de Accidentes de Tránsito. Tesis de Grado Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago.
- DALBY, E. y WARD, H. (1981) Application of low-cost road accidents countermeasures according to an area wide strategy. Traffic Engineering & Control, Vol. 22, N° 11, 567-574.

Department of the Environment (1974) Accident Investigation and Prevention Manual. H.M.S.O., Londres.

FAULKNER, C.R. y EATON, D.E. (1977). Accident investigation and prevention by applying the location sampling technique to rural crossroads. TRRL Report LR 780, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.

GONZALEZ, S. y CANNOBIO, J.E. (1984). Sistema de información de accidentes de tránsito. Actas del Primer Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte. Universidad de Chile, 7-9 Mayo 1984, Santiago.

GONZALEZ, S. y JOFRE, F. (1982) The economic appraisal of accidents for rural roads projects: the Chilean case. 10th. PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick, Inglaterra, 12-15 Julio 1982.

HILLS, B.L. y JACOBS, G.D. (1981) The application of road safety counter-measures in developing countries. Traffic Engineering & Control, Vol. 22, N° 8/9, 464-468.

Institute of Traffic Engineers (1976) Transportation and Traffic Engineering Handbook. Prentice-Hall, New Jersey.

JACOBS, G.D., DOWING, A.J. y SAYERS, I.A. (1979). Road accident investigation in developing countries. 7th. PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick, Inglaterra, 9-12 Julio 1979.

JARA, DIAZ, S.R. y GONZALEZ, S.M. (1985) Flexible models for accidentes on Chilean roads. Accident Analysis and Prevention, Vol. 18, N° 2 (en impresa).

KEMP, R.N., NEILSON, I.D., STAUGHTON, G.C. y WILKINS, H.A. (1972). A preliminary report on an on-the-spot survey of accidents. TRRL Report LR 434, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.

LANDLES, J.R. (1980) Accident remedial measures, 8th PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick, Inglaterra 7-10 Julio 1980.

MC GUIGAN, D.R.D. (1982) Non junction accidents rates and their use in black-spot identification. Traffic Engineering & Control, Vol. 23, N° 2, 60-65.

MUHLRAD, N. (1984) Les conflits de trafic:un outil d'évaluation des mesures de sécurité en agglomération. Recherche Transports Sécurité, N° 1, 11-15.

RAINBIRD, R.C. (1981) Safety by design-not by accident. 9 th PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick, Inglaterra, 13-16 Julio 1981.

RUSSAM, K. y SABEY, B.E. (1972) Accident and traffic conflicts at junctions. TRRL Report LR 514, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.

SABEY, B.E. (1979) Road safety and value for money. Seminar on Road Safety-Remedial Action and the Local Authorities, Inglaterra.

- SPARKS, J.W. (1977). Development of an effective highway safety program.
Traffic Engineering & Control, Vol. 18, N° 1, 27-32.
- SPICER, B.R. (1973). A study of traffic conflicts at six intersections,
TRRL Report LR 551, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne,
- The Institution of Highway Engineers (1980). Guidelines for Accident Re-
duction and Prevention in Highway Engineering. Institution of Highway
Engineers, Londres.
- UBILLA, J.D. (1982). La investigación policial del accidente de tránsito.
Trabajo Explicativo de la Labor Desarrollada por la 33a. Comisaría de
Investigación de Accidentes en el Tránsito CIAT. Carabineros de Chile,
Noviembre 1982, Santiago.
- VALENZUELA, H.E. (1985). Formulación y Análisis de Programas de Reducción
de Accidentes en el Tránsito Utilizando Medidas de Ingeniería de Bajo
Costo. Tesis de Grado Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (1984). Road traffic accidents in developing
countries. Technical Report Series 703, World Health Organization, Gi-
nebra.

ANEXO 1

FORMULARIO RECOPILACION INFORMACION
DE ACCIDENTES EN EL TRANSITO, PROVENIENTE DEL PARTE CURSADO