

**ESTUDIO DE CONTRAMEDIDAS PARA LA REDUCCION DE ACCIDENTES  
EN EL TRANSITO EN EL EJE AVENIDA MATTA**

**Sergio González T., Aníbal Uribe B., Eduardo Borcoski E.**  
Consultores en Ingeniería de Transporte, CITRA LTDA  
Casilla 52301, Santiago, Chile  
y

**Fernando Jofré W.**  
Ilustre Municipalidad de Santiago  
San Pablo 1865, Santiago, Chile.

**RESUMEN**

Entre las acciones preventivas de accidentes en el tránsito se destaca en la literatura y práctica internacional las denominadas medidas de ingeniería, en especial de bajo costo, por su alta rentabilidad en términos de beneficios por unidad de inversión.

Se presenta en este estudio los resultados obtenidos en una primera experiencia nacional cuyo objetivo fue abordar el problema de accidentabilidad en el eje Avda. Matta en Santiago. En este sector, información preliminar, mostraba una tasa superior a 200 accidentes al año.

El carácter pionero del estudio en nuestro país, motivó a entregar, además de una proposición concreta de alternativas de mejoramiento evaluadas, una primera proposición metodológica estructurada cuya utilidad trascienda hacia otras vías urbanas.

## 1. INTRODUCCION

Los esfuerzos que se requiere destinar hacia incrementos en los niveles de seguridad vial deben provenir fundamentalmente de parte de las autoridades gubernamentales ya sea a un nivel central o local. El carácter del fenómeno y el ámbito de soluciones no permite esperar iniciativas que tengan alguna significación de parte del sector privado.

Entre las medidas que apuntan hacia la seguridad vial adoptadas en Chile, en los últimos años, cabe destacar la Ley de Tránsito (Ley Nº98.290) que plantea las normas y reglamentos dirigidos hacia el conductor, peatón, pasajero, vehículo e infraestructura vial. Allí se definen, entre otras cosas, el otorgamiento de licencias de conducir, niveles de enseñanza sobre legislación de tránsito en educación básica y media, exigencias de revisión técnica a vehículos motorizados, obligatoriedad de uso de cinturón de seguridad y de seguro para todo vehículo que circule por la vía pública, se señala organismos responsables de la construcción, mantenimiento y señalización de la infraestructura vial y se clasifica las infracciones de tránsito en diferentes niveles de gravedad introduciendo un severo régimen de multas y suspensión de licencias. El éxito relativo de estas medidas, no todas ellas efectivamente aplicadas, no ha sido posible determinarlo debido a la falta de un análisis ex-post a un nivel técnico apropiado.

Tanto por el énfasis de las medidas incluidas en la Ley de Tránsito como por el nivel de información de acceso público (prensa, radio, TV), las autoridades han centrado su acción bajo la hipótesis básica de que son los conductores (y/o peatones) los principales causantes de la ocurrencia de accidentes.

La motivación de este trabajo se apoya en el reconocimiento de que, además de la obvia participación de los conductores, existe una relación importante de los niveles de seguridad vial (cantidad, tipo y gravedad de los accidentes) con el diseño, estado y gestión de la infraestructura. Existe una extensa literatura internacional y algunos estudios preliminares en Chile (González, Valenzuela y Jofré, 1986) que avalan este reconocimiento.

A partir de información preliminar que mostraba una alta tasa de accidentes en el eje Avda. Matta (sobre 200 acc/año) la, I.



Municipalidad de Santiago decidió realizar un estudio tendiente a identificar y evaluar contramedidas en el ámbito de la ingeniería vial con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad del eje. Sin embargo, más allá de dicho objetivo directo y, reconociendo el carácter pionero en nuestro país de un estudio de esta naturaleza, se intentó plantear, a través de él, un primer enfoque metodológico que permitiera servir de modelo para otros estudios en el ámbito de esa y otras municipalidades. De esta manera, se espera que, tanto por el desarrollo de sucesivos estudios como por los análisis ex-post de validación de resultados se vaya configurando una metodología más confiable en sus predicciones y estimaciones de impactos.

En este documento se entregan los resultados principales del estudio de accidentes en el tránsito en Av. Matta, privilegiando los desarrollos metodológicos. En este sentido se expone la secuencia de etapas metodológicas seguida, una breve explicación del contenido de cada una, entregando algunos resultados específicos del estudio de caso, centrando la presentación en la problemática de accidentes. El estudio completo (CITRA, 1989) no sólo extiende los análisis acá presentados sino también cubre temas adicionales que tienen menor relación con el problema de seguridad (repavimentación total del eje, proyecto de ingeniería definitivo, etc.).

Se presenta, en primer lugar, una descripción general del eje Av. Matta. A continuación se describe la etapa de recolección y procesamiento de información disponible, incluyendo la información histórica de ocurrencia de accidentes. A través de ella se realiza un pre-diagnóstico cuyo objetivo principal es identificar los problemas globales que presenta el eje; tipos de accidentes predominantes, su ubicación espacial, sus características principales y una primera apreciación de causalidad. Para ello se integra a la información propia de accidentes, información de la vialidad, de la gestión de tránsito, de flujos vehiculares, de movimientos peatonales y de uso del suelo predominantemente. Como resultado del prediagnóstico se entregan objetivos específicos para las etapas siguientes del estudio; qué tipo de accidentes se intentará reducir de manera prioritaria, en qué localizaciones, qué carácter metodológico específico se le dará al estudio. Esto significa, entre otras cosas, definir; a) tratamiento de área, eje o de puntos negros, b) tipología general de contramedidas, c) mediciones complementarias a realizar (análisis de conflictos u otras).

Una vez ejecutadas y procesadas las mediciones complementarias (estudios de base) se realiza el diagnóstico definitivo que sirve de apoyo a la identificación de las contramedidas que serán sometidas a un proceso de evaluación. Algunas de ellas resultan de un carácter tan evidente que pasan a integrar la situación base y no son sometidas a evaluación (poda de árboles, demarcaciones, limpieza y/o cambio de lámparas de semáforos, adecuar señalización a normas, pequeños cambios en la programación de semáforos, etc.). El proceso de evaluación mismo requiere fundamentalmente identificar costos y beneficios. Estos últimos se generan a partir de la estimación del impacto en la tasa de accidentes según tipo y en la determinación del valor económico asignado a esa tipología. En la estimación del impacto sobre la tasa de accidentes radica la principal dificultad metodológica en este tipo de estudio.

Por último, se entrega una proposición de análisis ex-post, aspecto que se considera de gran importancia para futuros mejoramientos metodológicos.

## 2. DESCRIPCION GENERAL DEL EJE AV. MATTÁ

Av. Mattá es una vía que se extiende en dirección oriente-poniente a lo largo de aproximadamente 2,5 Km., y forma parte del eje troncal Lo Hermida - Av. Grecia - Av. Mattá - Av. Blanco Encalada, que permite conectar los sectores oriente y poniente de la ciudad.

Ella atiende preferentemente desplazamientos de media y larga distancia y su relativa cercanía al centro de Santiago determina que su vialidad tenga, además de una gran cantidad de flujos Oriente - Poniente, una fuerte presencia y cruce de flujos Norte-Sur que unen el importante sector Sur de la ciudad con el sector Central.

El perfil de Av. Mattá es muy homogéneo en todo su desarrollo y se caracteriza por 2 calzadas de 14 m. separadas por una mediana de 12 m. de ancho entre Vicuña Mackenna y San Diego, la que se reduce a 6 m. en el resto del eje, reducción que, junto al trazado mismo de la calle, origina un fuerte desalineamiento en el cruce con San Diego.



Las calles transversales presentan calzadas de 2 y 3 pistas, existiendo algunas con buena visibilidad hacia Av. Matta como Carmen, San Diego y Portugal, y otras en las que existen líneas de edificación muy próximas a la línea de solera lo que dificulta la visibilidad como, por ejemplo, Nataniel, Lord Cochrane y Arturo Prat.

Av. Matta presenta 14 cruces semaforizados en toda su extensión, y los equipos de control existentes son electrónicos, autosincronizables y permiten disponer de 8 planes diarios de tiempos de semáforos, de los cuales sólo operan 6, en la actualidad. El resto de las intersecciones existentes se encuentran reguladas por señal de prioridad y Av. Matta corresponde, en todos esos casos, a la rama primaria.

Los volúmenes de tránsito que demanda el eje presentan bastante uniformidad en toda su extensión y son relativamente similares durante gran parte del día en ambos sentidos (aprox. 2200 veh/hr), con excepción del período punta mañana en que el flujo Oriente - Poniente es significativamente mayor (3.000 veh/hr) y en el período punta tarde en que el flujo Poniente - Oriente crece a 2.400 veh/hr.

En el caso de los flujos vehiculares que cruzan el eje, la distribución de ellos se caracteriza por un predominio de la circulación Sur - Norte en la mañana, revertiéndose la situación en el período punta tarde.

Av. Matta se caracteriza también por ser una vía en la cual confluyen un gran número de actividades, principalmente comerciales, educativas, bancarias y de servicio. Ello determina una gran demanda por estacionamientos en todo el eje. La actividad peatonal, también alta, se concentra en las cercanías de los cruces con fuertes flujos de locomoción colectiva norte - sur como, por ejemplo, Nataniel, San Diego, San Francisco, Santa Rosa y Vicuña Mackenna.

Estas características más otras que se analizan posteriormente, como el comportamiento de la locomoción colectiva y el estado de la carpeta de rodado, condicionan fuertemente la operación de los vehículos en la vía.

### 3. RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

La investigación de accidentes centra sus esfuerzos en la recopilación básicamente de dos tipos de datos; por una parte, los que se refieren a la descripción en detalle de los accidentes; por otra, aquellos que se relacionan con las características del medio ambiente en el que éstos se producen.

#### 3.1 Información de Accidentes

Para el caso de Av. Matta, los datos de accidentes se obtuvieron a partir de los partes y constancias registradas en las comisarias de Carabineros con jurisdicción sobre el eje, abarcando el período que va desde el 1/11/83 hasta el 31/12/87. Tanto en la etapa de recolección de este tipo de información como en su ingreso al computador se utilizó el sistema SIMAC (González, Valenzuela y Jofré, 1985).

---

Este grupo de programas está orientado a visualizar rápidamente las características asociadas a los accidentes producidos en cada tramo o intersección del área. Ello motivó el desarrollo del sistema SETAC, el que permite llevar los archivos SIMAC a bases de datos procesables por DBASE3 y a través de éstos obtener información estadística de los accidentes reportados.

El procesamiento de los datos permite construir, entre otras, tablas como la N°1 adjunta, en la cual es posible identificar los tipos de accidentes más comunes en Av. Matta como asimismo sus consecuencias.

TABLA Nº 1

TASAS DE ACCIDENTES EN AVDA. MATTA  
(promedio anual años 85 , 86 y 87)

TIPO ACC.	TOTAL (acc/año)	% c/r AL TOTAL DE ACC.	ACCIDENTES CON LESIONADOS				
			ACC. CON LES. (acc/año)	% c/r AL TOTAL DE ACC	Nº LES LEVES AÑO	Nº LES GRAVES AÑO	MUERTOS AÑO
Acc.Totales	269	-	99	37	95	53	2,7
Posteriores	93	35	18	7	24	7	0,0
Acc.Cruzados	42	16	20	7	25	10	0,3
Atropello	35	13	35	13	15	21	2,0
Cambio Pista	16	6	1	0	1	0	0,0
Viraje Izq.	10	4	4	1	7	2	0,0
Caidas	9	3	8	3	6	4	0,0
Otros Acc.	26	10	9	3	12	7	0,4
Sin Inf.	38	14	5	2	5	2	0,0

### 3.2 Información Complementaria.

Este tipo de información comprende características de la vía y su operación tales como flujos vehiculares totales y desagregados, sistemas de señalización y gestión de tránsito, sistema de actividades, red vial y planificación urbana del área en estudio. Para la recopilación de ésta se recurrió a distintas fuentes, como por ejemplo, Departamento del Tránsito y Transporte Público de la I. Municipalidad de Santiago, Departamento de Urbanismo del mismo Municipio, mediciones de flujos efectuadas en la zona y otras.



El procesamiento de estos datos debe permitir, además de un fácil manejo de ellos, la posibilidad de establecer relaciones causales con la accidentabilidad. Para el logro de este objetivo, además de archivos computacionales, se confeccionaron diversos sistemas gráficos en los cuales era factible visualizar las características de los factores investigados (ver CITRA, 1989).

### 3.3. Visitas a Terreno.

Estas visitas se realizan a puntos determinados con base en el procesamiento de la información de accidentes, y en ellas se busca obtener una primera idea de las características tanto físicas como operativas de cada punto visitado. Con este objetivo y con el fin de sistematizar el proceso, se desarrollaron formularios ad-hoc (ver CITRA LTDA, 1989) que permitieron recoger ordenadamente los datos de interés y apoyar el prediagnóstico.

## 4. PREDIAGNOSTICO.

En esta primera etapa de análisis de la información disponible, se busca identificar puntos o sectores conflictivos, sus aspectos más relevantes y finalmente definir los objetivos y estrategia para la formulación del programa de reducción de accidentes. Para lograr estos fines, se reconoce la necesidad de obtener en primer lugar, una visión global de la accidentabilidad, para posteriormente, estudiar en detalle los principales problemas detectados.

### 4.1 Análisis General de la Accidentabilidad.

La obtención de una visión general de la accidentabilidad involucra la realización de un análisis de factores de accidentes, a nivel de todo el eje, para lo cual se recurre a la información procesada por el sistema SETAC. Conjuntamente, es necesario construir rankings y ordenaciones donde se ubiquen las intersecciones y tramos según tasas o razones de accidentes. Asimismo, se contempla el estudio de los datos complementarios recolectados, es decir, sistema de actividades y señalización existente, flujos vehiculares, etc.



El análisis combinado de los estudios realizados debe permitir distinguir aquellos elementos más relevantes de la situación existente en la zona.

En el caso de Avda. Matta, como lo muestra la Tabla Nº1, a pesar de la diversidad de accidentes producidos en el eje, es posible identificar tres tipos de siniestros dominantes: colisiones o choques posteriores, accidentes cruzados y atropellos. Aunque ellos se producen a lo largo de todo el eje, se pudo determinar que tendían a concentrarse en los cruces semaforizados y en horas con adecuada iluminación, pero con mayores flujos vehiculares. A su vez, se detectó la mantención de un cierto número de intersecciones en los primeros lugares de todos los rankings realizados, por ejemplo, Avda. Matta con San Francisco, en la que se producen 32 acc/año, en promedio.

#### 4.2 Análisis Específico de la Accidentabilidad.

Una vez identificados los sectores más conflictivos de la zona, se debe realizar un análisis en detalle de la accidentabilidad en estos puntos, buscando como objetivo central aislar aquellos conflictos y factores relacionados con la ocurrencia de los accidentes. Sin excluir la posibilidad de efectuar otros estudios, para el caso de Avda. Matta, se determinó que éstos consideraran la confección de planos de accidentabilidad graficando la información entregada por los rankings y el sistema SIMAC, y la realización de visitas a terreno, según lo indicado en 3.3 .

Los planos confeccionados permitieron, entre otros aspectos, ubicar espacialmente los puntos conflictivos y constatar que la locomoción colectiva participaba en un alto porcentaje de siniestros. Las visitas a terreno, por su parte, entregaron una serie de elementos, los cuales fue necesario estudiar en las siguientes etapas de la investigación. Por ejemplo, en Avda. Matta con San Diego se detectó, entre otras cosas, que los vehículos livianos que circulan por San Diego tienen dificultades para visualizar la señalización debido a la alta concentración de locomoción colectiva, los semáforos de Avda. Matta ubicados en la mediana se encuentran obstruidos por el ramaje de los árboles, el estacionamiento, ubicado por Avda. Matta en las cercanías del cruce, induce maniobras evasivas, etc. Este mismo análisis se realizó para todas las intersecciones del eje.

#### 4.3 Conclusiones del Pr. Diagnóstico.

Del análisis en conjunto de los diferentes estudios realizados fue posible identificar diferentes aspectos de la accidentabilidad, a partir de los cuales se determinó el ámbito y alcance de las siguientes etapas de la investigación. En Avda. Matta resaltaron: una alta concentración y heterogeneidad de accidentes en cruces semaforizados (81% del total de accidentes)), un elevado porcentaje de accidentes en que intervienen vehículos de locomoción colectiva (35% del total de siniestros), problemas de visibilidad de la señalización a causa de la vegetación existente, inadecuado estado de operación de los semáforos peatonales, estacionamientos mal regulados e indebidos que originan maniobras evasivas de alto riesgo e interfieren con la operación del transporte público y otras.

La individualización de accidentes realizada, sugirió como relevante destinar los esfuerzos a la búsqueda de contramedidas que permitieran disminuir los accidentes dominantes. Cabe mencionar que existe una alta probabilidad que tratamientos orientados a disminuir dichos tipos de accidentes, ayuden a solucionar simultáneamente las otras tipologías presentes. Si bien no es apropiado imponer límites iniciales a la búsqueda de tratamientos, la selección de éstos debía priorizar aquellos que asegurasen los mayores beneficios en conjunto con menores niveles de inversión.

Todos los antecedentes recabados y procesados hasta este punto sugirieron claramente que la búsqueda y selección de contramedidas debía estar enmarcada dentro de una estrategia a nivel de eje. Vale decir, que dadas las características similares de la accidentabilidad en las intersecciones semaforizadas, los tratamientos a implementar debían buscarse entre aquellos aplicables al conjunto de las intersecciones.

#### 5. ESTUDIOS DE BASE

Los estudios de base tienen como objetivo ampliar el cúmulo de antecedentes hasta aquí reunidos, afinando los resultados arrojados en el prediagnóstico, recogiendo además, la información necesaria para identificación y evaluación de contramedidas, cuyo ámbito está determinado por el tipo de



estrategia propuesta. Dentro de ellos se pueden citar; análisis y mediciones relacionadas directamente con los conflictos detectados (Observación del comportamiento de la locomoción colectiva, catastro exhaustivo de la semaforización y señalización, entrevistas a vecinos, etc.), mediciones complementarias (tasas de ocupación, rugosidad del pavimento, velocidad, etc.).

## 6. DIAGNOSTICO

El diagnóstico es la etapa en que se reestudia, focalizadamente y con mayor detalle, los conflictos previamente detectados incorporando todos los antecedentes hasta aquí recolectados. Esta etapa debería entregar un conocimiento acabado de la accidentabilidad en la zona de estudio, que permita posteriormente identificar los factores generadores de accidentes y posibles contramedidas.

En el estudio realizado en Avda., Matta, los aspectos más relevantes considerados en el diagnóstico fueron los siguientes:

- La visibilidad de los semáforos se encuentra en general dificultada por el ramaje de árboles, asimismo la inadecuada localización de postes y lámparas de semáforo, pasado la intersección, retarda la percepción de él. Tasa elevadas de accidentes posteriores, como en este caso, indican la importancia de este factor.
- En general las señales peatonales funcionan en forma deficiente, lo cual contribuye a aumentar el riesgo de atropellos. Destaca dentro de los sectores conflictivos el cruce de Avda. Matta con San Diego.
- La alta demanda de estacionamiento detectada requiere una buena regulación, lo que en el eje se ve dificultado por algunas señales contradictorias y una tendencia de los usuarios a no respetarla. Esta situación genera conflictos importantes en las cercanías de las intersecciones, disminuyendo su capacidad e interfiriendo con la operación del transporte público, generando maniobras peligrosas para los vehículos, pasajeros y peatones. Por ejemplo, la detención de buses a 2 y 3 metros de la solera, obligando a los pasajeros que abordan o descenden de vehículos de locomoción colectiva a ingresar a la calzada.



- El viraje a la izquierda que produce almacenamiento en la zona de la mediana de Avda. Matta aparece como un elemento más de conflictos. Esta agrupación de vehículos suele interferir con las pistas más a la izquierda del eje, provocando detenciones y cambios de pistas sorpresivos. Si bien el fenómeno es común a todos los cruces semaforizados, la situación es particularmente crítica en Lira y Viel, durante el día.
- La rugosidad observada en el eje es, en promedio, igual a 5.400 [mm/Km], lo cual permite apreciar las condiciones deficientes en que se encuentra el pavimento en la actualidad. Esto genera conflictos al no responder la adherencia neumático-pavimento a los requerimientos de desaceleración en situaciones apremiantes y provoca maniobras evasivas debido a baches en la superficie. Además, la existencia de adoquines en la calzada provoca, especialmente en los días de lluvia, maniobras riesgosas tanto para vehículos como para peatones. Esto último puede contribuir a explicar, adicionalmente, el elevado número de accidentes posteriores.

## 7. IDENTIFICACION DE CONTRAMEDIDAS

La gran cantidad de información recolectada y procesada, con gran nivel de detalle, permite identificar un elevado número de problemas relacionados con el flujo vehicular en Av. Matta. La solución de muchos de esos problemas no sólo tiene relación con las condiciones de seguridad en la circulación, sino también, con otras variables de interés al tráfico; demoras, consumos de combustible y otros costos de operación. Es posible distinguir conceptualmente diferentes situaciones, como por ejemplo;

- a) Medidas que apuntan a mejorar las condiciones de seguridad y afectan negativamente la circulación vehicular ( por ejemplo, rojo - rojo en semáforos).
- b) Medidas que apuntan a mejorar las condiciones de seguridad y afectan positivamente la circulación vehicular ( por ejemplo, visibilidad y oportunidad de la señalización, diseño y localización de paraderos de locomoción colectiva).

- c) Medidas que buscan reducir un determinado tipo de accidentes y simultáneamente pueden reducir otros ( por ejemplo, mejoramiento en la textura superficial en accesos a intersecciones).
- d) Medidas que buscan prioritariamente reducir costos de operación de los vehículos y contribuyen a aumentar la seguridad vial ( por ejemplo, repavimentaciones).

Para un proyecto aplicado, aún cuando se dirija centralmente a reducir accidentes, no es posible desconocer que habrá diversos efectos que pueden afectar globalmente el funcionamiento del área en estudio. De esta manera la evaluación deberá recoger todos los impactos, siendo altamente probable la necesidad de utilizar modelos computacionales como el TRANSYT. La necesidad de evaluar proyectos plantea necesariamente el requerimiento de definir una situación base y situaciones con proyecto a fin de comparar recursos y estimar indicadores de rentabilidad.

Este documento se centra en lo que sigue en las contramedidas de seguridad propuestas, sin distinguir si formaron parte de situaciones base o con proyecto. Más adelante se hará referencia al impacto estimado de ellas, sólo desde el punto de vista de incrementos en la seguridad. El análisis global de efectos del proyecto de mejoramiento de Av. Matta y su evaluación se puede encontrar en CITRA (1989).

La proposición de tratamientos se orientó principalmente a evitar los accidentes predominantes; posteriores, cruzados y atropellos, en las localizaciones donde presentaban una mayor frecuencia. Es así como;

- . La elevada participación de locomoción colectiva en los accidentes hizo pensar en una mejor gestión de paraderos tales como paraderos desplazados con plataforma de espera (ver Fig. 1.a). Esta situación permite, además una regulación de los espacios de estacionamientos. En otros casos se propuso un diseño de paradero como el de la Fig. 1.b, que lo ubica a una mayor distancia de la esquina facilitando también la bajada y subida de pasajeros conjuntamente con maximizar el área de estacionamiento.



- . La ubicación de los estacionamientos genera cambios de pista que pueden ser reducidos fuertemente a través de diseños como el propuesto en la Fig. 1.c .
- . Para los virajes conflictivos, en especial a la izquierda, en algunas intersecciones se propuso fases especiales de viraje o pistas exclusivas para este movimiento.
- . La mala visibilidad de la señalización se aborda a través de la poda de árboles, limpieza de luces, ubicación de postes, etc.
- . En sectores de pavimento de baja adherencia, en especial en periodos de lluvia, se planteó la realización de tratamientos superficiales de pavimentos orientados a aumentar dichas características en los accesos a las intersecciones.
- . Para canalizar los movimientos peatonales en áreas conflictivas, se propuso la colocación de barreras peatonales ya sea para dirigir dichos flujos hacia zonas de cruce seguros como hacia paraderos desplazados de las esquinas.
- . La gran extensión de algunos cruces, en especial cuando hay flujos de locomoción colectiva, hizo recomendable el manejo de periodos rojo - rojo, en la programación de semáforos.
- . Se detectó la conveniencia de realizar diversos mejoramientos de diseño menor en el eje, como islas de refugio para protección peatonal o para facilitar maniobras de viraje, aumentos de radio en las líneas de solera, etc.

La gama de medidas o tratamientos propuestos es muy variada, en términos de costos. La evaluación comparativa de beneficios y costos permitirá definir aquellas a ejecutar. Sin embargo, es esperable que, en general, las de bajo costo tendrán la primera prioridad.



### 8. EVALUACION DE CONTRAMEDIDAS

La evaluación de contramedidas comprende fundamentalmente las etapas de predicción del impacto sobre las tasas de ocurrencia de accidentes, en el primer año de proyecto, según tipo de accidentes y su valoración económica. Las cuantificaciones monetarias de las reducciones de accidentes según tipo (posterior, cruzado, atropello, etc.) se realizan tomando como base el vector de costos desarrollado por González y Tapia (1987) actualizado.

La predicción de impactos, en el estudio de Avda. Matta, se apoyó en bibliografía disponible y criterio de los autores, éste último apoyado en información estadística nacional y el diagnóstico detallado de causalidad para el eje. Existen pocas publicaciones que consignen porcentajes de reducciones en los accidentes, según el tratamiento aplicado. Es posible citar; FHWA (1982); Transportation Research Board (1982) e ITE (1976). En ellos, lamentablemente no se detallan las condiciones en que fueron obtenidos los valores de reducción de accidentes, haciendo difícil su proyección a la realidad nacional.

En la Tabla N°2 se resumen algunas contramedidas posibles, la mayoría de ellas sugeridas para el eje Av. Matta, indicándose los tipos de accidentes atacados y los porcentajes de reducción esperados, obtenidos de las publicaciones anteriormente citadas o estimados, directamente, por el equipo consultor.

Debe tenerse especial cuidado al estimar tasas de reducción de accidentes de no incurrir en doble conteo. Es usual contemplar, en un mismo lugar, uno o más tratamientos simultáneamente en que la suma de los efectos individuales no necesariamente entrega el efecto total. Más aún, dicha suma directa, puede llevar a cifras superiores al 100%. Luego, tratamientos combinados deben tener un trato especial. En el estudio de Av. Matta (CITRA, 1989) se propone un método para abordar este fenómeno. En ese mismo estudio, considerando sólo medidas de ingeniería de bajo costo, se estimó beneficios anuales por reducción de accidentes al año 1991, con respecto a la situación actual, del orden de 14 millones de pesos (\$ Abril 89). Los costos asociados a esas contramedidas especificadas ascienden a 24,5 millones de pesos

TABLA No. 2

## ESTIMACION DE REDUCCION DE ACCIDENTES

CONTRAMEDIDA	TIPD ACCIDENTE AFECTADO	PERCENTAJE ESTIMADO DE REDUCCION EN LOS ACCIDENTES
LETREROS DE ADVERTENCIA	POSTERIORES	20
	CRUZADOS	20
	VIRAJE IZQUIERDA	20
DISEÑOS DE PARADEROS DESPLAZADOS	ACCIDENTE CON LOCOMOCION COLECTIVA INVOLUCRADA	10-80
ESTACIONAMIENTOS SEGREGADOS	ACCIDENTES CON VEHICULOS ESTACIONADOS MAS CAMBIO DE PISTA	40-60
REPAVIMENTACION	POSTERIORES	10
	CAMBIO DE PISTA	10
	FRONTALES	10
COLOCACION DE PERIODOS DE TODO ROJO	CRUZADOS	40
TRATAMIENTOS SUPERFICIALES QUE AUMENTEN ADHERENCIA	POSTERIORES	50-70
INSTALACION DE NUEVOS SEMAFOROS	CRUZADOS	50
	POSTERIORES	+50
	ATROPELLOS	20
INSTALACION DE SEÑALES PEATONALES	ATROPELLOS	40
DEMACACION DE PISTAS	CAMBIO DE PISTA	30
MEJORAS EN LA VISIBILIDAD	CRUZADOS	10
	POSTERIORES	10
PROHIBICION DE ESTACIONAMIENTO	TODO TIPO DE ACCIDENTES	12-40
FASE ESPECIAL DE VIRAJE -SIN PISTA EXCLUSIVA	ACCIDENTES DEBIDO A VIRAJES	40
-CON PISTA EXCLUSIVA		70
PISTAS REVERSIBLES	CRUZADOS	1- +7
	POSTERIORES	+20- +25
	LATERALES	+15- +50
	PEATONES	25
PISTAS SEPARADAS DE BUSES	SIN LESIONADOS	+6
	CON LESIONADOS	36
ENSANCHAMIENTO DE PISTA	VIRAJE IZQUIERDA	10
	LATERAL	50
	FRONTAL	20
	ACCIDENTES CON VEHICULOS	30
BARRERAS PEATONALES	ESTACIONADOS	
	ATROPELLO	30-50

+ : AUMENTO EN ACCIDENTES

arrojando una TRI de 57%. Mayores detalles metodológicos se pueden encontrar en el estudio original.

## 9. EVALUACION EX-POST

Se ha mencionado la escasa base científica que tiene hoy en día la etapa de estimación del impacto de contramedidas de ingeniería, en la producción de accidentes en el tránsito. Existe muy poca bibliografía, con información normalmente incompleta, además de una rudimentaria experiencia nacional.

Surge, en este sentido, la necesidad de realizar análisis ex-post que permitan aprender directamente de la evidencia empírica. El plan de seguimiento debería recaer en la institución ejecutante del proyecto consistiendo en la recopilación de los accidentes ocurridos en un período no inferior a 3 años, como se recomienda en la literatura correspondiente (Zegeer, 1982; Department of Transport, 1974; Nicholson, 1987).

Si bien, es cierto, este período es el más adecuado para representar tendencias, ciclos, etc., es posible utilizar eficientemente información anual recurriendo a métodos Bayesianos y de Verosimilitud (Hauer, 1983; Hauer et al 1986). Estos métodos permiten la acumulación permanente de información, proveniente de diferentes fuentes, actualizando el valor de la estimación de la efectividad del tratamiento en cuestión.

De acuerdo al teorema de Bayes la probabilidad de que un parámetro desconocido tenga un valor específico cuando se mezcla un conocimiento previo, sobre este parámetro, con los datos arrojados en un experimento, es proporcional a la probabilidad de obtener este resultado experimental cuando el parámetro tiene este valor específico, multiplicada por la probabilidad que el parámetro desconocido tenga esa magnitud basado sólo en el "conocimiento previo".

Esto puede representarse de la siguiente forma:

$$\pi(\theta | x, H) \propto \pi(\theta | H) P(x | \theta) \quad (1)$$



donde  $\pi$  tiene el significado de "grado de confianza",  $P$  es una probabilidad en el sentido de "frecuencia",  $\theta$  es el valor del parámetro desconocido, para nuestro caso es el índice de efectividad de la o de las contramedidas,  $x$  es el vector de datos recogidos a través del experimento llevado a cabo y  $H$  es el nivel de conocimiento, antes de llevar a cabo el experimento en cuestión.

La ecuación (1) puede denotarse también en los siguientes términos:

Probabilidad Posterior  $\propto$  Probabilidad anterior  $\times$  Verosimilitud.

Por supuesto el coeficiente de proporcionalidad viene dado por la necesidad de que la suma de la llamada Probabilidad Posterior, para todos los valores de  $\theta$  sea igual a la unidad.

Esta estructura diseñada para obtener la Probabilidad Posterior permite ir recogiendo información surgida de nuevos experimentos, de tal forma de formular un esquema como el siguiente:

$$\pi(\theta | H_1) \propto \pi(\theta | H_0) P(x_1 | \theta)$$

$$\pi(\theta | H_2) \propto \pi(\theta | H_1) P(x_2 | \theta)$$

$$\cdot \propto \pi(\theta | H_0) P(x_1 | \theta) P(x_2 | \theta)$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$\pi(\theta | H_n) \propto \pi(\theta | H_0) \left[ \prod_{i=1}^n P(x_i | \theta) \right]$$

<- Función de ->  
Probabilidad  
Inicial de  $\theta$

<- Verosimilitud ->  
de -> n set de  
datos

La función de Probabilidad Inicial para  $\theta$  se obtiene recurriendo a la opinión de expertos en la medida que no existan antecedentes estadísticos disponibles.

Para revisar proposiciones de funciones, tanto de probabilidad anterior como de Verosimilitud, se recomienda referirse a Abbess, Jarret y Wright (1981), Hauer (1983) Hauer (1986). Un resumen de la bibliografía se encuentra en Borcoski (1989).

## 1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del estudio son:

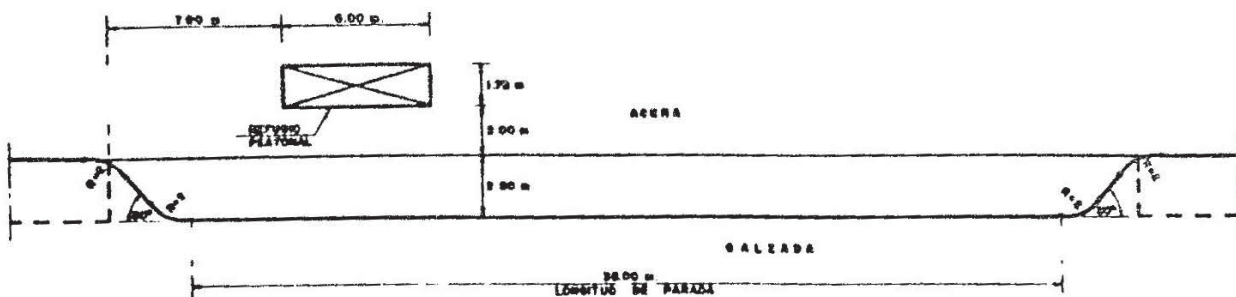
- i) Existe una primera metodología para la realización de estudios de seguridad vial, en ámbito urbano, la cual se podrá ir mejorando al acumular una mayor práctica al respecto.
- ii) La realización de las etapas de prediagnóstico, estudios de base y diagnóstico de causalidades exige una alta dedicación de los profesionales que participan en estudios de esta naturaleza. Esto se debe a que se requiere entender, profundamente, los aspectos relacionados con el uso del suelo (actividades), flujos peatonales, flujos vehiculares, características físicas de la vialidad, así como características detalladas de la gestión, señalización y fenómenos conductuales. El conjunto de aspectos a analizar, apoyado en métodos gráficos, computacionales y visitas a terreno sirve de apoyo a la identificación de las contramedidas.
- iii) Siendo la etapa de estimación de tasas de ocurrencia de accidentes frente a cambios, con relación a la situación actual, una de las más inciertas en el desarrollo de la metodología, se hace indispensable la realización de análisis ex-post que permitan acumular información a nivel nacional.

## REFERENCIAS

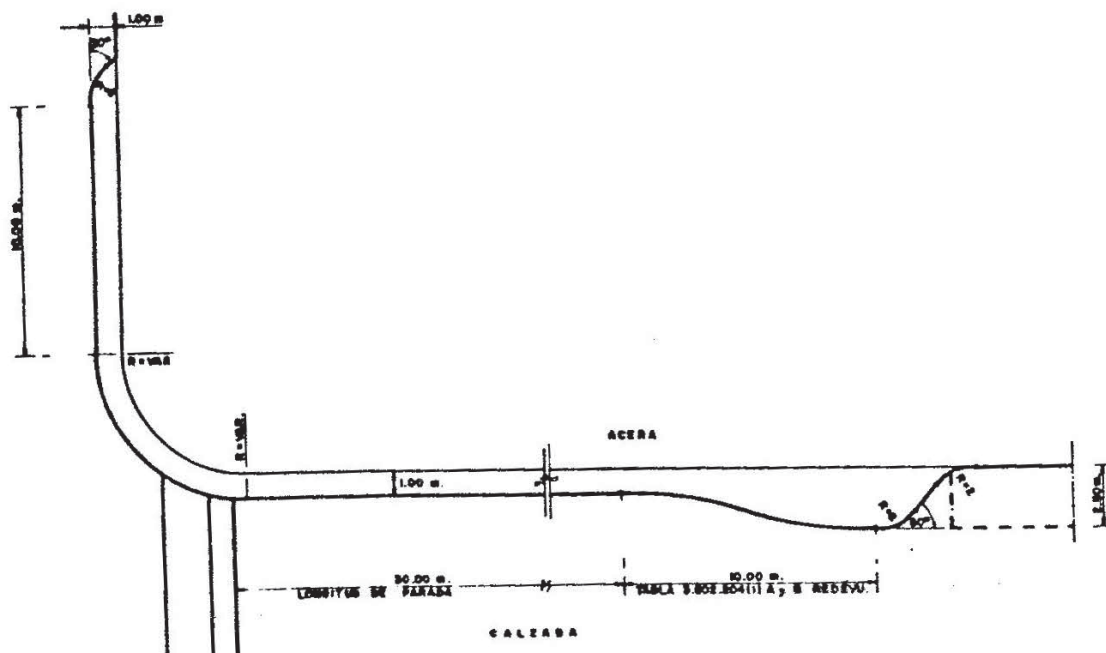
ABBESS C., JARRETT D. Y WRIGHT C.C. (1981) Accidents at Blackspots: Estimating the Effectiveness of Remedial Treatment, with Special Reference to the "Regression to Mean Effect". Traffic Engineering + Control, Vol 22, Nº 10, 1981.



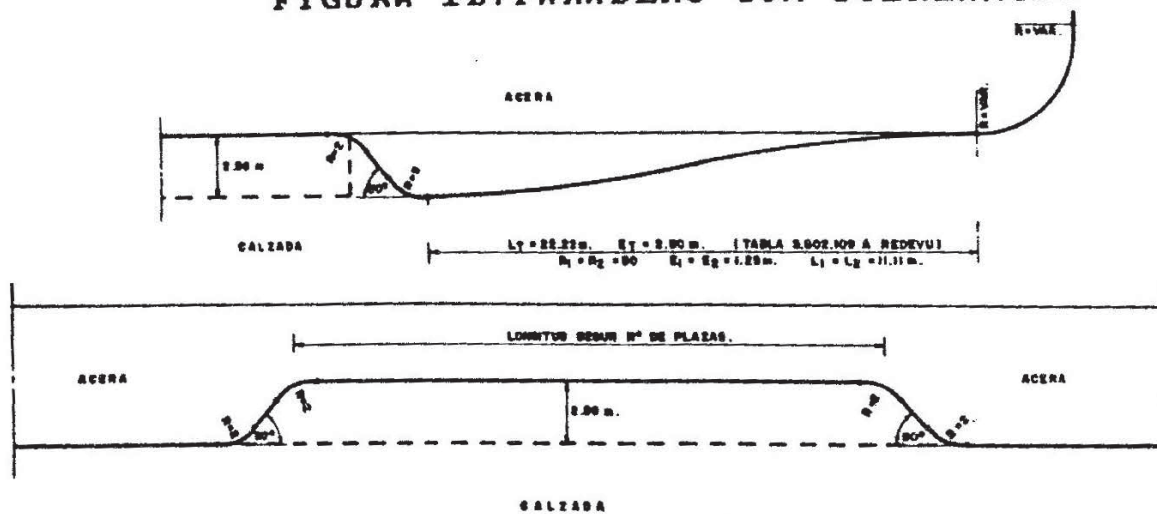
- BORCOSKI, H.E. (1989). Formulación y Evaluación de un Programa para la Reducción de Accidentes de Tránsito en Áreas Urbanas. Fase II. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile (en etapa de edición).
- CITRA LTDA., (1989). Investigación de Medidas de Gestión de Tránsito para Reducción de Tasas de Accidentes en Avenida Matta. Santiago, Chile.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT (1974) Accident Investigation and Prevention Manual. Reino Unido.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (1982). Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements, Vol. 1, rep. Nº FHWA -TS-82-232, Washington, USA.
- GONZALEZ, S., TAPIA, J. (1987). Costos de Accidentes en el Tránsito. Actas del Tercer Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, 18-20 Noviembre, Concepción.
- GONZALEZ, S., VALENZUELA, H., Y JOFRE, F. (1985). Análisis del Impacto de Medidas de Gestión de Tránsito en la Ocurrencia de Accidentes. Actas del Segundo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Universidad Católica de Chile.
- HAUER, E. (1983). An Application of the Likelihood/Bayes Approach to the Estimation of Safety Countermeasure Effectiveness. Accident Analysis & Prevention, Vol. 15, Nº 4.
- HAUER, E., LOVELL, J., Y PERSOUD, B. (1986). New Directions for Learning About Safety Effectiveness. Federal Highway Administration. Reporte Nº FHWA/RD - 86/015.
- ITE (1976) Transportation & Traffic Engineering Handbook, Prentice - Hall, Inc., New Jersey.
- NICHOLSON, A.J. (1987). The Estimation of Accident Rates and Countermeasure Effectiveness. Traffic Engineering + Control, Vol 28, Nº 10.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (1982). Analysis of Highway Accidents, Pedestrian Behavior and Bicycle Program Implementation. Transportation Research Record 847, Washington, USA.
- URIBE, A. (1989). Metodología para la Formulación y Evaluación de Programas de Reducción de Accidentes en Áreas Urbanas, Fase I. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, U. de Chile (en etapa de edición).
- ZEGER, C.V. (1982) Highway Accident Program. Synthesis of Highway. Practice 91.



**FIGURA 1A: PLATAFORMA DE PARADERO DESPLAZADO**



**FIGURA 1B: PARADERO CON SOBREAÑO**



**FIGURA 1C: ESTACIONAMIENTO PROTEGIDO Y SEGREGADO**