

SEGURIDAD DE TRÁNSITO

Aplicaciones de Ingeniería para Reducir Accidentes

Philip Anthony Gold



BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

SEGURIDAD DE TRÁNSITO

Aplicaciones de Ingeniería para Reducir Accidentes

Philip Anthony Gold

1998

Las opiniones expresadas en este trabajo son del autor y no representan,
necesariamente, las del *Banco Interamericano de Desarrollo*.

Seguridad de Tránsito
Aplicaciones de Ingeniería para Reducir Accidentes

© 1998 Banco Interamericano de Desarrollo
Derechos reservados

Impreso en los Estados Unidos de América

Dedicatoria

*Dedico este libro a mi esposa Helena y
a mis hijos Carolina y Thomas,
compañeros de este largo viaje.*

PRESENTACIÓN

La publicación de esta obra pone a la disposición del público de habla hispana un documento de gran utilidad para reducir los accidentes de tránsito, que ya constituyen una de las principales causas de muerte en Latinoamérica y el Caribe. Provee a los profesionales que trabajan con el tránsito una metodología para realizar el censo, análisis y corrección de los factores que causan elevados índices de accidentes en los “puntos críticos” de la red de vías urbanas. Los procedimientos y materiales sugeridos son de bajo costo y fácil implantación, siendo así accesibles a casi todas las alcaldías y órganos de tránsito.

Esta obra se basa en un trabajo contratado en 1987 por la Fundación Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas (IPEA). Durante la década de los noventa, el contenido ha sido probado, actualizado y revisado como resultado de su utilización en cursos de entrenamiento impartidos en Brasil por el Ingeniero Philip Gold, consultor del BID en seguridad vial.

El manual es de carácter práctico y didáctico, mostrando los elementos en el trazado vial, la señalización (o la ausencia de ella) y el comportamiento de los conductores que, aislada o conjuntamente, provocan accidentes. Hecho el diagnóstico, examina las técnicas de ingeniería vial que se podrán utilizar para corregir los problemas, disminuir los accidentes y hacer un seguimiento de los resultados.

No es un manual normativo. Las normas, de modo general, proceden del Convenio de Viena con las adaptaciones específicas de cada país. Se espera, sin embargo, que el análisis del presente trabajo ayude a revelar cómo las normas pueden ser más amplia y correctamente empleadas.

Una versión anterior del libro fue agraciada con el Premio Volvo de Seguridad de Tránsito en 1993 (premio correspondiente a la Región 2, Estados de Rio de Janeiro y São Paulo, Brasil).

AGRADECIMIENTOS

(por la obra original, 1987)

Esta obra no se habría realizado sin el apoyo y la colaboración de numerosas personas y entidades. Se destacan: la Secretaría de Transportes Urbanos del Ministerio de Desarrollo Urbano del Brasil, incluyendo a los secretarios Alcides Bittencourt Pereira y Januário Elcio Lourenço y el coordinador, Antonio Maurício Ferreira Netto; Adriano Murgel Branco, ex-secretario de Transportes del Estado de São Paulo; técnicos de la Empresa Brasileña de Transportes Urbanos – EBTU; y los numerosos técnicos y autoridades que cooperaron con los autores durante las visitas técnicas. Del IPLAN/IPEA, se destacan: Ricardo Luis Santiago, Presidente del IPEA; Flavio Rabelo Versiani, Superintendente del IPLAN; y Charles L. Wright, Coordinador de Transportes y Comunicaciones, que desempeñó la función de supervisor y editor técnico del trabajo y José Alex Sant’Anna, por revisar y comentar el trabajo; Airton Perez Mergulhão y Fernando Antônio García colaboraron en calidad de coautores, dibujantes y fotógrafos de los capítulos 10 y 11. La obra original se hizo en VETEC Engenharia S/C Ltda., con el apoyo de Victor Abel Grostein, Roberto Araújo Pereira y otros miembros de la firma. René José Micheletti hizo los diseños artísticos.

Muchas de las ideas y de los ejemplos, tablas y figuras contenidos en este trabajo surgieron de la labor de Philip Gold en la Compañía de Ingeniería de Tránsito – CET del Municipio de São Paulo, entre 1982 y 1986 en la Gerencia de Seguridad y Normativa Técnica. Agradecemos especialmente al entonces Presidente de la CET, Gilberto Monteiro Lehfeld, haber despertado el interés de los técnicos de la CET y otras entidades brasileñas por la utilización de medidas de ingeniería de tránsito en la prevención de los accidentes de tránsito.

AGRADECIMIENTOS

Charles L. Wright, Coordinador

Esta obra, preparada originalmente en portugués, fue traducida al castellano por María Soledad Rodríguez Doallo. Gloria Vetter realizó la composición gráfica. El Ing. Julio Melgar revisó el texto; Sergio Mancilla, Jefe de la División de Finanzas e Infraestructura Básica, y Ricardo Luis Santiago, Gerente (todos de la Región I del Banco Interamericano de Desarrollo) proporcionaron el apoyo que nos permitió llevar a término la publicación de esta obra.

La Fundación *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada* – IPEA patrocinó el estudio original, que es la base del actual libro. Muy gentilmente IPEA cedió al BID los derechos de autor, permitiendo que el Banco pusiera la obra a disposición del público de habla española.

Dos divisiones de la CET, el Departamento de Desarrollo de Recursos Humanos y la Asesoría de Seguridad de Tránsito, dieron autorización para reproducir numerosas ilustraciones. Asimismo, auspiciaron los cursos dictados por Philip Gold, para aproximadamente 420 técnicos, que permitieron al autor perfeccionar diversos capítulos de esta obra. Los resultados prácticos de dichos cursos confirmaron que este libro constituye una herramienta valiosa en los esfuerzos para reducir los índices de accidentes en las ciudades de América Latina y el Caribe.

INDICE

Capítulo 1

Los accidentes de tránsito	1
1.1 Ilustración del problema en el Brasil y sus costos económicos	1
1.2 Los accidentes de tránsito como problema de salud pública	2
1.3 El potencial de contribución de las intervenciones viales	3

Capítulo 2

Cómo ocurren los accidentes y cómo evitarlos	5
2.1 Un accidente	5
2.2 Historia del accidente	5
2.3 ¿Cuál fue la causa?	6
2.4 Los factores contribuyentes	6
2.5 La función de la ingeniería	7

Capítulo 3

Caracterización de los accidentes de tránsito	9
3.1 Definiciones básicas	9
3.2 Distribución geográfica	10
3.3 Distribución temporal de los accidentes	11
3.4 Tipos de accidentes	19

Capítulo 4

Colecta de información sobre accidentes	21
4.1 La importancia de la información sobre accidentes	21
4.2 Datos disponibles	22
4.3 Complementación de datos disponibles	23

Capítulo 5

Implantación de un archivo de accidentes	27
5.1 Tipos de datos y prioridades	27
5.2 Banco manual de datos	28
5.3 Banco de datos informatizado	29
5.4 Ejemplos de sistemas informatizados	30
5.5 Observaciones adicionales	34

Capítulo 6

Identificación de puntos críticos	37
6.1 ¿Quién identifica los puntos críticos y cómo?	37
6.2 Tipos de puntos críticos	37
6.3 Selección para el análisis	38
6.4 Tasas de accidentes y «unidad-patrón» de severidad	39

Capítulo 7

Análisis inicial de los datos disponibles	41
7.1 Evolución de la frecuencia de los accidentes	41
7.2 Distribución horaria y por día de la semana	42
7.3 El diagrama de los accidentes	43
7.4 Historial de los accidentes	47

Capítulo 8

Complementación de los datos disponibles	51
8.1 El caso de ausencia de datos disponibles	51
8.2 Inspección del lugar – Metodología general	51
8.3 Guión para inspecciones	53
8.4 Atropellamientos	53
8.5 Colisiones transversales en intersecciones sin semáforos	59
8.6 Colisiones traseras y choques contra vehículos parados	63
8.7 Otros tipos de accidentes	64

Capítulo 9

Análisis y diagnóstico – ejemplos ilustrativos	65
9.1 Estudio de caso nº 1	65
9.2 Estudio de caso nº 2	68

Capítulo 10

Técnicas de intervención existentes	105
10.1 Reductores de velocidad	105
10.2 Proyectos geométricos orientados al peatón	109
10.3 Proyectos geométricos para la canalización de vehículos	116
10.4 Reorganización de los movimientos de vehículos	123
10.5 Canalización de peatones	135
10.6 Barreras de seguridad	137
10.7 Iluminación y visibilidad	140
10.8 Señalización provisional de seguridad	150

Capítulo 11

Cuidados en la implantación y el mantenimiento de proyectos	155
11.1 Introducción	155
11.2 Procedimientos normales de implantación	155
11.3 Precauciones especiales en la implantación	158
11.4 Seguimiento del desempeño del proyecto	158
11.5 Mantenimiento	158

Capítulo 12

Evaluación de viabilidad económica de los proyectos	161
12.1 Introducción	161
12.2 Paso 1 – Estimar la vida útil del proyecto	161
12.3 Paso 2 – Calcular el costo de implantación del proyecto	162
12.4 Paso 3 – Estimar los costos anuales de mantenimiento para la vida útil del proyecto	162
12.5 Paso 4 – Montar el flujo de los costos anuales	163
12.6 Paso 5 – Calcular el costo medio anual para la sociedad de los accidentes ocurridos en el lugar antes de la implantación del proyecto (situación «sin proyecto»)	163
12.7 Paso 6 – Calcular el valor de la reducción de accidentes esperada para el primer año después de la implantación del proyecto	165
12.8 Paso 7 – Calcular el valor de la reducción de accidentes esperada para cada año de la vida útil del proyecto	166
12.9 Paso 8 – Calcular los valores presentes de los costos anuales y de los beneficios anuales	166
12.10 Paso 9 – Calcular los valores presentes totales de los costos y de los beneficios	168
12.11 Paso 10 – Calcular el valor presente líquido (VPL) del proyecto	168
12.12 Paso 11 – Calcular el índice beneficio/costo (B/C)	169
12.13 Paso 12 – Calcular la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto	169
12.14 Paso 13 – Calcular el período de retorno («payback»)	170
12.15 Paso 14 – Hacer análisis de sensibilidad	171
12.16 Conclusión	171

Anexo I

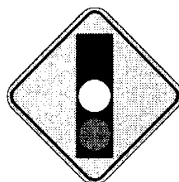
Tablas de apoyo	173
------------------------------	------------

Anexo II

Ejemplos de proyectos y costos de implantación	185
---	------------

Glosario de siglas y abreviaciones	191
---	------------

Bibliografía	193
---------------------------	------------



CAPÍTULO 1

LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

1.1 Ilustración del problema en el Brasil y sus costos económicos

Según las estadísticas oficiales del Departamento Nacional de Tránsito del Brasil – DENATRAN, en 1995 se registraron 25.513 muertos y 321.110 heridos en 255.537 accidentes. De este total de accidentes, 83.082 corresponden a áreas rurales y 172.455 a áreas urbanas (Tabla 1.1). El DENATRAN no publica datos sobre accidentes sin víctimas, puesto que hace años que su registro no es obligatorio en muchas áreas del país.

Sin embargo, el Departamento Nacional de Carreteras – DNER registró, en 1995, 63.063 accidentes sin víctimas solamente en las carreteras federales con control policial. El total de accidentes sin víctimas en las áreas rurales puede ser estimado, de forma conservadora, como el doble de dicho valor, o sea 126.116, dado que dichas carreteras soportan menos del 40% del transporte carretero del país (Tabla 1.1). Asimismo, se pueden estimar los accidentes sin víctimas en áreas urbanas como cuatro veces más al número de accidentes con víctimas en las ciudades, o 689.820. Dicho valor se apoya en el hecho de que, años atrás, cuando era obligatorio registrar accidentes sin víctimas en Sao Paulo, estos variaban entre dos y tres veces al

número de accidentes sin víctimas y, a pesar de la obligatoriedad, muchos no se registraban.

El DNER ha estimado en US\$51.500 el costo promedio de los accidentes con víctimas en las carreteras bajo su jurisdicción, incluyendo pérdidas de ingresos futuros, daños a los vehículos, costos médico-hospitalarios y daños a las cargas. Generalmente, estos son los accidentes más violentos del país, ya que ocurren en su mayoría con vehículos a alta velocidad y muchos involucran camiones. DNER estima el costo medio de los accidentes sin víctima en US\$15.600, considerando solamente pérdidas materiales de vehículos y cargas (Tabla 1.1).

El costo de los accidentes con víctimas en áreas urbanas se basa en los datos de la Compañía de Ingeniería de Tránsito – CET para el Municipio de Sao Paulo (actualizados por el autor para dólares norteamericanos de 1997). El promedio ponderado de los accidentes fatales y con heridos (incluyendo muertos y heridos por atropellamiento) es de US\$13.580 por accidente; para accidentes urbanos sin víctima, el costo estimado por la CET es US\$1.410 (Tabla 1.1).

El costo total de los accidentes alcanza la cifra impresionante de US\$9,6 mil millones, US\$6,6 mil millones para accidentes con víctimas y casi US\$3 mil millones para accidentes sin víctimas (Tabla 1.1).

TABLA 1.1
LOS COSTOS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN BRASIL, 1995

Tipo	Rural	Urbano	Total
Número de Accidentes			
Con víctimas	83.082 ¹	172.455 ¹	255.537 ¹
Sin víctimas	126.116 ²	689.820 ³	815.936
Costo Promedio			
Con víctimas	51.500 ⁴	13.580 ⁵	
Sin víctimas	15.600 ⁴	1.410 ⁵	
Costo Total (US\$ millones de 1997)			
Con víctimas	4.279	2.342	6.621
Sin víctimas	1.967	973	2.940
Total	6.246	3.315	9.561

Fuentes: (1) DENATRAN; (2) el doble de los 63.063 accidentes sin víctimas registradas por DNER en carreteras federales con control policial; (3) 4 veces los accidentes con víctimas; (4) datos de DNER; (5) cálculo con base en datos de la CET.

1.2 Los accidentes de tránsito como problema de salud pública

Los números anuales de muertos y heridos caracterizan al accidente de tránsito como un problema de salud pública. Según las estadísticas del Ministerio de la Salud, las mayores causas de fallecimiento en Brasil en 1983, excluyendo la malnutrición, fueron el cáncer (60.000 muertos) y enfermedades cardiovasculares (190.000 muertos). Estas enfermedades afectan principalmente a personas de edad avanzada, siendo la media de edad de los fallecimientos de 52 años en el caso del cáncer y 55 en las enfermedades cardiovasculares. Los accidentes de tránsito, por el contrario, afectan básicamente a niños, adolescentes, jóvenes y adultos, siendo la media de edad de los fallecidos de 33 años. Desde la perspectiva de pérdida de años útiles potenciales de vida, el accidente de tránsito, con 25.000 víctimas fatales por año, supera al cáncer y se sitúa en el mismo nivel que las enfermedades cardiovasculares, a pesar de que éstas conlleven más fallecimientos.

Por otra parte, hay indicios de que la verdadera frecuencia anual de víctimas fatales puede ser casi el doble del número oficial citado previamente, alcanzando entre 40.000 y 50.000 víctimas, lo cual agravaría aún más el impacto de los accidentes de tránsito. La razón principal de esta infravaloración se debería a un defecto en la identificación del accidente como causa principal del fallecimiento, en el caso de víctimas rescatadas con vida

del lugar del accidente y que fallecen posteriormente a consecuencia de las heridas recibidas. Este problema se reconoce oficialmente, por ejemplo en Japón, en donde se publican dos estadísticas de víctimas fatales de tránsito: una de la Policía de Tránsito que sólo incluye los fallecimientos ocurridos en el lugar del accidente o inmediatamente después y otra, del Ministerio de la Salud, más amplia y que incluye los fallecimientos durante y después de la hospitalización.

Un estudio no publicado, elaborado por la CET, órgano de la Alcaldía de São Paulo, constató un número significativo de personas heridas en accidentes de tránsito que fallecieron en un período de tres meses después del accidente, aunque el accidente no se registrara como causa del fallecimiento. Los datos se obtuvieron mediante una comparación entre tres fuentes de datos:

- personas heridas en accidentes de tránsito en el Municipio de São Paulo, según los boletines de la Policía Civil;
- fallecimientos debidos a accidente de tránsito en el Municipio de São Paulo, según los certificados de fallecimiento del Instituto Médico Legal – IML, por donde deberían pasar todos los fallecidos por muerte violenta; y
- fallecimientos por cualquier causa en el Estado de São Paulo, según el archivo de la Fundación Sistema Estatal de Análisis de Datos – SEADE.

Se constató que el número de fallecimientos registrados en el IML debería ser incrementado en un 74% para obtener el total de fallecimientos de los accidentados.

En una investigación de 1987, el DNER descubrió que, en el Estado de Río de Janeiro, el total de muertes aumentó en un 54% cuando se hizo un seguimiento de los casos de pacientes internados.

Si estos datos son indicativos de la infravaloración de fallecimientos, el accidente de tránsito posiblemente pasaría a la posición de mayor problema de la salud pública, exceptuando solamente las enfermedades asociadas a la malnutrición, que se concentran en niños menores de un año.

En el aspecto económico, el accidente de tránsito tiene graves implicaciones, puesto que la víctima, con una media de edad de 33 años, ya ha recibido educación, ya ha desempeñado una profesión, está en la cima de su vida productiva y tiene dependientes a su cargo, que no están ni económicamente ni afectivamente preparados para la pérdida de un ser querido.

Los supervivientes de accidentes de tránsito arrastran a menudo deficiencias físicas y/o psíquicas para el resto de sus vidas. Muchos de ellos habrán de afrontar deficiencias como parálisis, pérdida de miembros y ceguera. El 63% de las camas para pacientes de ortopedia y traumatología en hospitales brasileños son ocupadas por víctimas de accidentes de tránsito (GEIPOT, 1987, p. 15).

1.3 El potencial de contribución de las intervenciones viales

La creencia común, incluso divulgada por los medios de comunicación, es que el 90% de los accidentes de tránsito es causado por el factor humano y que las únicas soluciones son la educación, la fiscalización y el castigo de conductores y peatones. No cabe duda de la importancia de dichos factores y de la urgencia de medidas correctoras. Sin embargo, los estudios y las investigaciones, elaborados en Brasil y otros países, indican que la inadecuación de los vehículos, de la señalización y de la construcción y mantenimiento de las vías y aceras, son factores contribuyentes en muchos accidentes. Esto implica que es posible reducir significativamente el número de accidentes por medio de la ingeniería de tránsito, generando grandes ahorros sociales independientemente de la existencia de cambios en la conducta de las personas en el tránsito.

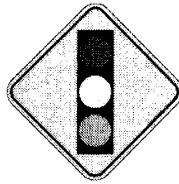
Comparadas con los programas de educación y fiscalización del tránsito, las inversiones en ingeniería de tránsito representan ciertas ventajas. En primer lugar, los resultados son inmediatos y comprobables, lo cual difícilmente ocurre con las campañas publicitarias o con los programas de educación vial. En segundo lugar, los resultados tienden a ser más duraderos y menos dependientes de la inversión continua de recursos humanos.

Como se podrá comprobar a lo largo de este trabajo, algunas intervenciones en puntos críticos podrían reducir

sustancialmente la existencia de accidentes en el lugar de intervención, cuando no eliminarlos totalmente. Según experiencias extranjeras y brasileñas en implantación de un gran número de intervenciones viales de diversos tipos en puntos críticos, se puede esperar una reducción media de un 30% en la frecuencia de accidentes en los lugares tratados. Este nivel de reducción es suficiente para justificar plenamente los recursos invertidos al comparar el costo de la implantación de las intervenciones con el beneficio subsiguiente del ahorro social en los accidentes evitados.

Cuando las medidas de ingeniería de tránsito son más completas e incluyen modificaciones urbanísticas de pequeño porte, los resultados pueden llegar a ser aún mayores (GEIPOT 1987, p. 33-43). En Belo Horizonte, por ejemplo, el número oficial de muertes en accidentes decreció de 1.071 en 1976 a 371 en 1981, tras la implantación del Proyecto del Área Central (el índice de fallecimientos por 10.000 vehículos se redujo de 45 a 12). En Recife, los programas de ingeniería de tránsito disminuyeron el índice de atropellamientos por 10.000 vehículos de 427 en 1970 a 93 en 1985. En Curitiba, se consiguió rebajar el número de fallecidos de 203 en 1980 a 145 en 1983, a pesar del crecimiento de la población y de la flota automovilística.

Por último, cabe observar que las intervenciones viales del tipo aquí contemplado pueden presentar índices extremadamente altos de beneficio-costos. En este sentido, es habitual la recuperación total del valor social de la inversión en pocas semanas después de la inversión (ver Capítulo 12).



CAPÍTULO 2

CÓMO OCURREN LOS ACCIDENTES Y CÓMO EVITARLOS

2.1 Un accidente

Está lloviendo. Un automóvil se aproxima a una curva a 60 km/h. En medio de la curva, el automóvil empieza a derrapar, se sale de pista y choca contra un poste de concreto. Resultado: un pasajero muerto, el conductor y otro pasajero gravemente heridos.

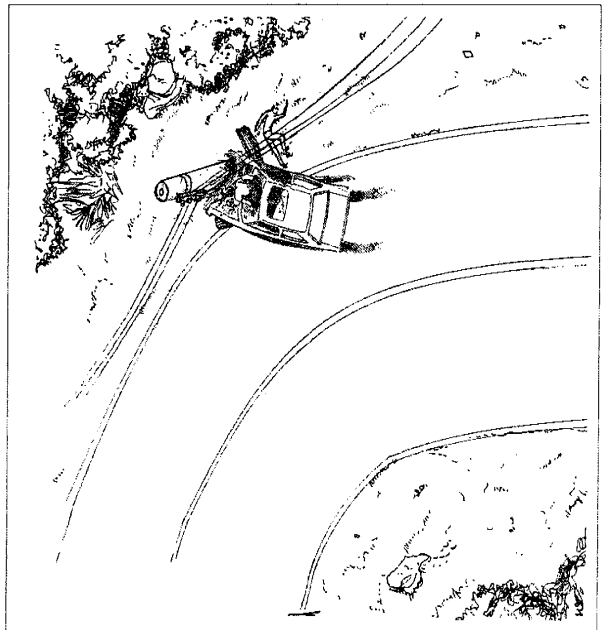
2.2 Historia del accidente

Considérese la siguiente hipotética historia del accidente, que resume algunas características típicas de las causas de los siniestros viales.

El conductor

Ejecutivo de una gran empresa, en esa época bajo mucha presión y tensión en el trabajo. Después de la jornada laboral, se encontró con dos viejos amigos que lo llevaron hasta el bar de la esquina, donde se distrajo con una conversación sobre los viejos tiempos y bebió más de lo habitual. Al salir, estaba lloviendo. El ejecutivo decidió llevar a sus amigos a sus casas. No conocía el trayecto que incluía la curva, lugar del accidente. Pisó el freno demasiado tarde.

FIGURA 2.1
UN ACCIDENTE, VARIAS CAUSAS



Diseño: René José Micheletti

El automóvil

El automóvil había salido del taller mecánico ese mismo día después de una revisión general, pero los frenos no habían sido bien ajustados, hecho que el conductor desconocía.

La vía y la señalización

En la curva, el peralte (superelevación) era inferior a los patrones recomendados, el pavimento estaba gastado y liso y había un poste de la red eléctrica a menos de un metro de la pista y sin protección. Justo antes de la curva, había una señal advirtiendo la curva y otra de reglamentación, indicando un límite de velocidad de 30 km/h. Ambas se hallaban parcialmente cubiertas por la vegetación que crecía a lo largo de la carretera.

Las reglamentaciones y la Policía

Las señales de reglamentación a lo largo de la pista indicaban un límite de velocidad de 40 km/h. No había policía en el área a la hora del accidente.

2.3 ¿Cuál fue la causa?

Para los testigos, la causa debía de haber sido el exceso de velocidad. Para los médicos, podría haber sido el hecho de que el conductor se hallara bajo la influencia del alcohol. Para el psicólogo, el bajo rendimiento del conductor se debía a un estado anormal de presión y tensión. Para el perito en automóviles, al mal funcionamiento de los frenos. Un cínico incluso podría culpar a los amigos del motorista por animarlo a que condujese bajo los efectos del alcohol.

Para el técnico de tránsito, podría haber sido la falta de peralte en combinación con el estado derrapante de la pista resultante del pavimento liso y de la lluvia. Además de esto, la presencia del poste en la proximidad de la pista sin protección debió agravar el resultado del accidente. La señalización no advirtió al conductor del peligro debido a la mala visibilidad de las señales.

Probablemente todas estas interpretaciones sean acertadas. El accidente ocurrió como resultado de la existencia simultánea de todos esos factores contribuyentes. La eliminación de cualquiera de ellos podría haber reducido muy significativamente la probabilidad de accidente. Por ejemplo, en otra ocasión, el conductor del vehículo no hubiera estado tan tenso y nervioso, sus reacciones tal vez hubieran sido mejores si no hubiera bebido tanto. Así, podría haber visto las señales y disminuido la velocidad, o conseguido controlar mejor el vehículo, evitando el choque contra el poste, a pesar de los frenos mal ajustados, del peralte deficiente, de la mala ubicación del poste y de la lluvia.

Por otra parte, con frenos bien ajustados, el automóvil no hubiera ido a colisionar con el poste, incluso con un conductor alcoholizado y en presencia de los demás factores adversos. Con un peralte más adecuado quizás el vehículo no se hubiera salido de la pista.

Si la policía hubiera estado visible a lo largo de la carretera, el conductor quizás no hubiese llevado una velocidad tan alta o tal vez la policía le hubiera dado el alto antes de la curva.

2.4 Los factores contribuyentes

Los factores contribuyentes en este accidente se dividen en cuatro grupos básicos frecuentemente interrelacionados:

- factor humano
- factor vehículo
- factor vía/medio ambiente
- factor institucional/social

El *factor humano* se refiere a todos los factores vinculados al comportamiento de las personas envueltas en el accidente. En el ejemplo, los factores humanos identificados fueron:

- tensión nerviosa, debido a los problemas de trabajo
- ingestión de alcohol
- desconocimiento del trayecto
- distracción, debido a la conversación con los amigos

Todos estos factores contribuyeron a disminuir los reflejos del conductor que terminó frenando demasiado tarde. De todos ellos, el único factor que tal vez apareciese en el atestado policial fuera el hecho de que el conductor estaba alcoholizado¹. Los demás factores sólo podrían ser descubiertos en una entrevista con el conductor o con el pasajero superviviente.

El *factor vehículo* se refiere a inadecuaciones en el estado operacional de los vehículos envueltos en accidentes. En el ejemplo, el único factor vehículo citado fue el ajuste defectuoso de los frenos. En otros accidentes, se constatan neumáticos muy desgastados, problemas en la dirección, amortiguadores gastados, parabrisas empañados, etc.

El *factor vía/medio ambiente* se refiere a todos los factores vinculados directamente a las características de la vía, de la señalización y de las áreas más próximas a la vía, en el momento del accidente. En el accidente descrito, estos factores fueron: el peralte inadecuado de la curva, el pavimento excesivamente liso, el poste de iluminación demasiado cercano a la pista, la vegetación cubriendo las señales y la lluvia.

Cuando se buscan medidas correctoras para estos problemas, hay que considerar tres grupos de factores distintos:

- factores vinculados al proyecto, a la construcción de la pista y al área de influencia. Se incluyen en esta categoría el peralte inadecuado y la distancia insuficiente entre el poste y la pista. Son factores relativamente permanentes;
- factores vinculados al mantenimiento del sistema vial. Son el estado liso del pavimento y la mala visibilidad de las señales de tránsito. Los factores de este tipo son síntomas de defectos en el sistema de mantenimiento;
- factores vinculados a la naturaleza. En nuestro ejemplo, los factores que aparecen son la lluvia, que agrava el estado de la pista (ya resbaladiza por ser lisa) y la

vegetación que camufla las señales. El hombre puede controlar la vegetación y atenuar las consecuencias de la lluvia, implantando un buen drenaje, mejorando la iluminación y los limpiaparabrisas de los automóviles. Una señal de advertencia anticipada puede disminuir las consecuencias de la neblina, etc.

En la historia del accidente aparece también el *factor institucional/social*. Dentro de esta clasificación destacan la Reglamentación y la Policía (fiscalización). Habitualmente, estos aspectos no son considerados factores contribuyentes en el análisis de accidentes y de puntos críticos.

Un Código Nacional de Tránsito es un conjunto de normas en el que se procura definir adecuadamente, en todas las situaciones posibles, cual debería ser el comportamiento de los usuarios del sistema vial (conductores y peatones), teniendo en cuenta que un accidente implica la culpa de al menos un usuario. No obstante, pueden darse situaciones en las que la señalización, aun siendo conforme con las exigencias del Código Nacional de Tránsito, deje lagunas en la información transmitida a los usuarios, por lo que constituye un aspecto relevante en la identificación de los factores contribuyentes.

Constituye también un factor contribuyente el entrenamiento inadecuado de la mayoría de los conductores latinoamericanos, en lo que respecta a las técnicas y actitudes de conducción defensiva.

En relación a la seguridad vial, la función primordial de la policía de tránsito es hacer que el usuario cumpla las normas de conducción del Código Nacional de Tránsito en

general y, en particular, la señalización de tránsito existente en el lugar. La ausencia de policía no libera al usuario de sus deberes y, por tanto, la ausencia de policía en un lugar no puede ser considerada como un factor contribuyente.

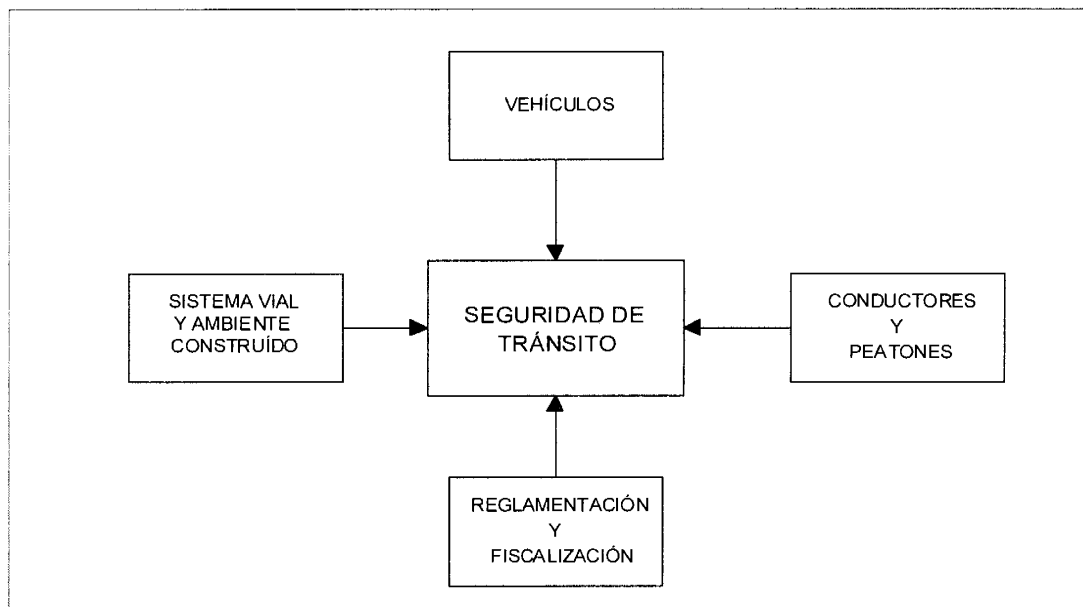
Sin embargo, es sabido que algunos dispositivos de control del comportamiento de los conductores y peatones funcionan bien solamente con presencia ostensiva de la policía o de equipos de fiscalización automática (radar, medidores de velocidad y cámaras fotográficas) o cuando los conductores suponen presencia policial en las inmediaciones. Quizá el ejemplo más obvio sea el caso de los límites de velocidad en las carreteras. Ningún país ha conseguido todavía controlar la velocidad en las carreteras sin recurrir a una fiscalización permanente, o controles frecuentes. Así, en el caso de accidentes resultantes de exceso de velocidad en la carretera, la ausencia de policía y de equipos de fiscalización automáticas (radares, cámaras) empieza a revestir un carácter de factor contribuyente.

De este modo, si la posibilidad (a pesar de la presencia policial) de tener que pagar una multa elevada o de perder la licencia es pequeña, la impunidad resulta también un factor contribuyente.

2.5 La función de la ingeniería

La Figura 2.2 muestra que hay cuatro elementos básicos cuyas condiciones en cualquier instante son fundamentales para la seguridad del tránsito.

FIGURA 2.2
FACTORES QUE AFECTAN LA SEGURIDAD DE TRÁNSITO



En general, una adecuación en cualquiera de estos elementos debe aumentar la seguridad. Las posibilidades incluyen: mejor educación de conductores y peatones; mejor mantenimiento de los vehículos; mejor geometría y señalización de la vía; y control policial más riguroso respecto a las normas.

Sin embargo, el área de actuación del técnico en ingeniería de tránsito tiende a restringirse a las intervenciones en la vía, o sea, en el sistema vial. Su función primordial, respecto a los puntos críticos, es identificar las disposiciones que puedan reducir la frecuencia de accidentes en estos lugares. Para cumplirla, el técnico debe estudiar la información disponible sobre los accidentes, inspeccionar el lugar, descubrir estándares y factores en común en los accidentes, e identificar e implantar modificaciones en el sistema vial. Estas modificaciones tienen por meta corregir las inadecuaciones en la propia ingeniería y compensar inadecuaciones en los elementos no controlados por los ingenieros: el comportamiento de los conductores y de los peatones, las características de los vehículos, las reglamentaciones y el nivel de fiscalización. Una vez identificadas las intervenciones necesarias, el técnico también debe participar en los procesos de convencer a las autoridades para que implementen estos elementos y de informar al público en cuanto a los beneficios de las medidas y del comportamiento deseable en la nueva situación.

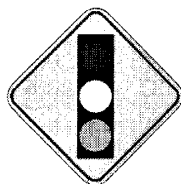
Finalmente, deberá tener una actitud correcta al elaborar estudios de puntos críticos e intervenciones viales para

evitar los accidentes. Durante los análisis de los accidentes ya ocurridos y durante las inspecciones del lugar, el técnico observará comportamientos de conductores y peatones absolutamente incompatibles con la seguridad vial. Se va a encontrar también con inadecuaciones, e incluso errores de proyecto de la vía y de la señalización, y carencias en su mantenimiento.

El objetivo primordial no es atribuir culpas, ni juzgar a los conductores, peatones o ingenieros de tránsito. El técnico debe intentar mantener su objetividad y elaborar las intervenciones viales más adecuadas para paliar cualquier tipo de factor contribuyente identificado.

Del mismo modo, en caso que exista, por ejemplo, un servicio de fiscalización de inadecuadas dimensiones, el técnico debe conceder prioridad a los tipos de intervención cuya eficacia depende menos de la presencia de la fiscalización. Evidentemente, el técnico, como ciudadano, también podrá prestar su colaboración en áreas afines.

¹ Hasta 1977, en Brasil, esta circunstancia no constaba en muchos casos debido a deficiencias de la legislación y a la carencia de detectores de alcohol (alcoholímetros), aunque se sabía que gran parte de los accidentes envolvían personas alcoholizadas.



CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

El conocimiento de las causas de los accidentes es un requisito para diseñar medidas que disminuyan su incidencia. Ello requiere información sobre el tipo de accidentes que ocurren en un determinado lugar y visitas técnicas al lugar, en el día y en la hora de mayor frecuencia de accidentes. Dicho trabajo se inicia con un examen de los datos extraídos de los registros de accidentes hechos por la policía.

3.1 Definiciones básicas

Accidente de tránsito

La Organización Mundial de la Salud define *accidente* como: un evento independiente del deseo del hombre, causado por una fuerza externa, ajena, que actúa súbitamente y deja heridas en el cuerpo y la mente.

Otra definición más simple sería: un evento no intencional que produce heridas o daños.

Así, un accidente de tránsito puede ser definido como un evento del tipo descrito, que envuelve al menos un vehículo que circula, normalmente por una vía para tránsito de vehículos, pudiendo ser el vehículo motorizado o no.

Accidente sin víctimas

Es un accidente que produce daños materiales sin que resulten físicamente heridas las personas envueltas. Muchos de los accidentes registrados por la policía como *accidentes sin víctimas* no lo son en realidad, al haber lesiones internas que pasan desapercibidas en el momento de la confección del atestado, pero que se manifiestan posteriormente, a veces incluso con resultado de muerte. La compilación de datos fiables exige una retrospectiva de datos de los hospitales y del Instituto Médico Legal (GEIPOT, 1987).

Accidente con víctimas

Se trata de un accidente con resultado de heridas, de mayor o menor grado, para al menos una de las personas involucradas. Se suelen clasificar las heridas de cada víctima como *leves* o *graves*, pero estos términos no están bien definidos, especialmente sin la existencia de un diagnóstico médico previo.

Las heridas clasificadas en el atestado como leves, pueden ser en realidad graves, al igual que el accidente *con víctimas* puede ser clasificado como *sin víctimas*. Por otra parte, una herida clasificada grave puede ser en realidad una herida leve, como, por ejemplo, en el caso de que

haya aparentemente una fuerte hemorragia, que en realidad sólo se deba a heridas superficiales del cuero cabelludo.

A lo largo de este trabajo, el análisis de atropellamientos (accidentes con víctima peatonal) se diferencia bastante de los demás accidentes con víctimas (conductores y pasajeros). Por ello, se adopta la utilización de *accidente con víctimas* exclusivamente para los accidentes sin peatones implicados. Conforme a esta convención, cualquier accidente de tránsito puede ser clasificado en uno, y sólo en uno, de los siguientes tipos básicos:

- sin víctimas
- con víctimas
- atropellamiento

Accidente fatal

Se trata de accidente de tránsito con resultado de muerte de al menos una de las víctimas. Algunos accidentes registrados en el atestado como *con víctimas* son en realidad fatales debido al fallecimiento posterior a la fecha del atestado. El fallecimiento puede ocurrir incluso meses después del accidente. Para una discusión sobre este tema, véase el Capítulo 4 a continuación.

3.2 Distribución geográfica

Área central/Fuera del área central

Generalmente en las áreas urbanas hay una concentración de accidentes de tránsito en el área central, donde se ubican la mayor parte de las actividades de comercio y servicios. Esta concentración no significa que las condiciones de tránsito en el área central sean necesariamente más peligrosas que en el resto de la ciudad. La concentración refleja los volúmenes relativamente altos de flujo de vehículos y peatones en el área central.

Por ejemplo, en el área central del Municipio de São Paulo, que ocupa menos del 1% del área total del Municipio, tienen lugar el 17% de los atropellamientos, según estadísticas de la Compañía de Ingeniería de Tránsito – CET, debido al gran número de vehículos y peatones que en ella se concentran.

Intersecciones/A lo largo de la vía

Un lugar que presenta naturalmente una alta frecuencia de accidentes es la intersección de dos o más vías en las que ocurren constantemente movimientos que crean conflictos entre los vehículos y entre vehículos y peatones.

Entre los puntos de intersección también ocurren accidentes, pero tienden a estar diseminados a lo largo del tramo.

En ambos casos, la probabilidad de accidente aumenta cuanto mayor sea el flujo de vehículos y de peatones.

Polos generadores

Independientemente de su localización en el área central, en las intersecciones o a lo largo de la vía, los llamados *polos generadores de tránsito*, que incluyen, entre otros,

supermercados, centros comerciales, estaciones de transporte colectivo, puntos de autobús y escuelas, tienden a ser lugares de accidentes, especialmente si no se toman las disposiciones para evitar estas situaciones.

Puntos críticos

Punto crítico, según la definición general, significa un lugar puntual que presenta una frecuencia de accidentes de tránsito excepcionalmente elevada respecto a los índices generales de la red vial. No existe una definición absoluta del tipo: “un punto crítico es un lugar con más de x accidentes por año”. No obstante, podrían ser adoptadas temporalmente definiciones de este tipo para fines de dimensionamiento de políticas y programas de reducción de accidentes.

Así, por ejemplo, tiene sentido una política de tratamiento de puntos críticos con frecuencias superiores a 50 accidentes por año en las capitales de los estados brasileños, aunque en las ciudades de tamaño pequeño o medio sea difícil encontrar un lugar que presente una frecuencia tan elevada. De todas formas, cada ciudad tiene sus puntos críticos.

Las mayores frecuencias de accidentes suelen darse en intersecciones en las que siempre hay flujos de vehículos y peatones que se oponen. Sin embargo, hay excepciones. Por ejemplo, los tramos donde hay varios puntos de paso de peatones a lo largo de la vía y los tramos de vía con una ingeniería de tránsito por debajo de los estándares. De este último tipo, cabe mencionar las curvas con peralte invertido y los tramos cortos de pavimento defectuoso.

Podemos definir diferentes tipos de puntos críticos en función del aspecto elegido para el análisis. Entre otros podemos citar:

- puntos críticos de accidentes en general
- puntos críticos de accidentes con víctimas (excluyendo el atropellamiento)
- puntos críticos de accidentes fatales
- puntos críticos de atropellamiento
- puntos críticos de accidentes con motos implicadas
- puntos críticos de accidentes con niños implicados

A menudo, los puntos críticos así definidos no son coincidentes. En el mapeo de cada tipo de punto crítico podrían ser destacados diferentes lugares y, evidentemente, las medidas correctoras más recomendables podrían ser radicalmente distintas en cada caso.

Como ya se mencionó, la mayor concentración de accidentes de tránsito urbano ocurre habitualmente en el área central y, por lo tanto, se concentran en esta área los puntos críticos de accidentes en general. Sin embargo, en función de la baja velocidad del tránsito en esta zona, debido a la congestión, controlada o no por semáforos, la frecuencia de accidentes con víctimas (excluyendo los atropellamientos) es relativamente menor que en las vías de alta velocidad.

Igualmente, la distribución geográfica de los puntos críticos de atropellamiento puede presentar diferencias respecto a los accidentes en general y a los accidentes con víctimas. Evidentemente, los atropellamientos tienen lugar donde cruzan los peatones. Así, por ejemplo, puede

aparecer un punto crítico de atropellamiento en frente de una estación de autobuses interurbanos, donde, sin embargo, no hay accidentes sólo con vehículos implicados. Por ejemplo, un tramo de menos de 100 metros de vía frente a la nueva estación de autobuses Tietê en São Paulo se convirtió en una época en el mayor punto crítico de atropellamiento del Municipio (40 casos en un año), cuando no existía frecuencia significativa de otros tipos de accidente en el lugar.

Aunque haya concentraciones (puntos críticos), en general, los casos de accidentes de tránsito en áreas urbanas se distribuyen por toda la red vial. El concepto de *punto crítico* puede crear la impresión contraria en la medida en que la prensa, la radio y la televisión locales destacan reiteradamente unos pocos puntos críticos como si representasen la mayor parte del problema de los accidentes de tránsito. Para darse cuenta de la falacia de esta idea, basta citar el caso del Municipio de São Paulo, donde en las 100 intersecciones con mayores frecuencias de accidentes registrados ocurren únicamente:

- el 5% de los accidentes registrados en general
- el 3% de los accidentes con víctimas y de los atropellamientos
- el 1% de los accidentes con víctimas fatales

Por otro lado, entre el 95% de los accidentes restantes se encuentran muchos otros puntos críticos que presentan frecuencias menores aunque por encima de la media. La mayoría de estos puntos presenta situaciones y factores contribuyentes semejantes que permitirían un ahorro significativo en la elaboración y en la implantación a gran escala de mejoras, mientras que aquellos puntos críticos más mencionados en los medios de comunicación presentan situaciones atípicas y requieren soluciones individuales.

Tramos críticos

Tramos críticos son los tramos de las vías donde ocurren los accidentes, sin que existan grandes concentraciones puntuales pero con frecuencias elevadas. Requieren un tratamiento del tramo como un todo y, a veces, de las áreas circundantes.

Áreas críticas

Del mismo modo, pueden aparecer áreas de la red vial que presenten frecuencias de accidentes extraordinariamente elevadas debido, por ejemplo, a flujos en conflicto, señalización inadecuada o mal estado de las vías.

Interferencias temporales

Cualquier interferencia temporal en el sistema vial puede generar repentinamente muchos casos de accidentes en lugares que no solían presentar este cuadro anteriormente. Los ejemplos más obvios son las obras y los consiguientes desvíos del tránsito. Estas situaciones requieren fundamentalmente mucho cuidado en la señalización y en el propio proyecto de desvío con el fin de evitar la creación de *puntos críticos temporales*.

3.3 Distribución temporal de los accidentes

Este apartado ofrece como ejemplo los datos por día de semana y por hora del día para el Municipio de São Paulo en 1985, destacando las características especiales de los atropellamientos y de los accidentes de vehículos, con víctimas o sin ellas.

Atropellamientos

Según muestra la figura 3.1¹, el sábado es el día de mayor índice de atropellamientos, con un 17% del total, a pesar de que el flujo de vehículos de la tarde sea muy inferior al de los días hábiles. El segundo día de mayor frecuencia es el viernes, con un 15%.

Los domingos, cuando los flujos de vehículos y de peatones son notablemente menores que en los demás días, la frecuencia media de atropellamientos (13%) permanece casi en el mismo nivel que en los días hábiles (exceptuando el viernes).

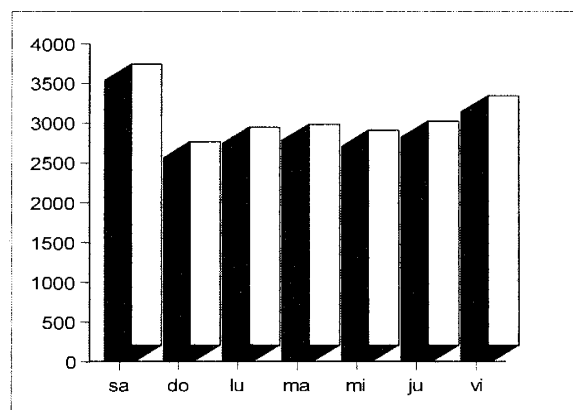
Pensando en los estudios *in loco* para identificar los factores contribuyentes, cabe destacar que en sábado y domingo ocurre el 30% de los atropellamientos. El tránsito tiene en estos días características diferentes a las de los demás días.

La Figura 3.2 presenta los atropellamientos por hora del día. Podemos observar que el perfil del total de atropellamientos, con hora punta de las 18h00 a 19h00, es muy parecido al perfil medio para los cuatro días hábiles: de lunes a jueves.

Los viernes, el período punta se extiende de las 16h00 a las 21h00, con una frecuencia de atropellamientos igual a la de la hora punta de los demás días hábiles, lo que explica la diferencia observada anteriormente.

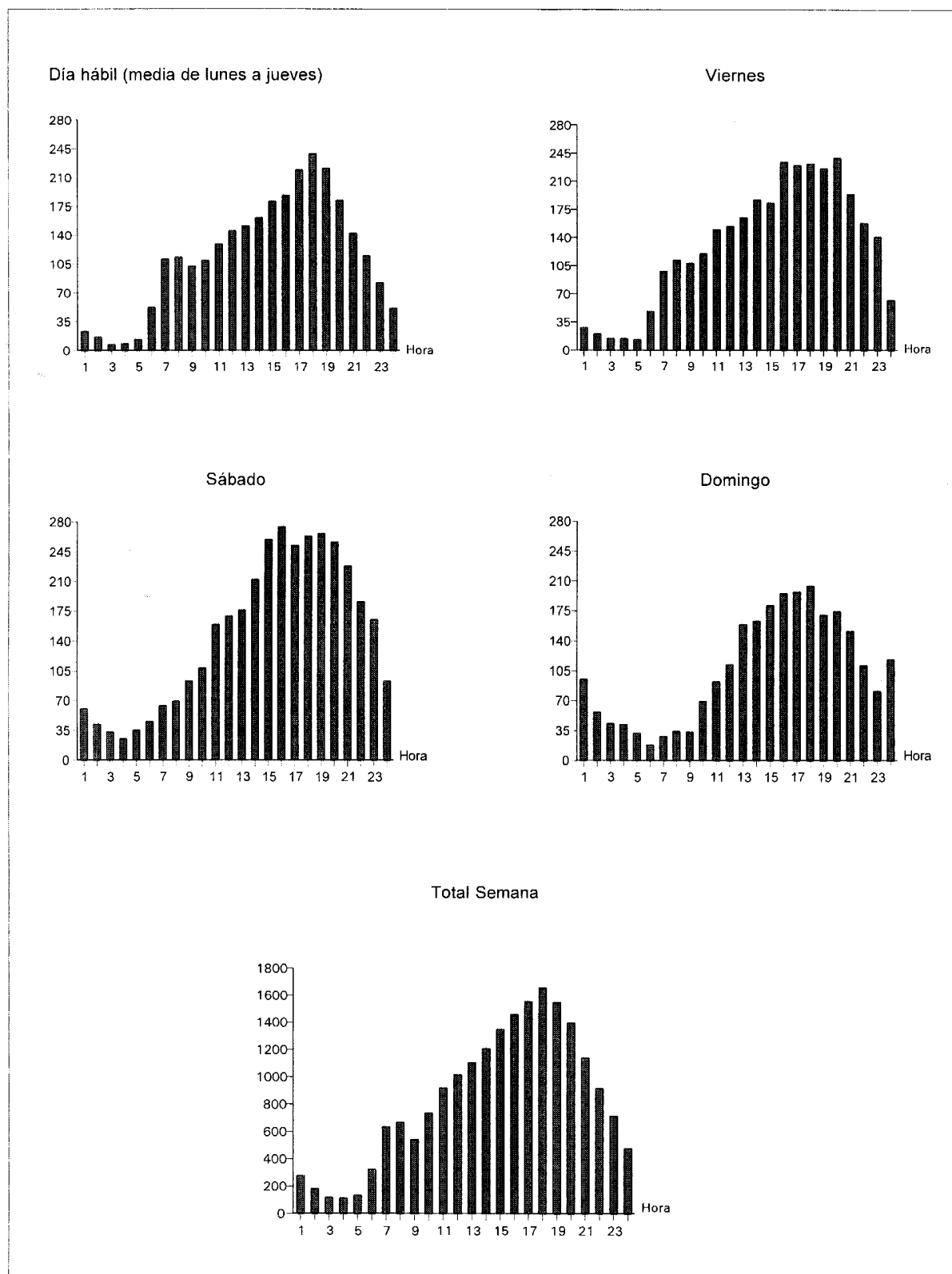
Los sábados, el período punta es mayor aún: desde las 15h00 a las 21h00, con una frecuencia de atropellamientos mayor que las de los días hábiles, a pesar de que los flujos sean menores. Incluso, la frecuencia de atropellamientos de madrugada (de las 00h00 a las 6h00) de viernes a sábado, es mucho mayor que la del mismo período en días hábiles.

FIGURA 3.1
DISTRIBUCIÓN DE ATROPELLAMIENTOS DE PEATONES POR DÍA DE LA SEMANA, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

FIGURA 3.2
DISTRIBUCIÓN HORARIA DE ATROPELLAMIENTOS, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

El domingo es el día de menor frecuencia de atropellamientos, pero el volumen de atropellamientos que ocurre en el período nocturno de las 00h00 a las 6h00, de sábado a domingo, es mayor que en cualquier otro día de la semana.

Entre los factores que podrían explicar estas características citamos:

- en las horas de mayor flujo de vehículos y de peatones es de esperar que haya más atropellamientos.
- en las horas de bajo flujo de vehículos hay velocidades más altas, lo cual aumenta el riesgo de atropellamiento y su gravedad;
- los viernes a la noche, los sábados y los domingos, hay un mayor consumo de bebidas alcohólicas;
- las actividades de diversión de las noches de viernes y sábado dejan a los conductores y peatones más cansados al día siguiente;
- durante el fin de semana hay más personas sin experiencia conduciendo (*los domingueros*).

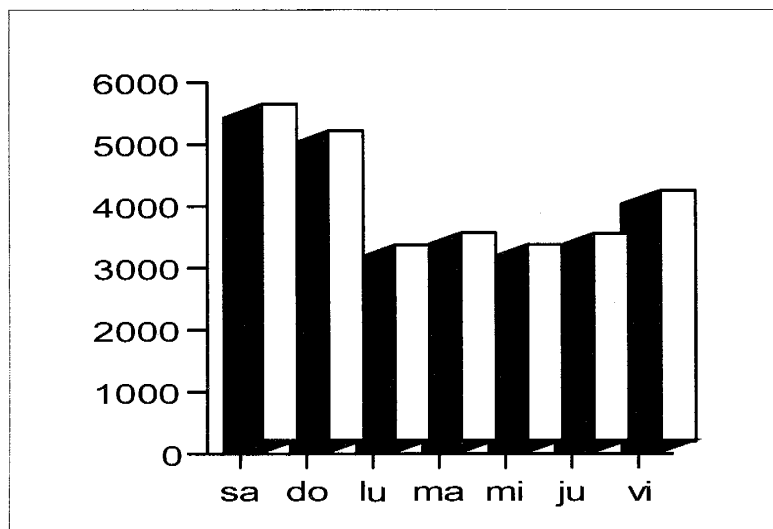
Accidentes con víctimas

Según muestran las Figuras 3.3 y 3.4, los accidentes de vehículos con víctimas presentan características muy diferentes de las de los accidentes por atropellamientos de peatones.

El sábado sigue siendo el día de mayores índices, con casi un 20% del total, frente a un 17% en el caso de los atropellamientos. En el segundo lugar, para los accidentes de vehículos, está el domingo, con un 18%, y, para los atropellamientos, está el viernes con un 15%. Para los accidentes de vehículos, el viernes figura en tercer lugar, con un 15%. Cabe destacar que la frecuencia en sábado es casi el doble de la frecuencia de los días hábiles (exceptuando el viernes).

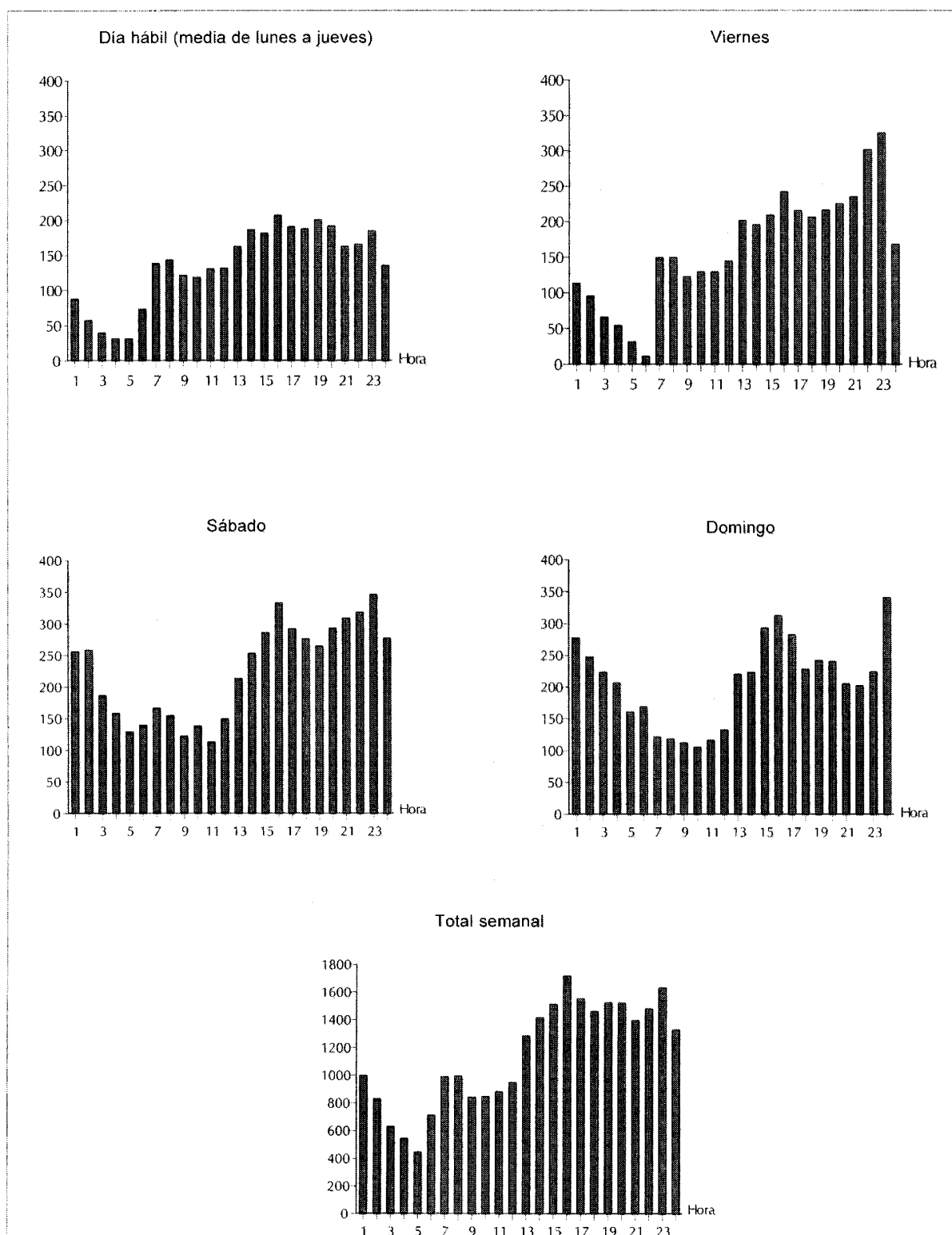
Durante el fin de semana, sumando el sábado y el domingo, ocurre un 38% de los accidentes con víctimas, muy superior al 30% de los atropellamientos. De lunes a jueves no se observa un período pico bien definido.

FIGURA 3.3
DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES CON VÍCTIMA POR DÍA DE SEMANA, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

FIGURA 3.4
DISTRIBUCIÓN HORARIA DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

Del viernes al sábado hay una hora punta bien destacada: de las 22h00 a las 3h00. Después hay una franja que va desde las 13h00 del sábado hasta las 3h00 del domingo; la frecuencia continúa alta hasta las 7h00 del domingo. El domingo todavía ofrece un período pico de las 15h00 a las 18h00.

Los factores que pueden explicar estas características son los mismos citados en el caso de los atropellamientos, añadiéndoles el tradicional almuerzo “alcoholizado” del domingo, que implica la presencia de muchos conductores ebrios durante la tarde.

Accidentes sin víctimas

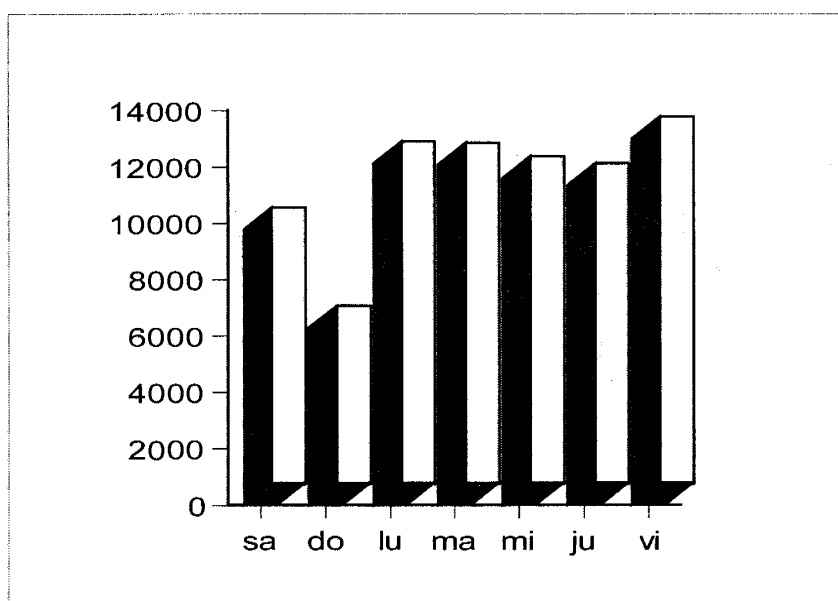
Las Figuras 3.5 y 3.6 presentan las distribuciones para los accidentes sin víctimas registrados por la policía. Muchos de estos accidentes no son registrados, debido a acuerdos entre los implicados o por la tendencia de la policía a registrarlos únicamente cuando su presencia es solicitada

por los implicados. Por lo tanto, estos datos tienen menos fiabilidad que los de los atropellamientos y los accidentes con víctimas².

No obstante, podemos destacar las siguientes características:

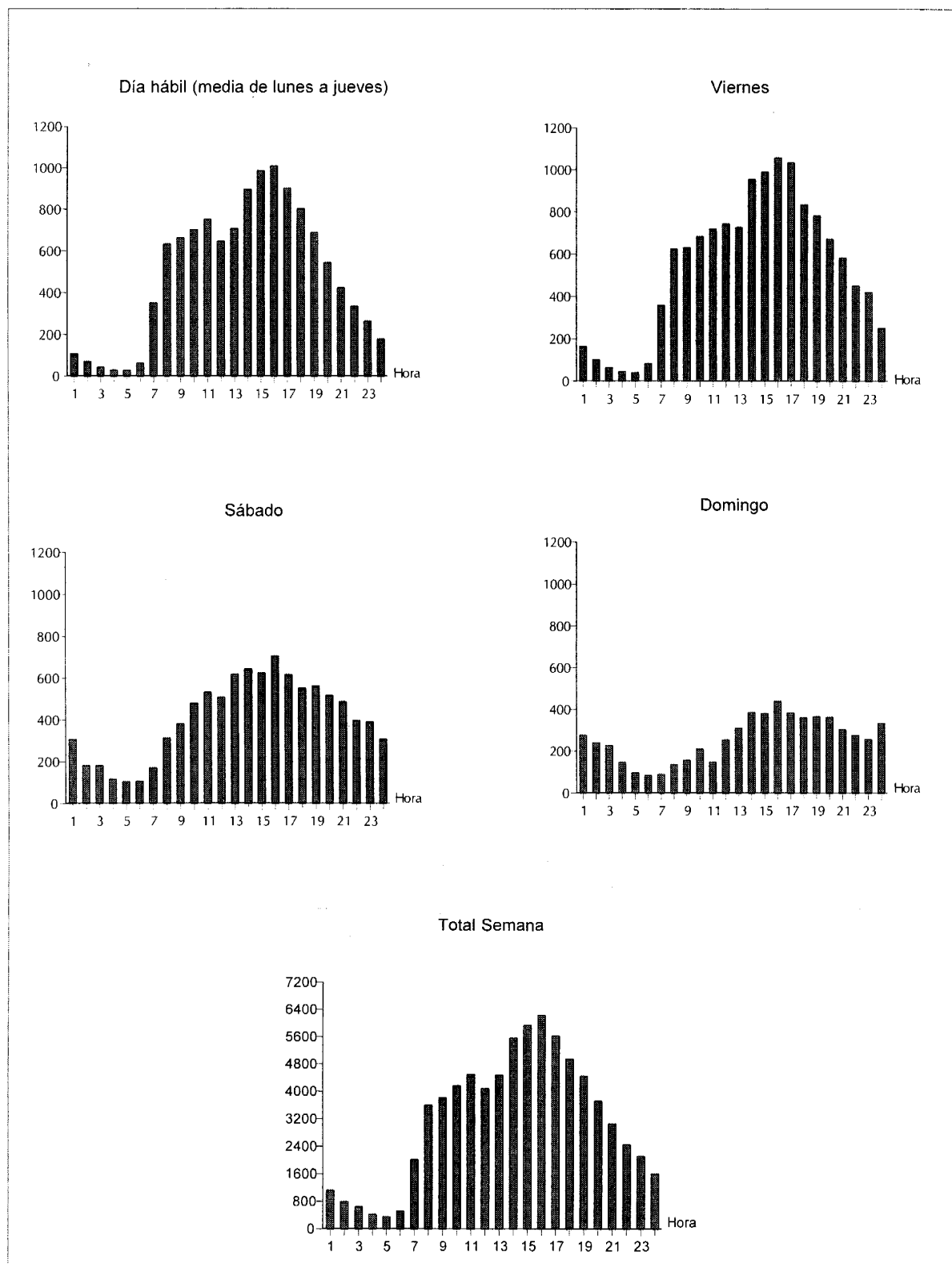
- los días de menor registro son los sábados y domingos;
- el día de mayor registro es el viernes;
- la hora punta en los días hábiles es de las 15h00 a las 17h00, aunque la frecuencia horaria permanece siendo alta durante toda la jornada comercial;
- el viernes la hora punta se extiende de las 14h00 a las 18h00;
- durante el fin de semana, tanto el sábado como el domingo tienen franjas horarias críticas de las 13h00/14h00 a las 21h00/22h00.

FIGURA 3.5
DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES SIN VÍCTIMAS POR DÍA DE LA SEMANA, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

FIGURA 3.6
DISTRIBUCIÓN HORARIA DE ACCIDENTES SIN VÍCTIMAS, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

Total de accidentes

El total de accidentes es la suma de los accidentes por atropellamiento, los de vehículos con víctimas y los de vehículos sin víctimas. Por esta razón no cabe un análisis por separado de las características. Las Figuras 3.7 y 3.8 presentan las distribuciones gráficamente.

Importancia del conocimiento de la distribución temporal de los accidentes

Los datos sobre la hora y el día de la semana en que ocurren los accidentes constan casi siempre en los atestados policiales. Son sumamente importantes para el análisis de las causas de los accidentes y, por consiguiente, para la elección de las medidas preventivas más apropiadas, según se podrá comprobar en los ejemplos descritos a continuación.

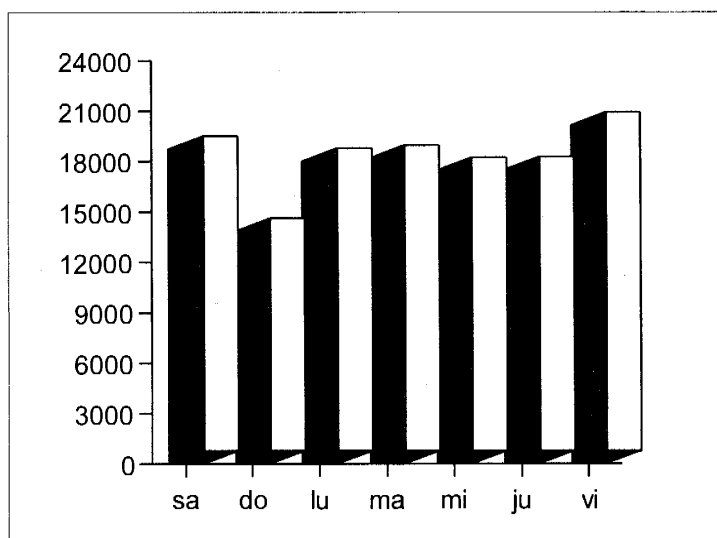
Consideramos tres lugares que presentan índices iguales de 20 atropellamientos por año, entre otros accidentes. Un análisis de los informes policiales muestra las siguientes características:

- Lugar 1, atropellamientos concentrados en los días hábiles de las 11h00 a las 12h20
- Lugar 2, atropellamientos concentrados en sábado de las 9h30 a las 13h30
- Lugar 3, atropellamientos sin concentraciones acentuadas en horarios o días específicos

Las inspecciones de terreno, en los horarios y días de más incidencia, en los lugares 1 y 2, y, a cualquier hora en el lugar 3, pueden llevarnos a los siguientes diagnósticos.

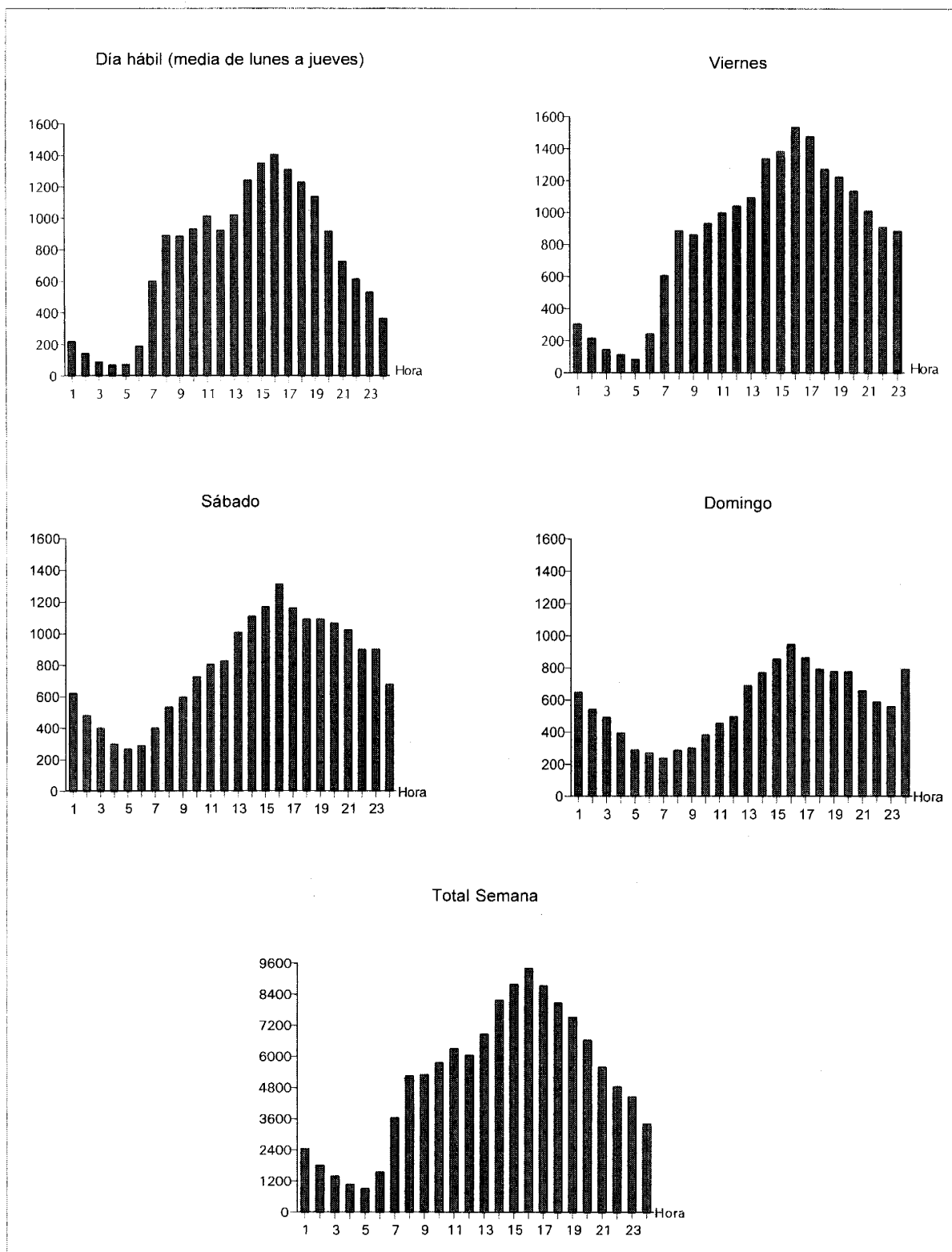
En el lugar 1, el problema reside en la salida de escolares de tres centros en las inmediaciones que tienen que cruzar una calle en condiciones inadecuadas, sin señalización y sin presencia de guardias, con el tránsito pasando a altas velocidades y con flujo constante. En este caso la solución puede ser la utilización de señalización móvil y ordenadores del tránsito (posiblemente los profesores de las propias escuelas) únicamente en las horas de entrada y salida de escolares.

FIGURA 3.7
DISTRIBUCIÓN DEL TOTAL DE ACCIDENTES POR DÍA DE LA SEMANA, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

FIGURA 3.8
DISTRIBUCIÓN HORARIA DEL TOTAL DE ACCIDENTES POR DÍA DE LA SEMANA, SÃO PAULO, 1985



Fuente de los datos originales: CET.

En el lugar 2, el problema es un gran centro comercial frecuentado principalmente los sábados por la mañana y que genera un gran número de cruces de peatones en una vía principal de doble sentido y en una intersección con semáforos, pero sin fase propia para el paso de peatones. En este caso, la solución podría ser, por ejemplo: la implantación de una fase para peatones en el ciclo del semáforo complementada por un semáforo para peatones y la implantación de refugios para peatones en el centro de la pista.

En el lugar 3, el problema procede de la mala visibilidad entre peatones y conductores debida a la mala ubicación de floristas, quioscos de prensa y vehículos estacionados. En este caso, puede ser una solución, por ejemplo, la retirada de los obstáculos fijos que perturben la visibilidad y la implantación de una ampliación de la acera para evitar el estacionamiento en la esquina.

Si no fuese consciente de que los atropellamientos se concentran en días y horarios específicos, el técnico encargado de solucionar los problemas quizás realizaría las inspecciones durante las tardes de los días hábiles y no detectaría el problema de los escolares o el del centro comercial, aunque probablemente identificaría el problema de los obstáculos a la visibilidad. En resumen, difícilmente proyectaría medidas adecuadas.

3.4 Tipos de accidentes

Atropellamiento

Es el accidente en el que un peatón o un animal es alcanzado por un vehículo motorizado o no. Puede ocurrir en la vía o en la acera. En el momento del accidente, el peatón puede estar cruzando la vía, andando por la acera o por la vía, o parado.

Atropellamiento múltiple es el accidente con dos o más víctimas atropelladas.

Colisión

Es el accidente entre dos o más vehículos en movimiento en el mismo sentido o en sentidos opuestos, en la misma franja de la vía.

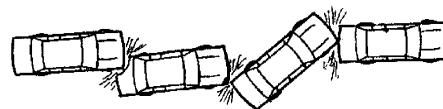
Colisión trasera es la colisión entre dos vehículos en movimiento en el mismo sentido.



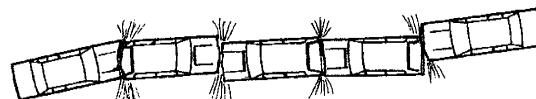
Colisión frontal es la colisión entre dos vehículos en movimiento en sentidos opuestos.



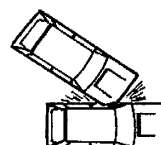
Colisión en cadena es la colisión de tres o más vehículos, uno detrás de otro. Puede ser por colisión trasera.



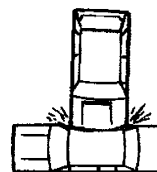
O puede incluir colisiones frontales.



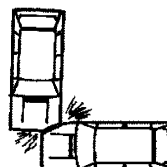
Colisión lateral es el accidente entre vehículos en movimiento por carriles distintos pero en el mismo sentido cuando uno de ellos inicia un desplazamiento a la izquierda o a la derecha.



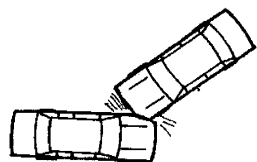
Colisión transversal envuelve vehículos que van en direcciones con un ángulo de 90° u otro, generalmente en intersecciones, salidas de estacionamiento, etc.



Colisión transversal frontal es cuando en una colisión transversal el punto de impacto entre ambos vehículos es la parte delantera.



Colisión lateral en sentidos opuestos es el accidente entre vehículos que van en sentidos opuestos y en distintos carriles. Generalmente uno de los vehículos está iniciando un desplazamiento a la izquierda o a la derecha.



Choque

Es el accidente entre un vehículo en movimiento y un obstáculo sin movimiento.



El obstáculo puede ser otro vehículo parado (por ejemplo, estacionado o parado temporalmente en un semáforo) o un obstáculo fijo. Normalmente, los obstáculos fijos están fuera de la vía circulable y pueden ser entre otros: postes de iluminación, señales, árboles, quioscos de prensa, cabinas telefónicas, buzones de correos, defensas y vallas. En la propia vía, se incluyen señalizaciones, equipamiento y material de obras.

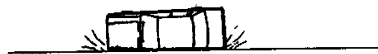
Vuelco de campana

Es cualquier accidente en el que el techo del vehículo toma contacto con la calzada.



Vuelco lateral

Es cualquier accidente en que uno de los lados del vehículo toma contacto con la calzada.

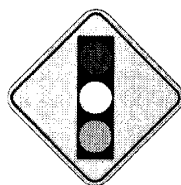


Combinación

Evidentemente, puede haber accidentes que combinen dos o más de los tipos mencionados anteriormente, por ejemplo, un atropellamiento que provoca una colisión en cadena y un vuelco.

¹ Se pueden hacer figuras de este tipo, como las de este capítulo, a partir de los datos estadísticos, utilizando el micro-computador.

² En algunos lugares, la omisión de algunos accidentes con víctimas también puede ser alta, aunque sea legalmente obligatorio registrarlos.



CAPÍTULO 4

COLECTA DE INFORMACIÓN SOBRE ACCIDENTES

4.1 La importancia de la información sobre accidentes

En cualquier trabajo de elaboración de intervenciones viales para reducir accidentes en puntos críticos es imprescindible disponer de datos sobre los accidentes en general y, específicamente, sobre los ocurridos en los lugares de las intervenciones. La identificación misma de los puntos críticos, o sea, de los lugares con elevados índices de accidentes, exige un censo de accidentes que contenga, al menos, las fechas y los lugares en que ocurrieron los accidentes durante un período de tiempo, preferentemente, un mínimo de un año. Igualmente imprescindible es el seguimiento de este censo para poder evaluar las intervenciones viales implantadas en función de la frecuencia de accidentes.

Otro dato casi tan importante es la hora del accidente. De poco serviría, por ejemplo, realizar un estudio en profundidad de las condiciones de ingeniería de tránsito en determinado lugar durante las horas laborales, si el problema mayor fuesen los accidentes en el horario nocturno, puesto que la causa principal podría ser la iluminación pública inadecuada o algún otro factor que sólo aparece de noche.

Por otra parte, una concentración puntual de accidentes al final de la mañana en los días hábiles puede estar asociada, por ejemplo, a las entradas y salidas de escolares o de los operarios de una fábrica; en cuanto a una elevada incidencia en la madrugada, puede deberse al exceso de velocidad cuando el flujo de vehículos es bajo.

Estas dos situaciones requieren habitualmente disposiciones distintas para disminuir el número de accidentes.

El tipo de accidente – atropellamiento o accidente de vehículos – es también un dato relevante, ya que los factores contribuyentes y las soluciones apropiadas suelen ser muy diferentes según el caso. En los casos de accidentes de vehículos, es importante distinguir entre los diferentes tipos: colisiones traseras, frontales, laterales, transversales y colisiones en cadena; choques, vuelcos de campana y vuelcos laterales. En este caso también los factores contribuyentes y las soluciones pueden ser muy diferentes.

Para darles correcta prioridad a los puntos críticos, son necesarios datos sobre la gravedad de los accidentes. En el caso de que el objetivo principal sea la reducción de los índices de muertes y heridas, es menester saber qué

accidentes tuvieron resultado de muerte y cuáles de heridas graves y/o leves.

Un lego en el asunto podría pensar que este último tipo de dato resulta superfluo, ya que a una alta incidencia de accidentes en un lugar debería corresponder un elevado índice de muertos y heridos. La experiencia demuestra la falsedad de esta hipótesis. Frecuentemente, los lugares con mayor número de accidentes son las grandes intersecciones en el centro de la ciudad donde la congestión y los semáforos contribuyen a reducir la velocidad de los vehículos. Así, abundan en estas zonas los accidentes sin víctimas, mientras que los accidentes más graves ocurren en lugares más aislados, con menor flujo de vehículos y, por consiguiente, mayor velocidad. Esta mayor velocidad es en parte responsable de la gravedad de los accidentes.

4.2 Datos disponibles

Casos en general

En la mayor parte de los municipios brasileños, son las Comisarias de Policía Civil las que registran los casos de accidentes de tránsito. En las ciudades en las que existen unidades de tránsito de la Policía Militar, éstas también registran los accidentes cuando han sido llamadas para atenderlos.

Los atestados de la Policía Militar son, en general, más ricos en información que los de la Policía Civil. Los partes de los accidentes más graves suelen ser preparados en el lugar del accidente por el policía y proporcionan una serie de informaciones muy útiles para la ingeniería de tránsito en el análisis del accidente, al revelar los factores contribuyentes y permitir así un buen diagnóstico para implementar las medidas correctoras. Otra fuente útil de datos es la lectura de la prensa local de los meses precedentes. En efecto, estas publicaciones suelen ofrecer una descripción del accidente con los nombres de los implicados, lo cual permitirá la obtención de mayores detalles si fuera necesario.

Accidentes con víctimas

Los atropellamientos casi siempre son accidentes con víctimas, ya que el peatón es el elemento más vulnerable en el tránsito. Sus características difieren de las de los accidentes de vehículos y es de suma importancia que sean clasificados aparte. De estas distinciones surge la clasificación básica de los accidentes de tránsito: Accidentes sin víctimas (S/V), accidentes de vehículos con víctimas (C/V) y atropellamientos (AT).

Sin embargo, no siempre que se confecciona un parte se sigue esta clasificación; hay que verificar si el accidente clasificado como con víctima (C/V) es en realidad un atropellamiento (AT), mediante la lectura del historial o la descripción del accidente.

El fallecimiento de una víctima en el lugar de los hechos es habitualmente registrado en el parte. Por el contrario, en la mayoría de los casos de fallecimiento de la víctima

después del accidente, en la ambulancia, en el hospital o una vez dada de alta, no suele figurar este dato en el parte.

Para evitar esta pérdida de información sobre las víctimas fatales existen dos posibilidades. La primera es el seguimiento de las víctimas graves mediante contactos con los hospitales. La segunda es el registro del nombre de las víctimas y la comparación con los nombres de los fallecidos en un período de, por ejemplo, 30 días después del accidente.

Según lo mencionado en el capítulo 1, la Compañía de Ingeniería de Tránsito – CET llevó a cabo una investigación piloto en este sentido. Se elaboró una lista de los nombres de las personas heridas en accidentes de tránsito en el Municipio de São Paulo durante un mes y se identificaron aquellas personas que fallecieron dentro de un plazo de tres meses después del accidente, según los certificados de defunción de la Fundación Sistema Estatal de Análisis de Datos – SEADE.

La lista resultante fue comparada con los nombres de los fallecidos debido a accidentes de tránsito registrados en el Instituto Médico Legal – IML, también en un plazo de tres meses después del accidente. Queda patente que **todos** los fallecimientos por accidentes de tránsito deberían pasar por el IML. Sin embargo, cerca del 43% de los fallecimientos ocurridos en los tres meses posteriores al accidente no aparecieron en los archivos del IML, principalmente los ocurridos algunos días o semanas después de los hechos. Por tanto, para obtener el total correcto, era necesario aumentar el total anterior en un 74%. Entre otras investigaciones que muestran incrementos en los números de fallecidos que constan en los datos oficiales se destacan Pereira y Ribeiro (1988) en Curitiba (+55%) y DNER (1985) en el Estado de Río de Janeiro (+66%).

En lo concerniente a los fallecimientos en accidentes de tránsito, existe otra cuestión importante por definir: ¿hasta cuántos días después del accidente se puede considerar la muerte como resultado de éste? Hay tantas respuestas como países han intentado responder tal pregunta. En Francia, se considera fallecimiento por accidente de tránsito el fallecimiento ocurrido en un período de seis días después del accidente. En Japón, este período se dilata hasta un año.

Considerando que la mayoría de los fallecimientos suelen ocurrir dentro de un período de treinta días después del accidente, existe una tendencia a aceptar este período como límite.

El análisis de los atestados policiales realizado para esta Guía muestra que los atestados presentan las siguientes características:

- ausencia de normas estándar en los formularios procedentes de diferentes ciudades y estados, lo cual dificulta los análisis a escala regional o nacional;
- una gran variación de calidad y cantidad de los datos registrados: desde casi ninguna información hasta descripciones detalladas complementadas por croquis bien elaborados;

- diversidad de las fuentes de los atestados: DETRANS (Departamentos Estatales de Tránsito), Policía Militar, Policía Civil, según la ciudad o el estado del que proceden.

4.3 Complementación de datos disponibles

A la hora de estudiar un punto crítico específico, habrá lagunas en la información procedente de las fuentes anteriormente citadas. A continuación veremos algunos de los casos y motivos habituales.

En el caso de los accidentes con víctimas, especialmente, hacer el parte del accidente no es la primera prioridad de la policía que acude al lugar. Evidentemente, la tarea más urgente es el auxilio de las víctimas y su traslado inmediato a un centro hospitalario.

En los casos de accidentes sin víctimas o de atropellamientos, es típico que la policía no encuentre, al llegar al lugar de los hechos, ninguna señal del accidente, aunque haya tenido lugar apenas unos minutos antes. Si se trata de un accidente sin víctimas, lo más probable es que las partes hayan llegado a un acuerdo y se hayan ido del lugar sin esperar a la policía. Es frecuente en muchos casos de atropellamiento que el propio atropellador lleve inmediatamente al atropellado a un centro hospitalario.

Las lagunas de información en los atestados pueden originarse en el propio procedimiento de completarlos. Así, a menudo, especialmente en casos sin víctimas, los implicados, con ayuda de los testigos, retiran los vehículos de la pista para evitar otros accidentes o atascos, dificultando la labor policial de reconstrucción del escenario del accidente. En estos casos, el policía es normalmente obligado a anotar en el apartado correspon-

diente “lugar manipulado” y omitir la descripción del accidente aunque los testigos puedan describir los hechos con claridad.

Es pues tarea del técnico que elabora las intervenciones viales complementar los datos disponibles, principalmente a través de entrevistas con personas conocedoras del lugar, como comerciantes y vecinos. Si se halla en el lugar un policía con mucha experiencia en accidentes, es fundamental obtener su visión de los hechos. Otra fuente, de más difícil acceso, son los propios implicados.

La CET elaboró un trabajo piloto en este sentido durante 1984-85. Durante dos años, se realizó un intento de recopilar más información sobre atropellamientos con víctimas fatales, efectuando la investigación lo más rápido posible después del accidente. Un estudiante en prácticas, especialmente entrenado, acudía al lugar del accidente y rellenaba un formulario (ver Figuras 4.1 al 4.3), con todos los datos técnicos del lugar y con cualquier información adicional obtenida en las entrevistas, conforme se mencionó anteriormente.

Los mejores resultados se obtuvieron cuando la investigación se realizó dentro de las 24 horas posteriores al accidente. Los formularios resultaron valiosos, especialmente en el aspecto de la identificación de los factores que contribuyeron a los accidentes aunque no aparecieran en el informe policial. Estos factores estaban relacionados con los cuatro grupos básicos: factor humano, factor vehículo, factor vía/medio ambiente, factor institucional/social.

Se recomienda la utilización de un formulario como el de la Figura 4.1 en todos los trabajos de esta naturaleza (se cambiaron los nombres de las personas para no identificarlas).

FICHA DE DATOS SOBRE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Fuente: CET

FICHA DE DATOS SOBRE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

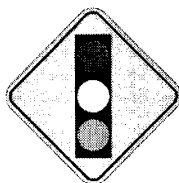
Fuente: CET

FIGURA 4.3

FICHA DE DATOS SOBRE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

LUGAR AV. SAPOPEMBA 11.000											FECHA 25/05/84		HORA 20:55		
ZONA/BARRIO											DÍA SEMANA Vie		FERIADO N		
REFERENCIA/SERVICIOS DE EMERGENCIA/HOSPITAL SÃO MATEUS											SECTOR 430		GET 4		
OBSERVACIONES											CÓDIGO ACCIDENTE 04				
NOMBRE DE LA VÍCTIMA		SEXO		HERIDAS			EDAD	CONOCE EL LUGAR?				DIST.	VEHÍCULOS HY 1569 autobús		
		M	F	FATAL	GRAVE	LEVE		VIVE	ESTU	TRAB	OTROS	M			
João da Silva		x		X			26							PARTICIPACIÓN	
HISTORIAL Un hombre de 26 años bajó por la puerta trasera del autobús y, al cruzar la avenida fue alcanzado por un autobús de la Empresa AVOU (ver croquis) que venia en sentido contrario.															
OBSERVACIONES/FUENTES Los vecinos ya protestaron porque un niño murió atropellado por un automóvil.															
- Flujo de vehículos medio/alto - velocidad alta.															
- Flujo de peatones constante.															
- Según los vecinos, ocurren muchos atropellamientos en este tramo.															
- Durante la inspección, se comprobó que muchas personas, principalmente niños, cruzan en la intersección de la Av. Sapopemba x															
Av. Lourival Fontes a causa del punto de parada de autobus y de la COHAB (conjunto residencial para personas de baja renta) y															
lo hacen sin utilizar el semáforo peatonal y fuera del paso peatonal.															
Pendiente: Volver de noche para examinar las condiciones de iluminación pública.															
INSPECCIONADO POR IRENE/TAVARES								FECHA 4/6/84		DÍA DE LA SEMANA Viernes		HORA 11:50		NÚMERO 180	

Fuente: CET



CAPÍTULO 5

IMPLANTACIÓN DE UN ARCHIVO DE ACCIDENTES

El primer paso necesario para la creación de un programa de reducción de accidentes mediante intervenciones viales es la implantación de un archivo en que conste donde ocurren los accidentes, su gravedad y otros hechos pertinentes. A continuación se describe la forma de organizar un banco de datos sobre accidentes de tránsito a partir de la información que consta en los atestados de la policía. En el apartado 5.1 se describen los diferentes ítems de información y se otorga prioridad a aquéllos considerados imprescindibles para un buen trabajo de análisis y diagnóstico de puntos críticos.

En el apartado 5.2 se propone un bosquejo para un banco de datos organizado y manipulado manualmente (no informatizado). En el apartado 5.3 se describe la utilización de micro-computadores y, en 5.4, se proporcionan ejemplos de informes informatizados.

5.1 Tipos de datos y prioridades

Los diferentes tipos de datos disponibles en los atestados policiales suelen ser los siguientes:

- fecha, hora y lugar
- datos básicos de los vehículos implicados
- datos personales de las personas involucradas

- testigos
- alguna descripción del accidente (redacción y/o croquis)
- datos sobre el estado de los conductores
- datos sobre el estado mecánico de los vehículos
- datos auxiliares sobre las condiciones climatológicas, la vía y la señalización en el momento del accidente
- evaluación sobre la gravedad de las heridas

Datos mínimos

La identificación de puntos críticos requiere los siguientes datos mínimos de todos los accidentes ocurridos en el área estudiada (ya sea barrio, municipio o carretera específica):

- fecha y hora
- lugar (nombre de la vía y kilometraje o numeración del inmueble o, en su defecto, otro punto de referencia; en el caso de una intersección, nombre de todas las vías)

Estos datos permiten la identificación de los puntos con mayores índices de accidentes en general, sin embargo, es normal conceder prioridad a los accidentes que implican daños personales. A este efecto, es importante registrar la existencia o no de heridas y/o muertes y la gravedad de las heridas (si consta en el atestado). La clasificación más habitual es:

- herida leve
- herida grave
- fallecimiento

Para este mismo fin, es también necesario registrar el número de personas heridas, leves y graves, o fallecidas en cada accidente.

Como se explica en los capítulos precedentes, el análisis de accidentes por atropellamiento debe ser diferenciado del análisis de los que no envuelven peatones. Por ello, cada accidente debe ser clasificado como:

- sin víctima (S/V)
- con víctima (C/V)
- atropellamiento (AT)

A partir de estos datos básicos, resulta posible identificar e incluso levantar mapas de los lugares con mayor frecuencia de:

- accidentes en general
- fallecimientos
- heridos leves y graves
- atropellamientos

Las fechas de los accidentes permiten el seguimiento de la evolución de la frecuencia de los casos en general y por su gravedad.

La organización de las fechas por:

- meses del año: posibilita la identificación de la estacionalidad o periodicidad de la concentración de accidentes, e incluso la existencia de otro motivo, como vacaciones, temporada de playa, eventos folclóricos o turísticos, etc.;
- días de la semana: posibilita la identificación de los días de la semana más críticos, en los que ocurre un mayor número de accidentes;
- días del mes: permite la identificación de días en que algún evento especial contribuye a un aumento de los casos;
- horas o franjas del día: permite identificar las horas o períodos del día/de la noche en que se incrementa el número de accidentes y los períodos de baja frecuencia, que deben ser evitados a efectos de estudiar e inspeccionar los lugares y de identificar los factores contribuyentes.

En resumen, los datos mínimos permiten la identificación de puntos con elevada frecuencia de accidentes (dando prioridad a la gravedad), de los días más críticos de la semana y de los períodos más críticos del día, sin entrar en detalles de los accidentes. Esta información optimiza la programación de los estudios e inspecciones y, con frecuencia, sugiere algunos factores contribuyentes en los accidentes registrados.

Caracterización básica de los accidentes

Los datos más relevantes en relación a los accidentes ocurridos en un punto crítico son los que describen cómo ocurrieron, las trayectorias de los vehículos implicados, los puntos de impacto y las infracciones cometidas por los conductores y peatones involucrados. Son los primeros requisitos en el camino de la identificación de posibles defectos de ingeniería de tránsito o de aspectos que requieren adecuación.

El atestado policial suele proporcionar tres fuentes:

- informe descriptivo del accidente
- croquis de las posiciones finales de los vehículos
- daños materiales de los vehículos (también con croquis)

Si hay datos suficientes, será posible reconstruir el momento del accidente y el tipo de colisión (trasera, lateral, etc.) o atropellamiento. La trayectoria de cada vehículo podrá ser descrita así como el recorrido del peatón atropellado.

El tipo de vehículo también tiene importancia porque la visibilidad, la velocidad y la facilidad de maniobras y de frenado difieren notablemente de un vehículo a otro (automóvil, camión, autobús o motocicleta). Si el parte policial ha sido elaborado correctamente será fácil identificar el tipo de cada vehículo involucrado.

Por último, es de gran utilidad conocer algunos datos de los conductores y peatones implicados. En los casos de atropellamiento, por ejemplo, el factor más pertinente es la edad, ya que los comportamientos de los peatones difieren. En efecto, las personas mayores, con paso más lento y audición y visión deficientes, y los niños se comportan de modo distinto que los adultos en general. En cuanto a la edad de los conductores, puede revelarse importante en lo que se refiere al número de años de experiencia en la conducción, habida cuenta que en muchos accidentes están implicadas personas sin experiencia. Los conductores de motocicletas en Brasil, por poner un caso, tienen un elevado índice de accidentes en sus primeros 1.000 km recorridos, o sea, en el inicio de su experiencia.

Factores ambientales

Los demás datos consignados en los atestados policiales suelen referirse a las condiciones de la vía, del tiempo, de la iluminación y de la señalización. También ha de otorgarse prioridad a estos datos, puesto que son la base directa de las posibles intervenciones de ingeniería de tránsito. Así, se puede tratar una pista para reducir los derrapajes en condiciones de lluvia, se pueden mejorar la iluminación y la señalización, etc.

5.2 Banco manual de datos

La creación de un banco manual de datos consiste simplemente en la anotación organizada de los datos de los atestados policiales para facilitar su manipulación y el análisis y diagnóstico de accidentes en puntos críticos.

A falta de algo más sofisticado, se puede optar por una simple fotocopia de cada atestado. Sin embargo, a veces no se permite fotocopiar este tipo de documentos. Se recomienda la utilización de una ficha-resumen y de un croquis complementario para referencia, en los que consten los datos más esenciales, como, por ejemplo, los que aparecen en las Figuras 5.1 y 5.2.

Un ejemplo práctico de la utilización de fichas de este tipo se presenta más adelante en el apartado 7.4 y, más detalladamente, en el Capítulo 9.

Para las fichas que aparecen en la Figura 5.2 se recomiendan dimensiones de 5 cm x 17 cm, lo cual facilita:

- el llenado a mano
- la lectura de hasta 20 o más fichas en una mesa normal de escritorio
- el montaje en hojas de tamaño folio (A4) para su uso directo en informes

El medio ideal sería una ficha de cartulina, ya que facilitaría la manipulación y maximizaría la durabilidad del archivo. Las fichas pueden ser archivadas por vía y por intersección, pudiendo ser utilizadas en cualquier momento para confeccionar análisis generales de accidentes, por hora, por día, por tipo de vehículo, etc., y devueltas

fácilmente al archivo. El croquis también puede figurar en el anverso de la ficha o, en casos más complejos, en una hoja que puede ser doblada y adjuntada a la ficha.

5.3 Banco de datos informatizado

Se puede facilitar el análisis de números elevados de accidentes mediante la transferencia de los datos a un archivo electrónico. Un microcomputador 486 o Pentium tiene capacidad suficiente para archivar y acceder a todos los datos necesarios sobre los accidentes ocurridos a lo largo de algunos años.

FIGURA 5.1
CROQUIS COMPLEMENTARIO DE REFERENCIA

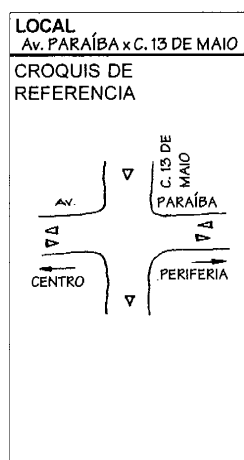


FIGURA 5.2
FICHA DE DATOS SOBRE ACCIDENTES
AV. PARAÍBA x C. 13 DE MAIO

LOCAL
AV. PARAÍBA x C. 13 DE MAIO
REGISTRO
Accidente 15/97 Lugar
Nº ATESTADO
74
FECHA
23-10-87
DÍA DE LA SEMANA
Viernes
HORA
06:50
DÍA/NOCHE
O
TIEMPO
Buena
ESTADO DE LA PISTA
Seca
TIPO DE ACCIDENTE
C/V colisión en cadena
VEHÍCULOS IMPLICADOS
AU x BUS x BUS
CROQUIS
HISTORIAL Y OBSERVACIONES
Vehículo 1 esperando la apertura del semáforo

LOCAL
AV. PARAÍBA x C. 13 DE MAIO
REGISTRO
Accidente 16/97 Lugar
Nº ATESTADO
77
FECHA
14-12-87
DÍA DE LA SEMANA
Lunes
HORA
21:05
DÍA/NOCHE
N
TIEMPO
Lluvia
ESTADO DE LA PISTA
Mojada
TIPO DE ACCIDENTE
C/V colisión lateral transversal
VEHÍCULOS IMPLICADOS
AU x MO
CROQUIS
HISTORIAL Y OBSERVACIONES
Vehículo 1 entró en el cruce con el semáforo cerrado. Conductor menor: - 14 años.

Hoy en día existen programas informáticos que permiten incluir en el archivo el croquis del accidente. Un escáner de documentos facilita más aún esta función. Siempre se puede buscar esta información en los atestados según las necesidades de estudios específicos. O bien, combinar el archivo informatizado con las fichas-resumen. El número de entrada de cada caso tiene que ser el mismo en ambos archivos. Así, el computador puede proporcionar todos los registros de las fichas-resumen para todos los accidentes ocurridos en el punto calle X con calle Y. Si las fichas-resumen se archivan numéricamente, el acceso sería fácil y rápido.

Existen en el mercado varios sistemas y programas de gestión de banco de datos utilizables. Estos sistemas están en constante innovación y periódicamente aparecen novedades en el mercado. Ante esta situación, siempre es aconsejable consultar a un especialista antes de tomar una decisión.

5.4 Ejemplos de sistemas informatizados

En este apartado, se presentan aspectos de cuatro sistemas informatizados de bancos de datos sobre accidentes de tránsito. La selección de estos sistemas no significa ningún tipo de evaluación en relación a otros sistemas existentes. Son sistemas conocidos por los autores de esta Guía y cada uno de ellos ofrece aspectos potencialmente interesantes para los lectores.

Compañía de Ingeniería de Tránsito de São Paulo – CET

La CET, responsable de la planificación y operación técnica del tránsito en la ciudad brasileña de São Paulo, mantiene un banco de datos informatizados sobre accidentes de tránsito ocurridos y registrados en el Municipio de São Paulo desde finales de los años ochenta. En 1995, el sistema recibió datos sobre un promedio de 538 accidentes por día, incluyendo 43 atropellamientos, 76 accidentes con víctimas y 419 accidentes sin víctimas. Cabe recordar que el registro por la policía de los accidentes sin víctimas no es

obligatorio, siendo hoy en día solamente obligatorio el registro de los accidentes con víctimas (ya sean fatales o no).

El sistema de la CET, llamado SAT – Sistema de Accidentes de Tránsito, fue creado utilizando el lenguaje DBASE. Algunos subsistemas, montados para fines específicos, utilizan también Fox Pro. El SAT contiene todos los datos principales registrados en los informes policiales y es accesible a cualquier funcionario de la CET vía una red de micro-computadores instalados en las diferentes oficinas regionales distribuidas por la ciudad.

El usuario puede obtener *on line* listados de los datos sobre accidentes, seleccionados según sus necesidades, por ejemplo, dando prioridad a los accidentes con víctimas fatales, con heridas graves, o destacando los accidentes con víctimas infantiles. Se pueden elegir determinadas zonas, calles o intersecciones de la ciudad; determinadas fechas; determinados tipos de accidentes; de vehículo, etc. El sistema también emite sistemáticamente vía la red, algunos informes gerenciales periódicos, independientemente de su utilización individual por los usuarios.

En las Tablas 5.1 a 5.3 se presentan tres ejemplos de listados que pueden ser producidos por el SAT.

En la Tabla 5.1, se presentan datos sobre los accidentes ocurridos durante el primer semestre de 1993 en la intersección de la Calle Guararapes x Calle Nova Independencia.

CADA y CADB son los códigos de las dos calles de la intersección.

COD es el código del tipo básico de accidente:

02 - de vehículos con víctima

03 - de vehículos sin víctima

04 - atropellamiento.

TABLA 5.1
ACCIDENTES DE TRÁNSITO – PRIMER SEMESTRE DE 1993

GUARARAPES x NOVA INDEPENDENCIA											
CADA	CADB	FECHA	HORA	COD	F	VP	DP	TALÓN	VE	VICT	D
14780	08377	18/01/93	905	03	C	320		11	1 1		2
14789	08377	20/02/93	845	02	C	2312		7	1001	000001	0
08377	14780	20/02/93	930	02	D		096	659	2	01	0
14780	08377	15/04/93	1550	03	C	BAND		57	1 1		5
14780	08377	12/05/93	815	03	C	BAND		15	2		4
08377	14780	09/06/93	2130	02	D		096	1946	11	01	4

Fuente: CET

F es la fuente de información:
C - policía (militar) de tránsito
D - comisaría de policía (civil)

VP identifica el vehículo policial que atendió el accidente.

DP identifica la comisaría de policía.

TALÓN número del atestado policial, fuente de los datos.

VE informa sobre los tipos de vehículos involucrados y la cantidad de cada tipo.
Cada columna es un tipo de vehículo. Por ejemplo, la primera es de automóviles.

VICT informa sobre el número de víctimas y la gravedad de las heridas. Las dos primeras columnas consignan las víctimas leves, las columnas tres y cuatro las víctimas graves, y las columnas cinco y seis las víctimas fatales.

D indica el día de la semana: 0 = sábado, 1 = domingo, 2 = lunes, etc.

Se deduce por tanto que ocurrieron 6 accidentes, siendo tres de ellos con víctimas y tres sin víctimas. La mayoría de los vehículos involucrados son automóviles. Hubo una víctima leve y, aparentemente, dos fatales. Decimos aparentemente porque hay indicios de recuento doble. Una víctima fatal fue registrada por la policía de tránsito del vehículo 2312 el día 20/02/93 a las 08h45 y la segunda fue registrada el mismo día, 45 minutos después, en la 96ª comisaría de policía. Se debe averiguar si hubo doble recuentos de los accidentes fatales en el mismo lugar con ese pequeño intervalo. La duda se puede resolver eventualmente obteniendo los informes policiales y la identificación del (de los) nombre(s) del (de los) fallecido(s).

TABLA 5.2
ACCIDENTES DE TRÁNSITO
C. DR. ALCEU DE CAMPOS RODRIGUES

CALLE/AV	ALT. NUM.	REF.	FECHA	DÍA	HORA	COD	VEHÍCULOS	VÍCTIMAS	SENT	F	VP	DP	TALÓN
			11/07/93	1	1600	03	10010	000000		C	210		103
			07/10/93	5	1630	03	20000	000000		C	300		60
			03/12/93	6	1320	03	20000	000000		C	BAND		20
			30/01/93	0	1430	03	20000	000000		C	260		69
			15/02/93	2	1500	03	20000	000000		C	220		160
			10/06/93	5	2000	03	20000	000000		C	300		66
AMARO			17/06/93	5	900	03	20000	000000		C	220		80
AMARO		NC	18/08/93	4	1420	04	00010	000000		C	2215		09
AMARO		NC	08/03/93	2	1505	03	20000	010000		C	220		132
AMARO		NC	20/04/93	3	1130	03	20000	000000		C	220		58
AMARO		NC	09/01/93	0	1200	04	10000	000000		D			0086
AMARO		NC	15/02/93	2	1835	03	00000	000001		C	2235	097	14
AMARO		NC	05/04/93	2	1315	03	20000	000000		C	BAND		40
CLODOMIRO AMAZONAS	75	NC	07/12/93	3	1359	04	10000	000000		D		015	12887
CLODOMIRO AMAZONAS	237		07/12/93	3	1330	04	10000	010000		C	2233		14
CLODOMIRO AMAZONAS	247		16/12/93	5	1500	04	10000	010000		C	2705		08
CLODOMIRO AMAZONAS	295		02/02/93	3	1400	03	10000	010000		C	200		35
JOAO CACHOEIRA	540		11/03/93	5	5	02	20000	000000		C	2312		04
JOAO CACHOEIRA	560		23/03/93	3	645	04	10000	040000		D		015	2691
JOAO CLIMACO	722		12/04/93	2	1700	04	10000	010000		D		015	3366
PEREIRA			26/05/93	4	1405	04	00000	010000		C	2704		09
JOAO CLIMACO			16/05/93	1	1805	02	20000	010000		D		015	4672
PEREIRA			26/09/93	1	130	03	20000	000000		C	BAND		01
JOAO CLIMACO			19/10/93	3	1400	03	20000	000000		C	230		55
PEREIRA			20/12/93	2	1645	02	11000	000000		C	2207		15
JOAO CLIMACO			25/03/93	5	2100	03	20000	010000		C	BAND		04
PEREIRA			14/12/93	3	1745	03	10100	000000		C	BAND		67
			14/12/93	3	930	03	10000	000000		D		015	13584
			30/09/93	3	1845	03	20000	000000		C	BAND		40
			22/10/93	6	1305	03	20000	000000		C	230		117
			19/04/93	2	1100	03	20000	000000		C	210		90
			07/06/93	2	1720	03	20000	000000		C	100		24

Fuente: CET

En la Tabla 5.2 se presentan todos los accidentes registrados en 1993 en la calle Dr. Alceu de Campos Rodrigues, en las intersecciones y fuera de ellas.

ALT NUM indica el kilometraje o número del inmueble más cercano para los accidentes ocurridos fuera de las intersecciones.

NC indica que no consta el kilometraje o número del inmueble más cercano en el atestado policial.

AMARO son los nombres de las calles transversales en las intersecciones.

SENT indica el sentido de los vehículos: centro-periferia, etc. (No utilizado en el listado presentado).

Entre otras cosas, se percibe que ocurrieron aparentemente 8 atropellamientos (código 04). De nuevo, puede haber recuento doble en el caso de los dos atropellamientos registrados el día 07/12/93 a las 13h30 y a las 13h59. Se puede constatar también que todos los atropellamientos ocurrieron durante el período diurno.

TABLA 5.3
ACCIDENTES DE TRÁNSITO CLASIFICADOS POR
FRANJA HORARIA Y DÍA DE LA SEMANA
AV. ANTONIO BATUIRA

FRANJA HORARIA		CON VÍCTIMAS								SIN VÍCTIMAS								ATROPELLAMIENTO							
DE	A	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	TOTAL	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	TOTAL	SA	DO	LU	MA	MI	JU	VI	TOTAL
0	59	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	159	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
200	259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	559	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
600	659	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
700	759	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
800	859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
900	959	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	1059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1100	1159	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1200	1259	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1300	1359	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
1400	1459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1500	1559	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1600	1659	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
1700	1759	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1800	1859	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1900	1959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	2059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2100	2159	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2200	2259	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2300	2359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		1	1	0	1	3	0	2	8	5	5	10	7	5	7	10	49	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: CET

Por último, en la Tabla 5.3 se presenta la distribución de los accidentes registrados en 1994 en la avenida Antonio Baturra, por día de la semana y por hora del día, distinguiendo los accidentes con víctimas, sin víctimas y los atropellamientos. Se constata que no hubo atropellamientos, que casi todos los accidentes con víctimas ocurrieron durante el período diurno y que los accidentes sin víctimas ocurrieron en todos los horarios menos de madrugada, y más en días hábiles que en los fines de semana.

En relación a los accidentes con víctimas fatales se introdujo recientemente en el SAT un subsistema de informaciones más detalladas, no sólo con los datos de los atestados policiales sino también con datos adicionales

obtenidos por medio de investigaciones complementarias realizadas por los funcionarios de la CET.

En el SAT no se incluyó una facilidad gráfica para inclusión de los diagramas de accidentes, en base a los croquis y las descripciones que constan en los informes policiales. Esto se realiza manualmente, por medio de consultas a copias de los atestados policiales, obtenidas en función de estudios específicos. El sistema no permite, sin embargo, el mapeo automático de los accidentes, principalmente debido a la falta de precisión en los datos registrados sobre los lugares de los accidentes, especialmente en el caso de los accidentes sin víctimas.

BIAT – Banco Informatizado de Accidentes de Tránsito

El sistema BIAT fue desarrollado por consultores en São Paulo con el fin de crear un sistema cuya característica principal fuera la simplicidad de utilización para los técnicos de ciudades pequeñas y medianas que estaban iniciando un banco de datos. El BIAT recibió la aprobación técnica del INST – Instituto Nacional de Seguridad de Tránsito, de São Paulo, una entidad sin fines lucrativos. Al igual que en el caso del sistema de la CET, su principal fuente de datos son los informes policiales. Los datos son directamente introducidos en el computador por medio de una serie de hojas estándar que piden los ítems de información. El sistema verifica inmediatamente la consistencia de cada dato introducido, pidiendo correcciones conforme sea necesario.

Varias opciones de informes gerenciales están disponibles y se puede crear cualquier tipo de tabla, cruzando los diferentes tipos de datos según sea necesario.

El BIAT, basado en el lenguaje C++, incluye además un programa gráfico que permite la inclusión del diagrama de accidentes, basado en los croquis y en las descripciones hallados en los informes policiales. Como en el sistema de la CET, no incluye la posibilidad del mapeo automático.

Hasta marzo de 1997, el sistema había sido implantado en cerca de diez ciudades brasileñas. En función de la experiencia en estas ciudades, el BIAT se encontraba en fase de actualización y de ampliación en la época de redacción final de este trabajo.

DNER – Departamento Nacional de Carreteras de Brasil

La DEST – División de Ingeniería y Seguridad de Tránsito del DNER, tiene un banco de datos sobre accidentes registrados en las carreteras bajo jurisdicción federal. En 1995, el sistema recibió datos sobre 95.514 accidentes registrados, una media de 260 accidentes por día, distribuidos por una red vial de casi 37.000 km de extensión.

El sistema fue creado utilizando el lenguaje Cobol y emite informes gerenciales periódicos. En general, el sistema no se organizó con el fin de permitir el acceso directo a los datos por parte de los funcionarios del DNER u otros interesados, éstos deben solicitar informes especiales a la DEST.

El DNER utiliza el software FORPRINT for Windows para la extracción de informes aislados, resultando así la lectura y la interpretación de los listados extremadamente fáciles y autoexplicativos conforme se muestra en la Tabla 5.4. En esta figura se presenta una página de un informe realizado a petición del BID durante las misiones referentes al préstamo para la duplicación de los 700 km de la carretera que une São Paulo y Florianópolis.

Dicho informe presenta todos los accidentes registrados en los tramos de carretera de São Paulo a Florianópolis durante un año, ordenados según el lugar del accidente. Se leen rápidamente la fecha, el día de la semana, la hora del día, el tipo de accidente (atropellamiento, colisión trasera, etc.) y la gravedad de las heridas sufridas por las víctimas. El informe sirvió directamente para dirigir la atención de los técnicos hacia los lugares destacados por casos de accidentes graves y, en cada lugar, hacia los tipos de

accidentes más comunes y los días de la semana y las horas del día en que se concentraban los casos. Este análisis llevó a la identificación de muchas probables causas de accidentes, incluso antes de la realización de las inspecciones técnicas sobre el terreno. Por ejemplo, la existencia de muchas salidas de vehículos de la calzada en tramos cortos indicaba la probabilidad, casi siempre confirmada, de curvas con características geométricas y/o topográficas inadecuadas.

En la Figura 5.4 se constata que:

- casi con certeza debe existir una curva peligrosa entre el km 28 y el km 29, con postes próximos a la pista o con barranco u otro peligro que convierten las salidas de la calzada en accidentes graves y fatales;
- la necesidad de la separación física de los dos sentidos de tránsito es evidente entre el km 29 y el km 30, donde se registran muchas colisiones frontales y transversales laterales en todos los días de la semana y a todas las horas del día y de la noche;
- debe de existir un flujo significativo de peatones cruzando entre el km 32 y el km 33, especialmente durante los fines de semana, según indican los atropellamientos registrados.

El sistema no contempla ni la creación automática de croquis de accidentes, ni su mapeo. No obstante, en la época de redacción de esta Guía, se encontraba en estudio la conexión de este sistema con un sistema SIG (Sistema de Información Georeferenciada), montado para la integración de todos los tipos de datos técnicos del DNER, lo cual permitiría el mapeo automático.

El Paquete de Análisis de Accidentes por Microcomputadora – MAAP (Microcomputer Accident Analysis Package)

El MAAP fue desarrollado en el Reino Unido por el TRL – Transport Research Laboratory (ex órgano del gobierno, recientemente privatizado) para la ODA – Overseas Development Administration (órgano del gobierno) con el fin de tratar de resolver los problemas detectados en países en desarrollo: carencia de datos disponibles sobre accidentes de tránsito, falta de sistematización de los datos existentes y disponibilidad limitada de técnicos altamente calificados.

El sistema MAAP permite el registro de los datos directamente en el computador, la emisión de informes gerenciales estándar y la confección de informes aislados, según las necesidades de los usuarios. Pretende ser “user friendly”, o sea, de fácil utilización por personas sin mucha formación en informática.

A diferencia de los demás sistemas presentados, el MAAP permite el mapeo de los accidentes, de muchas formas diferentes, utilizando como base mapas esquemáticos de la red vial e incluso páginas en color, capturadas por escáner, de las guías de la ciudad.

El MAAP no acepta los croquis de los accidentes, pero permite la inclusión en las hojas de datos del computador de diagramas de barras o de conjuntos de fichas-resumen, descritas anteriormente en el presente capítulo, facilitando la identificación de factores contribuyentes comunes entre varios accidentes.

5.5 Observaciones adicionales

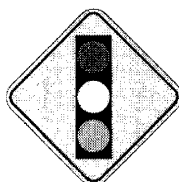
Además de constituir la herramienta básica para identificar, analizar y dar prioridad a las medidas de corrección de puntos críticos, el censo de accidentes se muestra útil en muchas otras situaciones. Por ejemplo: el Alcalde recibe una queja de que están ocurriendo muchos accidentes en la esquina de las calle X e Y. En cuestión de minutos (o segundos), el censo le permite informarse de que solamente ha habido un accidente en los tres últimos años, ocurrido a las 2h00 de la mañana de un domingo, cuando un automóvil chocó contra un muro ubicado a 2 m de la calzada, habiendo sospecha de embriaguez. En otra ocasión, tras una rápida consulta telefónica, podrá responder a un edil que una obra que está pendiente de aprobación deberá reducir significativamente el número de accidentes en la esquina de las avenidas S y T, donde ocurrieron 21 accidentes con víctimas el año anterior.

La existencia de un censo actualizado es, obviamente, condición imprescindible para vigilar y evaluar el progreso del programa de seguridad vial, así como para formular solicitudes de recursos para iniciar, mantener o expandir tal programa.

TABLA 5.4
LISTA PARCIAL DE ACCIDENTES EN
LA CARRETERA SÃO PAULO – FLORIANÓPOLIS

	Fecha	Día de la semana	Hora	Gravedad	Tipo de accidente
	26/07/94	Martes	11 5	2-Con heridos	12-Salida de la calzada
Km 28	Cantidad de accidentes = 7				
	24/08/94	Miércoles	9 10	2-Con heridos	01-Choque con objeto fijo
	12/11/94	Sábado	6 20	2-Con heridos	11-Vuelco lateral
	22/11/94	Martes	14 0	1-Sin víctimas	12-Salida de la calzada
	12/07/94	Martes	8 30	1-Sin víctimas	12-Salida de la calzada
	19/03/94	Sábado	1 30	2-Con heridos	12-Salida de la calzada
	17/10/94	Lunes	16 30	3-Con muertos	12-Salida de la calzada
	03/01/94	Lunes	11 30	3-Con muertos	12-Salida de la calzada
Km 29	Cantidad de accidentes = 15				
	26/12/94	Lunes	2 40	2-Con heridos	02-Vuelta de campana
	04/06/94	Sábado	18 0	1-Sin víctimas	08-Colisión frontal
	01/04/94	Viernes	8 30	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	19/02/94	Sábado	14 10	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	29/04/94	Viernes	10 40	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	22/12/94	Jueves	15 30	1-Sin víctimas	09-Colisión lateral en sentidos opuestos
	18/02/94	Viernes	19 30	2-Con heridos	09-Colisión lateral en sentidos opuestos
	15/11/94	Martes	4 10	2-Con heridos	09-Colisión lateral en sentidos opuestos
	17/08/94	Miércoles	16 30	2-Con heridos	09-Colisión lateral en sentidos opuestos
	24/08/94	Miércoles	2 30	3-Con Muertos	09-Colisión lateral en sentidos opuestos
	12/04/94	Martes	5 30	2-Con heridos	10-Colisión lateral transversal
	16/02/94	Miércoles	17 30	2-Con heridos	12-Salida de la calzada
	17/12/94	Sábado	15 10	2-Con heridos	12-Salida de la calzada
	02/09/94	Viernes	22 40	1-Sin víctimas	13-Otros tipos
	10/05/94	Martes	1 30	2-Con heridos	13-Otros tipos
Km 30	Cantidad de accidentes = 6				
	27/10/94	Jueves	20 30	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	26/09/94	Lunes	17 0	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	29/10/94	Sábado	10 0	1-Sin víctimas	11-Vuelco lateral
	21/07/94	Jueves	16 5	1-Sin víctimas	12-Salida de la calzada
	06/03/94	Domingo	9 30	1-Sin víctimas	12-Salida de la calzada
	08/09/94	Jueves	11 30	3-Con muertos	14-Atropellamiento con fuga
Km 31	Cantidad de accidentes, = 2				
	06/11/94	Domingo	19 0	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	24/12/94	Sábado	10 0	2-Con heridos	11-Vuelco lateral
Km 32	Cantidad de accidentes = 8				
	04/12/94	Domingo	10 30	2-Con heridos	03-Atropellamiento
	17/01/94	Lunes	13 15	2-Con heridos	03-Atropellamiento
	07/10/94	Viernes	22 30	3-Con muertos	03-Atropellamiento
	09/04/94	Sábado	7 10	2-Con heridos	08-Colisión frontal
	05/04/94	Martes	21 40	3-Con muertos	09-Colisión lateral en sentidos opuestos
	06/11/94	Domingo	9 10	2- con heridos	11-Vuelco lateral
	06/08/94	Sábado	9 0	2-Con heridos	12-Salida de la calzada

Fuente: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER).



CAPÍTULO 6

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

6.1 ¿Quién identifica los puntos críticos y cómo?

Una arquitecta especialista en ingeniería de tránsito regresa al trabajo a mediados de enero después de sus vacaciones y encuentra los siguientes ítems en su mesa:

- Un recado de su gerente (que está de vacaciones): “este año vamos a iniciar un trabajo de reducción de accidentes en puntos críticos. Usted va a ser la encargada del proyecto. Quiero recibir semanalmente el estudio de un punto crítico y propuestas para su mejora. De momento, límitese a propuestas de bajo costo porque aún no se ha definido una partida para este tipo de proyecto”.
- Un recado del director técnico solicitando urgentemente estudios sobre la seguridad del tránsito en las intersecciones: calle Itaipá con calle Andrade y avenida Paraná con avenida Rio Grande do Sul, sin más explicaciones.
- Un recorte de prensa que muestra una carta, firmada por diversas asociaciones comunitarias, solicitando acción inmediata para reducir el peligro para los peatones en el cruce Calle del Barrio con Avenida Central.

- Copias actualizadas de los listados de accidentes realizados a partir de los atestados policiales.

¿Qué hace ante estos documentos?

¿Cómo va a identificar los lugares de la red vial que constituyen puntos críticos? ¿Cómo va a seleccionar alguno para estudio? ¿Cómo compaginar las solicitudes del director y del recorte de prensa?

A continuación se proponen diversas respuestas posibles para estas preguntas. No se trata de respuestas definitivas, sino de algunas contribuciones para la estructuración y la definición de prioridades de un programa de tratamiento de puntos críticos.

6.2 Tipos de puntos críticos

Lugares con mayor frecuencia de accidentes

Son los lugares con las mayores incidencias de accidentes de todos los tipos, ya sean accidentes con víctimas o atropellamientos.

Lugares de mayor peligrosidad

Los lugares con mayor frecuencia de accidentes no son necesariamente los más peligrosos, siendo la peligrosidad

medida por la probabilidad de cada vehículo/peatón que pasa de tener un accidente. La Tabla 6.1 nos proporciona un ejemplo.

TABLA 6.1
PELIGROSIDAD RELATIVA DE LUGARES CON ACCIDENTES

Lugar nº	Frecuencia (accidente/año)	Volumen (vehículos/año)	Índice de Peligrosidad (Accidentes/10 ⁵ vehículos)	Orden decreciente	
				Frecuencia	Peligrosidad
1	2	10.000	20	3	1
2	50	50.000	10	2	2
3	100	2.000.000	5	1	3

Esta inversión de los índices de frecuencia y de peligrosidad significa que, a pesar de la asociación normal entre frecuencia y peligro:

- una alta frecuencia de accidentes puede resultar de un alto volumen de vehículos/peatones en un lugar no muy peligroso y
- una frecuencia relativamente baja de accidentes puede indicar mucho peligro, o riesgo de accidente, si se registra en un lugar con bajo volumen de vehículos/peatones.

La aplicación de este concepto puede por tanto otorgar unas prioridades a los puntos críticos distintas de las otorgadas en base a la frecuencia. Por lo tanto, es necesario disponer de recuentos de vehículos/peatones para todos los puntos sometidos a comparación.

Lugares de mayor incremento de accidentes

A veces existen lugares donde la tasa de crecimiento de la frecuencia de accidentes es extremadamente alta aunque la frecuencia en sí misma todavía sea relativamente baja. Supongamos que un recuento de los accidentes ocurridos en la intersección Calle Andrade con Calle Itaipá (estudio solicitado por el director técnico) muestra los números siguientes para un período de un año.

TABLA 6.2
EVOLUCIÓN MENSUAL DE ACCIDENTES

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Total de accidentes	0	0	0	1	1	2	3	4	4	6	6	6

Es posible que se esté produciendo algún tipo de cambio en el lugar y que este cambio esté provocando accidentes.

Reclamos del público/de la prensa

De vez en cuando, en la prensa y/o en cartas enviadas a las Direcciones de Tránsito, se denuncian algunos puntos

como altamente peligrosos. Generalmente las denuncias son acertadas, pero a veces los lugares citados no constan en las listas de alta frecuencia, de alta peligrosidad o de mayor aumento de accidentes.

Vamos a suponer que éste fuera el caso de las intersecciones de la Avenida Paraná con la Avenida Rio Grande do Sul (solicitud del director técnico) y de la Calle del Barrio con la Avenida Central (recorte de prensa) y que ambos lugares fueran inspeccionados. Los resultados típicos de la inspección serían los siguientes:

- Avenida Paraná con Avenida Rio Grande do Sul

Mucho movimiento de vehículos y muchas situaciones de posible conflicto con conductores que frenan súbitamente y frecuentemente para evitar colisiones. Las personas entrevistadas en el lugar afirman que han ocurrido numerosas colisiones menores y que nadie suele llamar a la policía en estos casos. No recuerdan accidentes más serios.

- Calle del Barrio con Avenida Central

Elevadísimo movimiento de peatones atravesando las calles en condiciones pésimas durante las horas punta, debido a los altos volúmenes de tránsito y a la alta velocidad de los vehículos poco controlados por la señalización y la policía. Hay pocos atropellamientos registrados aunque las personas del vecindario afirman que han ocurrido muchos.

6.3 Selección para el análisis

¿Cuáles han de ser los criterios de selección de puntos críticos para su análisis y mejora? ¿Reducción del total de accidentes? ¿Reducción de accidentes con víctimas? ¿Reducción de los atropellamientos? ¿Eliminación de los puntos de alta peligrosidad, cualquiera que sea la

frecuencia de accidentes? ¿Inversión de la tendencia en los lugares con mayor aumento de accidentes? ¿Atención a los reclamos del público? Se recomiendan las prioridades siguientes en la selección de puntos para estudio:

Gravedad de los accidentes

Los lugares con mayores índices de accidentes con daños a personas deben tener prioridad. Dentro de este grupo, los atropellamientos deben tener más peso que los demás accidentes puesto que, en general, las víctimas de atropellamiento sufren heridas más graves que los ocupantes de vehículos colisionados. Basta con recordar que, en la época de redacción de esta Guía, cerca del 60% de los fallecimientos por accidentes de tránsito en las áreas urbanas de Brasil eran peatones.

Alta frecuencia x alta peligrosidad

En los lugares con elevada frecuencia de accidentes es probable que exista un prototipo de accidente, siendo posible eliminar un número significativo de casos con un solo proyecto.

Los puntos de alta peligrosidad pueden tener muchos accidentes y altos volúmenes de vehículos o, por el contrario, una frecuencia baja de accidentes y pequeños volúmenes de vehículos. Donde hay pocos accidentes, no se conseguirá fácilmente eliminar muchos siniestros; por ello, los puntos con elevada frecuencia de accidentes deben tener prioridad de estudio y de proyectos sobre los lugares de alta peligrosidad, y entre los puntos de alta frecuencia de accidentes, deben tener prioridad los estudios y proyectos para aquellos que presenten mayores índices de peligrosidad.

Lugares con elevado crecimiento del índice de accidentes

A estos lugares se les debe otorgar prioridad porque suelen revelar algún cambio de fácil identificación que dio lugar al aumento de accidentes. Vale la pena estudiar puntos de este tipo, ya sea la frecuencia de accidentes alta o baja.

Lugares señalados por la población

Estos lugares siempre deben ser estudiados por dos motivos: (i) la Prefectura provee esencialmente un servicio al público y debe responder a las preocupaciones de los ciudadanos corrigiendo el defecto vial o, en caso de que no exista, orientando mejor al público y (ii) estos lugares pueden ser focos potenciales de accidentes debido a cambios recientes de la red vial o de los flujos de vehículos y peatones, que aún no se reflejan en los datos disponibles sobre accidentes.

6.4 Tasas de accidentes y “unidad-patrón” de severidad

Hemos podido constatar anteriormente que uno de los conceptos de “punto crítico” o “tramo crítico” presupone

un elevado número de accidentes respecto al volumen de tránsito. A veces se intenta expresar la peligrosidad relativa de diferentes intersecciones (o tramos), mediante el uso de fórmulas como la que sigue:

$$T_j = \frac{A_j}{(P) (VDM_j)} \cdot 10^6 \quad (1)$$

Donde

T_j = índice de accidentes en la intersección¹ j

A_j = número de accidentes en la intersección j en el tiempo P

P = período de estudio, en días

VDM_j = volumen diario medio de vehículos que pasan por la intersección (suma de las n aproximaciones)

10⁶ = factor para evitar números muy pequeños

Las tasas obtenidas con esta fórmula pueden ser obviamente – y normalmente lo serán – muy divergentes, en función de que la categoría de los accidentes considerados sea total, AT, S/V, C/V o fatal. Si el investigador desea aplicar esta fórmula, deberá realizar los cálculos para las diferentes categorías y comparar los resultados de todos los puntos estudiados, procurando identificar patrones tanto de semejanzas como de diferencias entre los diversos indicadores, categorías y tramos.

A veces se sugiere la utilización, en la fórmula (1), de una media ponderada de las diferentes categorías de accidentes, como la unidad patrón de severidad (UPS), en lugar de A_j , atribuyendo pesos a las diversas categorías de accidentes. Por ejemplo, con base en estimaciones de costos del DNER de Brasil, DENATRAN (1987, p.31) pondera la fórmula como se ve a continuación, sin tratamiento diferenciado para los atropellamientos, los cuales se incluyen en la categoría “con víctima” (C/V):

$$\begin{aligned} S/V &= 1 \\ C/V &= 5 \\ \text{mortales} &= 13 \end{aligned}$$

Se obtiene, por tanto, la siguiente fórmula:

$$T'_j = \frac{UPS}{(P) (VDM)} \cdot 10^6 \quad (2)$$

donde:

UPS = 1 (nº de accidentes S/V) + 5 (nº de accidentes C/V) + 13 (nº de accidentes mortales) y los demás términos mantienen las definiciones anteriores.

La CET de São Paulo propone otro ejemplo de ponderación. Un análisis de los casos relativos de fallecimiento en accidentes con o sin peatones, condujo a los pesos siguientes, utilizados en los estudios de la empresa.

$$S/V = 1$$

$$C/V = 4$$

$$AT = 6$$

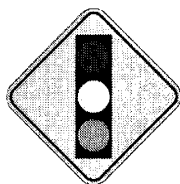
A pesar de la eventual utilidad de estos índices como una información adicional, no deben nunca ser utilizados aislados de otros criterios, o de una cuidadosa evaluación calitativa de otras informaciones. Un ejemplo de inadecuada aplicación sería la no intervención en la mayoría de las grandes intersecciones en las áreas urbanas centrales. En estos lugares ocurren muchos accidentes, debido a los elevados flujos de vehículos y peatones, pero no son “lugares peligrosos” en términos de la probabilidad que tiene un conductor o un peatón de sufrir un accidente al pasar por este punto. Por otra parte, muchas veces se trata de excelentes lugares para la implantación de

proyectos con altos índices de beneficio-costos, pues se pueden evitar muchos accidentes con un solo proyecto.

Góes (1983, p. 137-8) observa que: (1) la utilización de índices de severidad puede generar distorsiones y no siempre es conveniente; (2) generalmente, una división en accidentes con víctimas y sin víctimas sería suficiente; (3) los métodos probabilísticos² serían más adecuados; (4) los métodos numéricos no deben ser utilizados aisladamente.

¹ En caso de tratarse de un tramo, dividir la fórmula (1) por la extensión del tramo en kilómetros. (Cuidado: los resultados son muy sensibles a la extensión del tramo).

² Estos métodos no entran dentro del enfoque del presente trabajo.



CAPÍTULO 7

ANÁLISIS INICIAL DE LOS DATOS DISPONIBLES

Se inicia el análisis de los datos disponibles, una vez seleccionado un punto crítico y revisados los atestados de accidente de la policía. Los objetivos principales del análisis son la caracterización de los problemas del lugar y la identificación de factores comunes o prototipos entre los accidentes registrados.

de algún factor como la señalización horizontal o la mala visibilidad de alguna señal vertical a causa del crecimiento de la vegetación.

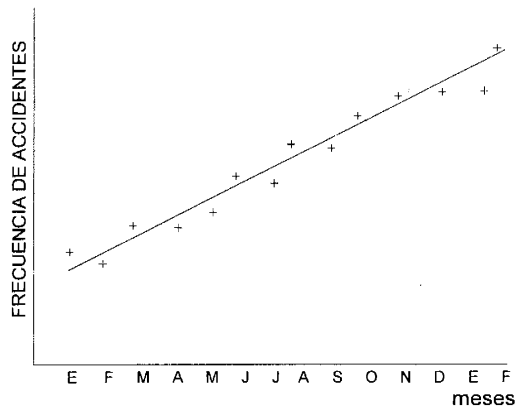
7.1 Evolución de la frecuencia de los accidentes

El primer paso es estudiar la evolución de la frecuencia de accidentes en el punto a fin de detectar las tendencias y los cambios repentinos posibles en los tipos de accidentes. Se pueden elaborar un diagrama y una tabla de evolución de las listas del archivo general de accidentes, descritas en el Capítulo 5. En trabajos sobre puntos críticos es conveniente considerar un período mínimo de un año con datos mensuales.

Crecimiento constante de la frecuencia (Figura 7.1)

Una tendencia al crecimiento gradual pero constante de la frecuencia de accidentes puede indicar un simple incremento de los volúmenes de vehículos o de peatones. Por otra parte, también puede reflejar un deterioro gradual

FIGURA 7.1
CRECIMIENTO CONSTANTE DE ACCIDENTES



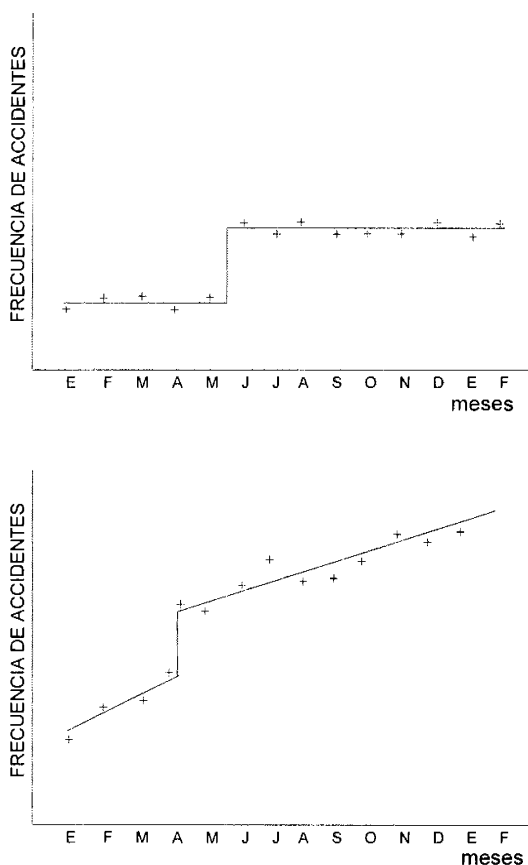
Cambio súbito y creciente (Figura 7.2)

Un aumento repentino de la frecuencia de accidentes puede indicar:

- un mal resultado de algún proyecto implantado en el lugar;
- un aumento de los volúmenes de vehículos y/o de peatones debido a un cambio en la circulación;
- un deterioro súbito de la señalización como, por ejemplo, la caída de una señal;
- algún otro evento repentino.

Estos cambios repentinos pueden ser seguidos por una tendencia a la estabilización o, por el contrario, aumentos adicionales de la frecuencia. Si la tendencia es al aumento, es probable que los factores responsables sean de índole diferente a los factores responsables del cambio repentino.

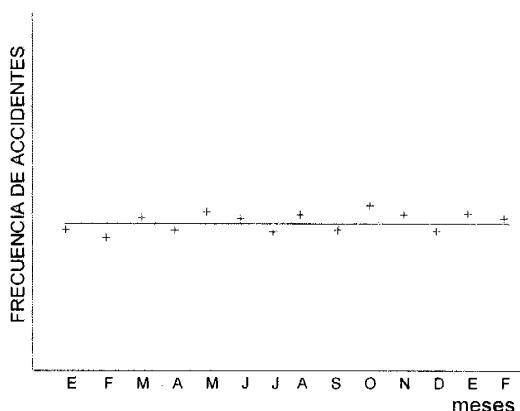
FIGURA 7.2
CAMBIOS SÚBITOS EN ACCIDENTES



Frecuencia alta y constante (Figura 7.3)

El caso de la frecuencia alta y constante probablemente no sea resultado de la interferencia de un proyecto implantado ni de factores como el crecimiento de volumen, sino de ciertas características constantes del lugar y/o de los elevados volúmenes de vehículos y/o peatones.

FIGURA 7.3
FRECUENCIA CONSTANTE DE ACCIDENTES



7.2 Distribución horaria y por día de la semana

A través de los listados extraídos del archivo general de accidentes, se puede elaborar un diagrama de la distribución horaria y de la distribución semanal de los accidentes registrados en un determinado periodo, conforme se muestra en la Figura 7.4. Dicho diagrama da una visión clara de la concentración o no de los accidentes en determinados días y/o determinadas horas.

La programación de inspecciones del lugar debe incluir los días y las horas de las mayores concentraciones de accidentes. También es conveniente observar algunas horas con bajo registro de accidentes para complementar y verificar las conclusiones sobre las causas de los accidentes.

Cualquier diagnóstico debe tomar en consideración la distribución horaria y semanal. Por poner un caso, en São Paulo se han encontrado lugares donde se registran muchos atropellos y donde hay un gran volumen de peatones, pero, sin embargo, la mayoría de los atropellos ocurre fuera de la horas punta de circulación de vehículos y peatones.

El ejemplo de la Figura 7.4 muestra que más de la mitad de los atropellos ocurren de noche, muchos de ellos en horas de bajo movimiento de vehículos y peatones. La mayor concentración de atropellos se produce en viernes entre las 18h00 y las 22h00 y, de forma menor, los domingos en el mismo horario. A parte de estas concentraciones, los atropellos se distribuyen en casi todos los horarios y días de la semana.

Estos datos indican la existencia de problemas generales que provocan accidentes a cualquier hora y, también, de algún factor asociado a horas de mayor movimiento en la estación de autobuses próxima al lugar – en viernes y en domingo por la noche, precisamente los periodos de mayor embarque y desembarque de pasajeros respectivamente. La ingestión de bebidas alcohólicas por parte de peatones y conductores después de la jornada laboral del viernes y en la tarde del domingo influye probablemente en los accidentes registrados.

FIGURA 7.4
DISTRIBUCIÓN HORARIA Y POR DÍA DE LA SEMANA DE ATROPELLAMIENTOS
AV. DUQUE DE CAXIAS x AV. RIO BRANCO (SÃO PAULO - 1979)

HORA DÍA SEMANA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL
LU	△		△								△				△		△		△			△	△			8
MA	△			△														△				△				4
MI													△								△	△				4
JU								△							△											2
VI													△	△					△	△	△	△	△			6
SA			△						△	△		△									△					5
DO			△																△	△			△			6
TOTAL	2		3	1				1	1	1	1	1	2	3		1		1	4	1	6	5	3			37

Fuente: CET

7.3 El diagrama de los accidentes

El diagrama de los accidentes proporciona una visión global de los accidentes registrados en el lugar, destacando las aproximaciones y flujos en conflicto que más accidentes generan y los tipos de accidentes más habituales.

Montaje

El diagrama se monta en un croquis del lugar en el que se anotan símbolos que muestran para cada accidente las siguientes informaciones básicas, extraídas de los atestados policiales:

- tipo de accidente
- sentido de los vehículos y peatones involucrados
- posición aproximada de impacto
- existencia o no de víctimas
- estado del pavimento (seco o mojado)

La Figura 7.5 muestra un ejemplo real de un diagrama de accidentes y la Figura 7.6 define los símbolos utilizados en esta figura y en las siguientes.

FIGURA 7.5
DIAGRAMA DE ACCIDENTES - EJEMPLO I

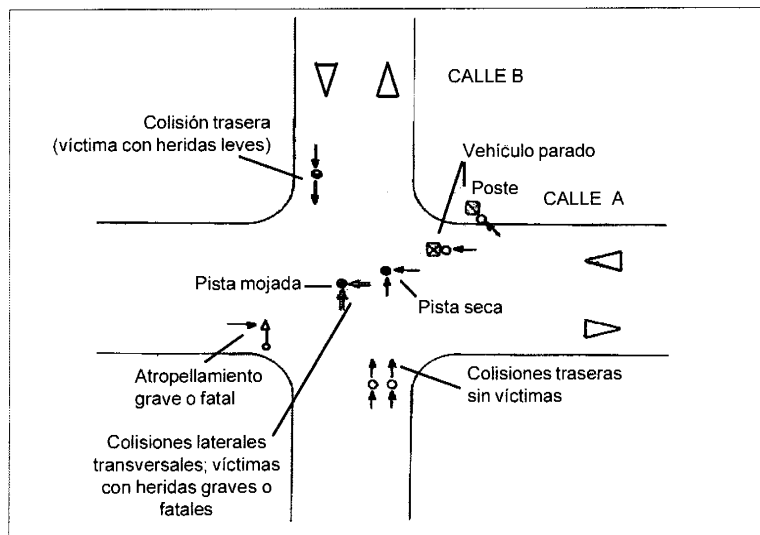




















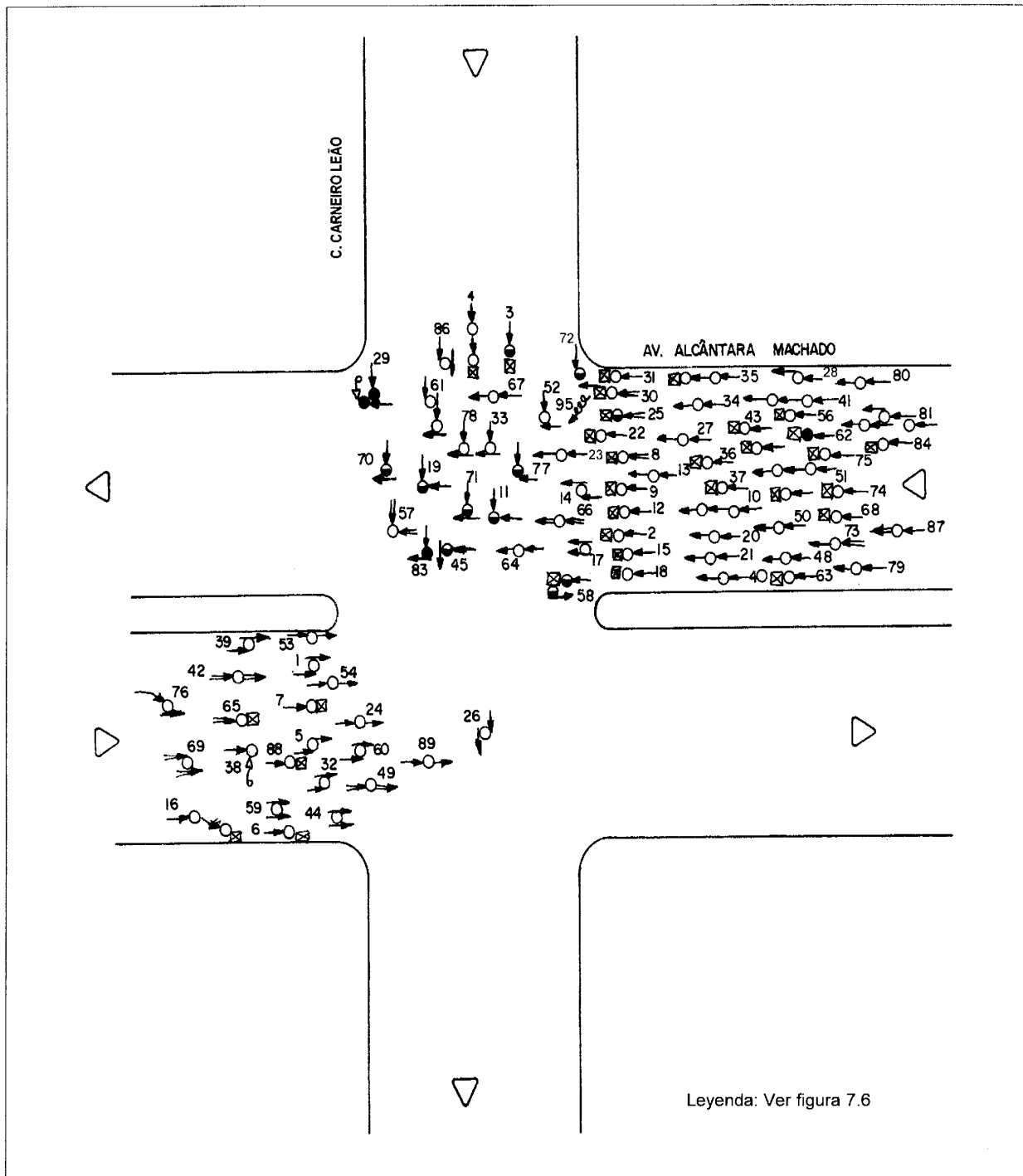
FIGURA 7.6
SÍMBOLOS PARA CARACTERIZAR ACCIDENTES EN DIBUJOS

- sentido del vehículo
- ▷ sentido del peatón
- pavimento seco
- ≡ pavimento mojado
- objeto fijo
- accidente sin víctimas
- ◐ accidente con víctima (heridas leves)
- accidente con víctima (heridas graves o fatales)
- P peatón
- A animal

TIPO	LEYENDA	DESCRIPCIÓN
Colisión		frontal
		trasera
		en cadena
Colisión lateral		lateral simple
		transversal
		frontal
		en sentidos opuestos
Choque		vehículo parado, estacionado
		poste
		señal (semáforo)
		árbol
		obras u obstáculos en la vía
Atropellamiento de peatón/animal		con la parte de delante del vehículo
		con el lateral del vehículo
		con la parte de atrás del vehículo
		entre dos vehículos
		vehículo descontrolado
		vuelco lateral, vuelta de campana

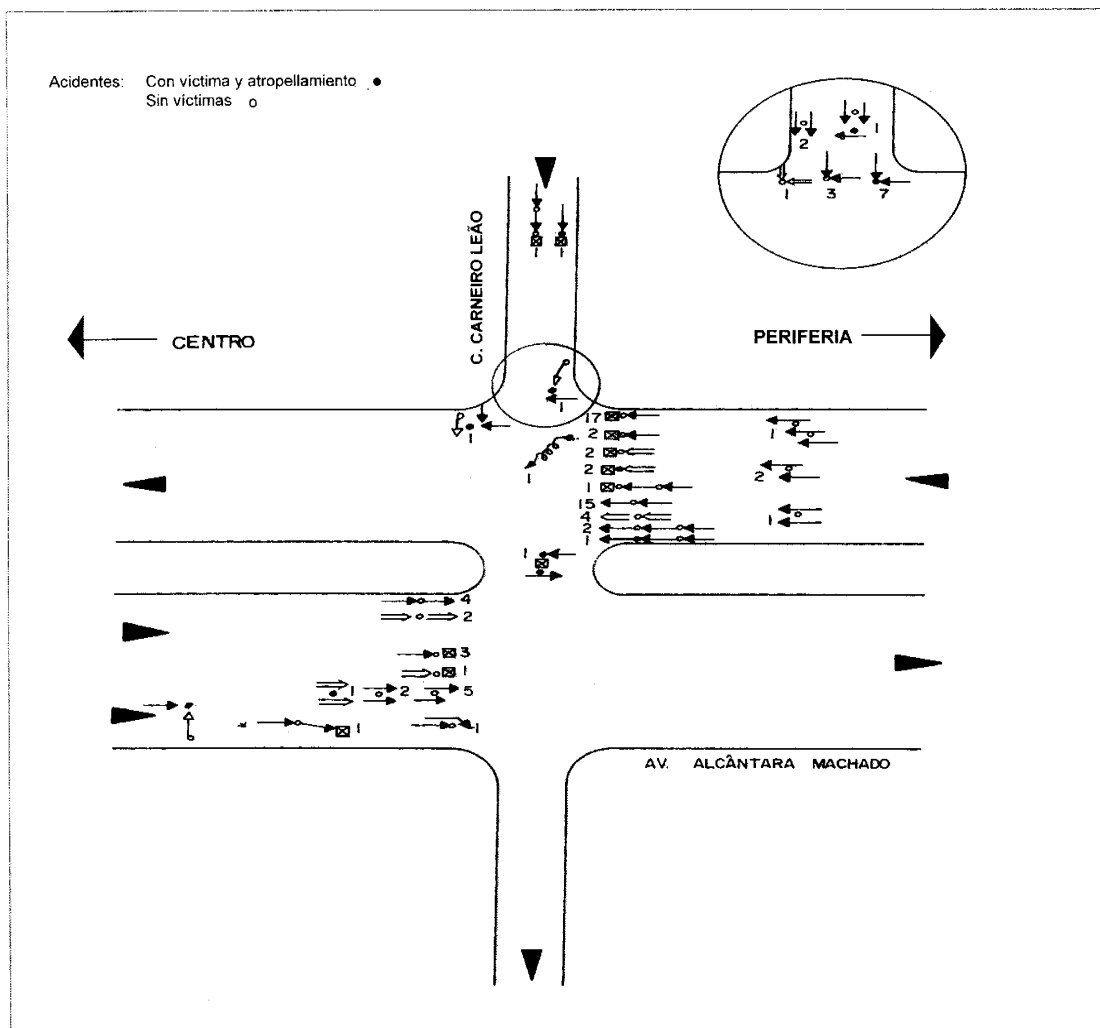
Fuente: CET

FIGURA 7.7
 DIAGRAMA DE ACCIDENTES – EJEMPLO 2
 AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

FIGURA 7.8
 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ACCIDENTES
 AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

Simplificación

Si hubiera un gran número de accidentes en el lugar, como ocurre en la Figura 7.7, puede resultar difícil anotarlos todos por separado en el croquis. Los accidentes son numerados secuencialmente en la figura para facilitar su identificación. La ausencia de un número indica falta de datos suficientes en la ficha para entender el accidente; ello ocurre principalmente con atropellamientos. En estos casos, se puede simplificar el diagrama con el uso de un solo símbolo para cada grupo de accidentes que presentan datos idénticos. El número de accidentes en cada grupo puede constar al lado del símbolo. La figura 7.8 muestra la versión simplificada del ejemplo presentado anteriormente en la Figura 7.7.

Cuidados necesarios

- **Informaciones incompletas**

En muchas ocasiones la información disponible en el atestado policial es insuficiente, lo cual imposibilita la inclusión del accidente en el diagrama de accidentes y, en consecuencia, éste puede omitir una parte significativa de los accidentes registrados en el lugar. Si dispusiéramos de la información faltante podríamos, quizá, destacar otros puntos críticos u otro tipo de accidente. Esta posibilidad no invalida los factores contribuyentes identificados en los datos disponibles, pero posiblemente haya otros factores que no destaquen en el diagrama y que, sin embargo, puedan ser identificados durante la inspección como potencialmente peligrosos. Estos factores pueden no ser los causantes de los accidentes o, por el contrario, son los causantes de los accidentes insuficientemente documentados en los partes policiales para su inclusión en el diagrama.

- **Gravedad de los accidentes**

El diagrama de accidentes que muestra únicamente accidentes con víctimas puede presentar características diferentes del diagrama de accidentes que incluye todos los tipos. En las Figuras 7.9 y 7.10, se aprecia que cuando la mayoría de los accidentes sin víctimas son colisiones traseras o choques contra vehículos parados en semáforos, los accidentes con víctima, en su mayoría, envuelven vehículos con trayectos ortogonales.

Las diferencias surgen porque cierto tipo de accidentes generan más víctimas que otros. Se recomienda otorgar prioridad en general a los daños personales, dejando en segundo lugar los accidentes con daños exclusivamente materiales. Por otra parte, existen puntos críticos con frecuencias excepcionalmente altas de accidentes sin víctimas pero con pocos casos de atropellamientos y de accidentes con víctimas. Los lugares de este tipo son a menudo susceptibles de implantación de proyectos relativamente sencillos que reducen notablemente la frecuencia de accidentes.

Por todo ello, es importante definir el objetivo del trabajo: reducir el número de accidentes en general o reducir el número de víctimas, antes de planificar el diagrama de accidentes.

7.4 Historial de los accidentes

En la búsqueda más detallada de factores comunes entre los accidentes, el siguiente paso es la organización, de forma sucinta y útil, de toda la información contenida en los atestados policiales.

La forma más utilizada en los trabajos de análisis de puntos críticos es el “historial” de los accidentes en el que la información sobre cada accidente se organiza en una columna, según se muestra en la Tabla 7.1. Este formato permite, por ejemplo, comparar visualmente todos los accidentes que ocurrieron de noche para detectar si presentan un tipo de accidente común, un tipo de vehículo predominante o semejanzas en los sentidos del movimiento de los vehículos implicados en el momento de los hechos.

Si el número de accidentes es elevado, el análisis puede resultar más fácil mediante la separación de las columnas, cortando el papel a lo largo de las líneas verticales para hacer diversos grupos de accidentes. Por ejemplo, se podrán agrupar todos los que ocurrieron en fin de semana, todas las colisiones laterales-transversales o todos los ocurridos en firme mojado. La Tabla 7.2 muestra posibles formas de agrupar los accidentes presentados anteriormente en la Tabla 7.1.

A veces no es posible identificar factores comunes entre números significativos de accidentes. Esto se debe o a la falta de información en los atestados o a que los accidentes realmente no siguen un prototipo y tienen causas y factores contribuyentes diferentes.

Una vez concluido el análisis de los datos disponibles sobre el lugar en estudio, se procede a completar los datos disponibles por medio de investigaciones en el terreno, conforme a la metodología expuesta a continuación en el Capítulo 8.

FIGURA 7.9
DIAGRAMA DE ACCIDENTES (C/V, S/V + AT)
AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO

FIGURA 7.10
DIAGRAMA DE ACCIDENTES (C/V + AT)
AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO

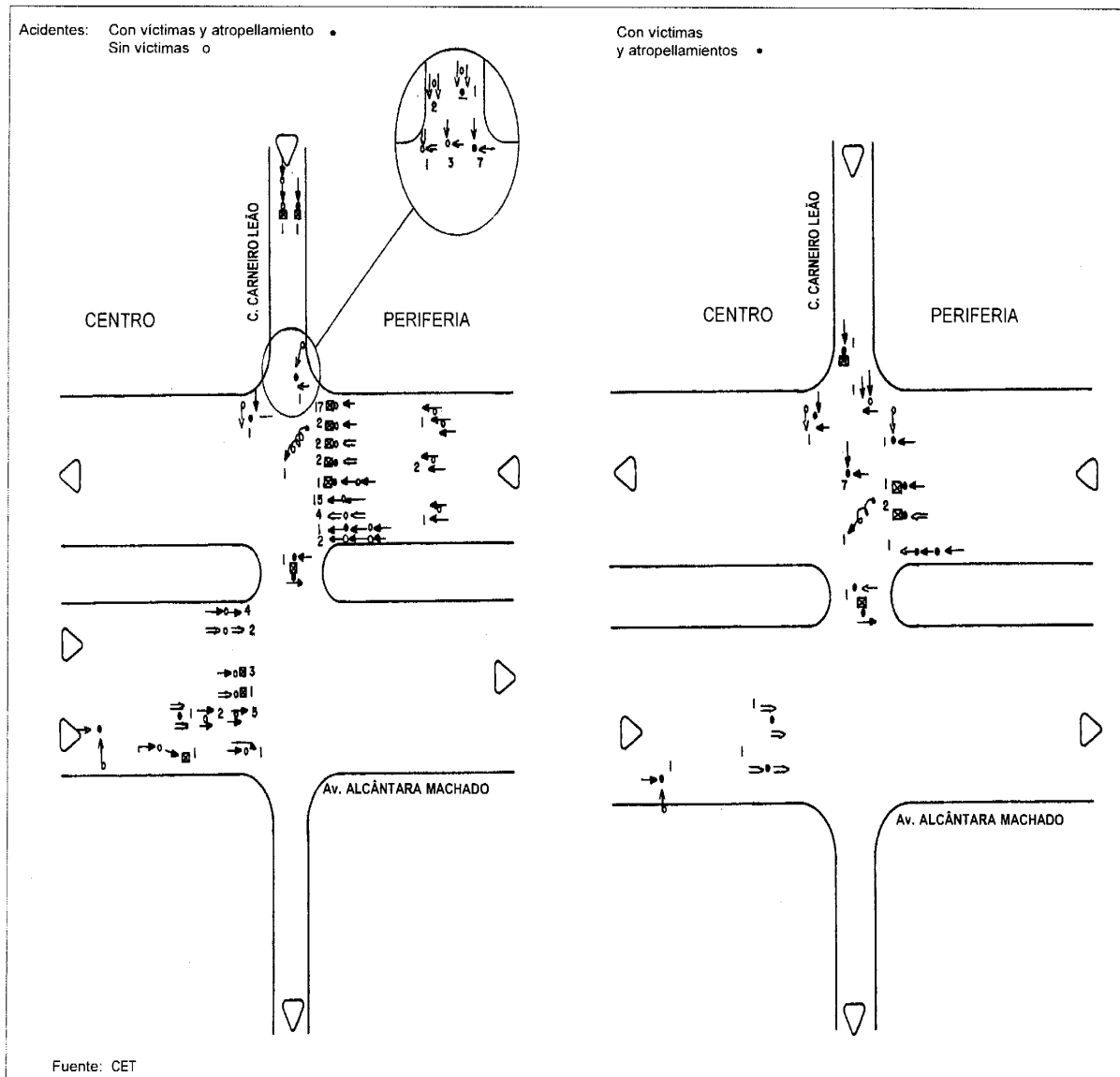


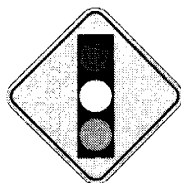
TABLA 7.1
 HISTORIAL DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS
 AV. ALCÁNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO
 PERÍODO: 7/78 - 4/80
 TOTAL ACCIDENTES CV: 33 (18 CON INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA HACER CROQUIS)

Registro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nº Atestado	3	11	19	25	29	41	49	49	58	61	62	69	70	71	74	77	83	85
Fecha	8/8/78	3/9/78	27/10/78	11/11/78	6/12/78	6/3/79	17/3/79	24/3/79	16/6/79	22/7/79	25/7/79	17/9/79	3/1/79	9/19/79	23/10/79	11/12/79	8/2/79	22/3/80
Día	Ju	Do	Vi	Sa	Mi	Ma	Sa	Sa	Sa	Do	Mi	Lu	Mi	Ma	Ma	Ma	Lu	Sa
Hora	09:25	15:30	11:45	21:40	06:50	14:40	13:30	18:30	19:30	13:10	08:30	13:35	12:05	12:25	06:50	21:05	22:20	07:00
Día/noche	d	d	d	n	d	d	d	n	d	d	d	d	d	d	d	n	n	d
Tiempo	b	b	n	b	b	b	b	l	b	b	l	l	b	b	b	b	b	b
Estado de la calzada	s	s	s	m	s	-	s	m	s	s	m	m	s	s	s	s	s	s
Tipo de accidente	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV
Vehículos	au x au	au x bus	au x au	au x au	au x au	au x au	au x au	au x au	au x au x bus	au x au x bus	au x au	au x mo	au x au	au x mo	au x bus x bus	au x mo	au x cam	au
Croquis																		
Observaciones	Vehículo paró en sem. amarillo			Vehículo paró obedeciendo al sem.	Atrop. que terminó en colisión lateral	Vi y V2 frenaron en virtud del sem.	Punto de impacto de los daños en el Atest.		V1 esperaba el sem. verde. V2 empujó a V1 a través de la vía y V1 chocó lateralmente con V3	V1 entró en el cruce con sem. en rojo	Au esperaba el sem. en verde	V2 se acercaba por el puente y cambió de carril hacia la otra, siendo chocado lateralmente por V1 en Av. Al. Ma.	Punto de impacto de los daños en el Atest.	V2 huyó	V2 esperando sem. en verde	V2 entró en el cruce con sem. en rojo. Conduct. menor de 16 años	Punto de impacto de los daños en el Atest.	

Fuente: CET

TABLA 7.2
ANÁLISIS DEL HISTORIAL DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS
AV. ALCÁNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO
TOTAL ACCIDENTES CV: 33 (18 CON INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA MONTAR HACER CROQUIS)

										Factor común Nº de accidentes	
										2	2
2	3	14	13	17	7	5	16	10		1	18
11	19	71	70	83	49	29	77	61		3	85
03/09/78	27/10/78	09/10/79	03/10/79	09/02/79	17/03/79	06/12/78	11/12/79	22/07/79		08/03/79	22/03/80
Do	Vi	Ma	Mi	Vi	Sa	Mi	Ma	Do		Ju	Sa
15:30	11:45	12:25	12:05	22:20	13:30	06:50	21:05	13:10		09:25	07:00
d	d	d	d	n	d	d	n	d		d	d
b	n	b	b	b	b	b	b	b		b	b
s	s	s	s	s	s	s	s	s		s	s
CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV		CV	CV
aux bus	aux au	aux mo	aux au	aux cam	aux au	aux au	aux mo	aux au		aux au	au
										Factor común Nº de accidentes	
										12	8
										69	49
										17/09/79	24/03/79
										Lu	Sa
										13:35	18:30
										d	n
										ll	ll
										m	m
										CV	CV
										aux au	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										11	4
										62	25
										25/07/79	11/11/79
										Mi	Sa
										08:30	21:40
										d	n
										ll	b
										m	m
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										9	15
										58	74
										16/05/79	23/10/79
										Sa	Ma
										10:30	06:50
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux bus	aux x bus
										Factor común Nº de accidentes	
										17	7
										83	49
										09/02/79	17/03/79
										Vi	Sa
										22:20	13:30
										n	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux cam	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										13	16
										70	77
										03/10/79	11/12/79
										Mi	Ma
										12:05	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux au	aux x mo
										Factor común Nº de accidentes	
										14	10
										71	61
										09/10/79	22/07/79
										Ma	Do
										12:25	13:10
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										19	29
										71	77
										09/10/79	11/12/79
										Ma	Ma
										12:25	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										12	8
										69	49
										17/09/79	24/03/79
										Lu	Sa
										13:35	18:30
										d	n
										ll	ll
										m	m
										CV	CV
										aux au	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										11	4
										62	25
										25/07/79	11/11/79
										Mi	Sa
										08:30	21:40
										d	n
										ll	b
										m	m
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										9	15
										58	74
										16/05/79	23/10/79
										Sa	Ma
										10:30	06:50
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux bus	aux x bus
										Factor común Nº de accidentes	
										17	7
										83	49
										09/02/79	17/03/79
										Vi	Sa
										22:20	13:30
										n	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux cam	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										13	16
										70	77
										03/10/79	11/12/79
										Mi	Ma
										12:05	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux au	aux x mo
										Factor común Nº de accidentes	
										14	10
										71	61
										09/10/79	22/07/79
										Ma	Do
										12:25	13:10
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										19	29
										71	77
										09/10/79	11/12/79
										Ma	Ma
										12:25	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										12	8
										69	49
										17/09/79	24/03/79
										Lu	Sa
										13:35	18:30
										d	n
										ll	ll
										m	m
										CV	CV
										aux au	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										11	4
										62	25
										25/07/79	11/11/79
										Mi	Sa
										08:30	21:40
										d	n
										ll	b
										m	m
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										9	15
										58	74
										16/05/79	23/10/79
										Sa	Ma
										10:30	06:50
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux bus	aux x bus
										Factor común Nº de accidentes	
										17	7
										83	49
										09/02/79	17/03/79
										Vi	Sa
										22:20	13:30
										n	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux cam	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										13	16
										70	77
										03/10/79	11/12/79
										Mi	Ma
										12:05	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux au	aux x mo
										Factor común Nº de accidentes	
										14	10
										71	61
										09/10/79	22/07/79
										Ma	Do
										12:25	13:10
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										19	29
										71	77
										09/10/79	11/12/79
										Ma	Ma
										12:25	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										12	8
										69	49
										17/09/79	24/03/79
										Lu	Sa
										13:35	18:30
										d	n
										ll	ll
										m	m
										CV	CV
										aux au	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										11	4
										62	25
										25/07/79	11/11/79
										Mi	Sa
										08:30	21:40
										d	n
										ll	b
										m	m
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										9	15
										58	74
										16/05/79	23/10/79
										Sa	Ma
										10:30	06:50
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux bus	aux x bus
										Factor común Nº de accidentes	
										17	7
										83	49
										09/02/79	17/03/79
										Vi	Sa
										22:20	13:30
										n	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux cam	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										13	16
										70	77
										03/10/79	11/12/79
										Mi	Ma
										12:05	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux au	aux x mo
										Factor común Nº de accidentes	
										14	10
										71	61
										09/10/79	22/07/79
										Ma	Do
										12:25	13:10
										d	d
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										19	29
										71	77
										09/10/79	11/12/79
										Ma	Ma
										12:25	21:05
										d	n
										b	b
										s	s
										CV	CV
										aux mo	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										12	8
										69	49
										17/09/79	24/03/79
										Lu	Sa
										13:35	18:30
										d	n
										ll	ll
										m	m
										CV	CV
										aux au	aux au
										Factor común Nº de accidentes	
										11	4
										62	25
										25/07/79	11/11/79
										Mi	Sa
										08:30	21:40



CAPÍTULO 8

COMPLEMENTACIÓN LOS DATOS DISPONIBLES

8.1 El caso de ausencia de datos disponibles

Los capítulos anteriores realzan la importancia de analizar los datos disponibles para descubrir las causas de los accidentes y diseñar las medidas apropiadas para reducirlos. Cuanto mayor y mejor sea el conjunto de datos disponibles sobre el punto crítico, más precisos podrán ser el análisis y el diagnóstico. Sin embargo, cuando no existen los datos deseados, el técnico podrá proseguir su trabajo provisto de una simple información como que un lugar presenta anualmente “x” accidentes de tránsito, de los cuales “y” atropellamientos y “z” accidentes de vehículos. Mediante la utilización de la metodología de inspección presentada a continuación conseguirá detectar algunos probables factores contribuyentes e identificar intervenciones viales compatibles.

8.2 Inspección del lugar – Metodología general

Una vez concluido el análisis de los datos disponibles, el técnico debe hacer una inspección del lugar a fin de establecer vinculaciones causales entre los accidentes y los siguientes factores:

- las inadecuaciones en el comportamiento de los conductores de vehículos, de los peatones y de los demás usuarios del sistema de tránsito;
- las inadecuaciones en la ingeniería de tránsito; y

- las situaciones de conflicto vehículo-vehículo y vehículo-peatón resultantes de estas inadecuaciones.

Para alcanzar plenamente estos objetivos, el técnico debe observar el lugar desde el punto de vista de cuatro tipos diferentes de usuario (además del suyo propio como observador objetivo), porque manifiestan comportamientos diferentes en su aproximación, recorrido y alejamiento del lugar:

- conductor familiarizado con el lugar
- conductor no familiarizado con el lugar
- peatón familiarizado con el lugar
- peatón no familiarizado con el lugar

Por ejemplo, el conductor familiarizado, en su trayecto diario entre su residencia y su lugar de trabajo, se aproxima al lugar con confianza, sin mirar las señales de orientación, de advertencia y reglamentación. Ya se aprendió de memoria toda la información de las señales, conoce los peligros sin señalar, cree que sabe con precisión cuanto es seguro para recorrer el lugar, obedeciendo o no a la señalización, y se aleja también con confianza porque cree que sabe lo que se va a encontrar más adelante. A veces, el exceso de confianza lo lleva a arriesgarse – en ciertos puntos casi todas las personas envueltas en accidentes suelen pasar habitualmente por ellos.

El conductor no familiarizado busca las señales de orientación para decidir su camino y depende de las señales

de advertencia y de reglamentación para adecuar su comportamiento a las condiciones. Desconoce los peligros no señalizados, como el surgimiento de peatones de lugares poco visibles, y generalmente prosigue con más cuidado y menos velocidad. A veces, realiza paradas en lugares impropios y cambios inesperados de carril.

El técnico deberá recordar que los conductores de camiones y ómbus manejan en posiciones más elevadas que los conductores de automóviles y tienen una visión distinta del tránsito.

El peatón familiarizado con el lugar probablemente sepa, sin detenerse a pensar conscientemente, donde resulta peligroso atravesar y donde es relativamente seguro, y de donde vienen los vehículos con los que puede entrar en conflicto. Ya tiene práctica en evaluar las brechas en el flujo de vehículos.

El peatón no familiarizado toma más precauciones y procura entender el sistema de circulación y control del tránsito. Trata de evaluar, a menudo con dificultades, las brechas del flujo de vehículos, teniendo en cuenta las posibles direcciones de donde surgen.

El técnico debe programar sus inspecciones en función de la distribución de accidentes por día de la semana y por hora del día para observar el lugar en las condiciones más propicias para los accidentes. De forma complementaria, puede ser útil observarlo en un período de baja frecuencia de accidentes para detectar las diferencias en las condiciones de la vía, del tránsito y en el comportamiento de los conductores y peatones.

El técnico debe analizar un mapa de la zona para familiarizarse con el área e identificar los principales centros generadores de tránsito pertinentes.

Los materiales necesarios para la inspección son solamente lápiz o bolígrafo, sujetapapeles y papel en blanco. Un reloj o cronómetro puede ser útil para medir las fases de los

semáforos, el tiempo de cruce de los peatones, etc. Una cámara fotográfica puede ser usada para documentar visualmente cualquier aspecto interesante en el análisis posterior. Finalmente, si hubiera al menos dos personas trabajando en la inspección, será útil llevar un metro para medir y verificar las medidas de las aceras, las vías, etc.

Conviene plantear la inspección en tres niveles distintos, diferenciados por el radio del área estudiada alrededor del lugar.

Nivel 1: detalles del lugar

Nivel 2: las aproximaciones y las salidas

Nivel 3: origen/destino de los vehículos y peatones

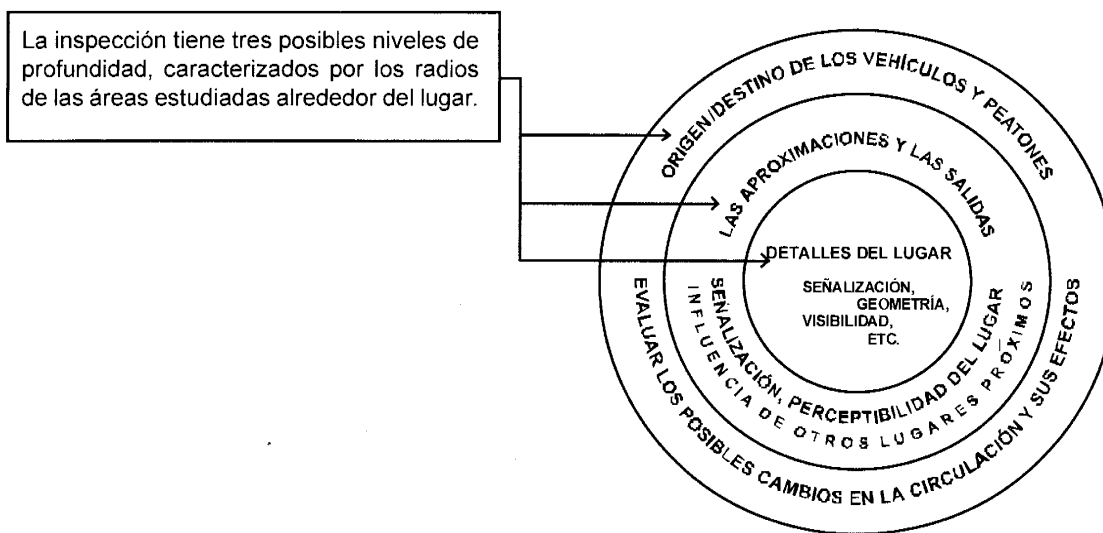
Primero, deben estudiarse detalles del lugar como señalización, geometría, visibilidad y condiciones de superficie de la vía para determinar los posibles factores contribuyentes, tanto en el lugar como en el momento de los accidentes.

Después, deben estudiarse las aproximaciones y las salidas del lugar para ver la impresión general que los usuarios tienen del lugar durante la aproximación y la salida, si esta impresión es falsa o verdadera, si hay influencia de la intersección anterior y si hay problemas de visibilidad.

Por último, deben estudiarse los orígenes/destinos de los flujos de peatones y vehículos para proyectar y evaluar los posibles cambios en la circulación y las reacciones probables de conductores y peatones ante las medidas tomadas. No se deben tomar medidas en la intersección que creen dificultades innecesarias o accidentes en otros puntos.

Estos tres niveles y sus funciones se muestran esquemáticamente en la Figura 8.1. Otras fuentes, a menudo ricas en informaciones útiles sobre los accidentes, son los vecinos y comerciantes del lugar, testigos de uno o más accidentes, y los propios implicados.

FIGURA 8.1
LOS TRES NIVELES DE PROFUNDIDAD PARA INSPECCIONES DE PUNTOS CRÍTICOS



8.3 Guión para inspecciones

Para cada inspección del terreno se debe llevar una copia del “guión” (ver Tabla 8.1). Todos los puntos pueden ser relevantes y deben ser considerados en la inspección para evitar una pérdida de informaciones importantes. Se recomienda el análisis del lugar punto por punto y, además, una verificación final antes de dar la inspección por concluida. El guión también incluye entradas del tipo “otros” para complementar el guión en función de la experiencia del inspector.

El número de observaciones puede ser grande y, para evitar su olvido, cualquier información relevante debe ser anotada *en el acto* en un croquis del lugar o en hojas de borrador.

Los lugares que presenten complejidades, pueden requerir más de un croquis, por ejemplo, uno para datos básicos y uso selectivo de la vía; uno para la señalización, canalización geométrica y reductores de velocidad, y uno para los factores contribuyentes.

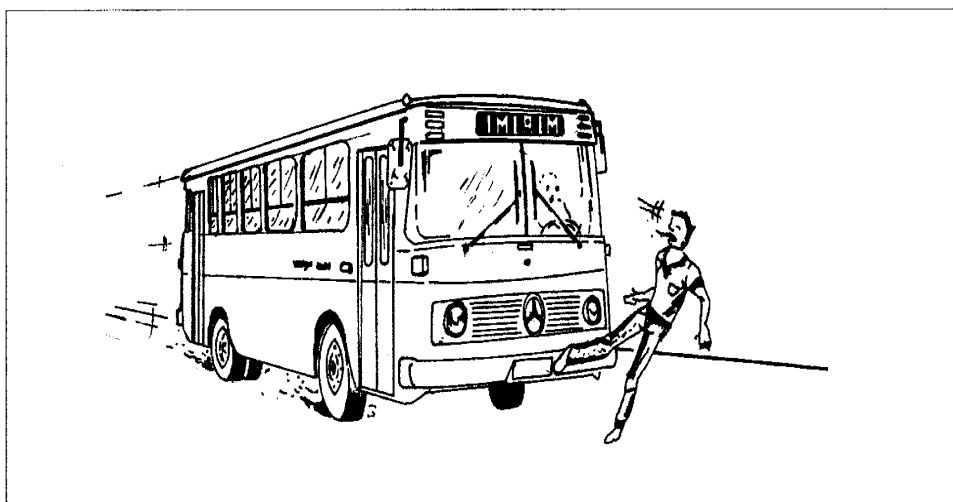
En los párrafos a continuación, hay sugerencias sobre el análisis de los tipos de accidentes que más víctimas provocan, con base en el código de tránsito brasileño en vigor en 1997, el cual será sustituido por una versión nueva en 1998.

8.4 Atropellamientos

La mayoría de los atropellamientos ocurre durante la travesía de la vía por el peatón, aunque también ocurren atropellamientos de peatones que andan por la orilla de la vía, especialmente en las carreteras y en las vías sin aceras de la periferia de la ciudad. A veces, incluso, los peatones son atropellados en la propia acera.

A continuación se presenta una visión analítica basada en: (1) artículos del Reglamento del Código Nacional de Tránsito brasileño (RCNT) respecto al peatón; (2) la caracterización del comportamiento general de los peatones y de los conductores de vehículos; (3) una discusión sobre aspectos del flujo de tránsito y de la

FIGURA 8.2
ATROPELLAMIENTO DE UN PEATÓN EN LA ORILLA DE LA VÍA.



Diseño: Renê José Micheletti

ingeniería de tránsito que determinan las condiciones de travesía.

En el Anexo I se presenta una serie de tablas de análisis de lugares de atropellamiento. Hay una tabla para cada tipo común de lugar, caracterizado por su geometría y señalización.

Derechos y deberes de los peatones y conductores en Brasil

Los principales artículos del RCNT concernientes a los peatones y sus interacciones con el flujo de vehículos definen los deberes y derechos de los peatones como sigue:

- **en la señalización**

- ♦ Los puntos de cruce de vías públicas destinados a peatones deberán ser señalados por medio de marcas (RCNT cap. IV, art. 65/V).

- ♦ Las marcas serán pintadas o instaladas en la vía o en sus márgenes. No habiendo señalización controlada de flujo de tránsito, donde haya franja de paso de peatones ningún vehículo podrá cruzarla por delante de quien la esté utilizando (RCNT cap. IV, art. 70/2°).

- **deberes y prohibiciones de los conductores de vehículos**

Es deber de todo conductor de vehículos dar preferencia de paso a los peatones que estén cruzando la vía transversal en la que va a entrar, a los que no hayan concluido la travesía, cuando haya cambio de semáforo y a los que se hallen en las franjas a ellos destinadas, donde no haya señalización (RCNT cap. VII, art. 175/XI).

TABLA 8.1
UNA GUION PARA VISITAS TÉCNICAS A PUNTOS CRÍTICOS

NIVELES DE ANÁLISIS		TIPOS DE USUARIOS	
<input type="checkbox"/> Nivel 1 – Lugar <input type="checkbox"/> Nivel 2 – Aproximaciones <input type="checkbox"/> Nivel 3 – Origen / Destino		<input type="checkbox"/> Conductor familiarizado <input type="checkbox"/> Conductor no familiarizado <input type="checkbox"/> Peatón familiarizado <input type="checkbox"/> Peatón no familiarizado <input type="checkbox"/> Caracterización de los peatones	
CROQUIS – DATOS BÁSICOS	SEÑALIZACIÓN	REDUCTORES DE VELOCIDAD	
<input type="checkbox"/> Lugar <input type="checkbox"/> Fecha <input type="checkbox"/> Día Semana <input type="checkbox"/> Feriado <input type="checkbox"/> Hora Inicio Inspección <input type="checkbox"/> Hora Fin Inspección <input type="checkbox"/> Geometría <input type="checkbox"/> Topografía <input type="checkbox"/> Nombres de las Vías <input type="checkbox"/> Sentidos de Tránsito <input type="checkbox"/> Orientación Geográfica <input type="checkbox"/> Números (km; casas) <input type="checkbox"/> Ancho – Vías <input type="checkbox"/> Número de Carriles <input type="checkbox"/> Ancho – Aceras <input type="checkbox"/> Ancho Divisor Central <input type="checkbox"/> Encintado Rebajado <input type="checkbox"/> Tipo de Pavimento <input type="checkbox"/> Superelevación <input type="checkbox"/> Uso del Suelo <input type="checkbox"/> Iluminación Nocturna <input type="checkbox"/> Obras en Ejecución <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Otro	<input type="checkbox"/> Horizontal (Pintura) <input type="checkbox"/> Vertical (Placas) <input type="checkbox"/> Semafórica/Programación <input type="checkbox"/> Intermitente <input type="checkbox"/> Tachones /Tachas <input type="checkbox"/> "Tortugas" <input type="checkbox"/> Estacionamiento Rotativo <input type="checkbox"/> Estacionamiento Farmacia <input type="checkbox"/> Estacionamiento p/ minusválidos <input type="checkbox"/> Estacionamiento – Otro <input type="checkbox"/> Parada de Ómnibus <input type="checkbox"/> Parada de Táxi <input type="checkbox"/> Parada de Táxi Colectivo <input type="checkbox"/> Parada de Camión <input type="checkbox"/> Sonorización p/Ciegos <input type="checkbox"/> Objetos Fijos en la Acera <input type="checkbox"/> Obras <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> Señalización Errada <input type="checkbox"/> Señalización Faltando <input type="checkbox"/> Señalización Quebrada <input type="checkbox"/> Señalización Encubierta <input type="checkbox"/> Falta de Definición <input type="checkbox"/> Falta de Información <input type="checkbox"/> Falta de Lógica <input type="checkbox"/> Falta de Estandarización <input type="checkbox"/> Comprensión Difícil/Imposible	<input type="checkbox"/> Lomos <input type="checkbox"/> Cunetas <input type="checkbox"/> Tachones (ojos de gato) <input type="checkbox"/> Tachas <input type="checkbox"/> Sonorizadores <input type="checkbox"/> Señalización Horizontal <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Reductores – Estado <input type="checkbox"/> Reductores – Visibilidad	
		TRÁNSITO / COMPORTAMIENTO	
		<input type="checkbox"/> Flujos Veh. Principales <input type="checkbox"/> Flujos Veh. Origen/Destino <input type="checkbox"/> Flujos Veh. Composición <input type="checkbox"/> Velocidades Vehiculares <input type="checkbox"/> Giros Principales <input type="checkbox"/> Peatones – Flujos Principales <input type="checkbox"/> Peatones – Origen/Destino <input type="checkbox"/> Veh. Estacionados Correctamente <input type="checkbox"/> Veh. Estacionados Incorrectamente <input type="checkbox"/> Comport. General Conductores <input type="checkbox"/> Comport. General Peatones <input type="checkbox"/> Comport. Irregular Conductores <input type="checkbox"/> Comport. Irregular Peatones <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Otro	
USO SELECTIVO DE LA VÍA	CANALIZACIÓN	FACTORES CONTRIBUYENTES	
<input type="checkbox"/> Carril Exclusivo p/ Ómnibus <input type="checkbox"/> Carril p/ Ónibus <input type="checkbox"/> Ciclovía <input type="checkbox"/> Calle Peatonal <input type="checkbox"/> Restricciones Horarias por Tipo de Vehículo <input type="checkbox"/> Uso Selectivo Horario	<input type="checkbox"/> Prismas de Concreto <input type="checkbox"/> Valla (peatones) <input type="checkbox"/> Defensas <input type="checkbox"/> Tachones <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> Canalización – Estado <input type="checkbox"/> Canalización – Visibilidad <input type="checkbox"/> Canalización – Eficacia	<input type="checkbox"/> Obstác. a Visibil. Veh. / Veh. <input type="checkbox"/> Obstác. a Visibil. Veh. / Peatón <input type="checkbox"/> Obstác. en la Acera <input type="checkbox"/> Condiciones de Travesía <input type="checkbox"/> Entrev. c/ Comerciantes / Residentes <input type="checkbox"/> Ocurrencia de Casi-Accidentes <input type="checkbox"/> Obstác. a Visib. Veh./Señalización <input type="checkbox"/> Obstác. a Visib. Peatón/Señalización <input type="checkbox"/> Entrevistas con Usuarios	

• deberes y prohibiciones de los peatones

Es deber del peatón:

- ♦ en las carreteras andar siempre en el sentido contrario al de los vehículos y en fila única, utilizando obligatoriamente la berma lateral allí donde exista;
- ♦ en la vías urbanas, donde no haya acera o franjas para peatones, andar siempre a la izquierda de la vía, en fila única y en sentido contrario a los vehículos;
- ♦ cruzar la vía pública solamente en las franjas propias y obedeciendo a señalización;
- ♦ cuando no haya paso de peatones, atravesar la vía pública perpendicularmente a las aceras y en el área de su prolongación;
- ♦ obedecer la señalización.

Se concluye que, en general, la mayoría de los atropellamientos ocurren porque ni el comportamiento de los peatones ni el de los conductores corresponde al modelo utilizado como base para los proyectos del sistema vial y para su señalización. Los motivos se discuten a continuación.

El comportamiento general de los peatones

Los peatones:

- son personas de todas las edades: niños, adultos y ancianos;
- pueden estar en cualquier estado físico/mental;
- pueden no haber recibido ninguna educación sobre el tránsito;
- muchos no saben leer o no entienden las señales;
- desean cruzar la calle por el trayecto más corto;
- la mayoría tiene habilidad para sortear a los vehículos en movimiento; algunos pueden pasar por encima, por debajo o por dentro de muchos tipos de obstáculos;
- la mayoría resulta casi invisible de noche para los conductores, a no ser que vistan colores claros;
- consideran que pueden cruzar la calle en cualquier lugar y,
- en general, pueden hacerlo en cualquier lugar, a menos que no existan brechas en el flujo de vehículos o existan barreras físicas eficaces.

El comportamiento general de los conductores de vehículos

Los conductores de vehículos motorizados:

- normalmente son personas de al menos 18 años;
- deben haber pasado un examen médico¹;
- deben poseer una licencia de conducir, lo que significa que han recibido algún tipo de educación sobre el tránsito;
- deben estar alfabetizadas a fin de poseer la licencia;
- muchas veces desean conducir a una velocidad mayor que la permitida;
- no desean hacer paradas innecesarias y o largas;
- en su mayoría obedecen la señalización y los artículos del código de tránsito sólo cuando su desobediencia amenaza su propia seguridad (por

ejemplo pasar un semáforo en rojo en un cruce muy transitado) o puede terminar en castigo o detención (por ejemplo en presencia de un policía que esté visiblemente multando infractores);

- la mayoría no se muestra consciente ni de los derechos ni de la inseguridad de los peatones y actúa a menudo contra la señalización y los reglamentos de tránsito;
- muchos circulan sin luces o sólo con las luces de posición por la noche, desobedeciendo la legislación y perdiendo la posibilidad de ver a los peatones en la calle con la antelación suficiente para evitar un atropellamiento².

Análisis de las condiciones de cruce

En función de estas observaciones, cualquier análisis de los factores que contribuyen a los atropellamientos debe tener en cuenta el comportamiento real de los peatones y conductores, y no sólo aquél previsto en las normas. Aclarado este punto, pasamos a analizar las condiciones reales de travesía, que determinan la facilidad con que el peatón atraviesa la calle sin entrar en conflicto con los vehículos. Estas condiciones son una función de la ingeniería de tránsito y del comportamiento de los conductores.

Las condiciones básicas de travesía existen en un lugar cuando es posible mostrar en la práctica para cualquier peatón que desea cruzar la calle, en términos sencillos y claros:

- donde puede cruzar con seguridad – LUGAR CORRECTO
- cuando puede cruzar con seguridad – MOMENTO ADECUADO
- cómo identificar el lugar correcto y el momento adecuado – PERCEPTIBILIDAD

Son condiciones básicas porque en ausencia de cualquiera de ellas o no hay travesía segura, o el peatón no la percibirá. La no existencia de estas condiciones básicas se debe a una deficiencia de la ingeniería de tránsito y/o a la desobediencia de la señalización y de las normas de tránsito por los conductores de vehículos, salvo en casos en que se pretende deliberadamente imposibilitar la travesía en un determinado lugar (ex: barrera en vía expresa).

Véanse los siguientes ejemplos:

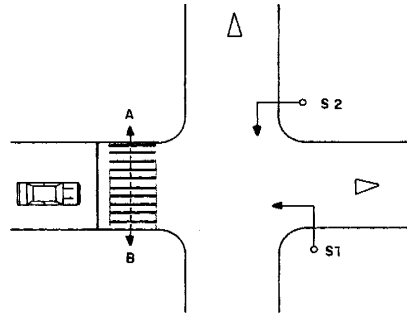
1. Lugar con condiciones básicas de travesía

Línea deseada: AB.

Lugar seguro: paso peatonal.

Momento adecuado: semáforo S1 en rojo y vehículos parados detrás de la línea de retención.

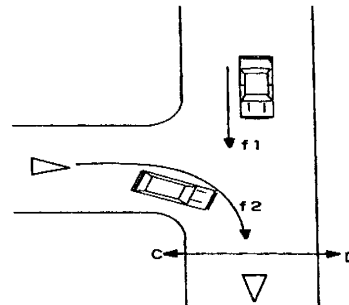
Perceptibilidad: pasos peatonales, semáforo, vehículos parados.



2. Lugar sin condiciones básicas – Ausencia de lugar seguro

Línea deseada: CD.

Lugar seguro: no existe. No hay semáforo y los flujos f1 y f2 generan tránsito continuo sin brechas. No hay paso peatonal y no hay un lugar alternativo a la vista.

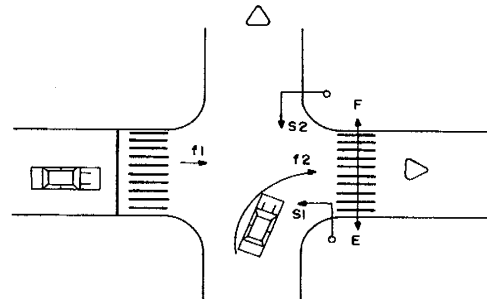


3. Lugar sin condiciones básicas – Ausencia de momento adecuado

Línea deseada: EF.

Lugar adecuado: paso peatonal.

Momento adecuado: cambio de la fase de S1 de verde a rojo, pero hay muchos giros y los conductores no dan preferencia a los peatones (f2).



4. Lugar sin condiciones básicas – Ausencia de perceptibilidad

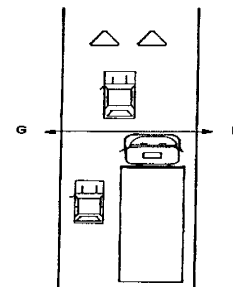
Línea deseada: GH – trayecto de peatones sin alternativa cerca.

Lugar adecuado: GH, donde no hay paso peatonal.

Momento adecuado: brechas adecuadas pero con frecuencia muy baja.

Perceptibilidad: brecha difícil de percibir – baja frecuencia y duración mínima; mezcla de vehículos con diferentes velocidades.

La existencia de las condiciones básicas de travesía no garantiza que las condiciones sean adecuadas: si el tiempo de espera y/o el desvío de la trayectoria deseada exceden el límite de tolerancia de los peatones, una parte de ellos cruzará en condiciones de peligro.

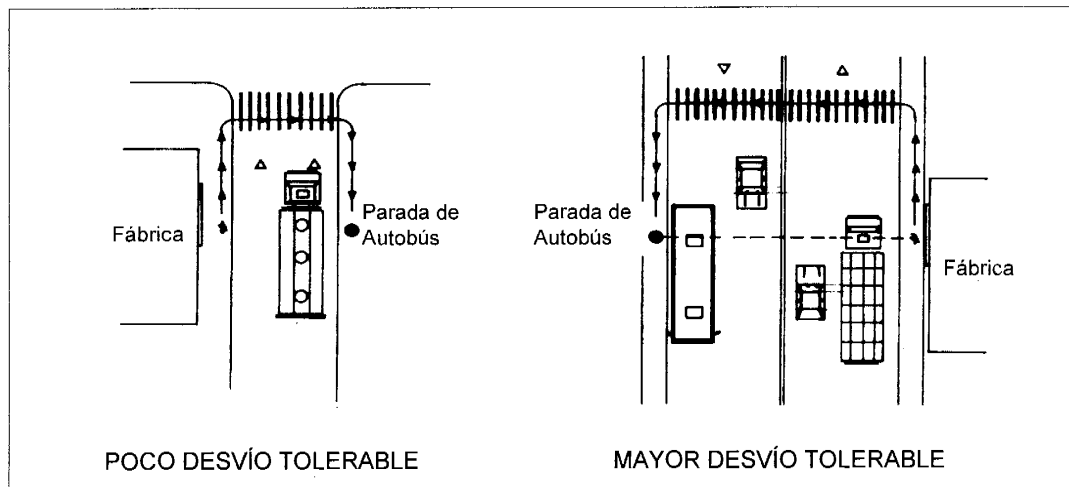


Las condiciones adecuadas de travesía existen en un lugar cuando, además de la existencia de las condiciones básicas, es posible constatar:

- un tiempo de espera tolerable
- un desvío tolerable de la trayectoria deseada

La definición de tolerable depende de la situación. El peatón, sensible a los posibles peligros, tiene más paciencia para esperar en calles anchas con mucho movimiento de vehículos a alta velocidad que en calles estrechas con pocos vehículos a baja o media velocidad (Figura 8.3).

FIGURA 8.3
TOLERANCIA DE DESVÍOS



controlables parcial o totalmente por la ingeniería de tránsito, que determinan la perceptibilidad del momento adecuado para la travesía.

Estos factores se comentan a continuación, con ejemplos de posibles mejoras.

- La distancia de travesía:
Cuanto menor sea la distancia, menos arriesgada es la travesía. Una travesía con un ancho de 9 metros o más puede ser dividida en dos etapas estrechas con la construcción de un refugio.
- La duración de las brechas en los flujos de vehículos:
Cuanto mayor sea la duración, más fácil resulta la percepción de la brecha adecuada.
En los sistemas viales dotados de semáforos, las brechas son determinadas en parte por los semáforos que alimentan el flujo. Éstos se pueden programar para aumentar la duración.
- La frecuencia de las brechas adecuadas en los flujos de vehículos:
Cuanto mayor sea la frecuencia, más aparente resulta su existencia. La frecuencia también puede ser aumentada a través de la programación semafórica.
- La velocidad de los vehículos:
Cuanto menor sea la velocidad, más fácil resulta la evaluación de las brechas. Las señales de

De la misma forma, una zona de cruce con semáforo, pero localizada fuera de la trayectoria deseada por los peatones, resulta más atrayente en vías anchas con mucho movimiento que en vías estrechas con pocos vehículos.

La existencia de las condiciones básicas y también de las adecuadas todavía no garantiza que sea fácil cruzar la calle con seguridad.

La travesía fácil y segura de una calle donde se dan las condiciones básicas y adecuadas depende de una serie de características de la vía y del flujo de vehículos,

reglamentación, el ensanche de las aceras para reducir el ancho de la vía y la implantación de dispositivos especiales pueden reducir la velocidad de los vehículos.

- Las variaciones de velocidad de los vehículos:
Cuanto menos variadas sean las velocidades de los vehículos en el flujo, más fácil es la evaluación del tiempo disponible para la travesía.
La implantación de franjas exclusivas para los autobuses y los lugares de confluencia de flujos de vehículos con velocidades medias diferentes son ejemplos de velocidades distintas fomentadas por la propia ingeniería de tránsito.
- Los sentidos de dirección de los vehículos:
Es mucho más fácil evaluar una brecha en una vía de sentido único que en una vía de doble sentido. Los cruces en vías de doble sentido pueden ser simplificados por medio de una división o zona de refugio, entre los carriles o por la implantación del sentido único.
- El número de fuentes del flujo de vehículos:
Cuanto menos fuentes haya, más fácil resultará la evaluación de la situación (Figura 8.4).

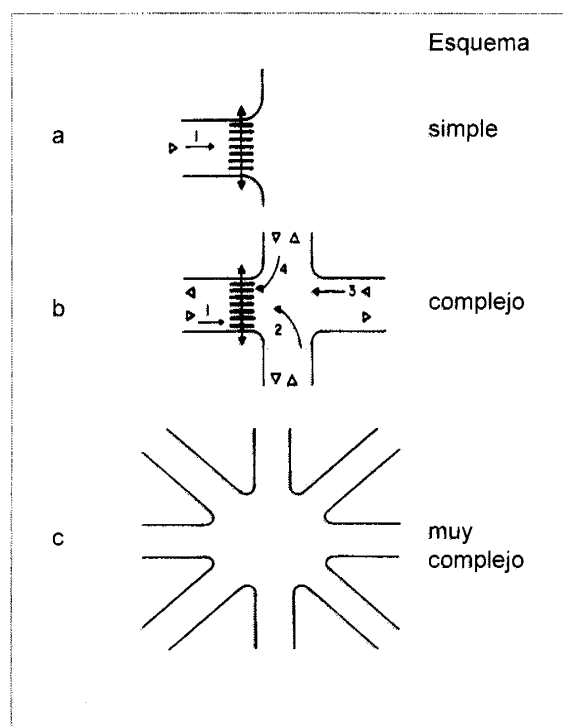
UN CASO SIMPLE:

Aproximación por vía de sentido único;
una sola fuente (Figura 8.4a).

UN CASO COMPLICADO:

Brazo de doble sentido en un cruce;
hasta cuatro fuentes (Figura 8.4.b).

FIGURA 8.4
DIRECCIONES DE FLUJOS DE VEHÍCULOS



Las travessías en situaciones complicadas pueden ser simplificadas a través de refugios, de la implantación de franjas para giro y otras medidas, como semáforos con fase para peatones.

La situación puede ser todavía más complicada. En el área central de Belo Horizonte había intersecciones hasta con 8 aproximaciones diferentes (Figura 8.4c). Un proyecto implantado en 1981 redujo este número excesivo a través de simplificaciones en el diseño de las intersecciones, colocando semáforos con fase para peatones y realizando modificaciones urbanísticas. Dichas mejoras contribuyeron a la reducción del número de muertes en accidentes de tránsito en el 70% en la ciudad.

• Cambio de condiciones durante la travessía

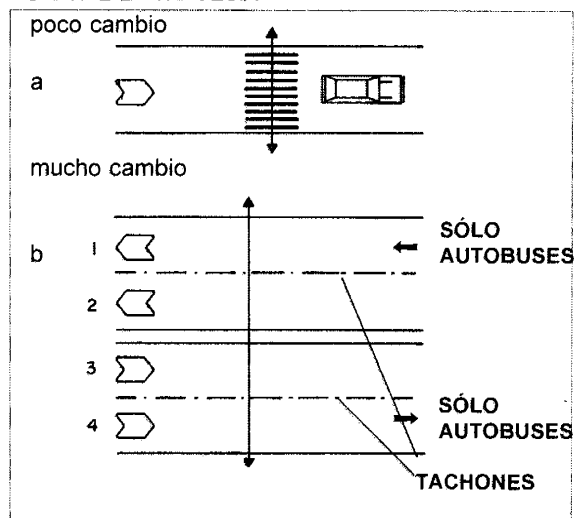
Cuanto menos cambian las condiciones, menos arriesgada es la travessía (ver Figura 8.5).

POCO CAMBIO:

Sentido único con un solo carril de tránsito (Figura 8.5a).

Las condiciones no varían.

FIGURA 8.5
CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE TRAVESÍA
DURANTE LA TRAVESÍA



MUCHO CAMBIO:

Doble sentido con carriles exclusivos para autobuses (Figura 8.5b).

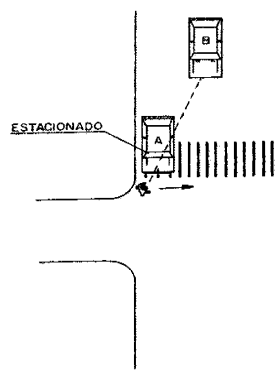
- Carril 1:* autobuses con baja frecuencia
- Carril 2:* otros vehículos con alta frecuencia y velocidades diferentes a la de los autobuses.
- Carril 3:* Cambio de sentido, otros vehículos con alta frecuencia y velocidades diferentes a la de los autobuses y quizás diferente a la de los vehículos del carril 2.
- Carril 4:* autobuses con baja frecuencia y velocidad diferente a la de los vehículos del carril 3.

Los flujos con características diferentes pueden ser separados por una serie de refugios pequeños o divisores centrales continuos. La implantación del carril exclusivo es una medida que aumenta la velocidad promedio de los autobuses en beneficio de los pasajeros. Sin embargo, crea cambios en las condiciones de travessía y puede perjudicar la seguridad de los peatones, incluyendo los propios pasajeros de los autobuses en las proximidades de las paradas.

• La visibilidad peatón/vehículo y conductor/peatón

Cuanto más obstaculizada esté la visibilidad entre vehículo y peatón más difícil resulta la correcta evaluación de la situación por el peatón y por el conductor del vehículo. La eliminación del estacionamiento de vehículos próximos a las esquinas es una medida que ayuda a preservar la visibilidad. El automóvil estacionado irregularmente coloca al peatón en la calle, fuera de la zona de cruce y en una posición más baja que en la acera, con lo que queda obstaculizada su visión del tránsito y la visión que los otros conductores tienen de él. Este problema resulta aún más grave cuando se trata de vehículos más grandes, como un autobús o un camión (Figura 8.6).

FIGURA 8.6
VISIBILIDAD PEATÓN – VEHÍCULO



La solución en este caso podría ser la implantación de un ensanchamiento de la acera en el lugar del automóvil A. Si el problema de la visibilidad fuera un factor más permanente, por ejemplo, en el caso de atropellamientos en curvas, entonces se podría canalizar los flujos de peatones mediante la implantación de dispositivos (jardineras, vallas) y la señalización para cambiar el punto de travesía a un lugar más seguro.

La Tabla 8.2 identifica los factores que gobiernan la travesía de peatones.

TABLA 8.2
FACTORES DE ANÁLISIS DE CONDICIONES DE TRAVESÍA

CONDICIONES	FACTORES
Condiciones básicas	<ul style="list-style-type: none"> - lugar correcto para la travesía - momento adecuado - perceptibilidad
Condiciones adecuadas	<ul style="list-style-type: none"> - condiciones básicas - tiempo de espera tolerable - desvío tolerable de la trayectoria deseada
Travesía fácil y segura	<ul style="list-style-type: none"> - distancia de travesía - duración de las brechas - frecuencia de las brechas adecuadas - velocidad de los vehículos - variaciones de las velocidades de los vehículos - cambios en las condiciones durante la travesía

Fuente: CET

En un punto crítico de atropellamiento, se requiere como mínimo la creación de las condiciones básicas, mejorando, a ser posible, la perceptibilidad del lugar correcto y del momento adecuado. Se procurará también crear las condiciones adecuadas, sin permitir tiempos de espera o desvíos excesivos. Aunque estos factores tuvieran niveles tolerables, podemos intentar disminuirlos todavía más. Por último, debemos intentar obtener una mayor facilidad de travesía por medio de ajustes en los factores asociados.

8.5 Colisiones transversales en intersecciones sin semáforos

Muchos accidentes con víctima son de este tipo. Los vehículos se aproximan desde dos vías ortogonales y los dos conductores pretenden continuar de frente. El

accidente ocurre cuando los dos vehículos entran simultáneamente dentro del área de cruce.

A continuación vamos a analizar cuál es el comportamiento esperado de los conductores, cómo esta información les es comunicada, los posibles motivos del comportamiento que resulta en accidentes y cómo reconocer dichos motivos en la inspección y las medidas de ingeniería de tránsito que tienen por objeto evitar estos accidentes.

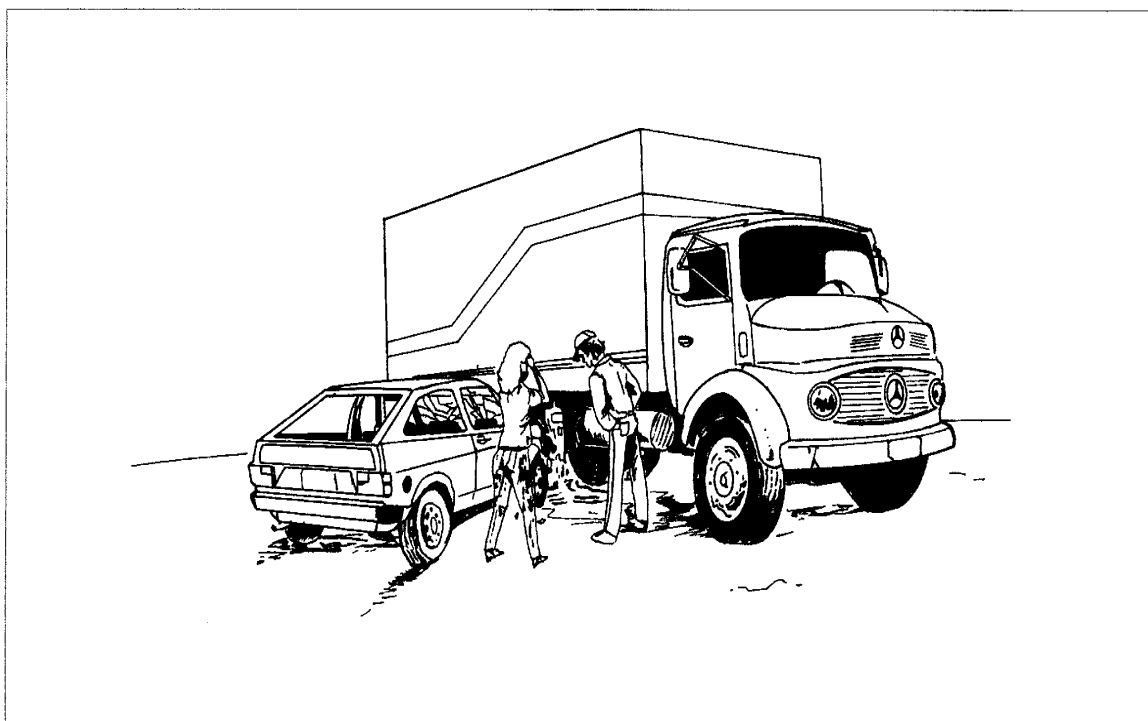
Comportamiento esperado de los conductores

El principio de control de tránsito aplicable a esta situación es bien simple: uno de los conductores debe tener preferencia de paso respecto al otro. En ausencia de señalización, la definición de quien tiene la preferencia suele figurar en los códigos de tránsito nacionales. En Brasil, el RNCT especifica que: “cuando los vehículos que

transiten por direcciones que se crucen se aproximen a un lugar no señalizado, tendrá preferencia de paso el vehículo que proceda de la derecha”.

De este modo, en el accidente típico sin señalización mostrado en la Figura 8.7, el conductor del camión sería culpable. Al venir de la derecha, el automóvil tenía preferencia.

FIGURA 8.7
COLISIÓN TRANSVERSAL



Diseño: René José Micheletti

Para que los dos conductores se comporten correctamente es necesario que ambos conozcan las normas de tránsito, que distingan entre la izquierda y la derecha y que tengan estos conocimientos tan asimilados que manifiesten algo similar a un reflejo condicionado. Como esto no es siempre así, se intenta regular el comportamiento de los conductores utilizando habitualmente la señal vertical de “PARE”, a veces reforzada por la palabra “PARE” escrita en la calzada.

Esta señal de tránsito deberá estar bien definida en la reglamentación de cada país. En Brasil, por ejemplo, queda definida del siguiente modo³:

Nombre: Parada obligatoria

Concepto: indica a los conductores la obligatoriedad de parar antes de entrar en una intersección.

Uso: deberá ser utilizada cuando se quiera obligar a los vehículos a parar antes de entrar en una intersección.

FIGURA 8.8
PLACA R-1: PARADA OBLIGATORIA



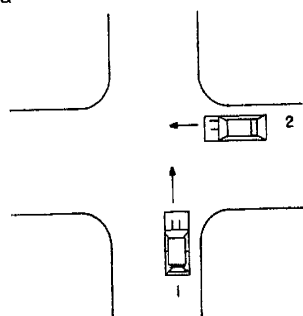
La utilización de esta señal para definir la preferencia en los cruces sin semáforos es muy común en todo el mundo. Según la referencia citada, la placa debe ser expuesta únicamente en la vía no preferente y puede ser utilizada para reforzar la norma de derecho de paso de los vehículos de la derecha o para revertirla.

El conjunto de control compuesto por estos dos elementos (señal de "PARE" y derecho de preferencia de la derecha) crea la posibilidad de tres situaciones diferentes para los encuentros entre dos vehículos en ángulo recto en cruces sin semáforos.

I. Ausencia de señalización (Figura 8.9a)

Comportamiento bajo el control de la norma de preferencia de la derecha. El vehículo 1 procede de la izquierda y debe dar la preferencia al vehículo 2 que viene de la derecha. El conductor del vehículo 2 ve que el vehículo 1 se aproxima al cruce por su izquierda y, por tanto, supone que le dará preferencia.

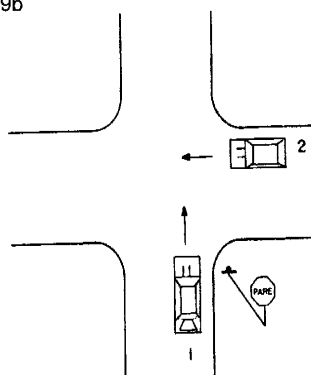
FIGURA 8.9a



II. Señal de "PARE", reforzando el derecho de preferencia de la derecha (Figura 8.9b)

La señal de "PARE" expuesta al vehículo 1, procedente de la izquierda, refuerza la exigencia de dar preferencia al vehículo 2, procedente de la derecha. El conductor del vehículo 2, al no encontrar señales que indiquen lo contrario, ve que el vehículo se aproxima al cruce por su izquierda y supone que le dará preferencia.

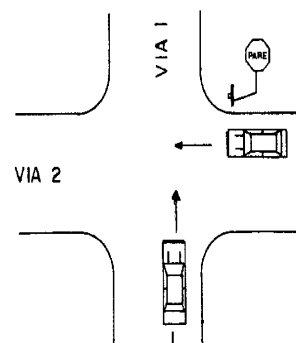
FIGURA 8.9b



III. Señal de "PARE", invirtiendo el derecho de preferencia de la derecha (Figura 8.9c)

En esta situación la intención es dar preferencia a los vehículos que transitan por la vía 1. Esta necesidad suele surgir cuando el volumen de vehículos que transitan por la vía 1 es mucho mayor que el de la vía 2.

FIGURA 8.9c



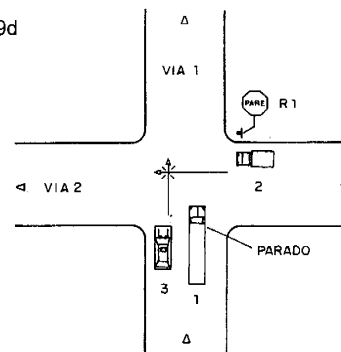
Sin embargo, la utilización de la señal "PARE" de esta forma conjuntamente con la norma del derecho de preferencia genera una *situación anómala* según el razonamiento siguiente:

- el conductor del vehículo 2, al encontrar la señal "PARE", piensa que debe dar preferencia al vehículo 1, mientras que
- el conductor del vehículo 1, al no encontrar ninguna señal, es obligado por la norma del derecho de preferencia a dar preferencia al vehículo 2.

Así, pueden aparecer dos problemas:

- Ambos conductores se detienen, pensando que deben dar preferencia al otro. Quien avanza primero lo hará pensando que está infringiendo las normas y que el otro conductor no está entendiendo la señalización. O, por el contrario, ambos avanzan simultáneamente y se produce el accidente. Cualquiera de los dos resultados incentiva a los conductores a desobedecer la señalización.
- También puede ocurrir que ambos conductores se detengan y que el conductor 2 decida avanzar y entre en conflicto con un tercer vehículo cuyo conductor, familiarizado con el lugar, cruza la vía 2 sin detenerse, adelantando al vehículo 1 por la izquierda, oculto para el conductor del vehículo 2 hasta el momento de la colisión (Figura 8.9d).

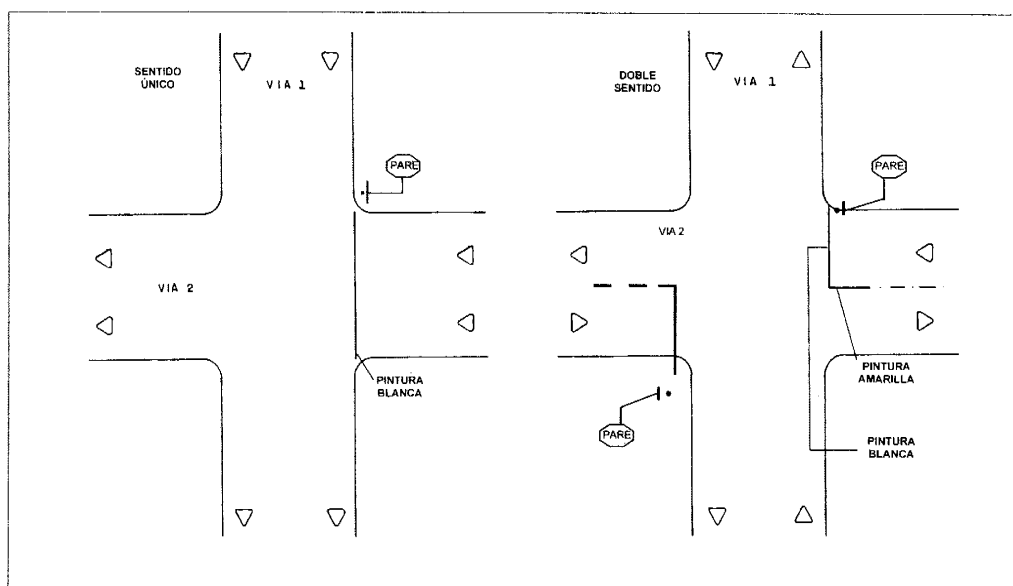
FIGURA 8.9d



Esta falta de información en muchas intersecciones sin semáforos puede ocasionar accidentes y debe ser analizada al diagnosticar las posibles causas de accidentes y evaluar los motivos de desobediencia de la señal "PARE" en general.

En ausencia de una señal que indique al conductor que está transitando por la vía preferente, se puede mejorar la situación, al menos en vías asfaltadas, con la señalización horizontal, conforme a la Figura 8.10. Sin embargo, esto no es compatibles con la presencia de carriles de cruce.

FIGURA 8.10
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE PREFERENCIA



Otra solución sería la implantación de reductores de velocidad (resaltos) en la vía 2, con la señalización de advertencia pertinente (Ver Capítulo 10).

Situaciones que derivan en accidentes

Resumiendo el análisis del comportamiento esperado de los conductores, expuesto en el apartado anterior, hay dos situaciones típicas que derivan en accidentes:

- EL CONDUCTOR SE APROXIMA POR LA VÍA NO PREFERENTE Y NO DA PREFERENCIA AL CONDUCTOR DE LA VÍA PREFERENTE.
- LA SEÑALIZACIÓN, CONJUNTAMENTE CON LA NORMA DEL DERECHO DE PREFERENCIA, INDICA QUE NINGUNO DE LOS DOS CONDUCTORES TIENE PREFERENCIA (SITUACIÓN ANÓMALA). AMBOS AVANZAN SIMULTÁNEAMENTE, O PORQUE MAL INTERPRETAN LA PARADA MOMENTÁNEA DEL OTRO O PORQUE DESOBEDECEN LA NORMA DEL DERECHO DE PREFERENCIA.

Metodología de reducción de los accidentes

En las situaciones en que la preferencia está establecida, la inspección debe tener como objetivo responder a la siguiente pregunta respecto a los accidentes:

- ¿POR QUÉ EL CONDUCTOR DE LA VÍA NO PREFERENTE NO LE DIO LA PREFERENCIA AL CONDUCTOR DE LA VÍA PREFERENTE?

La Tabla A.10 del Anexo I, para uso en la propia inspección, presenta comportamientos de conductores y la selección de los elementos de conducta considerados más peligrosos y ayuda a identificar los motivos existentes en el lugar que corresponden a estos comportamientos peligrosos. Posteriormente, se podrán seleccionar las mejoras más adecuadas al problema así planteado.

En las *situaciones anómalas*, en las que la preferencia no está definida, se requiere un análisis más cuidadoso. Se recomienda una identificación, en la misma forma, de aquel comportamiento de los conductores que es más susceptible de generar accidentes y de los posibles motivos. No obstante, la selección de mejoras es más compleja, ya que puede ocurrir que la falta de definición de la vía preferente sea un factor importante en los accidentes. Si se considerase como un factor importante, sería recomendable un estudio de un área mayor, teniendo en cuenta las características de cada vía y sus cruces en los tramos situados antes y después del punto crítico, para poder definir qué vía debe tener preferencia y las disposiciones necesarias para proveer una información clara a los conductores de las dos vías.

El Anexo I presenta tablas de posibles mejoras disponibles para cada motivo correspondiente al comportamiento peligroso observado. Las condiciones particulares del lugar y del tránsito ayudan a determinar la mejora más adecuada.

En resumen, la metodología consta de los siguientes pasos:

- Identificar los comportamientos presumiblemente asociados a los accidentes.
- Identificar los comportamientos peligrosos de los conductores y peatones en general.
- Identificar los posibles motivos para este comportamiento.

Con las tablas de mejoras:

- Confeccionar la lista de las mejoras disponibles para cada motivo identificado a través del análisis de la tabla de posibles mejoras.
- Descontar las mejoras ya existentes en el lugar.

- De las mejoras restantes, seleccionar la/s más adecuada/s a la situación, teniendo en cuenta todas las condiciones particulares del lugar.

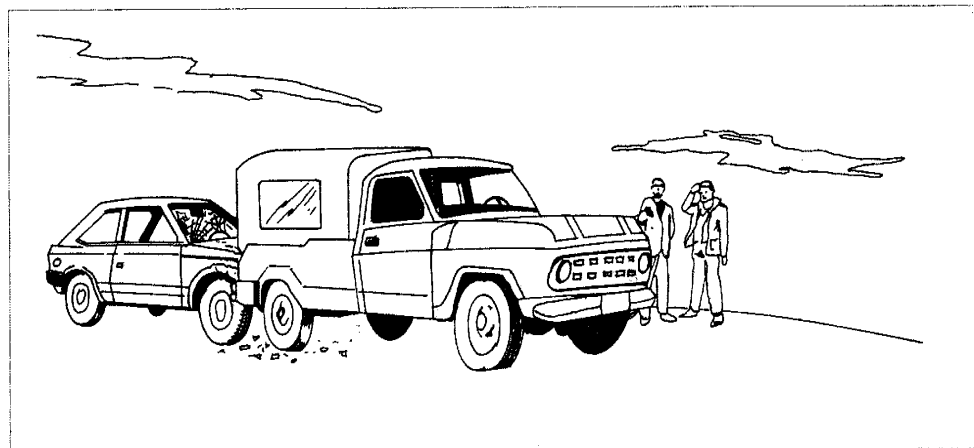
8.6 Colisiones traseras y choques contra vehículos parados

Caracterización de las colisiones traseras (Figura 8.11)

En la mayoría de estos accidentes el conductor del primer vehículo reduce la velocidad, por uno u otro motivo, y el conductor del segundo vehículo no acompaña adecuadamente esta reducción y choca contra la parte trasera del primer vehículo.

A veces la colisión se produce inmediatamente después de que el primer vehículo se haya detenido, por ejemplo en un semáforo en rojo. También hay colisiones traseras en las que el primer vehículo estaba estacionado sin conductor en el momento del accidente.

FIGURA 8.11
COLISIÓN TRASERA



Diseño: René José Micheletti

Metodología de reducción de las colisiones traseras

En los lugares donde proliferen estos accidentes se recomiendan disposiciones con objeto de:

- Eliminar la necesidad de reducir la velocidad (a ser posible).
- Suavizar las reducciones de velocidad donde no se puedan eliminar, avisando con antelación a los conductores de que llegan a un lugar que puede requerir tal reducción.
- Disminuir las posibles consecuencias de las reducciones de velocidad.

Para reducir el número y la gravedad de estos accidentes, se debe observar el tránsito del lugar e identificar los motivos más comunes para las reducciones de velocidad, seleccionando aquellos que más parezcan ser fuente de colisiones traseras y aquellos que provoquen reducciones más bruscas. Estas últimas serán con toda probabilidad las responsables de las colisiones más graves.

En el caso de los lugares donde son muy numerosas las colisiones con vehículos estacionados, es recomendable estudiar los posibles problemas de visibilidad y plantearse la prohibición de estacionar o la modificación del trazado vial para disminuir la posibilidad de colisiones.

8.7 Otros tipos de accidentes

Los tipos de accidentes analizados en los apartados anteriores (atropellamientos, colisiones laterales transversales en intersecciones sin semáforos, colisiones traseras y choques) son más comunes en las áreas urbanas.

El mismo tipo de análisis, incluida la elaboración de las tablas de apoyo a las inspecciones, puede ser aplicado a los demás tipos habituales de accidentes. Entre ellos destacamos:

- colisiones laterales transversales en cruces con semáforos
- accidentes con un solo vehículo involucrado
- accidentes con motocicletas involucradas

Este análisis queda para ejercicio del lector, siendo pertinentes las siguientes observaciones para cada uno de los tres tipos de accidentes mencionados.

Colisiones laterales transversales en cruces con semáforos

En este tipo de accidente normalmente uno de los dos conductores involucrados pasó el semáforo en rojo, pero en intersecciones muy grandes puede ocurrir un accidente entre el último vehículo que pasa el semáforo en ámbar de una vía y el primero que pasa el semáforo en verde de la transversal.

El caso de los conductores que pasan el semáforo en rojo tiene tres explicaciones básicas:

- simple desobediencia
- deficiencia en la visibilidad de los semáforos
- *exceso de visibilidad* de los semáforos

Exceso de visibilidad se refiere a la situación en la que, debido a la posición de las señales luminosas, el conductor no sólo ve el semáforo que le corresponde sino también el de la vía transversal. Así, en vez de esperar la señal verde, ya inicia la travesía del cruce durante la fase amarilla de la otra vía.

Los tratamientos más adecuados para estos casos se presentan y discuten detalladamente en el Capítulo 10.

Accidentes con un solo vehículo

En este tipo de accidente suele ocurrir que el vehículo se sale de la pista y choca contra algún obstáculo fijo de la acera o algún edificio que da a la vía.

En el caso de que este tipo de accidente ocurra reiteradas veces en el mismo punto, será posible identificar mejoras de la ingeniería de tránsito para prevenir los accidentes o para reducir sus consecuencias. Las medidas típicas incluyen:

- mejorar el peralte, especialmente en las curvas
- señalización de advertencia
- alejamiento de los obstáculos fijos de la vía
- vallas
- reductores de velocidad
- renovar el firme de la vía

Obviamente, la selección de las medidas depende del análisis de los factores contribuyentes.

Accidentes con motocicletas

La utilización de motos es poco recomendable, ya que la inseguridad es característica inherente de este vehículo cuyos índices de muertes por vehículo-km llegan a superar en 42 veces a los de los automóviles (Wright, 1992: 104). Además, la falta de protección física de los motociclistas suele provocar generalmente heridas más graves que las sufridas por los pasajeros de automóviles. El problema tiende a agravarse a medida que aumenta el número de motocicletas, que son vehículos mucho más baratos que los automóviles y al alcance de más gente.

En términos de ingeniería de tránsito las medidas correctoras son escasas:

- evitar pistas dañadas y/o con baches
- implantar rutas o carriles exclusivos para motocicletas

La primera propuesta es importante, pues cualquier defecto en la vía, por muy pequeño que parezca, puede ser letal. La segunda propuesta es poco factible por la falta de espacio en las ciudades, por la incompatibilidad de la motocicleta con el tránsito de peatones y ciclistas y por el elevadísimo costo de tales proyectos.

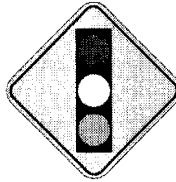
Una solución parcial residiría en una conducta más defensiva de los motoristas, una mayor presencia policial y educación vial, infundiendo más tolerancia y respeto en los conductores de otros vehículos. Por parte de los propios motociclistas, se puede también recurrir al uso permanente de las luces de posición, al uso obligatorio del casco, de botas y otras ropas protectoras.

Algunos autores sugieren que las autoridades de tránsito deben desalentar el uso de motocicletas, requiriendo largos periodos de aprendizaje en ciclomotores de pequeña potencia (Plowden y Hillman, 1984: 63-65) o simplemente limitar su uso en vías públicas a la policía únicamente (Wright, 1992:111).

¹ En Brasil en la época de la redacción de este trabajo, el examen médico podía no haber sido reciente y había muchas limitaciones en la "educación" sobre tránsito, como también había casos de conductores con licencia de conducción sin tener capacidad efectiva de lectura.

² En las áreas urbanas, es obligatorio el uso de luces cortas para evitar cegar a los conductores que vienen en sentido contrario. Es ilegal conducir únicamente con las luces de posición.

³ Fuente: *Manual de Sinalização Urbana: Normas de Projeto*, Volumen 2 Señalización Vertical de la Reglamentación PMSP; SMT, DSV, CET, CONVENIO DENATRAN-CET, 1978.



CAPÍTULO 9

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO EJEMPLOS ILUSTRATIVOS

En este capítulo, se presentan casos completos e inéditos de puntos críticos. El primer estudio trata una intersección relativamente sencilla con un índice de accidentes comparable al de muchos puntos críticos encontrados en las ciudades de tamaño medio de Brasil.

El segundo estudio trata uno de los peores puntos críticos del Municipio de São Paulo en la década de los ochenta: Avenida Alcântara Machado (Radial Este) con Calle Carneiro Leão, donde se registraron numerosos accidentes, incluidos muchos atropellamientos y otros accidentes con víctimas. El lugar, una intersección de una de las vías con más movimiento de São Paulo, fue elegido porque presentaba, reunidos en un solo punto, muchos de los problemas que se encuentran en estudios de este tipo, siendo un ejemplo didáctico que ilustra una gama amplia de problemas prácticos y soluciones alternativas.

9.1 Estudio de caso nº 1

CALLE MAMORÉ X CALLE NEWTON PRADO

Caracterización del lugar

El lugar presentaba (Figuras 9.1 y 9.2) una intersección de dos vías, ambas de sentido único, en el Barrio de Bom Retiro en el casco antiguo de la ciudad de São Paulo. El uso del suelo era mixto, compuesto de viviendas y comercios. El volumen de tránsito era bajo, equilibrado en las dos vías, y de baja velocidad, sin que fuera posible caracterizar una de las vías como marcadamente preferencial. El volumen de peatones también era bajo y equilibrado en las dos vías. La señalización del lugar consistía en una señal de PARE en la aproximación de la C. Mamoré y señales definiendo la dirección de cada vía.

FIGURA 9.1
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO CRÍTICO
C. MARMORÉ x C. NEWTON PRADO

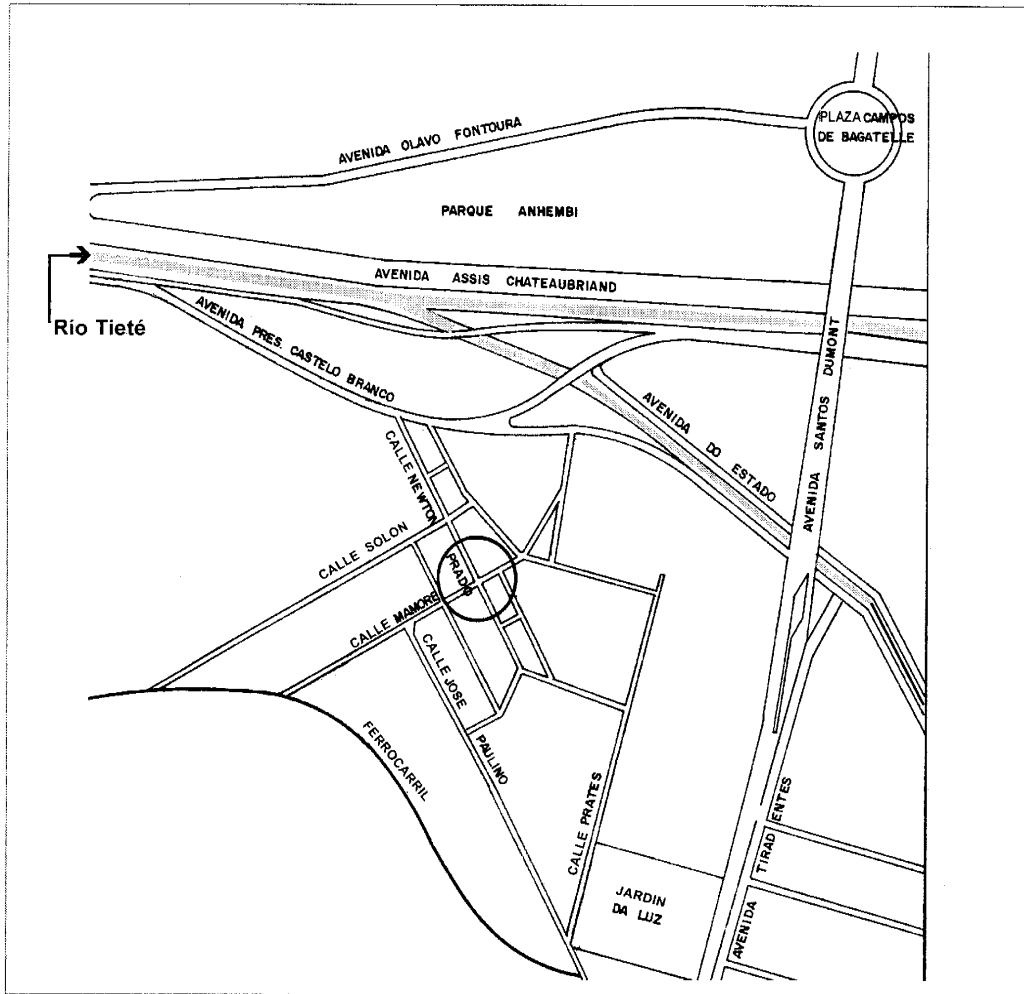
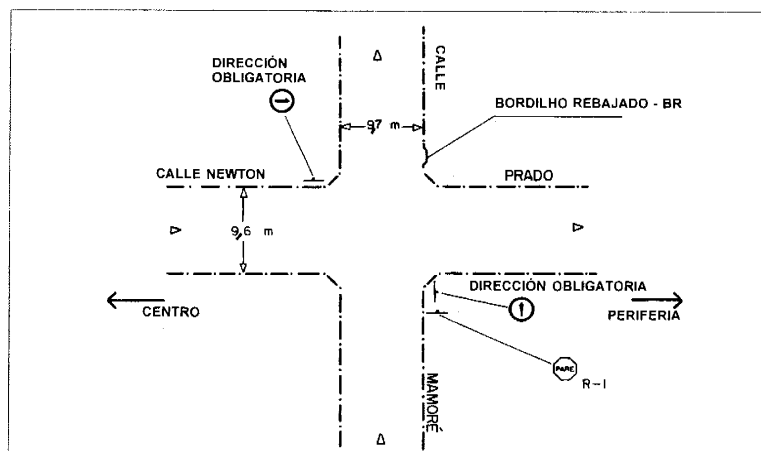


FIGURA 9.2
SITUACIÓN ANTES DE LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO
C. MARMORÉ x C. NEWTON PRADO



Fuente: CET

Análisis de los datos disponibles

La tabla 9.1 (VER ESTA TABLA Y LAS QUE SIGUEN AL FIN DE ESTE CAPÍTULO) presenta el historial de los accidentes registrados seis meses antes y seis meses después de la implantación del proyecto elaborado como resultado del estudio del caso. A continuación, analizaremos los datos sobre los accidentes ocurridos en el periodo anterior al proyecto.

A – EVOLUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES

La evolución mensual de los accidentes en el semestre anterior al proyecto se presenta en la Tabla 9.2. Se suele recomendar un periodo de al menos un año para examinar las tendencias en la evolución de la frecuencia de accidentes en un lugar determinado, pero en este caso, los datos disponibles abarcaban sólo seis meses. En este periodo los números mensuales no mostraron ningún indicio de tendencia significativa al crecimiento o a la disminución.

B – DISTRIBUCIÓN HORARIA Y POR DÍA DE LA SEMANA

La Tabla 9.3 presenta la distribución horaria y por día de la semana.

Se puede observar que once de los doce accidentes ocurrieron en días laborales, sólo dos ocurrieron de noche y ocho (incluidos los dos con víctimas) ocurrieron en días y horarios laborales (de las 9h00 a las 18h00).

Este análisis permite eliminar la deficiencia de la iluminación nocturna como factor generador de accidentes y asimismo los factores asociados al fin de semana: bajo volumen de tránsito (que permite altas velocidades) y conductores bajo la influencia del alcohol.

C – CONDICIÓN DE LA CALZADA

De los cinco accidentes para los que consta esta información, cuatro ocurrieron con la calzada seca: la condición del firme probablemente no influyera significativamente en los accidentes.

D – DIAGRAMA DE LOS ACCIDENTES

Esta información estaba disponible para cinco de los accidentes. Todos ellos fueron colisiones laterales transversales entre dos vehículos, uno en cada vía y ninguno transitando en sentido contrario. Esto indica evidentemente la desobediencia de la norma de preferencia por parte de los conductores que transitaban por la Calle Mamoré. Esta desobediencia puede ser voluntaria o por desconocimiento de cuál era la vía preferencial.

Completando los datos disponibles. Diagnóstico

Fue realizada una inspección del lugar en un día laboral en la franja horaria de la tarde, periodo con más casos de accidentes. Se observó que, según era previsible, muchos de los conductores que transitaban por la Calle Mamoré

no respetaban la preferencia definida por la señal PARE. La visibilidad de la señal era muy deficiente al estar ocultada por un árbol y no había otra señalización de preferencia para compensar este problema.

Todas las características de las dos vías, especialmente el ancho y la intensidad del flujo de la circulación, eran casi idénticas, creando una ausencia total de información de los conductores respecto a la preferencia. Esta situación se agravaba aún más por la presencia en el lugar de la “situación anómala” descrita en el apartado 8.5, la inversión de la norma de preferencia de la derecha en intersecciones sin señalización semafórica. Esta norma había sido contradicha en el lugar con una señal de PARE, con el propósito de dar preferencia a los conductores procedentes de la Calle Newton Prado. Esta calle carecía de señalización al respecto y, de hecho, no existe ninguna señal en la norma brasileña que indique al conductor que se halla en una vía preferencial. Este problema parece ser común en las Américas; existe una placa indicando preferencia en algunos países de Europa.

De este modo, los conductores podrían no haber sabido que transitaban por la vía preferencial, ya que, sin señalización contraria, ellos debían ceder la preferencia a los conductores procedentes de la Calle Mamoré, a menos que viesen que éstos tenían una señal de PARE.

Ante esta situación, se espera una conducta mixta en los conductores de cada calle: algunos dudando, disminuyendo la velocidad o incluso parando; otros no, hechos que pueden generar los tipos de accidentes observados.

Además, la ausencia de cualquier tipo de señalización horizontal minimizaba la visibilidad de la intersección para los conductores que se aproximaban y no había una indicación clara de donde debían detenerse los conductores en la Calle Mamoré.

Proyecto elaborado e implantado

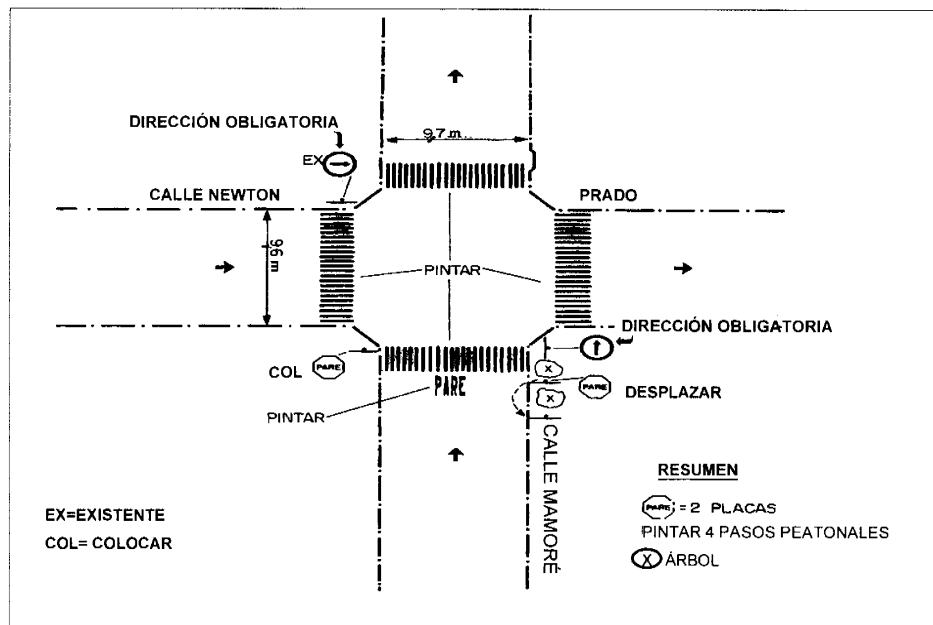
El proyecto elaborado e implantado se presenta en la Figura 9.3. La señal PARE se transfirió a un lugar visible y la definición de la preferencia se reforzó con otra señal de PARE en el lado izquierdo de la Calle Mamoré.

Para un aumento en general de la visibilidad de la intersección y para definir los límites del área en conflicto, se implantaron cuatro pasos de travesía de peatones, aunque éstos no fueran necesarios para el cruce de peatones, habida cuenta el bajo volumen de peatones y la inexistencia de atropellamientos.

Resultados y evaluación

La frecuencia de accidentes disminuyó en un 75%, de 12 casos en el semestre anterior al proyecto a 3 casos en el semestre posterior. El tipo de accidentes siguió siendo el mismo: colisión lateral transversal. Ante esto, cabe recordar que no se eliminó la *situación anómala* que genera este tipo de accidentes. La preferencia no fue invertida con el fin de conservar el carácter preferencial de la Calle Newton Prado en todas las intersecciones sin semáforos de su extensión.

FIGURA 9.3
SITUACIÓN DESPUÉS DE LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO
CALLE MAMORÉ x CALLE NEWTON PARDO



Fuente: CET

Conclusiones

Se concluye que las medidas elegidas proporcionaron :

- refuerzo de la señalización de preferencia,
- mayor visibilidad de la intersección y
- mejor delimitación del área en conflicto, y así contribuyeron a la disminución de la frecuencia de accidentes en un 75%.

Tales conclusiones se verán reforzadas si este nivel de reducción se mantiene durante al menos un año después de la implantación del proyecto, eliminando cualquier efecto de la estacionalidad en los casos. En este caso los datos de estudio (seis meses antes y seis meses después) permiten comparar solamente los casos del período de julio a diciembre antes de la implantación con los casos de febrero a julio del período posterior a la implantación.

9.2 Estudio de caso nº 2

AVENIDA ALCÁNTARA MACHADO (RADIAL ESTE) X CALLE CARNEIRO LEÃO

Caracterización del lugar

La Av. Alcântara Machado (Radial Este), una de las principales vías de São Paulo, une la Zona Este con el Área Central y con las demás zonas de la ciudad (Vea Figuras 9.4 y 9.5). Se cruzaba con la C. Carneiro Leão a nivel en una intersección con semáforos, situada al principio del viaducto del río Tamanduateí. (Posteriormente el cruce fue eliminado con el cierre del divisor central).

A partir de ese viaducto, la Av. Alcântara Machado se transforma en la Conexión Este-Oeste, una vía rápida elevada que tiene una extensión de 5,5 km sin ninguna intersección a nivel. En la dirección Este, esta avenida

continúa durante más de 1,5 km sin intersecciones a nivel, aunque este tramo no sea una vía rápida. El primer cruce ocurre en la Plaza Presidente Kennedy, después del viaducto Alcântara Machado, sobre la vía férrea.

La C. Carneiro Leão funcionaba como una distribuidora de vehículos procedentes de la C. do Gasômetro hacia la Conexión Este-Oeste, hacia la Zona Este vía Av. Alcântara Machado y hacia la Zona Sureste vía Av. do Estado. En el año 1979, fueron registrados por la policía militar 99 accidentes de tránsito en la intersección, número superado en sólo dos intersecciones de São Paulo (Av. do Estado x C. dos Patriotas y Av. Interlagos x Av. N.S. do Sabará).

Análisis de los datos disponibles

Se realizó un análisis de la información de los atestados disponibles referentes a los accidentes ocurridos en el período julio 1978-abril 1980. De un total de 177 accidentes registrados por los operadores telefónicos, fueron localizados los atestados de 118, quedando 59 sin información.

A - EVOLUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES

La Figura 9.6 presenta la evolución mensual de la frecuencia de accidentes (con víctimas, atropellamientos y total). El total mensual llegó a un máximo de 21 en marzo de 1979, después disminuyó hasta una media de cerca de 6,5 accidentes por mes. Los accidentes con víctimas oscilaron alrededor de 1,5 por mes, sin mostrar tendencia al crecimiento ni a la disminución.

Se cree que la disminución de la frecuencia total de accidentes, resultante de la disminución de los

FIGURA 9.4
LOCALIZACIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO DEL SEGUNDO PUNTO CRÍTICO
AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO

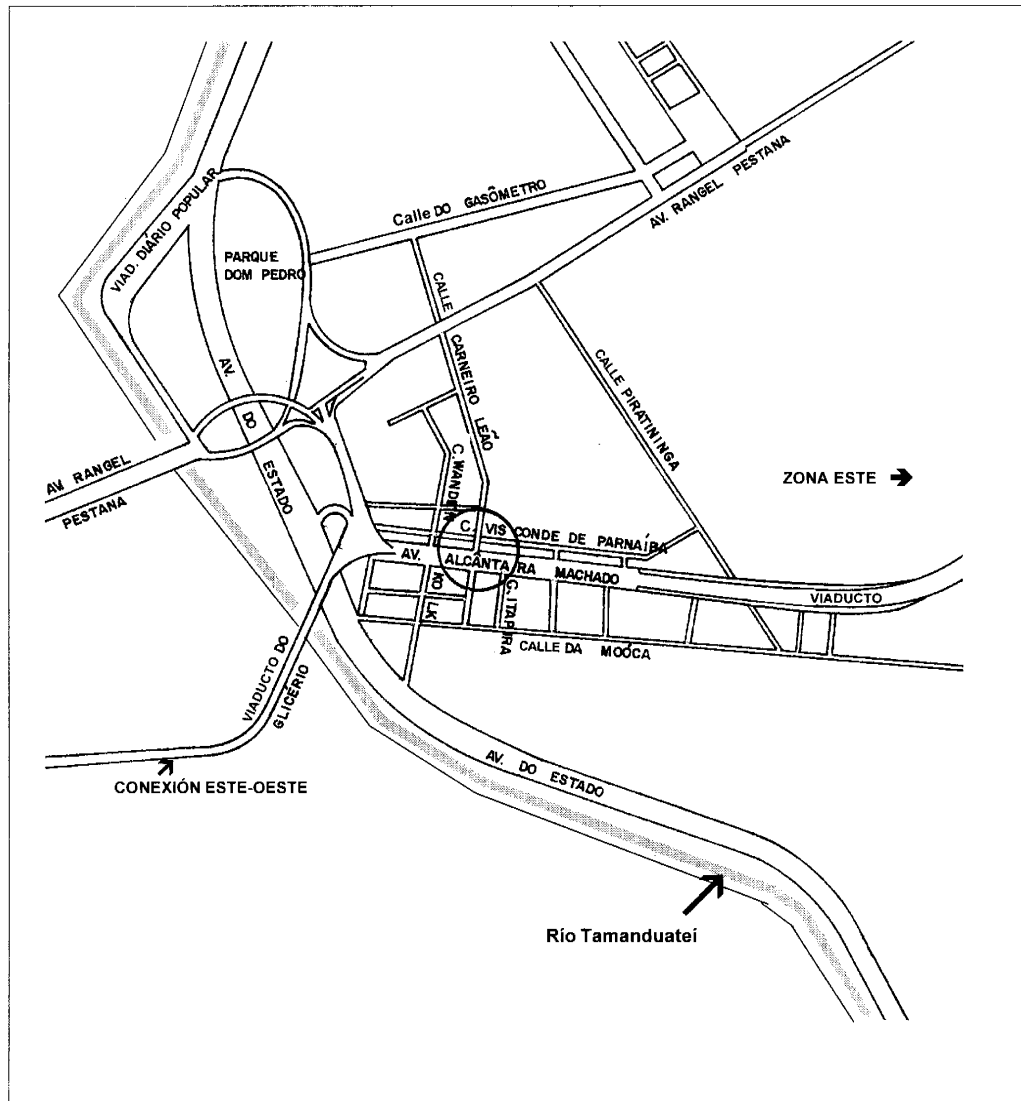
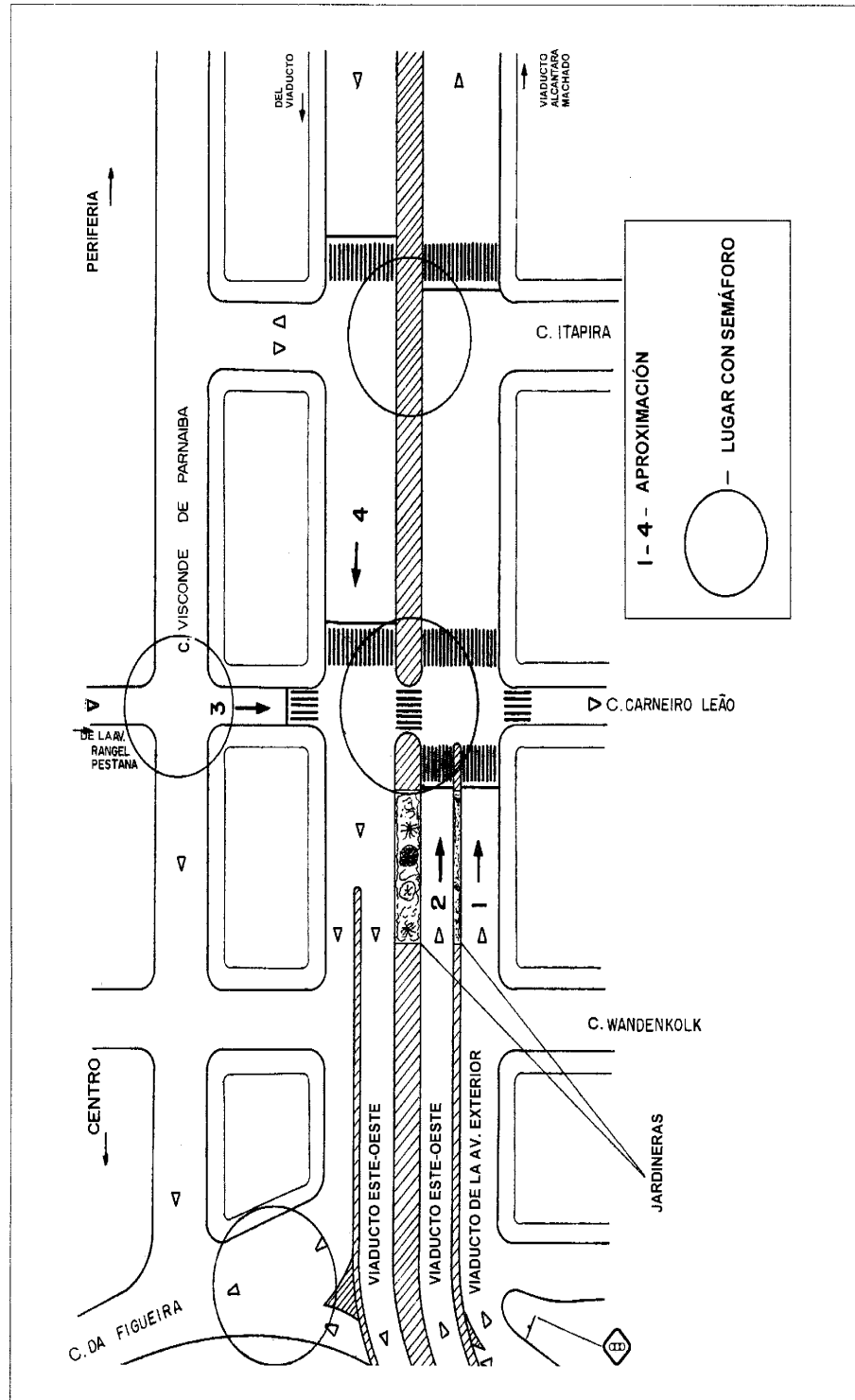


FIGURA 9.5
 APROXIMACIONES
 AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO



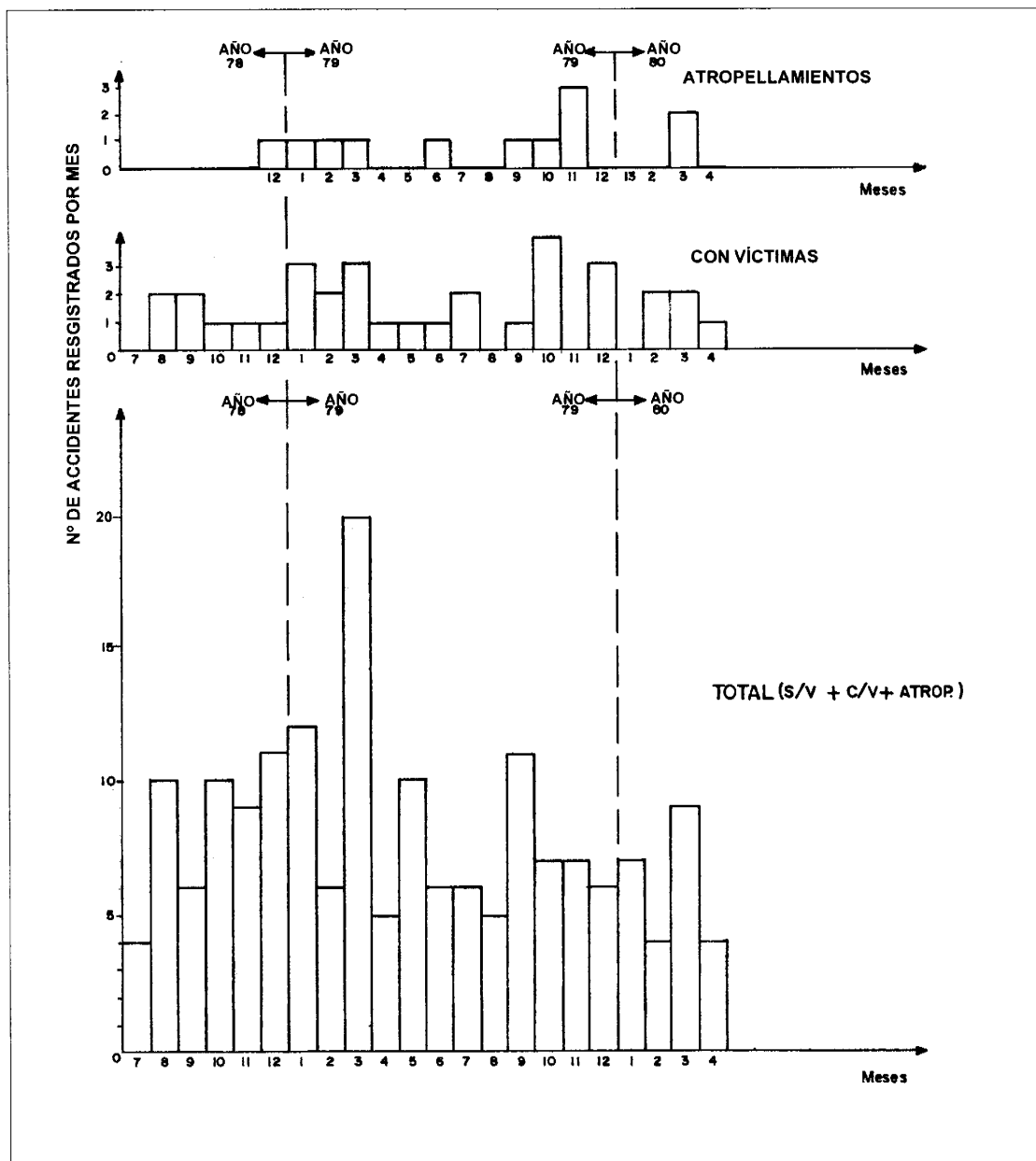
Fuente: CET

accidentes sin víctimas, resulta poco significativa y que simplemente refleja una disminución del registro de esos accidentes por la policía, que concedió prioridad a los accidentes con víctimas y a los atropellamientos.

B - DISTRIBUCIÓN POR HORA Y DÍA DE LA SEMANA

La mayoría de los accidentes ocurrió en la franja horaria de las 11h00 a las 19h00 (Tabla 9.4), sólo un tercio ocurrió de noche (entre las 18h00 y las 6h00). El peor día es el martes y el peor periodo de las 14h00 a las 18h00. Los accidentes con víctimas se

FIGURA 9.6
EVOLUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES
C. CARNEIRO LEÃO x AV. ALCÂNTARA MACHADO



Fuente de los datos originales: CET

distribuyen en todos los días, en una franja horaria amplia (de las 6h00 a las 23h00). En cuanto a los atropellamientos, hay 5 en miércoles y ninguno en jueves o viernes. Por tanto, el problema de la intersección se manifiesta principalmente en el período diurno, durante toda la semana.

C - CONDICIÓN DE LA CALZADA

De los 118 casos con información, sólo 13 (un 11%) ocurrieron con la calzada mojada. Por tanto, el estado del firme no resulta ser un factor significativo.

D - DIAGRAMA DE ACCIDENTES

La Tabla 9.5 muestra el número de accidentes registrados por tipo (S/V, C/V, A/T), con/sin atestado policial y con/sin diagrama de accidentes aprovechable.

La tabla muestra que se encontró un atestado con diagrama aprovechable apenas para 91 accidentes, un 51% del total registrado (para los demás sólo existía una ficha de registro realizada por los telefonistas de guardia, que habían eliminado los casos de falsa alarma).

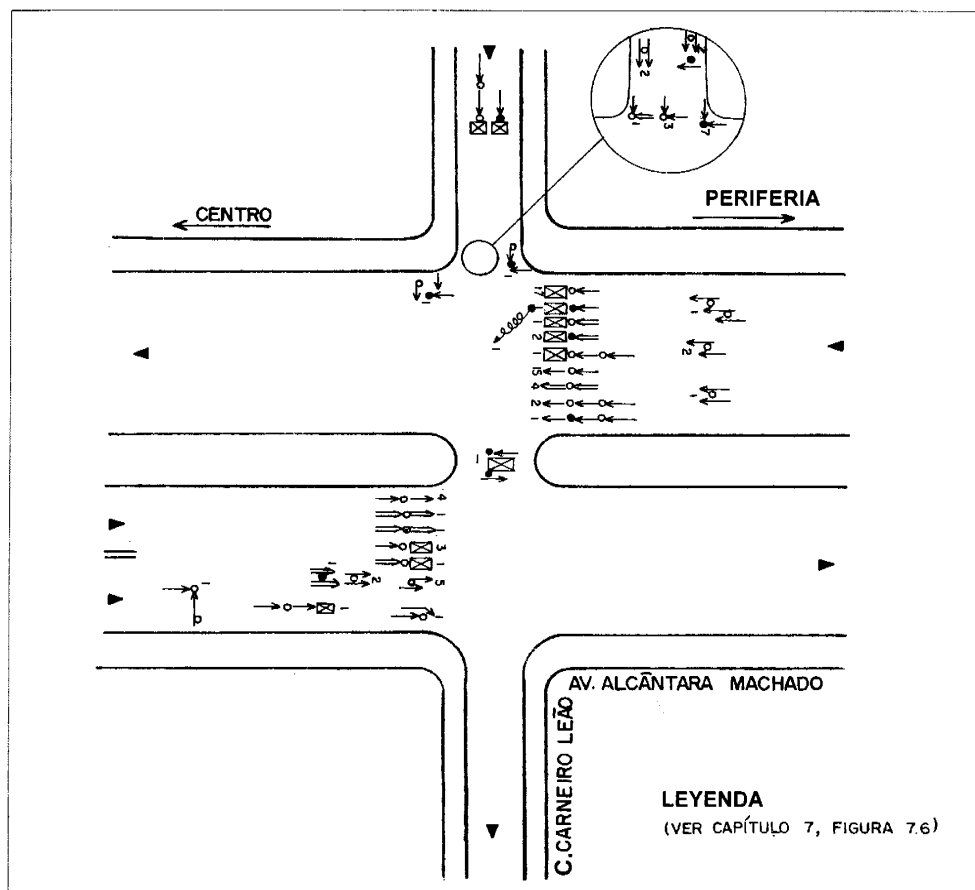
No se sabe si los 91 casos con diagramas de accidentes aprovechables son realmente representativos de todos los accidentes registrados. Sin embargo, son suficientes para realizar un buen análisis de los problemas de la intersección. Entre los accidentes más graves, 18 (55%) de los 33 accidentes con víctimas tenían diagrama de accidentes aprovechable, frente a sólo 3 (25%) de los 12 atropellamientos, lo cual dificulta el análisis de sus causas.

Ante el volumen de información se realizó un diagrama resumido (Figura 9.7). El símbolo de cada tipo de accidente aparece solamente una vez, con el número de casos anotado al lado.

En los diagramas de accidentes aprovechables, los accidentes más comunes fueron:

- colisión trasera (o colisión en cadena), con vehículo parado o en movimiento en la Av. Alcântara Machado, sentido periferia-centro (49);

FIGURA 9.7
DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE ACCIDENTES
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

- colisión trasera con vehículo parado o en movimiento Av. Alcântara Machado, sentido centro-periferia (11);
- colisión lateral transversal entre vehículo procedente de la C. Carneiro Leão y vehículo en la Av. De Alcântara Machado, sentido periferia-centro (11);
- atropellamientos (3).

Esta información permite discernir algunos indicios preliminares de los factores generadores de accidentes en el lugar.

La elevada incidencia de colisiones traseras en la Av. Alcântara Machado sugiere la posibilidad de una deficiencia en la visibilidad de los semáforos y/o exceso de velocidad por parte de los conductores, especialmente en el sentido periferia-centro. La elevada incidencia de colisiones laterales transversales sugiere la posibilidad de que los conductores estén entrando en la intersección

después del inicio de la fase en rojo del semáforo. También puede haber insuficiente tiempo para la "limpieza" de la intersección en los cambios de las fases de los semáforos.

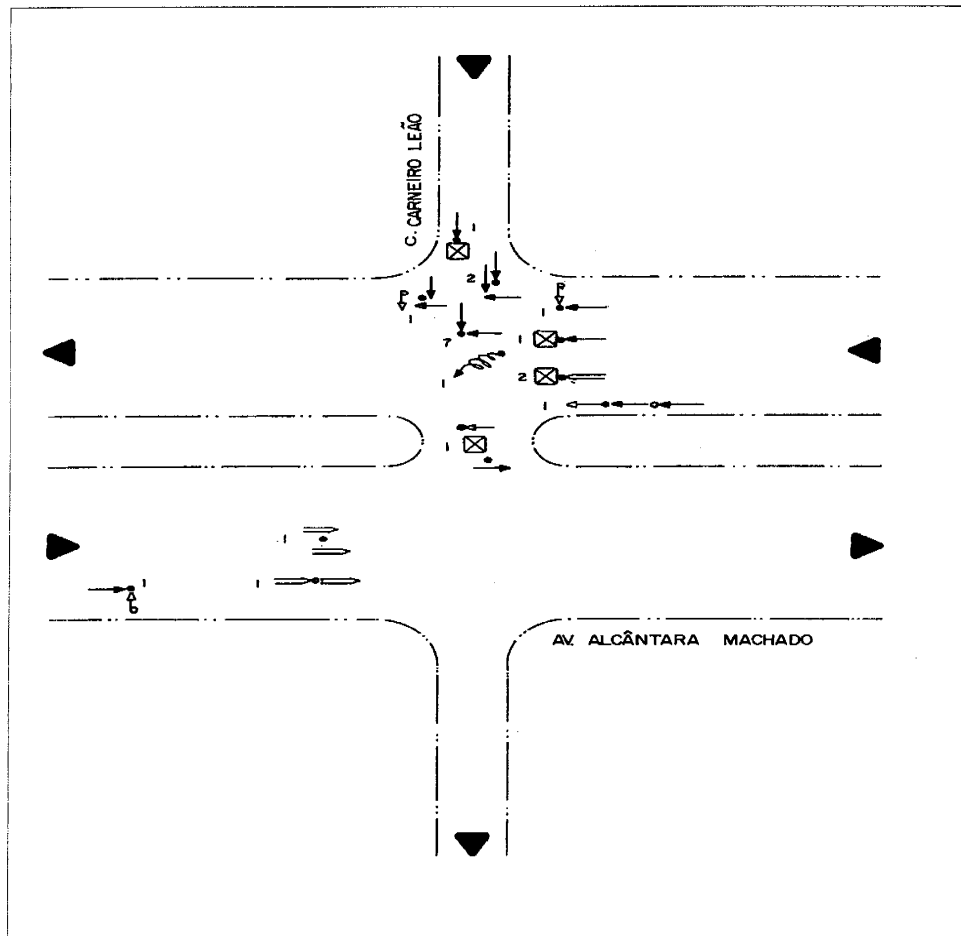
Las colisiones laterales indican que hay conductores que tratan de efectuar un giro a la derecha sin situarse adecuadamente antes de llegar a la intersección. La carencia de información sobre los atropellamientos no permite la elaboración de hipótesis respecto a sus causas.

La Figura 9.8 presenta el diagrama de los accidentes más graves: los accidentes con víctimas (18) y los atropellamientos (3).

Las principales características destacadas, distintas de las del diagrama anterior, son:

- 9 colisiones laterales transversales entre vehículos procedentes de la Av. Alcântara Machado, periferia-centro, y vehículos procedentes de la C. Carneiro Leão;

FIGURA 9.8
ACCIDENTES CON VÍCTIMAS Y ATROPELLAMIENTOS
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

- 4 accidentes (3 choques y 1 colisión en cadena) implicando vehículos parados o disminuyendo de velocidad, probablemente a causa del semáforo de la Av. Alcântara Machado, en el sentido periferia-centro.

Se concluyó que debería darse prioridad a los siguientes aspectos durante las inspecciones:

- Motivos para las colisiones laterales entre vehículos procedentes de la Av. de Alcântara Machado, en el sentido periferia-centro, y de la C. Carneiro Leão;
- motivos para las colisiones/choques traseros en la Av. Alcântara Machado, en el sentido periferia-centro; y
- motivos para los atropellamientos en toda el área del cruce.

Para profundizar en el análisis de los datos disponibles, se hizo un historial de los accidentes con víctima (Tabla 9.6). Los accidentes también fueron agrupados para identificar factores comunes (Tabla 9.7). Los factores comunes identificados fueron:

- en 14 accidentes estaban involucrados vehículos procedentes de la Av. Alcântara Machado, sentido periferia-centro, indicando una probable existencia de problemas en esta aproximación;
- en al menos 7 de estos accidentes participaron vehículos procedentes de la Av. Alcântara Machado, sentido periferia-centro: que entraron en el cruce con el semáforo en rojo y que chocaron contra la trasera de vehículos parados o frenando por el semáforo en rojo. Esto indica posibles problemas de visibilidad de los semáforos;
- 6 de las colisiones laterales transversales ocurrieron en el periodo de las 11h30 a las 15h30, lo cual indica la necesidad de incluir este horario en la programación de inspecciones;
- ningún día de la semana se destaca especialmente en casos de colisiones laterales transversales;
- de los 4 accidentes que ocurrieron con la calzada mojada, ninguno fue una colisión lateral transversal.

Completando los datos disponibles

El lugar fue visitado en tres ocasiones en diferentes periodos del día, utilizando la metodología expuesta en el capítulo 8, observándose los fenómenos descritos a continuación.

A - APROXIMACIONES (ver Figuras 9.4 y 9.5)

APROXIMACIÓN 1

Av. Alcântara Machado viniendo del centro de la ciudad por el viaducto, continuación de la Av. Exterior. Aproximación en nivel desde dos manzanas antes de la intersección. Tránsito con alta velocidad al bajar el viaducto. Señalización de advertencia de semáforo antes del final de la curva del viaducto. Hasta bien cerca de la intersección, tanto ésta como los semáforos estaban poco visibles. La visión de la aproximación 3 quedaba obstruida por las jardineras del divisor central.

APROXIMACIÓN 2

Av. Alcântara Machado, viniendo de la ciudad por el viaducto, continuación de la Conexión Este-Oeste. No había señalización de advertencia ni de la intersección ni de los semáforos. La aproximación llegaba a la altura de la C. Carneiro Leão poco antes de la intersección, con vehículos circulando a alta velocidad. La intersección y los semáforos eran poco visibles a distancia y la visión de la aproximación 3 quedaba obstruida por las jardineras del divisor central. Había discontinuidad en el alineamiento y en el balizamiento de la aproximación unos 100 m antes de la intersección.

APROXIMACIÓN 3

C. Carneiro Leão. El tránsito procedía principalmente de la C. do Gasômetro. A una distancia de apenas 3 automóviles (15 m) antes de la intersección había otra intersección con semáforos (C. Visconde de Parnaíba), cuyo ciclo era idéntico. El tránsito se aproximaba a baja velocidad, con buena visibilidad de la intersección con la Av. Alcântara Machado.

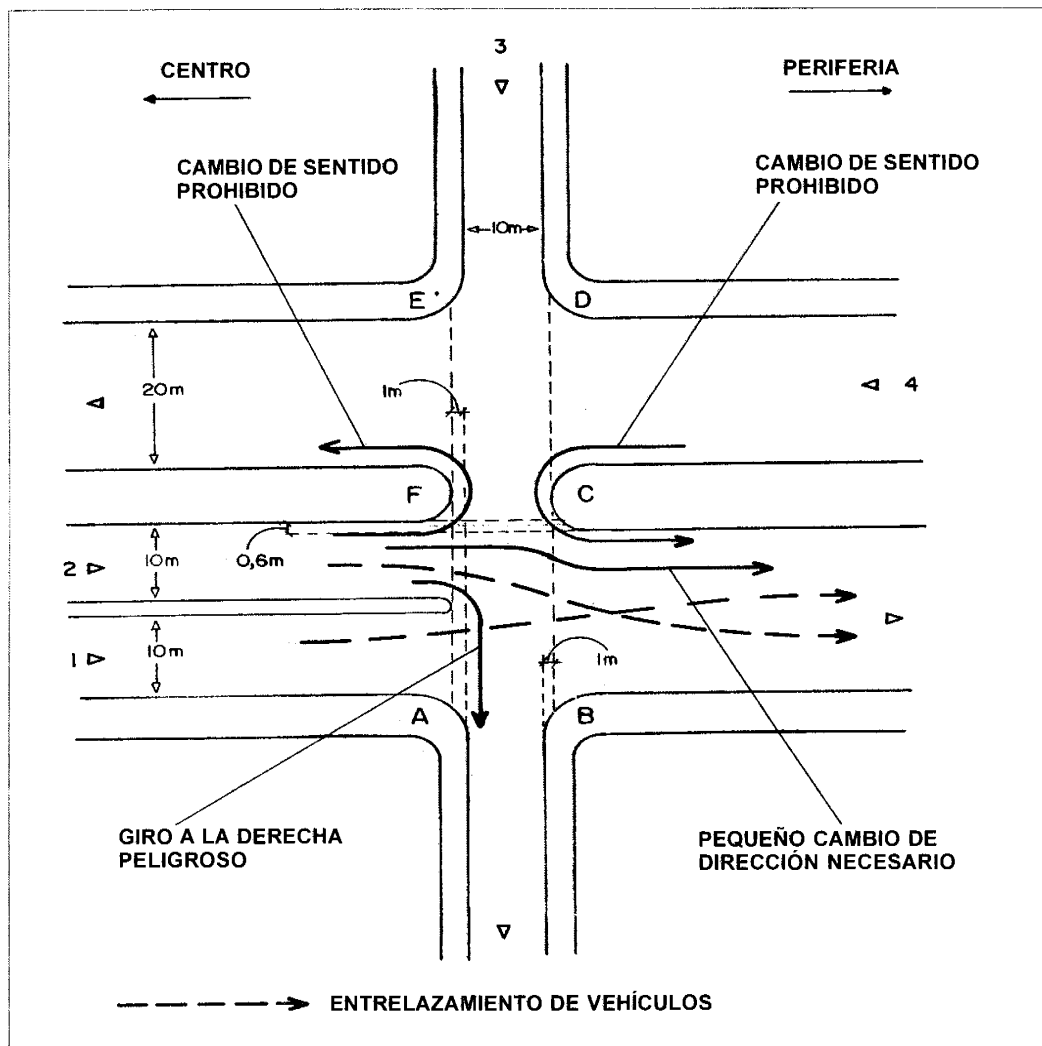
APROXIMACIÓN 4

Av. Alcântara Machado viniendo de la Zona Este. Precedida por un paso de peatones con semáforo a una distancia de 50 m, justo antes de la C. Itapira, sin abertura en el divisor central. (Posteriormente ese paso se eliminó con la construcción de una pasarela). La intersección con la C. Carneiro Leão era semejante, con semáforos poco visibles y sin advertencia de que había tránsito en la transversal.

B - GEOMETRÍA (Figura 9.9)

- Las medianas se estrechaban en las extremidades siempre curvadas, lo que facilitaba los giros prohibidos y los peligrosos giros a la derecha de la aproximación 2 hacia la C. Carneiro Leão.
- La diferencia en el alineamiento de los divisores F y C antes y después de la intersección provocaba un cambio en la dirección de los vehículos de la franja contigua al divisor central, en el sentido centro-periferia. Estos vehículos eran normalmente aquellos que se aproximaban a altas velocidades.
- El final del divisor central entre las aproximaciones 1 y 2 (Av. Alcântara Machado, sentido centro-periferia), combinado con la ausencia de mediana después de la intersección, resultaba en entrelazamiento de vehículos con velocidades diferentes sobre el paso de peatones BC, aumentando el peligro de colisiones laterales y atropellamientos de peatones.

FIGURA 9.9
GEOMETRÍA INADECUADA COMO CAUSA DE ACCIDENTES



Fuente: CET

C - SEMÁFOROS

La intersección poseía semáforos para vehículos y para peatones (Figura 9.10). Se observó lo siguiente:

Vehículos

Cada una de las dos pistas de aproximación de la Av. Alcântara Machado tenía 6 carriles de tránsito de alta velocidad, controladas únicamente por 2 grupos de semáforos. Éstos se encontraban después del cruce y no disponían de pantallas negras o focos de alta intensidad.

Peatones

Sólo 3 de los siete puntos de cruce posibles estaban dotados de semáforos peatonales: AF, FC y CD. (La

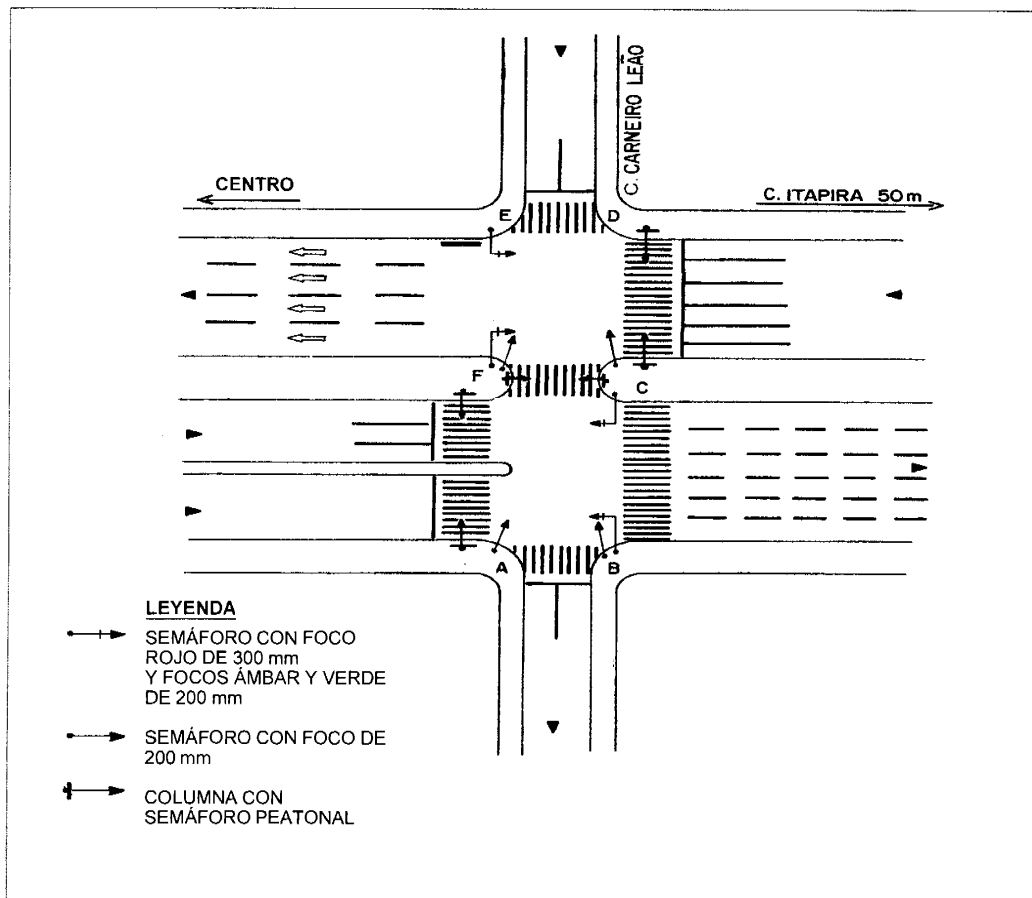
travesía y seguridad de los peatones se analizan más adelante).

Otros lugares

La intersección de la C. Carneiro Leão con la C. Visconde de Parnaíba tenía semáforos con un ciclo idéntico al de la Av. Alcântara Machado con la C. Carneiro Leão (Figura 9.5).

El cruce de peatones frente a la C. Itapira tenía semáforos con el mismo ciclo, pero con características diferentes.

FIGURA 9.10
SEÑALIZACIÓN POR SEMÁFORO
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

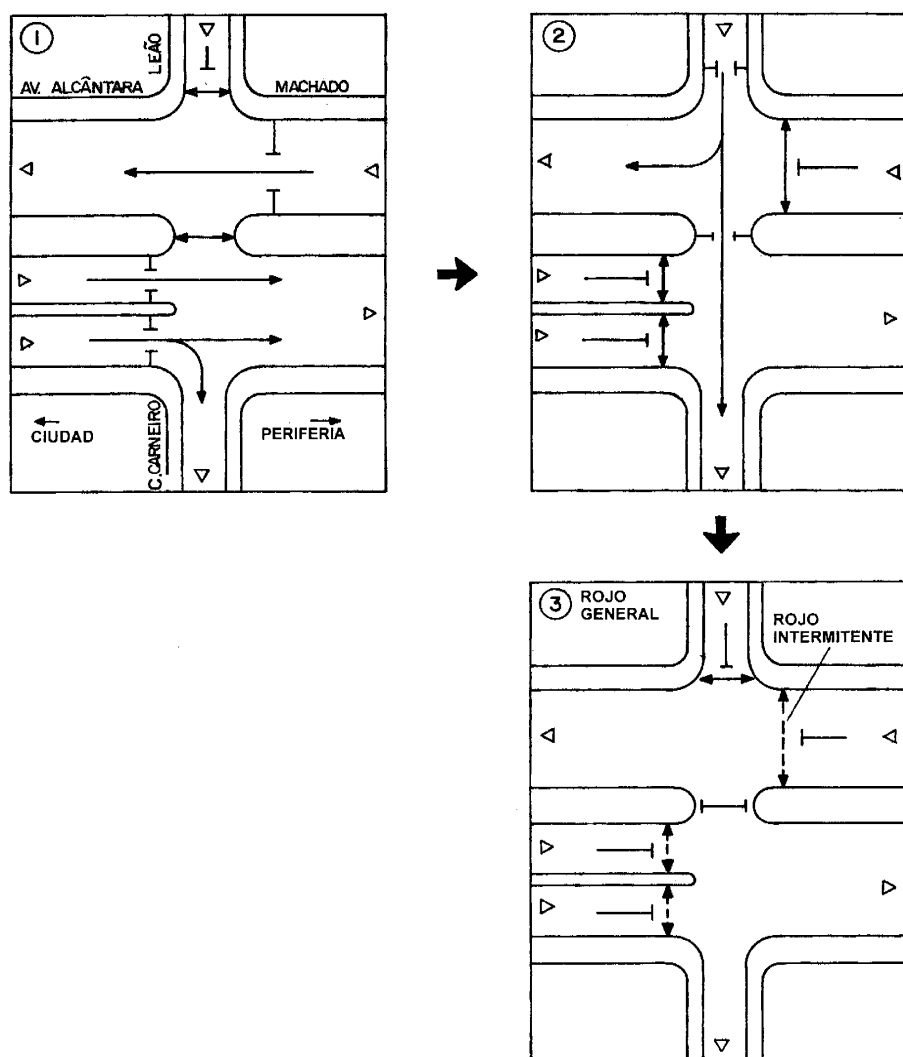
D - CICLO DE LOS SEMÁFOROS

Las características del ciclo de los semáforos se indican en las Figuras 9.11, 9.12 y 9.13.

Peatones (Figura 9.11)

En la C. Itapira, la travesía de la Av. Alcântara Machado era directa sin necesidad de parar en el divisor central. En la C. Carneiro Leão, la travesía de la Av. Alcântara Machado por el paso con semáforo siempre duraba más que un ciclo completo y podía durar casi dos ciclos, dependiendo del momento de la llegada del peatón al lugar en relación con las fases del ciclo. El tiempo del ciclo variaba entre 2 y 5 minutos, dependiendo del programa de utilización. El tiempo de travesía era siempre superior a 2 minutos y podía llegar hasta 8 ó 9 minutos.

FIGURA 9.11
CICLO DE LOS SEMÁFOROS



Fuente: CET

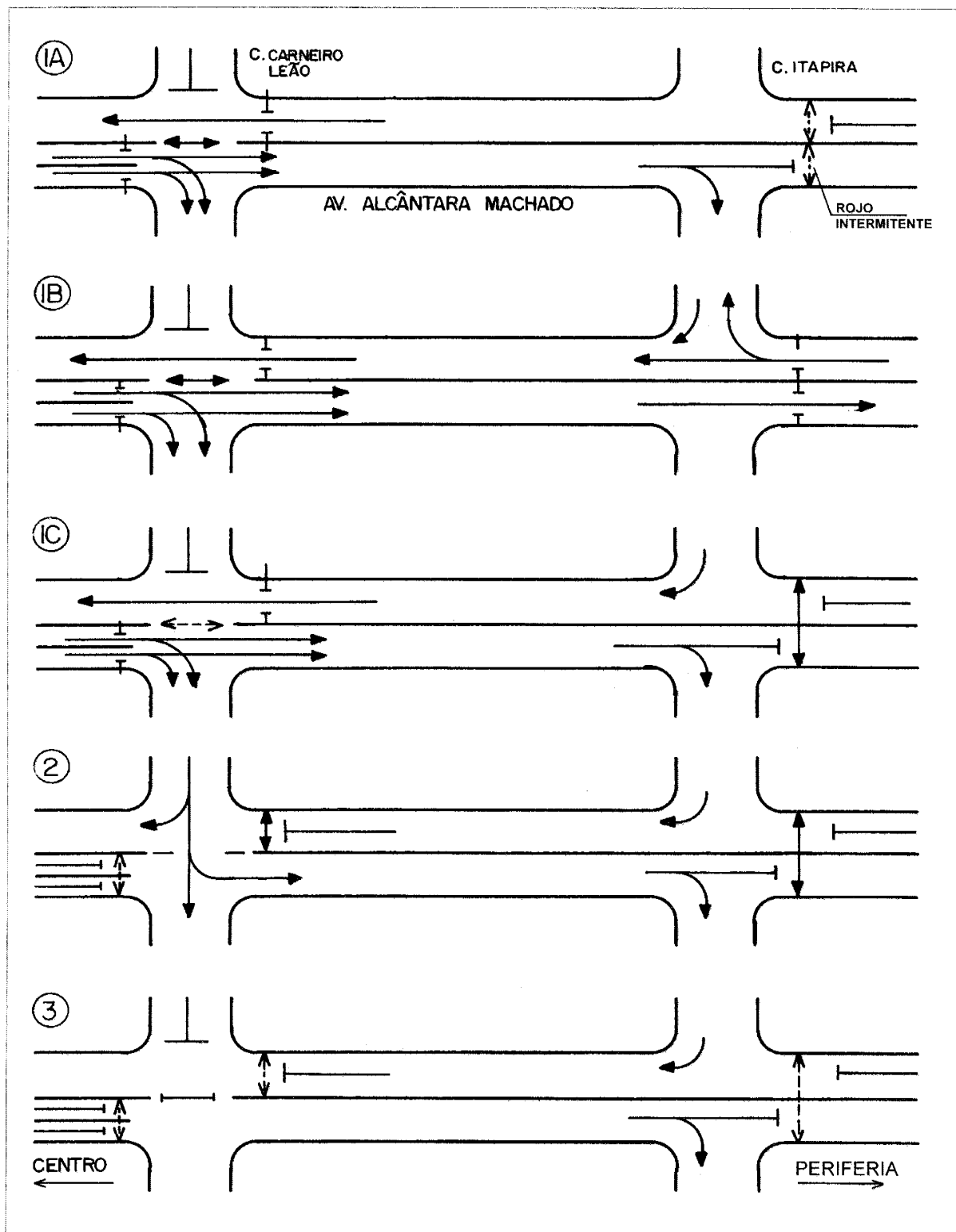
Vehículos (Figuras 9.12 y 9.13)

En la Av. de Alcântara Machado (sentido periferia-centro), el desfase del inicio de la fase en rojo entre la C. Itapira y la C. Carneiro Leão servía de incentivo para que los últimos conductores que pasaban por la intersección con la C. Itapira se dieran prisa para pasar también la C. Carneiro Leão antes de que pasase a rojo (Figura 9.12, secuencia 1B-1C-2).

Para los vehículos de la Av. Alcântara Machado (sentido centro-periferia) el desfase del inicio de la fase en verde entre la C. Carneiro Leão y la C. Itapira exigía una

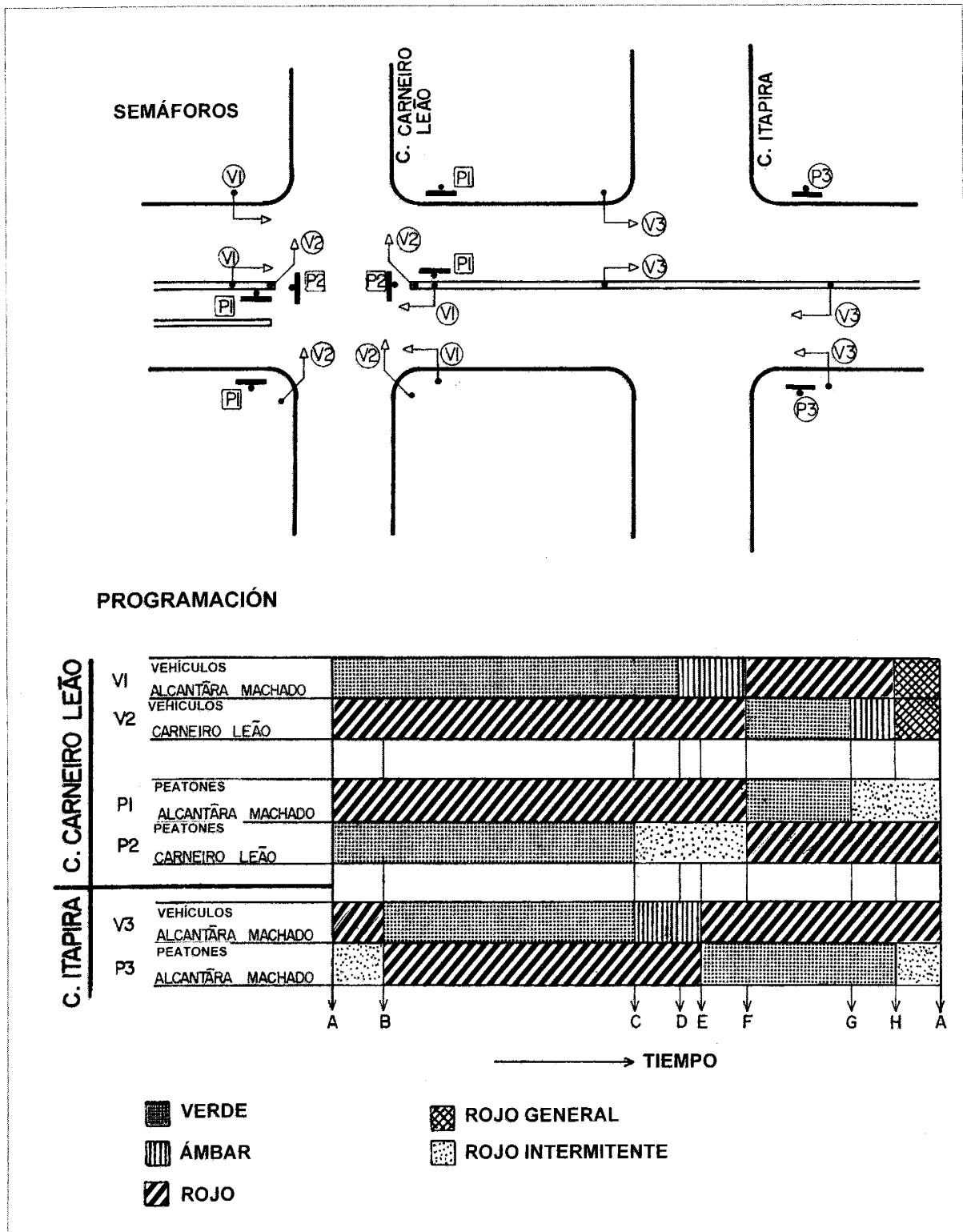
segunda parada, en la C. Itapira, para los primeros vehículos en pasar por la C. Carneiro Leão, especialmente cuando les precedía un gran volumen de vehículos procedentes de la C. Carneiro Leão que formaban una cola en la aproximación de la C. Itapira (Figura 9.12, secuencia 2-3-1A-1B). La Figura 9.13 presenta la programación de los semáforos.

FIGURA 9.12
CICLO DE LOS SEMÁFOROS
DIAGRAMA DE LAS FASES (CON LA CALLE ITAPIRA)
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

FIGURA 9.13
CICLO DE LOS SEMÁFOROS
PROGRAMACIÓN
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

E- SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

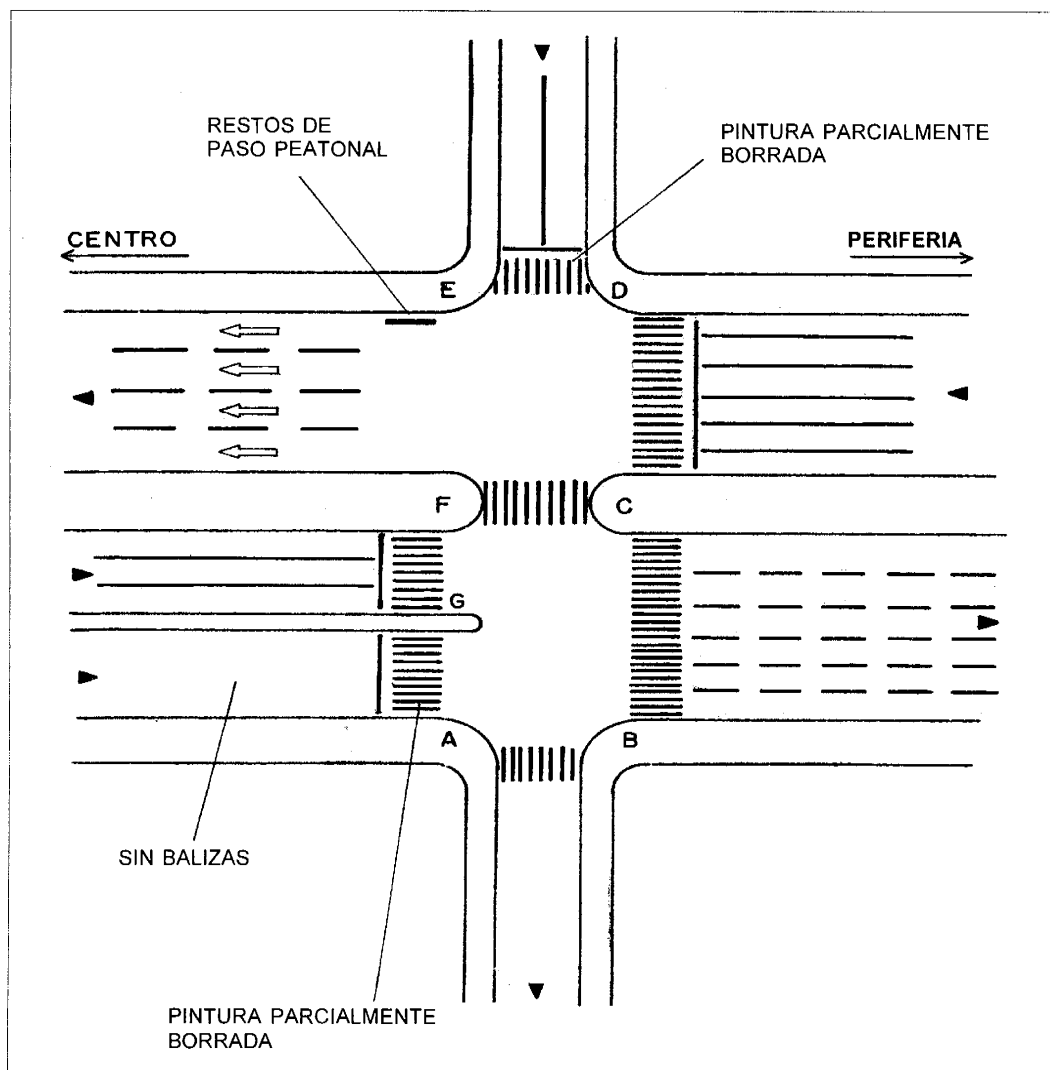
La señalización estaba compuesta de pintura blanca (ver Figura 9.14), siendo observados los siguientes factores:

- Pintura parcialmente desgastada en los dos pasos de peatones (AG y ED).
- Una aproximación sin demarcación de los carriles de tránsito (AG)
- Resto de paso de peatones (EF). La Figura 9.15 muestra el registro de la medida operacional que intentó borrar este paso el 27/07/79. Sin embargo, quedó la primera línea blanca cerca de la acera E, dando la

impresión a los peatones de que el paso sólo estaba fuera de uso temporalmente, por ejemplo por una obra.

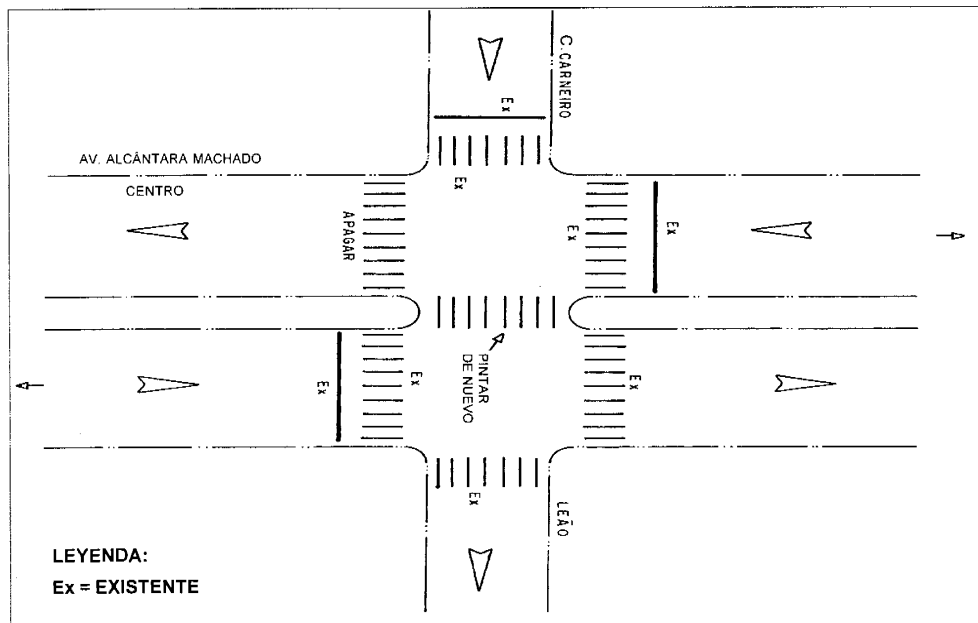
- En la Av. Alcântara Machado, vía periferia-centro, el balizamiento demarcaba 6 carriles de tránsito antes de la intersección y sólo 4 después de ella; 200 metros más adelante estos cuatro carriles se dividían, 2 subiendo hacia el viaducto sobre el río Tamanduateí y 2 convergiendo con una autopista.
- Este cambio de 6 a 4 carriles propiciaba el entrelazamiento de los vehículos en el área de cruce, entre CD y EF, creando riesgo de accidentes.

FIGURA 9.14
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

FIGURA 9.15
DISPOSICIÓN OPERACIONAL
AV. ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



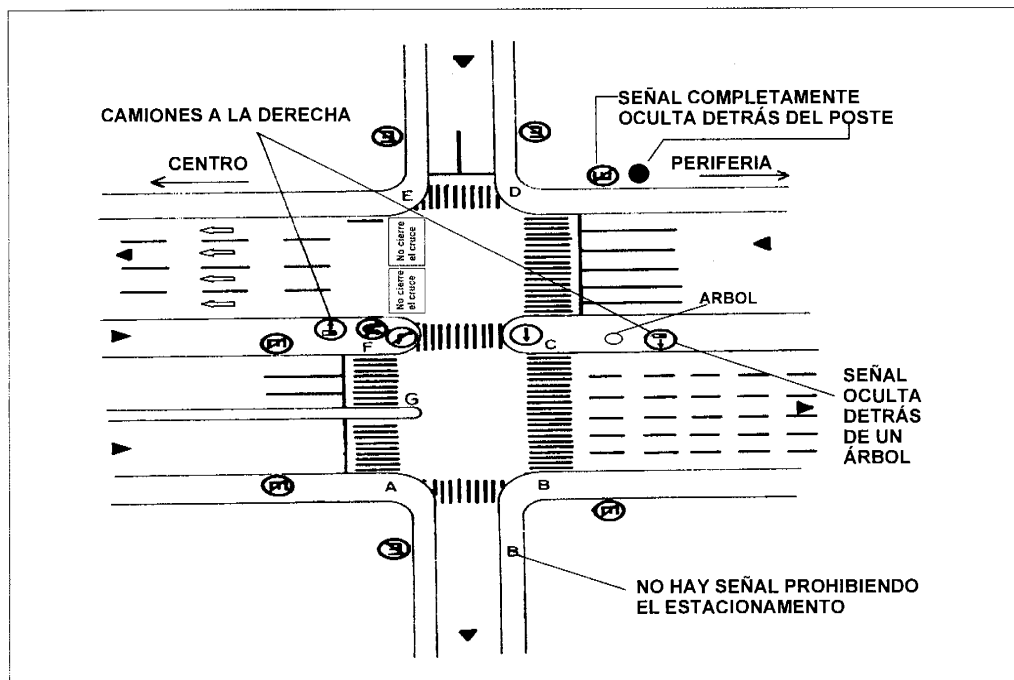
Fuente: CET

F - SEÑALIZACIÓN VERTICAL

La señalización vertical de la intersección era del tipo convencional (Figura 9.16). Se hicieron las siguientes observaciones:

- El estacionamiento en la C. Carneiro Leão, acera B, no estaba prohibido por la señalización.
- La señal de "PROHIBIDO ESTACIONAR", en la Av. Alcântara Machado, en la aproximación periferia-centro, estaba completamente escondida tras un poste.

FIGURA 9.16
SEÑALIZACIÓN VERTICAL
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

G - VISIBILIDAD

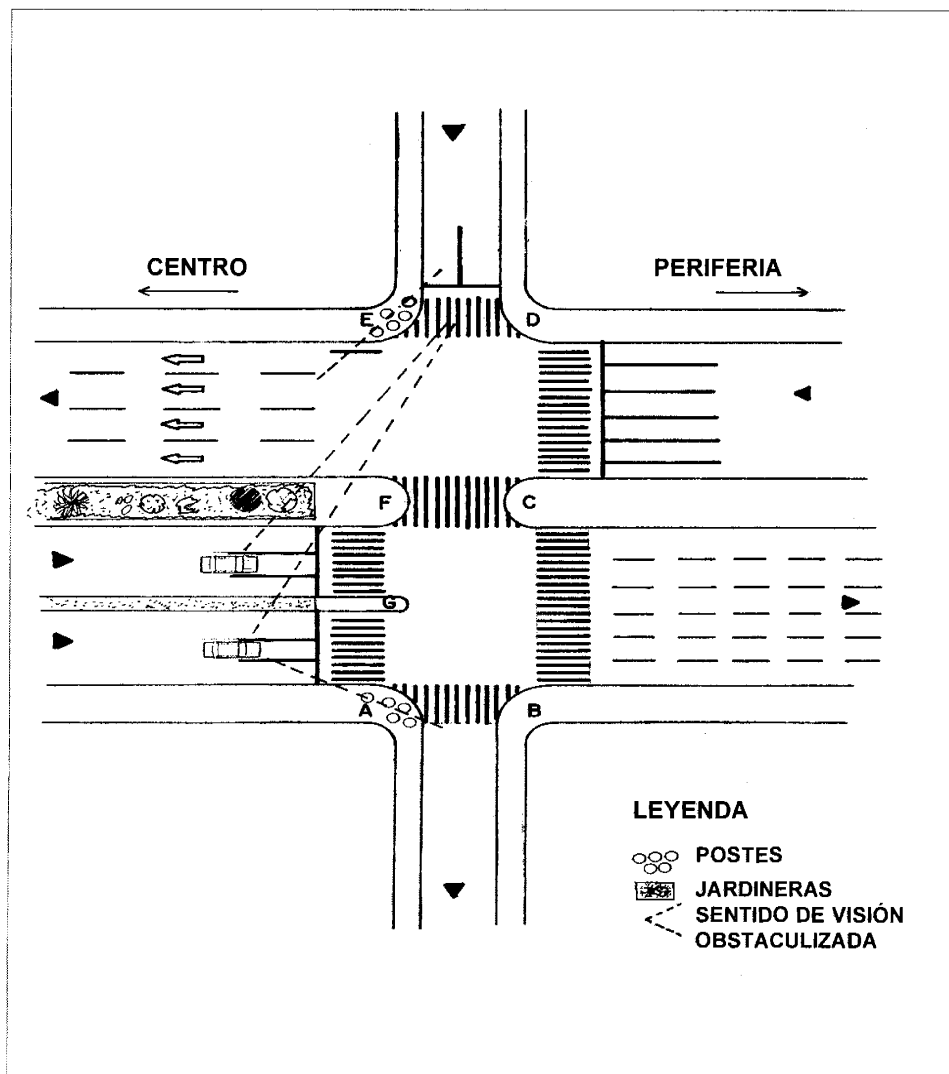
Según muestra la Figura 9.17, la visión del paso de peatones AB por los conductores de vehículos en la aproximación AG, que podían girar a la derecha, estaba dificultada por la presencia de postes de luz y de otras instalaciones en la esquina.

El mismo problema, de forma menos grave, existía en el caso de la visión de la Av. Alcântara Machado,

sentido periferia-centro, para los conductores de vehículos en la aproximación de la C. Carneiro Leão (ED-EF).

Las jardineras en las medianas reducían el impacto visual de la llegada de la intersección para los conductores de vehículos que se aproximaban por la Av. Alcântara Machado, sentido centro-periferia.

FIGURA 9.17
VISIBILIDAD
AV. ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO

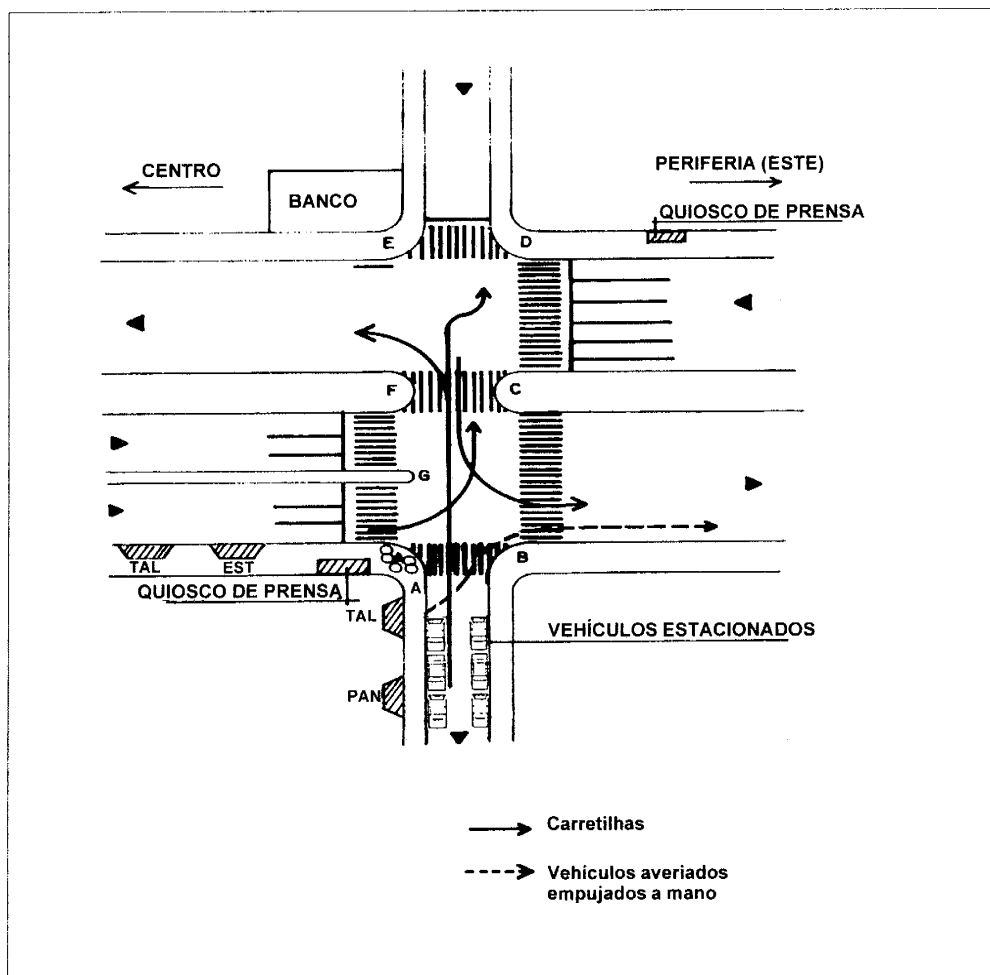


Fuente: CET

H - USO DEL SUELO

- Había vehículos que se detenían al lado de dos quioscos de prensa en las aproximaciones de la Av. de Alcântara Machado, en los dos sentidos y muy cerca de los pasos de peatones. Además de resultar peligrosos debido a las altas velocidades de los vehículos en general, en el caso del punto A, los vehículos parados obstruían aún más la visión del paso de peatones AB en la C. Carneiro Leão.
- El taller de automóviles de la C. Carneiro Leão era una fuente de movimientos peligrosos de vehículos, en el carril contrario y en la Av. Alcântara Machado entre otros, muchas veces empujados a mano (vehículos averiados).
- La panadería de la C. Carneiro Leão generaba estacionamiento irregular (lado oeste) y regular (lado este), interrumpiendo el flujo de vehículos que entraba en la C. Carneiro Leão. Esto causaba colas en la Av. Alcântara Machado, provocando paradas repentinas de los vehículos que giraban a la derecha en la Av. Alcântara Machado. También había conductores que, pasándose la panadería, se detenían y retrocedían para estacionar.
- Había gran movimiento de carretillas, frecuentemente a contramano del tránsito, en conflicto con los vehículos automotores debido a la diferencia de velocidad.

FIGURA 9.18
USO DEL SUELO
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

I - COMPORTAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

Comportamiento habitual

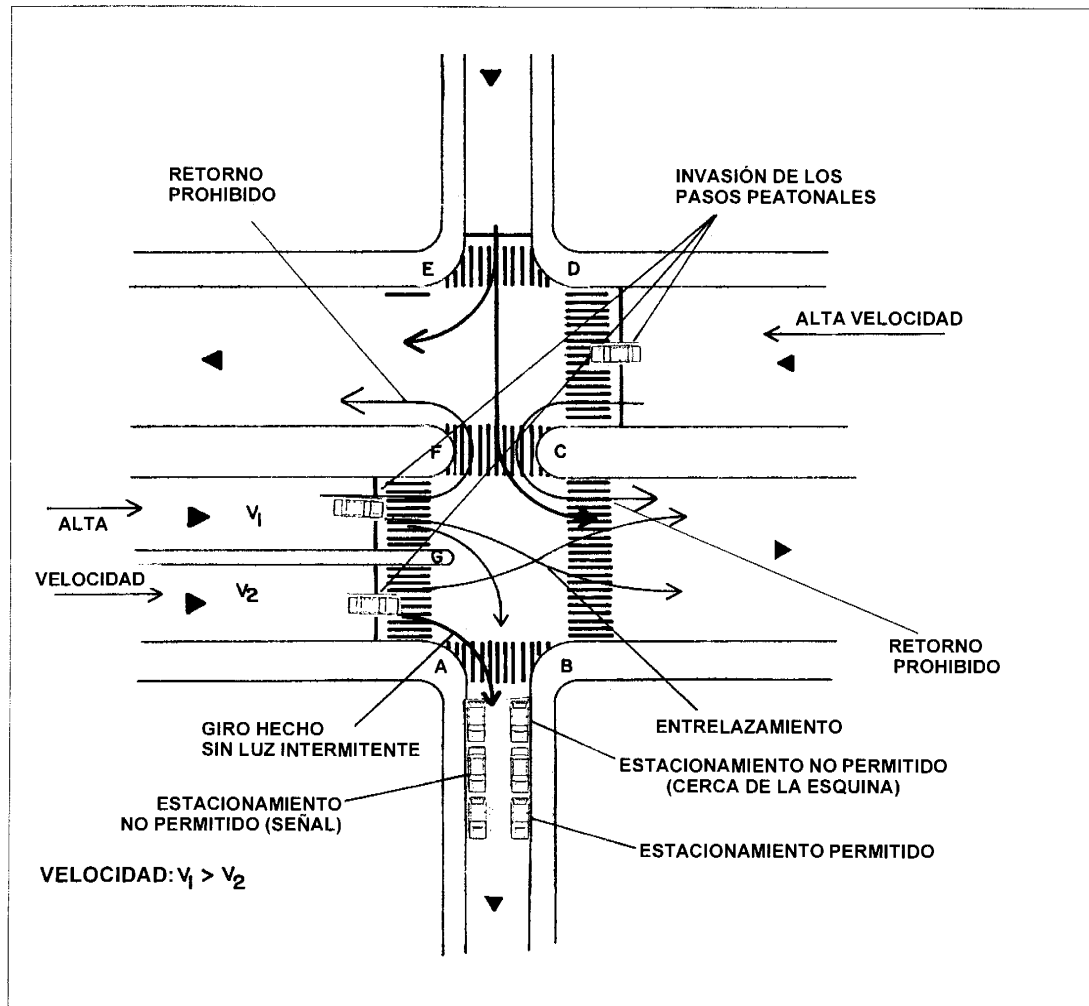
Alta velocidad en las aproximaciones AG, GF y CD de la Av. Alcântara Machado. Invasión de los pasos de peatones durante su fase en verde. Velocidad de aproximación GF mayor que en AG. Entrelazamiento de vehículos en el paso de peatones BC. Estacionamiento a ambos lados de la C. Carneiro Leão (sur). Muchos giros a la derecha de la Av. Alcântara Machado hacia la C. Carneiro Leão (norte) sin señalización intermitente o cualquier otra.

Comportamiento con baja frecuencia

Cambios de sentidos en la Av. Alcântara Machado. Giros a la derecha de GF hacia AB durante la fase en verde de la Av. Alcântara Machado. Desobediencia del semáforo en la Av. de Alcântara Machado en el inicio de la fase en rojo.

En una serie de inspecciones de 1 a 2 horas de duración, todos estos comportamientos fueron observados al menos una vez en cada inspección.

FIGURA 9.19
COMPORTAMIENTO DE LOS CONDUCTORES
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO

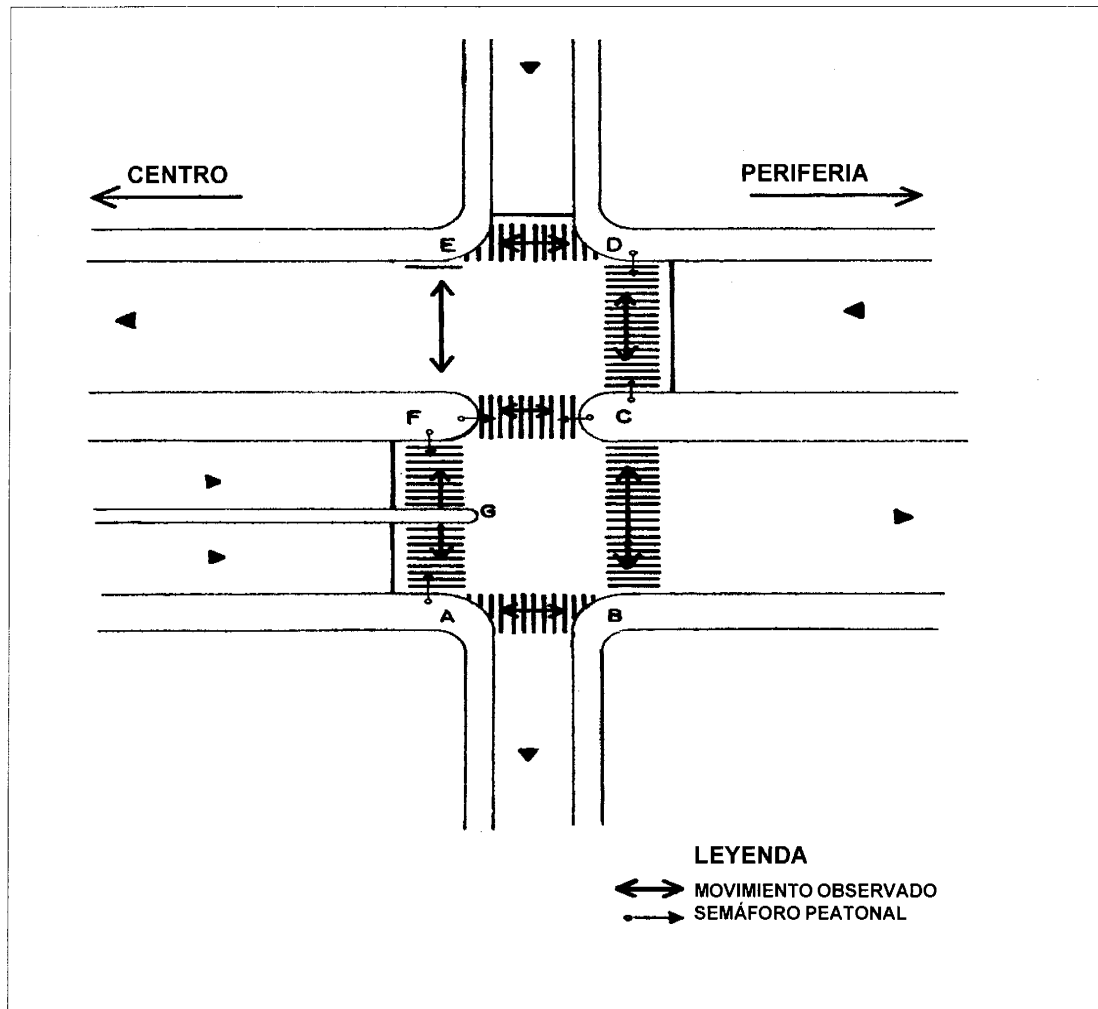


Fuente: CET

J - COMPORTAMIENTO DE LOS PEATONES

- Todos los pasos eran utilizados, inclusive el paso EF, que poseía una sola línea. El paso CF, parte del trayecto de semáforos A-F-C-D (y vice-versa), era poco utilizado: los peatones preferían cruzar la avenida por trayectos más directos: A-F-E o D-C-B y después ED o BA.
- Los peatones cruzaban el paso AB, sin semáforo, muchas veces sin prestar atención al tránsito. A veces, los peatones parecían no saber de donde venían los vehículos.
- Los peatones que utilizaban el paso BC (señalizado, pero sin semáforos para peatones) y el paso EF (no señalado), solían cruzar durante la fase en rojo para los vehículos de la Av. Alcântara Machado. Muchas veces no conseguían cruzar, o sólo lo conseguían corriendo, debido a los vehículos procedentes de la C. Carneiro Leão, que efectuaban giros a la derecha o a la izquierda.

FIGURA 9.20
COMPORTAMIENTO DE LOS PEATONES
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

Diagnóstico

A - CARACTERIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN

La intersección era la única intersección a nivel, con semáforo y con tránsito en la transversal, en un tramo de vía rápida (o semi-rápida) de 7 km. Merecía un patrón elevado de señalización, porque exigía un cambio muy grande y muy rápido en el comportamiento de los conductores en la Av. Alcântara Machado. Ocurre lo contrario: ausencia de señalización de advertencia y escasez de señalización luminosa (semáforos). En el sentido periferia-centro, la relación entre las programaciones de los semáforos de la C. Itapira y de la C. Carneiro Leão invitaba al aumento de velocidad en la aproximación de la Av. Alcântara Machado.

Había una gran diferencia entre los volúmenes de vehículos en las dos vías de la intersección, entre las velocidades de aproximación y entre el ancho de las vías. Proliferaban los giros a la izquierda y a la derecha entre los vehículos procedentes de la vía secundaria (C. Carneiro Leão) hacia la vía principal (Av. Alcântara Machado). También había muchos giros a la derecha de la Av. de Alcântara hacia la C. Carneiro Leão. Considerando además los movimientos de los peatones, la situación requería una señalización bien definida y clara para los peatones, que destacara los puntos de paso de peatones y que fuese elaborada teniendo en cuenta los puntos de conflicto entre peatones y vehículos. En esta época, había mucha confusión en la señalización peatonal, con una mezcla de pasos con semáforo peatonal, pasos sin semáforo de vehículos, pasos sin ninguna fase protegida y travesías sin paso, en el trayecto de mayor demanda.

B - CONDICIONES PARA LOS CONDUCTORES

Aproximación 2 de la Conexión Este-Oeste

No había ninguna advertencia de la inminencia de la intersección para los conductores que llegaban de la Conexión Este-Oeste y que no conocían bien el área (Figura 9.5). Visualmente, las líneas de construcción, las medianas, el tendido eléctrico y la red aérea de trolebús creaban la impresión de que no había ninguna intersección. Debido al divisor central que dividía las dos aproximaciones, sentido centro-periferia, sólo uno de los grupos de semáforos era visible y sólo se hacían los dos bien visibles muy cerca de la intersección. Además, la suciedad de los focos, la baja intensidad y la ausencia de pantalla negra contra los reflejos solares debilitaban la visibilidad de estos semáforos.

El giro a la derecha hacia la C. Carneiro Leão, aparentemente permitido por la señalización, era altamente peligroso, porque creaba conflictos con los vehículos que llegaban por el otro viaducto, junto al paseo. Estos vehículos sólo resultaban visibles una vez adentrados en la intersección, pasada la jardinera. Según la señalización, este giro sólo podía realizarse durante la fase en verde para ese flujo paralelo de vehículos y los conductores, al efectuar este giro, encontraban peatones cruzando la C. Carneiro Leão, en un paso de peatones sin semáforo.

Los dos flujos paralelos que llegaban por los dos viaductos se aproximaban con velocidades diferentes, siendo la Conexión Este-Oeste el más rápido. Por la geometría de la intersección, el entrelazamiento podía comenzar en el área de cruce, mientras que los vehículos aún mantenían velocidades diferentes, lo cual creaba una situación peligrosa en términos de posibles colisiones laterales.

Aproximación 1 del Viaducto de la Av. Exterior

Esta aproximación tenía algunas características en común con la aproximación anterior y funcionaba como ella (Figura 9.5). Había también falta de visibilidad de los transeúntes desde el carril donde se hacía el giro a la derecha. Esto creaba una situación de conflicto especialmente peligrosa, habida cuenta que el paso peatonal no estaba controlado por semáforos.

Aproximación 4 de la Zona Este

Esta aproximación de la Av. Alcântara Machado también se caracterizaba por la escasez de semáforos, además de otros factores adicionales. A 50 m antes de la intersección, en la C. Itapira, había un paso de peatones con el mismo problema de semáforos y sin apertura en el divisor central. A 50 m después, en la propia intersección con la C. Carneiro Leão, había la misma señalización por semáforo y horizontal, lo que disminuía su percepción por parte de los conductores.

La programación del semáforo en la C. Itapira respecto a la de la C. Carneiro Leão invitaba a intentar pasar rápidamente hacia la intersección con la C. Carneiro Leão, antes del inicio de la fase en rojo, desfasada respecto a la de la C. Itapira. Se observaba que muchos conductores alcanzaban una velocidad tal que les era imposible disminuirla adecuadamente en el inicio de la fase en rojo, teniendo que frenar violentamente o pasándose el semáforo en rojo. La primera de estas situaciones provocaba frecuentemente colisiones traseras y la segunda, colisiones laterales con los vehículos de la C. Carneiro Leão. Según el diagrama de accidentes esta situación era la más común en la intersección.

Aproximación 3 por la C. Carneiro Leão

No había problemas. La señalización era buena (tanto los semáforos, la horizontal como la vertical de orientación), la velocidad de aproximación baja y la visibilidad buena.

Sin embargo, las tres posibles salidas de la intersección tenían pasos para peatones no controlados por semáforos, aunque fuesen visibles algunos semáforos peatonales en los demás pasos. El conductor podía pensar que todos los pasos estaban controlados (o al menos aquellos con paso pintado) y no estar atento a la presencia de peatones.

C - CONDICIONES PARA LOS PEATONES

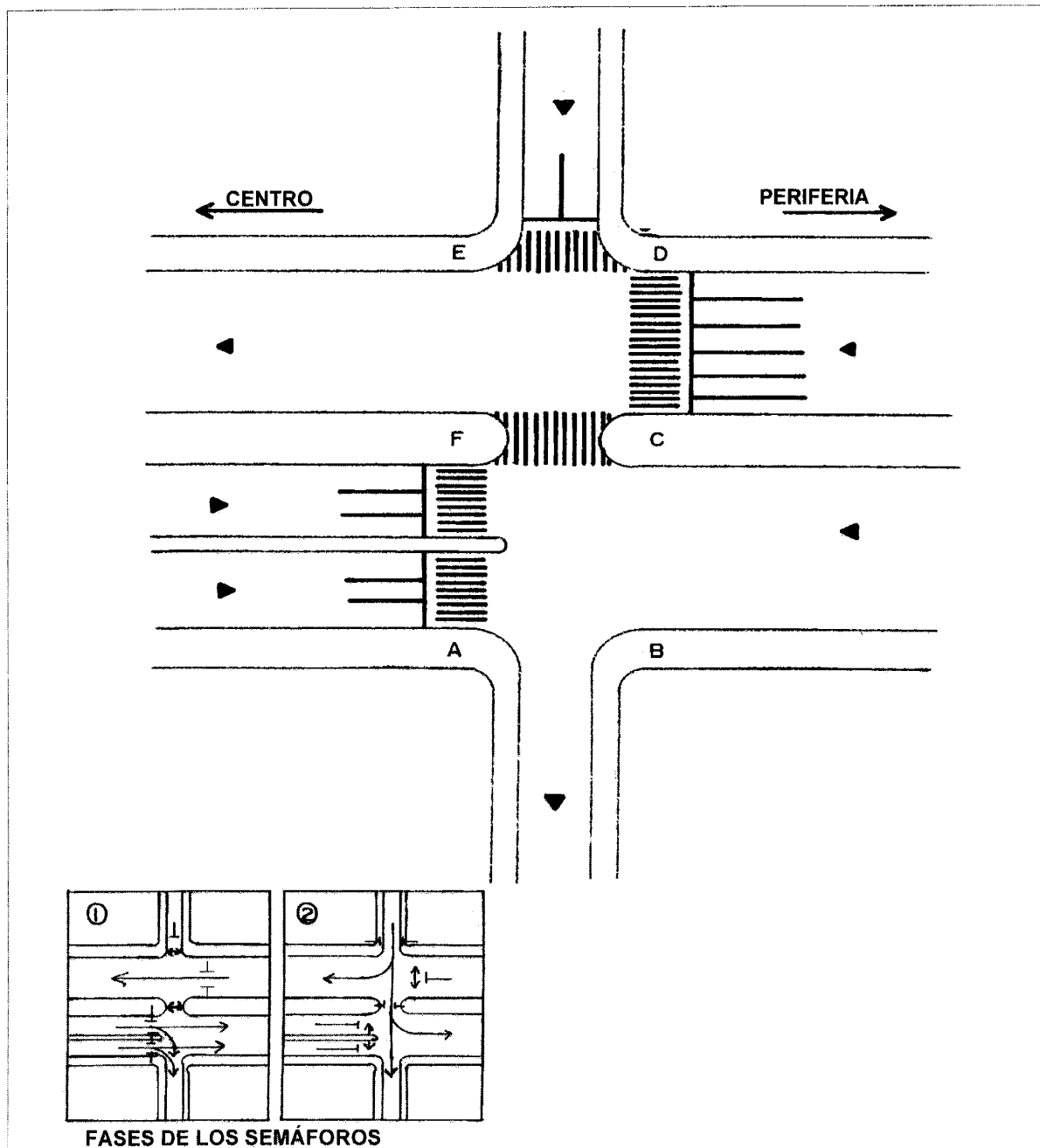
La programación de los semáforos en la intersección no incluía ninguna disposición especial para los peatones. El resultado era que, aunque el lugar estaba dotado de muchos pasos de peatones y de semáforos peatonales, las condiciones de la travesía eran precarias como se podrá comprobar a continuación.

Paso protegido

“Paso protegido” es un tramo donde todos los flujos de vehículos se detienen con semáforo en rojo por un lapso de tiempo suficiente para que los peatones puedan cruzar andando a una velocidad normal. La intersección poseía cuatro pasos de este tipo (Figura 9.21): tres aproximaciones para vehículos más el prolongamiento de las dos medianas. Utilizando sólo estos pasos, el camino entre A

y E (el de mayor demanda) se componía de cuatro pasos (AF-FC-CD-DE), en vez del camino directo con dos pasos AFE. Se tardaba en cruzar por los cuatro pasos hasta dos ciclos de semáforo completos, lo cual en las horas pico significaba cerca de nueve minutos, un plazo excesivo desde todos los patrones. En términos de paso protegido, el punto B estaba aislado del resto de la intersección.

FIGURA 9.21
PASOS PROTEGIDOS EN LA SITUACIÓN ORIGINAL
AVENIDA ALCÁNTARA MACHADO x RUA CARNEIRO LEÃO



Ausencia de estandarización

- AF, FC, DC eran pasos protegidos con paso pintado y con semáforo peatonal.
- DE era un paso protegido con paso pintado pero sin semáforo peatonal.
- AB y BC eran pasos no protegidos pero con paso pintado.
- EF era un paso no protegido, sin paso pintado pero con restos de un paso mal borrado.

El resultado era una confusión para los peatones. Por ejemplo:

- ¿EF era o no era un paso?
- BC parecía, pero no lo era, una continuación del paso DC, que era paso protegido y con semáforo peatonal. Al contrario, había vehículos circulando para quienes cruzaban en la dirección DB.
- Para los peatones que querían cruzar en el sentido BD, no había ningún momento sin circulación de vehículos.

Problemas adicionales

El paso AB de la C. Carneiro Leão estaba al principio de un tramo de sentido único, al salir de la intersección. No había señalización de advertencia para los peatones indicando el sentido único ni avisando de la dirección del tránsito con el que entrarían en conflicto al cruzar la calle.

Cincuenta metros más adelante, había un paso pintado y un semáforo peatonal que posibilitaba la travesía directa de la Av. Alcântara Machado sin ningún conflicto con vehículos.

En resumen, no había disposiciones completas para la travesía de peatones dentro de la programación de los semáforos. Además, la señalización para peatones existente era bastante confusa y podía colocar a peatones y vehículos en situaciones de conflicto.

D - OTROS USUARIOS

La programación de los semáforos era inadecuada para las necesidades de las carretillas de mano que constituían un flujo pequeño pero constante, de baja velocidad, que cruzaba la Av. Alcântara Machado.

Propuestas de mejoras

A - AUMENTAR LA VISIBILIDAD DE LA INTERSECCIÓN

Señalización por semáforo

Para destacar mejor la intersección para el elevado flujo de vehículos a altas velocidades en la Av. Alcântara Machado, se sugirieron las siguientes medidas:

- utilización de focos de alta intensidad;
- colocación de semáforos repetidores (de refuerzo) antes y después del área de cruce, en los dos sentidos;
- utilización de pantallas negras en los semáforos principales (Figura 9.22);
- colocación de repetidores en el cruce junto a la C. Itapira.

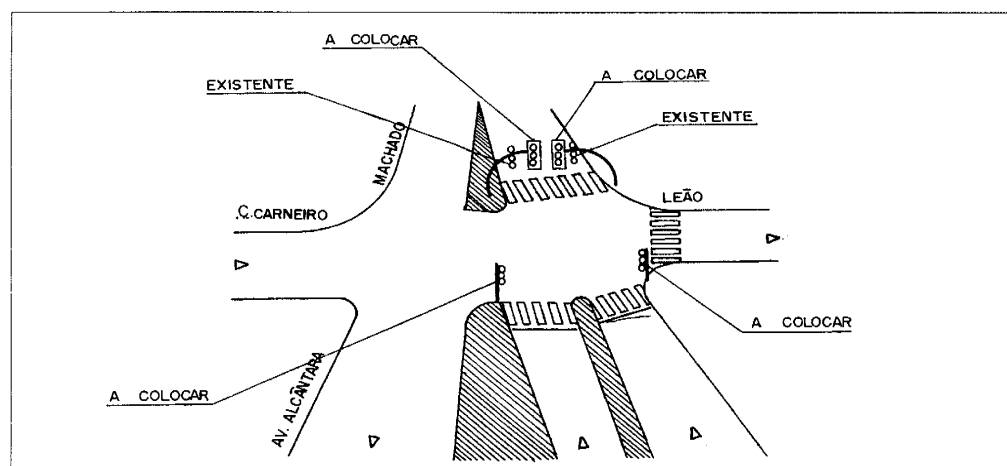
Pintura de la pista

Pintar "SEMÁFORO A X METROS" u otra advertencia en los carriles de salida de los dos viaductos del río Tamanduateí, a 200, 100 y 50 m antes de la intersección.

Señalización vertical

Colocar placas de advertencia (p. e., "DESPACIO", "CRUCE PELIGROSO") como a 300, 200 y 100 m antes de la intersección, a ambos lados del viaducto, en la continuación de la Conexión Este-Oeste y también en la aproximación paralela. Colocación del mismo tipo de placa en el sentido periferia-centro antes de la C. Itapira, y entre la C. Itapira y la C. Carneiro Leão.

FIGURA 9.22
PROPUESTAS PARA LA SEÑALIZACIÓN POR SEMÁFORO
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

B - DISMINUIR EL COMPORTAMIENTO NO DESEABLE DE LOS CONDUCTORES

- Eliminar o reducir el desfase entre las programaciones de los semáforos de la C. Itapira y de la C. Carneiro Leão.
- Modificar las medianas para dificultar los cambios de sentido prohibidos y para evitar: (i) la necesidad de un pequeño cambio de dirección por parte de los conductores procedentes de la Conexión Este-Oeste (Figura 9.23) y (ii) el peligroso giro a la derecha hacia la C. Carneiro Leão.
- Cambiar de lugar los quioscos de prensa.
- Pintar las líneas amarillas junto a los bordillos para evitar el estacionamiento de vehículos próximo a las esquinas, especialmente en la C. Carneiro Leão - Sur.

C - VISIBILIDAD

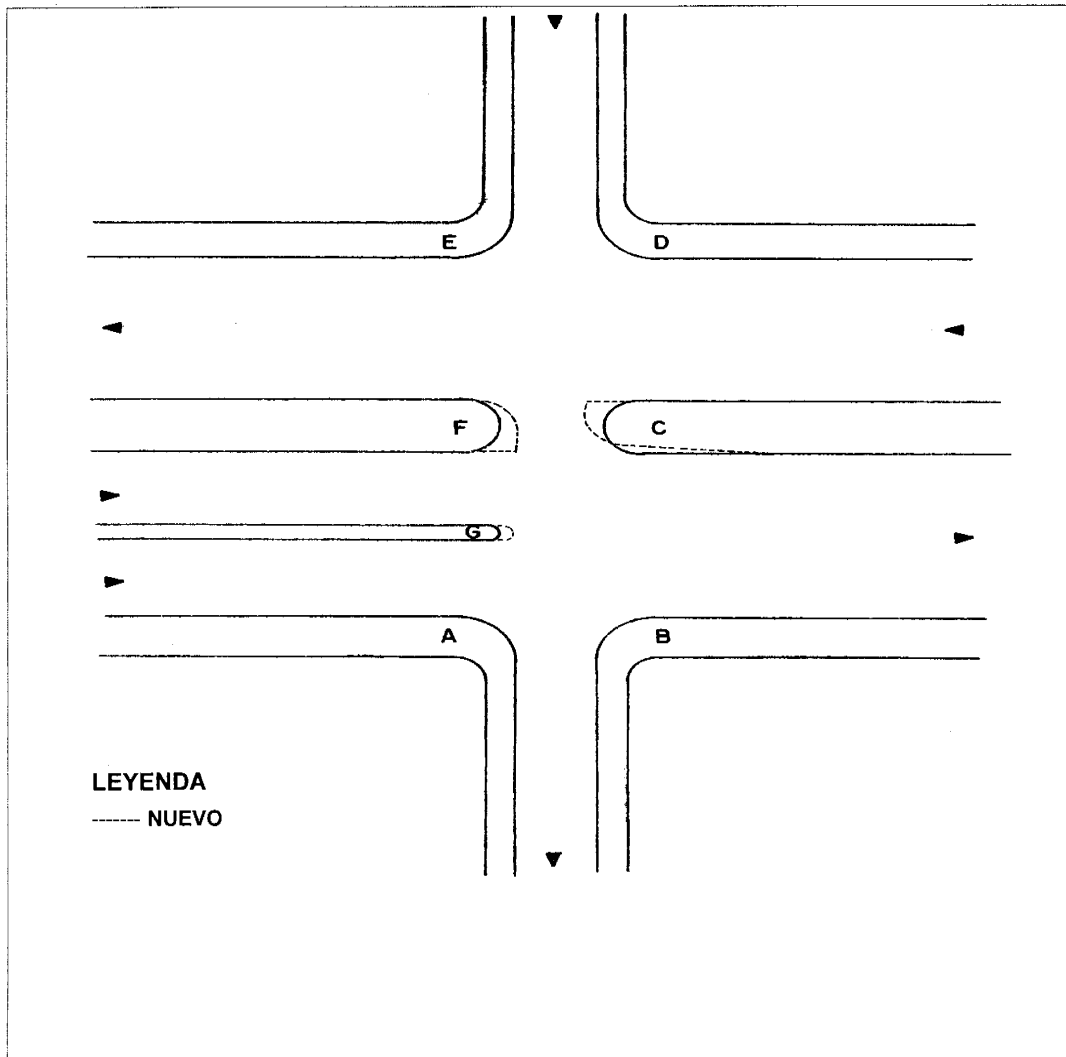
Si fuera posible:

- cambiar la posición de los postes en los puntos A y E, ya que perjudican la visibilidad de la transversal.
- rebajar o modificar las jardineras de las medianas, en las aproximaciones centro-periferia.

D - TRAVESÍA DE PEATONES

- Se propone que sean utilizados pasos pintados peatonales solamente donde haya paso protegido y que todos los pasos sean equipados con semáforos.
- se propone, por consiguiente, que todas las esquinas y medianas de la intersección estén conectadas por pasos peatonales con semáforos.

FIGURA 9.23
MODIFICACIÓN PROPUESTA: GEOMETRÍA
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

Fueron elaboradas 3 alternativas posibles para alcanzar estos objetivos.

Alternativa 1 (Figura 9.24)

REFUERZO DEL ESQUEMA EXISTENTE + CREACIÓN DE PASO PROTEGIDO ENTRE AB

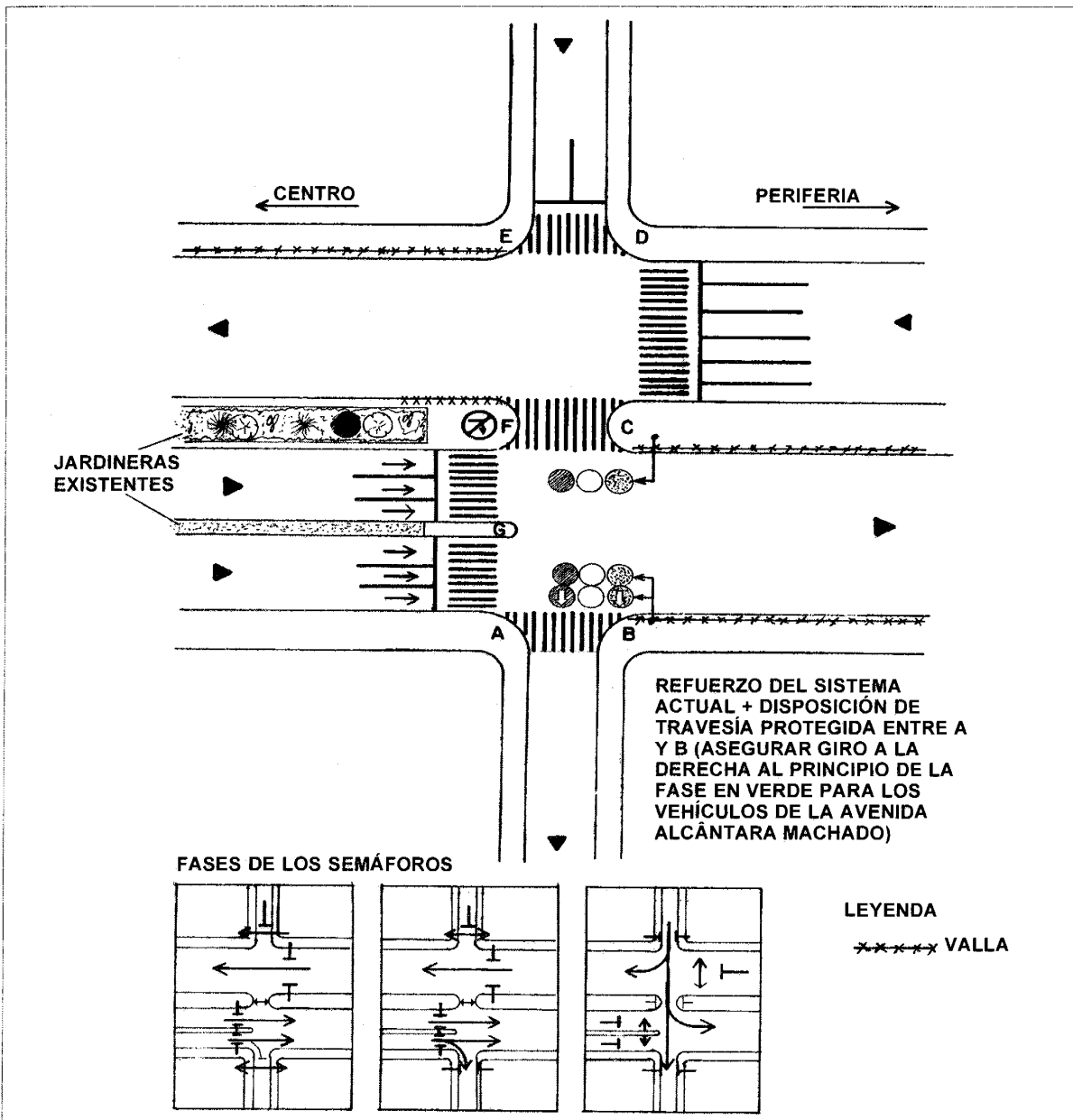
Esta alternativa representa el menor cambio necesario para completar una red de pasos peatonales protegidos.

- Eliminar el paso BC.
- Eliminar el resto del paso EF.

- Modificar la señalización por semáforo para dejar tiempo al paso protegido en los sentidos AB y BA al principio de la fase en verde para vehículos en la Av. Alcântara Machado.
- Prohibir el giro a la derecha de FG (Av. Alcântara Machado) hacia AB (C. Carneiro Leão).
- Colocar vallas para evitar las travessías BC y EF.

Esta alternativa no resuelve el problema de la espera en la traviesa de la Av. Alcântara Machado y tampoco elimina las travessías peligrosas efectuadas por los caminos más deseados (AE y BD).

FIGURA 9.24
ALTERNATIVA I
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

Alternativa II (Figura 9.25)

MODIFICACIÓN DEL ESQUEMA EXISTENTE PARA AUMENTAR LAS OPCIONES DE PASO PROTEGIDO Y REDUCIR EL TIEMPO REQUERIDO

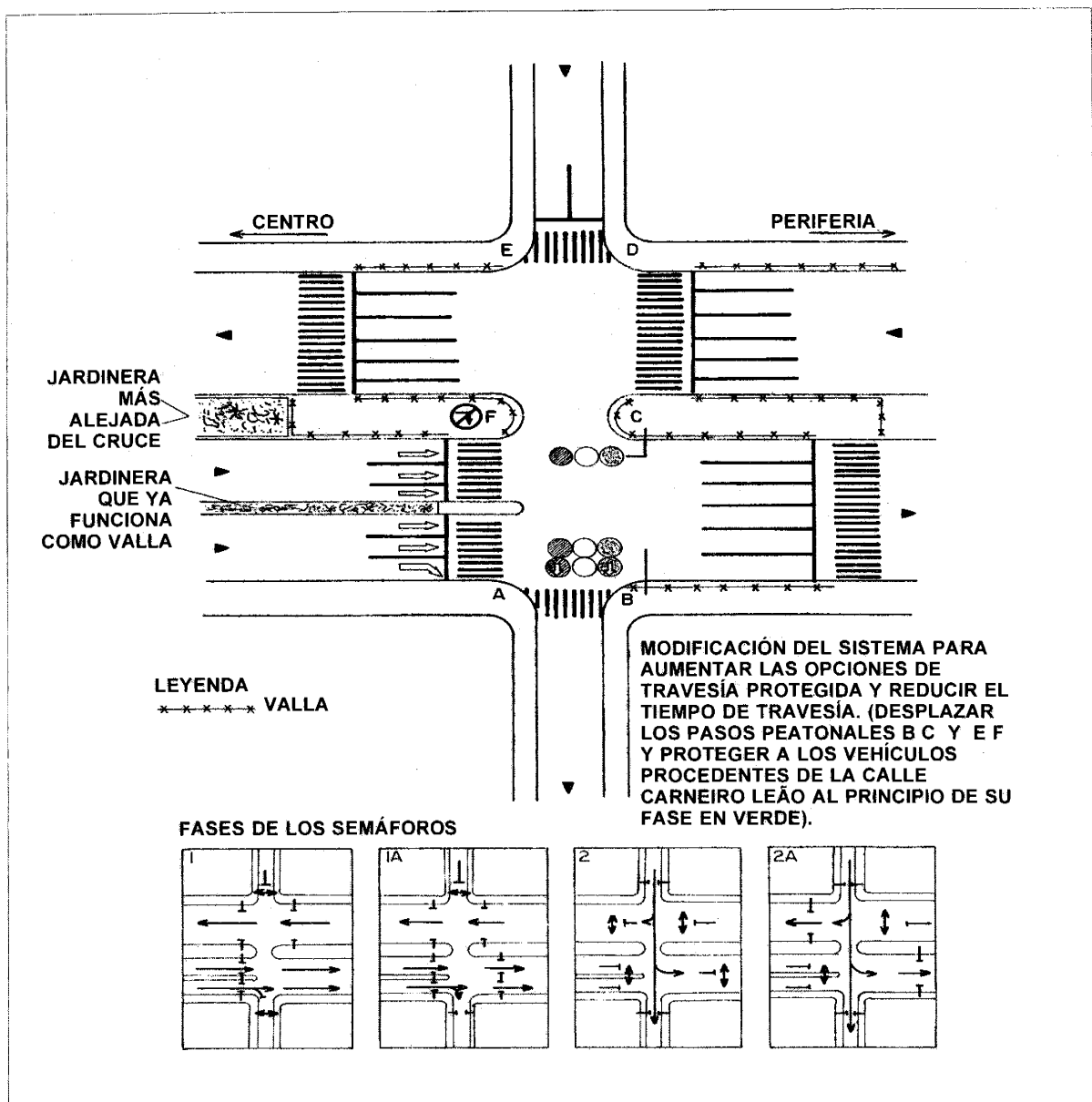
Esta alternativa aumenta las opciones para los peatones alejando los pasos peatonales para permitir las travessías BC y EF al principio de la fase en verde para los vehículos en la C. Carneiro Leão.

- Esquema idéntico al de la Alternativa I para la travesía AB y para la prohibición del giro a la derecha.
- Desplazamiento de los pasos BC y EF y eliminación del antiguo paso BC y de los restos del antiguo paso EF.

- Colocación de vallas para evitar la travesía fuera de los pasos peatonales. Para conseguir esto, también sería necesario eliminar el paso FC, que tampoco tendría función dentro de esta alternativa.

La travesía de la Av. Alcântara Machado podría ser efectuada dentro de un solo ciclo de semáforos con esta alternativa, y por los trayectos más solicitados, con el desvío necesario debido a la nueva ubicación de los pasos. Sin embargo perjudicaría la fluidez del tránsito procedente de la C. Carneiro Leão.

FIGURA 9.25
ALTERNATIVA II
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

Alternativa III (Figuras 9.26 y 9.27)

NUEVO ESQUEMA INTEGRADO CON LA C. ITAPIRA

Esta alternativa abarca el cambio del sistema de circulación de tránsito por los siguientes motivos:

- Evitar el tránsito que cruza con la Av. Alcântara Machado justo después de la bajada de los dos viaductos en el sentido periferia-centro, para reducir accidentes vehículo-vehículo.
- No perjudicar la fluidez del tránsito.
- Mantener el objetivo de travesía únicamente donde haya paso protegido.

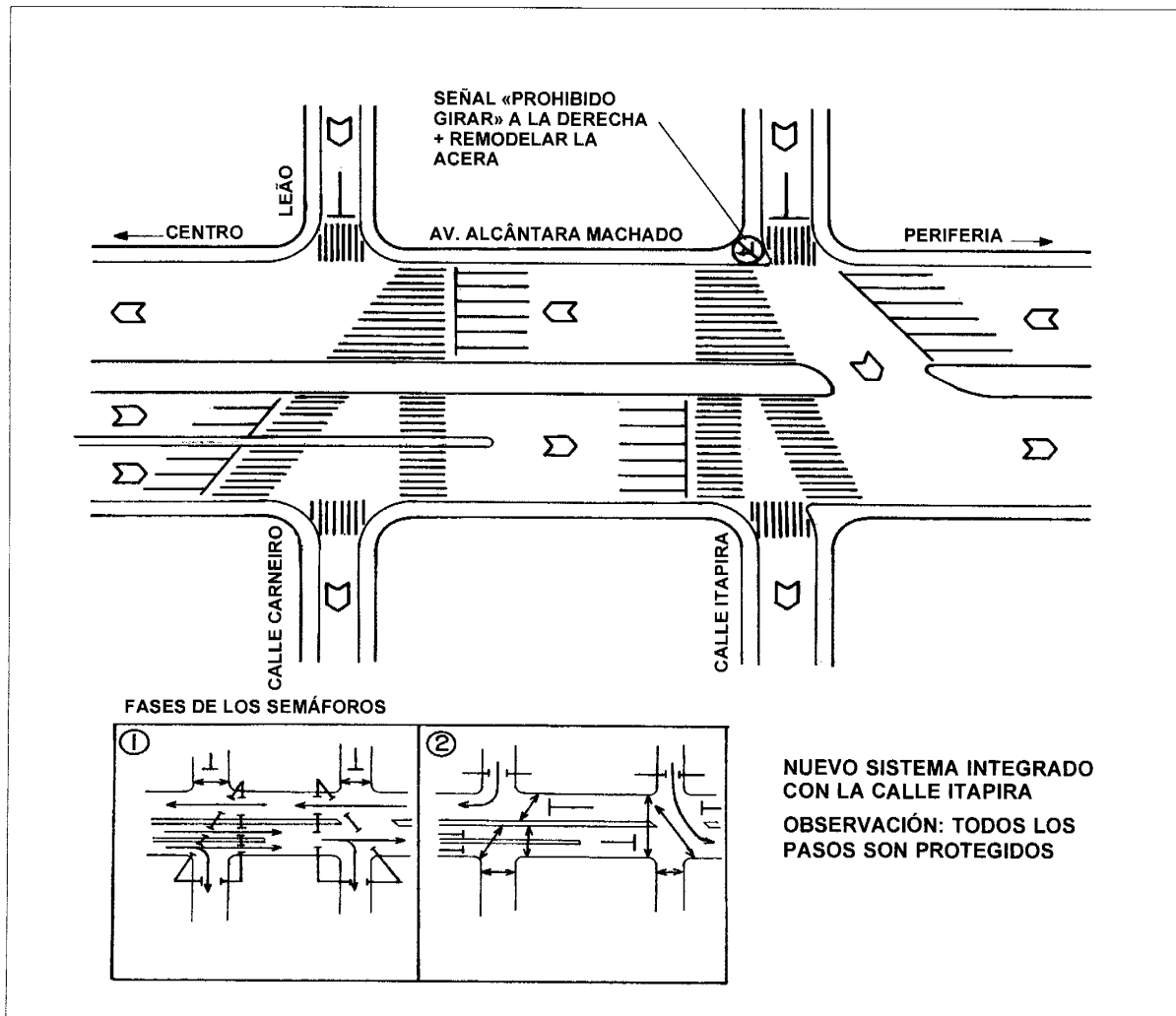
Resumen del esquema:

- Modificar la circulación en la C. Visconde Parnaíba.
- Cerrar el divisor central de la C. Carneiro Leão.
- Abrir el divisor central para los giros a la izquierda de la C. Itapira (norte).

- Prohibir el giro a la derecha de la C. Itapira (norte) mediante señal y modificaciones de la acera.
- Ampliar el divisor central entre las dos aproximaciones paralelas, para evitar los peligrosos giros a la derecha de la Conexión Este-Oeste hacia la C. Carneiro Leão, y para evitar el entrelazamiento de vehículos en el paso de peatones.
- Modificar los pasos de peatones en las dos intersecciones.
- Colocar vallas para evitar la travesía fuera de los pasos peatonales.
- Modificar los semáforos según las necesidades del esquema.

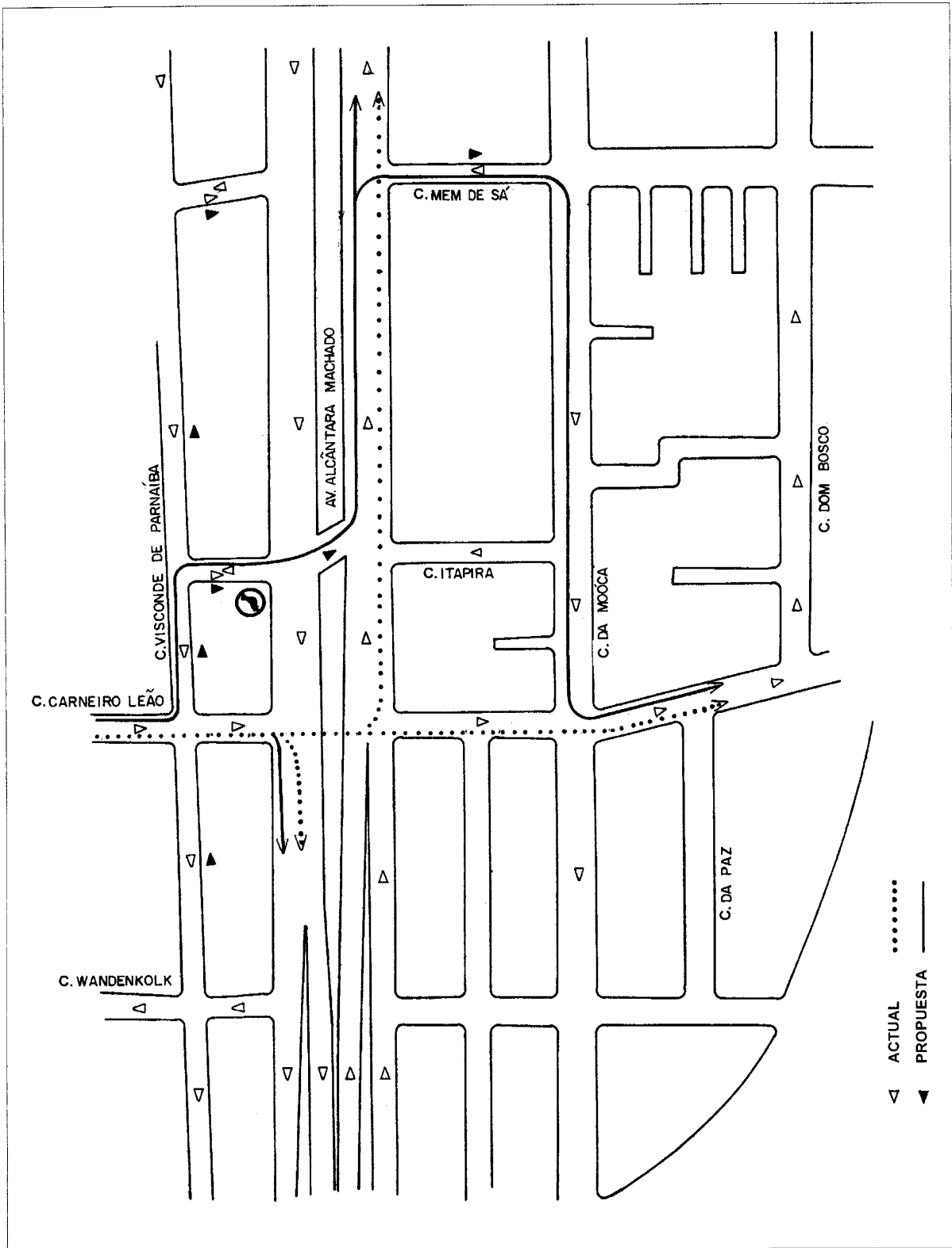
Esta alternativa provee pasos peatonales protegidos para todos los posibles caminos, directa o indirectamente, sin demoras y también elimina o separa los flujos de vehículos en conflicto, sin necesidad de modificar el ciclo de los semáforos y sin perjudicar la fluidez del tránsito.

FIGURA 9.26
ALTERNATIVA III
AVENIDA ALCÂNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO



Fuente: CET

FIGURA 9.27
ALTERNATIVA III
CAMBIO DE CIRCULACIÓN



Fuente: CET

Esta alternativa tiene la desventaja de sustituir una travesía directa existente en la Av. Alcântara Machado por una indirecta, en la C. Itapira, pero, en compensación, las travesías de la C. Itapira norte y sur se convierten en de pasos protegidos.

La mejor alternativa es la III, seguida por la II y, por último la I.

Otras alternativas consideradas

- Desplazamiento del paso AB para la travesía de la C. Carneiro Leão

No sería viable debido a las entradas del taller y del estacionamiento, que no permiten la colocación de las vallas necesarias.

- Cambio de sentido en la C. da Figueira para poder cerrar el divisor central de la Av. Alcântara Machado en el cruce con la C. Carneiro Leão.

Sería difícil o imposible, debido al bajo gálibo del viaducto en este punto, y debido a la dificultad de entrelazamiento con el flujo de alta velocidad del tránsito procedente del viaducto de la Av. Exterior (véase Figura 9.5).

- Construcción de una pasarela sobre la Av. Alcântara Machado

Sería una solución parcial porque los trayectos preferidos por los peatones para cruzar la Av. Alcântara Machado, a la altura de la C. Carneiro Leão y a la altura de la C. Itapira, son distintos y no convergen.

E – RECOMENDACIONES HECHAS EN LA ÉPOCA DEL ESTUDIO

- La implantación de la Alternativa III, con el fin de reducir los accidentes vehículo-vehículo y vehículo-peatón, sin perjudicar la fluidez del tránsito y, en general, mejorando las condiciones de travesía de los peatones.

- Independientemente de la implantación de esta alternativa, fueron recomendadas medidas correctoras para destacar la intersección, modificar el comportamiento no deseable de los conductores y mejorar la visibilidad.

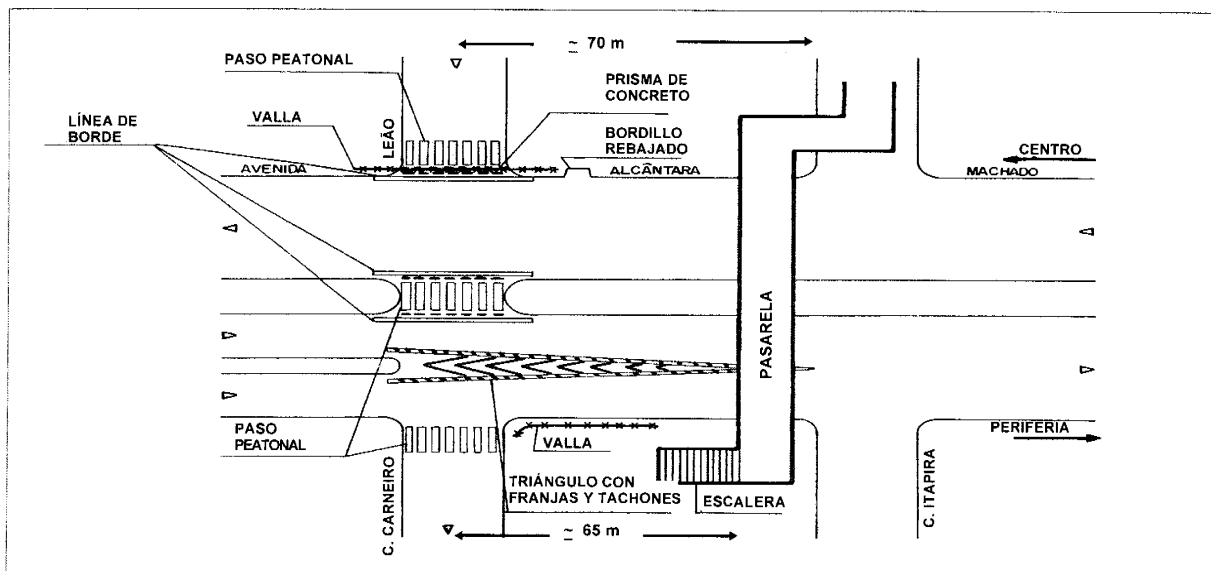
F – ALTERACIONES EFECTUADAS POSTERIORMENTE EN EL LUGAR

En la época del estudio, en el inicio de la década de los ochenta, no fue efectuada ninguna modificación en el lugar, puesto que el responsable de la toma de decisiones no le dio prioridad al proyecto propuesto (Alternativa III). Años después, en 1985, se construyó una pasarela peatonal a la altura de la C. Itapira, eliminando el paso peatonal y los semáforos. Más tarde, se implantó, a la altura de la C. Carneiro Leão, el proyecto presentado en la Figura 9.28.

Este proyecto contiene las siguientes modificaciones:

- eliminación de la intersección de la Av. Alcântara Machado con la C. Carneiro Leão mediante el cierre del divisor central con prismas de concreto, sin borrar el paso paralelo al divisor central y pintando una línea de borde;
- cierre de la C. Carneiro Leão, lado norte, mediante prismas de concreto, valla cadena metálica y línea de borde;
- eliminación de la señalización por semáforo;
- eliminación de los pasos peatonales de la Av. Alcântara Machado;
- pintar triángulo con franjas angulares reforzado por tachones para evitar maniobras irregulares;
- implantación de una valla de cadena metálica en la Av. Alcântara Machado, lado sur, entre la C. Carneiro Leão y el acceso a la pasarela;
- alteraciones en la circulación en el área de influencia de la intersección con el fin de crear rutas alternativas para los movimientos de vehículos eliminados por el proyecto.

FIGURA 9.28
ALTERACIONES EFECTUADAS EN EL LUGAR



Fuente: CET

Impactos de las alteraciones

Para ilustrar los impactos del proyecto implantado, se compararon los índices de accidentes del año 1979 (antes de la implantación) con los del año 1986 (después de la implantación). Véase la Tabla 9.8.

Antes de analizar estos resultados cabe hacer algunas observaciones:

- entre 1979 y 1986, la policía cambió su política de registro de accidentes sin víctimas, dejando de registrar muchos de ellos; por consiguiente, la reducción de 79% puede resultar exagerada. No hubo cambios respecto al registro de los accidentes con víctimas y los atropellamientos cuyos datos resultan fiables para ambos años.
- no fue posible analizar los posibles efectos de transferencia de accidentes a otros lugares en función de los desvíos creados por el proyecto. Se supone que los vehículos fueron desviados hacia intersecciones menos problemáticas, pero es posible que éstas hayan tenido un aumento de accidentes después de los desvíos.

Teniendo esto en cuenta, resulta evidente que el proyecto redujo drásticamente los accidentes de vehículos con víctimas (62%) como consecuencia directa de la eliminación de flujos vehículos en conflictos ortogonales y de semáforos desfasados. Sin embargo, no se redujeron los atropellamientos en la Calle Carneiro Leão (9 por año). Habida cuenta la eliminación de todos los pasos peatonales en la Av. Alcântara Machado, se supuso que todos los peatones habían de usar la pasarela. Sin embargo, esta está ubicada a unos 65 m de la C. Carneiro Leão y fuera del trayecto deseado por los peatones que cruzan a la altura de la C. Carneiro Leão. El resultado, observado en una inspección, es que los peatones siguen cruzando en la intersección, en condiciones extremadamente peligrosas puesto que ya no hay semáforos.

Por otra parte, casi todos los peatones que hoy en día cruzan la avenida en las proximidades de la C. Itapira utilizan la pasarela, aunque no haya ningún obstáculo físico que impida la travesía a nivel, bajo la pasarela. En este punto ya casi no ocurren atropellamientos, a pesar de que anteriormente presentaba unos índices parecidos a los de la intersección con la C. Carneiro Leão. Sin embargo, en la C. Carneiro Leão no se implantaron vallas sistemáticamente, ni señales peatonales de advertencia o de educación, que son fundamentales en este tipo de situación.

Eficacia de la solución

El proyecto implantado resolvió los problemas concernientes a los movimientos de vehículos, pero no trató de forma adecuada la travesía de peatones por dos motivos principales:

- la ubicación de la pasarela no correspondía al trayecto deseado por los peatones, aunque resolviera perfectamente el problema de la travesía en el lugar donde se construyó.

- no se tomaron las disposiciones necesarias para impedir la travesía de peatones a la altura de la C. Carneiro Leão.

No se realizaron recuentos de flujos de vehículos y de peatones en 1979 y 1986, antes y después de la implantación del proyecto. Como la frecuencia de atropellamientos permaneció inalterada, no se sabe si el proyecto disminuyó la peligrosidad (en caso de aumento de los flujos) o aumentó la peligrosidad (en caso de disminución de los flujos). Ello realza la importancia de efectuar los recuentos.

Comentarios

La alternativa III podía haber sido implantada inmediatamente. Era técnicamente superior a las alternativas I y II, todas con costos semejantes y bajos. Contemplaba la seguridad de conductores y peatones, obligando a aquéllos a aguardar los segundos necesarios a la travesía protegida de éstos.

Las alteraciones efectuadas ilustran los fallos del entrenamiento de los cursos antiguos de ingeniería vial, que sólo daban prioridad a los flujos de vehículos. La "solución" eliminó el cruce, los semáforos y los caminos utilizados por los peatones, los cuales se ven obligados hoy en día a caminar 135 m adicionales y a subir una escalera para alcanzar sin peligro el punto deseado. Algunos podrían argumentar que los flujos de vehículos son más importantes, pero esto no justifica la ausencia de dispositivos físicos adecuados para evitar la travesía en el lugar que resulta más peligroso.

HISTORIAL DE LOS ACCIDENTES

Fuente: CET

TABLA 9.2
C. MAMORÉ x C. NEWTON PRADO
EVOLUCIÓN DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES ANTES DE
LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

MES	NÚMERO DE ACCIDENTES
Julio	—
Agosto	1
Septiembre	2
Octubre	3
Noviembre	4
Diciembre	2
TOTAL	12

Fuente: CET

TABLA 9.3
DISTRIBUCIÓN HORARIA Y POR DÍA DE LA SEMANA DE LOS
ACCIDENTES ANTES DE IMPLANTAR EL PROYECTO
CALLE MAMORÉ x CALLE NEWTON PRADO

HORA DÍA DE LA SEMANA	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	TOTAL
LU													○				1
MA											○						1
MI	○																1
JU			●			○	●		○		○						5
VI									○	○						○	3
SA																	-
DO						○											1
TOTAL	1	-	1	-	-	2	1	-	2	1	2	-	1	-	-	1	12

○ - SIN VÍCTIMAS
● - CON VÍCTIMAS

Fuente: CET

TABLA 9.4 - DISTRIBUCIÓN HORARIA Y POR DÍA DE LA SEMANA DE LOS ACCIDENTES -7/78 - 4/80
AVENIDA ALCÁNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO

HORA DÍA SEMANA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total	C/V	ATR.	
LU	●●						●			●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●				27	6	1
MA							●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●			37	5	2
MI	●						●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●			21	4	5
JU									●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			16	1		
VI	●						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		22	4	
SA	●●				●			●●			●●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●●		30	7	3
DO	●●	●●				●		●				△		●●	●●	●●		●●	●●					△		23	5	1
TOTAL	7	3			1	1	4	7	8	5	8	17	10	12	19	12	7	16	12	9	6	3	4	5	176			
C/V	3						2	2	1	2	1	2	2	4	5	1		1	1		1	3	1			32		
ATR	1						1	1	1			1	1		1		2				2		1				12	

LEYENDA: SIN VÍCTIMAS ● CON VÍCTIMAS ● ATRPELLAMIENTOS △

Fuente: CET

TABLA 9.5
ACCIDENTES REGISTRADOS
AVENIDA ALCÁNTARA MACHADO x CALLE CARNEIRO LEÃO

Situación	Tipo de accidente			
	C/V	S/V	ATR	TOTAL
c/AP, c/DA	18	70	3	91 (51%)
c/AP, s/DA	4	17	6	27 (15%)
s/AP	11	45	3	59 (33%)
TOTAL	33	132	12	177 (100%)

Fuente: CET

Nota:

c/ – con
s/ – sin

AP – Atestado Policial
DA – Diagrama de Accidente

TABLA 9.6
 HISTORIAL DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS
 AV. ALCÁNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO
 PERÍODO: 7/78 - 4/80
 TOTAL ACCIDENTES CV: 33 (18 CON INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA HACER CROQUIS)

Registro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Nº Alestado	3	11	19	25	29	41	49	49	58	61	62	69	70	71	74	77	83	85
Fecha	8/8/78	3/9/78	27/10/78	11/11/78	6/12/78	6/3/79	17/3/79	24/3/79	16/6/79	22/7/79	25/7/79	17/9/79	3/1/79	9/19/79	23/10/79	11/12/79	8/2/79	22/3/80
Día	Ju	Do	Vi	Sa	Mi	Ma	Sa	Sa	Sa	Do	Mi	Lu	Mi	Ma	Ma	Ma	Lu	Sa
Hora	09:25	15:30	11:45	21:40	06:50	14:40	13:30	18:30	19:30	13:10	08:30	13:35	12:05	12:25	06:50	21:05	22:20	07:00
Día/noche	d	d	d	n	d	d	b	n	d	d	d	d	d	d	d	n	n	d
Tiempo	b	b	n	b	b	b	b	ll	b	b	ll	ll	b	b	b	b	b	b
Estado de la calzada	s	s	s	m	s	-	s	m	s	s	m	m	s	s	s	s	s	s
Tipo de accidente	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV	CV
Vehículos	au x au	au x bus	au x au	au x au	au x au	au x au x au	au x au	au x au	au x au x bus	au x au x au	au x mo	au x au	au x au	au x mo	au x bus x bus	au x mo	au x cam	au
Croquis																		
Observaciones	Vehículo paró en sem. amarillo			Vehículo paró obedeciendo al sem.	Atrop. que terminó en colisión lateral	V1 y V2 frenaron en virtud del sem.	Punto de impacto de los daños en el Alest.		V1 esperaba el sem. verde. V2 empujó a V1 a través de la vía y V1 chocó lateralmente con V3	V1 entró en el cruce con sem. en rojo	Au esperaba sem. en verde	V2 se acercaba por el puente y cambió de camión hacia la dcha. siendo chocado lateralmente por V1 en Av. Al. Ma	Punto de impacto de los daños en el Alest.	V2 huyó	V2 esperando sem. en verde	V2 entró en el cruce con sem. en rojo. Conduct. menor de 16 años	Punto de impacto de los daños en el Alest.	

Fuente: CET

TABLA 9.7

ANÁLISIS DEL HISTORIAL DE LOS ACCIDENTES CON VÍCTIMAS
AV. ALCÁNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO

TOTAL ACCIDENTES CV: 33 (18 CON INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA HACER CROQUIS)

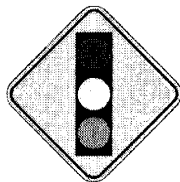
↓ ● ← 9										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2										↔ 2									
---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TABLA 9.8
ACCIDENTES ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO
AV. ALCÂNTARA MACHADO x C. CARNEIRO LEÃO

TIPO DE ACCIDENTES	1979	1986	REDUCCIÓN
S/V	106	22	79%*
C/V	21	8	62%
AT	9	9	0%
TOTAL	136	30	71%

Fuente: CET

* Probablemente sobrestimado



CAPÍTULO 10

TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN EXISTENTES

En este capítulo presentamos las técnicas de mayor utilización y probada eficacia en la reducción de accidentes, incluyendo, para cada una de ellas, una discusión de sus ventajas y desventajas. El abanico de técnicas descrito a continuación abarca desde pequeñas obras de fácil implantación y de bajo costo hasta proyectos que requiere inversiones medianas, como la instalación de semáforos en las intersecciones, complementados por señalización horizontal y vertical.

La elección de una u otra técnica depende del análisis y del diagnóstico de las causas de los accidentes ocurridos en el lugar y de los recursos disponibles para inversiones en la reducción de accidentes. Generalmente, para una intervención bien seleccionada y proyectada, la economía social obtenida es considerablemente mayor que los costos de implantación y mantenimiento de la intervención. Por "economía social" se entienden los gastos evitados con la reducción de los accidentes, incluyendo entre otros, los costos médicos y funerarios, las reparaciones de los vehículos, el tiempo de la policía y del sistema judicial y la pérdida de producción.

Es de suma importancia evaluar los proyectos implantados, para posibilitar tanto el perfeccionamiento de los programas de reducción de accidentes como la justificación de las inversiones.

Como los peatones son frecuentemente las víctimas de los accidentes, buena parte de las medidas descritas en este capítulo están orientadas a aumentar su seguridad. Estas medidas son doblemente importantes para personas que presentan limitaciones de movilidad, de audición o de visión¹. Se pueden perfeccionar las mejoras para atender aún mejor a estos grupos, rebajando la altura de los bordillos en los cruces (transformándolos en una rampa suave que se acomode a las sillas de ruedas), dotando a los semáforos de dispositivos sonoros e instalando, en cruces al final del paso peatonal, materiales diferentes (como ladrillos) para avisar a los peatones que está terminando el área peatonal e iniciándose el tránsito de vehículos – elemento especialmente importante para personas con deficiencias auditivas.

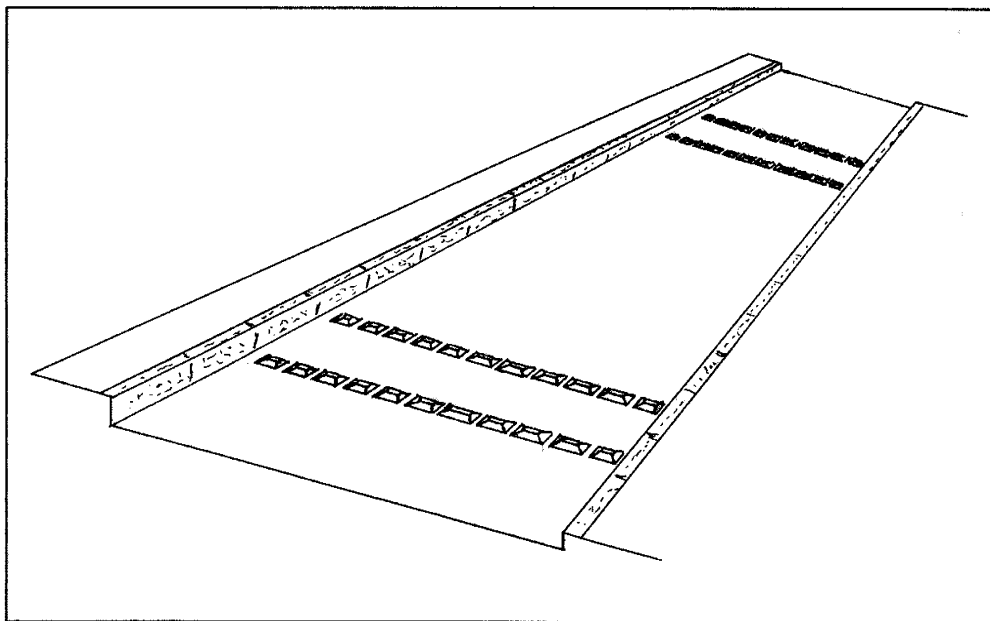
10.1 Reductores de velocidad

Las velocidades excesivas provocan muchos accidentes graves en áreas urbanas, destacándose los atropellamientos. Para minimizar este problema, han sido creados dispositivos que, una vez implantados en la vía, causan incomodidades cuando se pasan a alta velocidad.

Hileras de obstáculos transversales

Están formadas por tachones reflectantes e instaladas de forma continua en sentido transversal a la vía (ver Figura 10.1).

FIGURA 10.1
EJEMPLO DE HILERAS DE TACHONES



Los tachones deben ser aplicados principalmente en los casos en que, por razones de pragmatismo, economía o técnica (pendientes acentuadas, vías de alta velocidad, etc.), no es conveniente la implantación de obstáculos tipo lomo (que se verán más adelante). Las disposiciones utilizadas son variadas, habiendo hileras simples, dobles y triples, cuyo distanciamiento varía desde centímetros hasta decenas de metros. Las hileras poco distanciadas entre sí (alrededor de 0,70 m) se han revelado bastante eficientes, ya que además de actuar como obstáculos también presentan efectos de vibración y sonoridad.

Es necesaria una señalización eficiente para advertir de la presencia de los tachones y así evitar las frenadas bruscas de los conductores que se encuentran de repente sin previo aviso con los obstáculos.

Las evaluaciones de proyectos de tachones transversales implantados en São Paulo mostraron siempre una reducción de las velocidades medias de los vehículos entre 25 y 65% y una disminución del número de accidentes.

No obstante, estas mismas evaluaciones “antes” y “después” también mostraron que no hubo una reducción en las velocidades máximas registradas. Hubo incluso casos en los que éstas aumentaron. Este dispositivo es, por tanto, eficiente para disminuir las velocidades medias, pero no lo es para las máximas. Así, no se recomiendan los tachones en lugares en que crucen niños, por ejemplo.

En muchos casos, se constata que la velocidad media decrece drásticamente durante algunos días tras la implantación del dispositivo y que va recuperándose a medida que los conductores se acostumbran a los obstáculos. Aun así, la nueva velocidad media todavía se mantiene en niveles inferiores a aquéllos previos a la implantación de los tachones.

Esto ocurre porque los tachones causan menor incomodidad si se pasan a alta velocidad, sobre todo en los casos de hileras simples, haciendo que muchos conductores prefieran pasar los obstáculos a alta velocidad en lugar de reducirla hasta un nivel de comodidad a baja velocidad. Esta reacción puede ser peligrosa debido a las diferencias de comportamiento de los conductores: uno de ellos frena al llegar a los obstáculos mientras que el siguiente procura pasar los obstáculos a alta velocidad, creándose así un potencial de accidentes.

Por otra parte, la posibilidad de pasar los tachones transversales a alta velocidad, sin causar una pérdida de control del vehículo, permite el uso de este dispositivo en vías rápidas como reductor/señalizador de advertencia de la existencia de otros obstáculos del tipo lomo.

A continuación, se presentan algunas precauciones a tomar en la implantación de tachones:

- Los descuidos en la fijación o el uso de materiales inferiores resultan en tachones sueltos y rotos algún tiempo después de la implantación (Figura 10.2). Se debe proceder, por tanto, a un constante mantenimiento de dichos tachones, reponiendo rápidamente las piezas rotas y sueltas, pues de lo contrario se crean vacíos que permiten el libre paso de las ruedas de los vehículos entre los obstáculos, evitando las molestias ocasionadas por el tachón.

Las hileras dobles poco distantes entre sí pueden minimizar este problema, puesto que incluso saltándose un tachón, enseguida hay otro ejerciendo la función de reductor de velocidad.

- Los tachones deben ser retirados al reasfaltar las vías, aunque ello ocasione muchas roturas, y reimplantados después para no enterrarlos bajo el nuevo asfalto.

FIGURA 10.2
EJEMPLO DE LUGAR CON TACHONES ARRANCADOS O
DAÑADOS POR LOS VEHÍCULOS
AVENIDA SAPOPEMBA – SÃO PAULO



Un inconveniente que acarrear los obstáculos tipo tachón son el ruido y la vibración causados por los vehículos que pasan sobre ellos. En São Paulo, se han dado casos de reclamos y peticiones por parte de los vecinos para que fuesen retirados debido a este efecto negativo. Es aconsejable evitarlo alejando un poco estos dispositivos de las viviendas.

Lomos

Entre los dispositivos reductores de velocidad, los lomos se revelan los más eficaces, si están implantados con señalización de advertencia y el perfil adecuado. El lomo, al contrario que el tachón, reduce tanto la velocidad media

como la máxima. Al ser el grado de incomodidad proporcional a la velocidad, las velocidades elevadas desaparecen prácticamente tras la implantación del dispositivo.

Los lomos suelen estar reglamentados; en Brasil, el CONTRAN prevé la existencia de dos tipos de lomos: el tipo I, con una sección entre 0,80 y 1,40 m, y el tipo II, entre 2,60 y 3,70 m. Se regulan bastante rigurosamente los lugares en los que es factible la implantación de lomos. Se exigen, entre otros, los siguientes requisitos en una vía para colocar este tipo de obstáculo:

- ser vía urbana (no carretera);
- ser vía local o secundaria próxima a escuelas;
- tener una pendiente inferior a un 4,5%;
- tener volúmenes de tránsito inferiores o cercanos a los 600 vehículos/hora;
- no ser itinerario de vehículos comerciales.

No obstante, existen casos de vías de conexión, carreteras, itinerarios de vehículos de carga e incluso dentro de terminales de autobuses, donde este dispositivo ha sido implantado con eficiencia y seguridad.

En todos los casos se precisa una señalización de advertencia eficaz. En vías de alta velocidad, es imprescindible instalar tachones o sonorizadores para avisar a los conductores de que van a encontrarse este obstáculo más adelante y así evitar daños al vehículo o pérdida del control de la dirección.

Como ejemplo de lomos correctamente implantados citaremos el tramo de 1 km de la Carretera de Campo Limpo, una vía de conexión en São Paulo. En el comienzo de esta vía, se implantó un semáforo intermitente de advertencia, junto con una señal avisando “lomo en los próximos 1.000 m” en un lugar bien visible. Dicho conjunto de medidas alerta al conductor de la proximidad del dispositivo. En los tramos urbanos de la carretera Cuiabá-Porto Velho, se utilizaron señales de advertencia y sonorizadores con bastante éxito (GEIPOT, 1987).

El lomo de tipo I reduce la velocidad media a unos 10 o 20 km/h, con máximas alrededor de los 30 km/h. El del tipo II tiene medias entre los 20 y 25 km/h y máximas alrededor de los 45 km/h. El uso del lomo tipo I debe limitarse exclusivamente a las calles locales; en todas las otras vías debe usarse el tipo II puesto que, aunque resulta más caro, causa menos incomodidades al usuario.

Es extremadamente importante seguir el perfil estándar en la ejecución de lomos, a fin de que no resulten peligrosos o demasiado incómodos. En efecto, los obstáculos² fuera del estándar pueden causar daños mecánicos a los vehículos y causar accidentes.

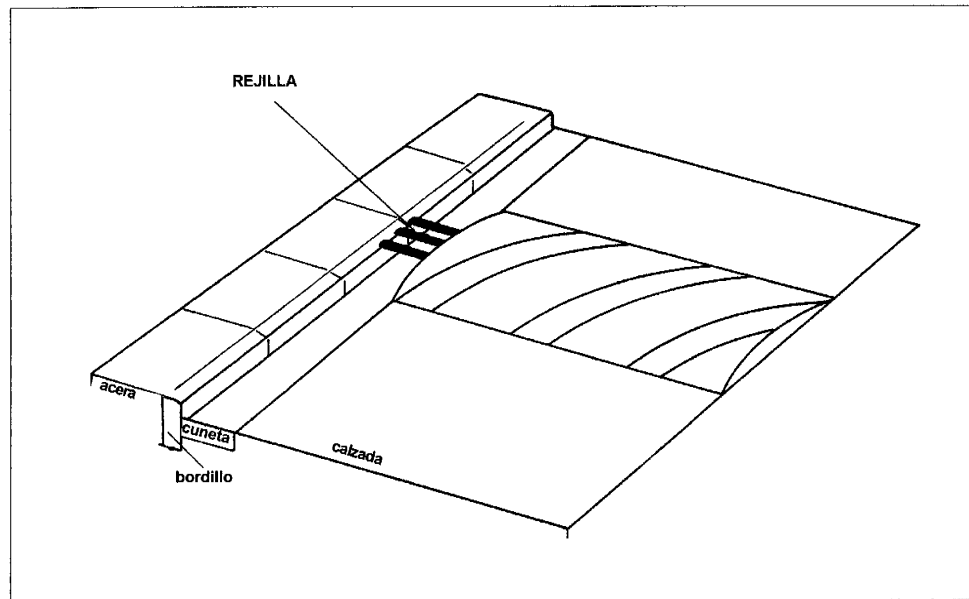
En una evaluación realizada en la Calle Adelvira de Toledo, en São Paulo, se implantaron inicialmente hileras de tachones transversales en la vía, que posteriormente fueron sustituidas por lomos en los mismos lugares. La velocidad media de este punto decreció de 40 km/h a 26 km/h con la instalación de los tachones y a 19 km/h con los lomos. La velocidad máxima, que era superior a los 100 km/h, siguió siendo la misma con los tachones, pero se redujo a 50 km/h, registrados sólo en casos excepcionales, con los lomos.

Se deben tomar algunas precauciones básicas en la implantación de lomos:

- Es fundamental que haya señalización de advertencia en un lugar visible, con señales preferentemente en brazo proyectado al menos a 50 m antes del dispositivo.
- La señalización de advertencia debe ser implantada algunos días antes del dispositivo. Un ejemplo del peligro de “dejarlo para el día siguiente” ocurrió en la ciudad de São Paulo, en que se instaló el dispositivo sin la advertencia y hubo un accidente fatal (el motorista perdió el control al pasar el obstáculo a alta velocidad).

- El lomo debe pintarse con señalización de fácil visibilidad, como franjas diagonales de color amarillo, para contrastar con el resto del pavimento. Debe tomarse especial precaución con los lomos realizados en concreto asfáltico ya que no se diferencian del pavimento por el color.
- Debido a la abrasión causada por los vehículos, la pintura debe recibir un constante mantenimiento.
- Se recomienda que el lomo tenga iluminación propia, ejecutada con focos direccionales que muestren claramente la existencia de los obstáculos (ver apartado 10.7). En Curitiba, se implantaron con éxito, en vías de sentido único, lomos precedidos por una hilera transversal de pequeños tachones reflectantes para mejorar la visibilidad nocturna.
- Los lomos están sometidos a la abrasión y el cizallamiento. Por lo tanto deben ser realizados en concreto de asfalto convenientemente compactado o en concreto de cemento con alto coeficiente de resistencia.
- Debido a las necesidades de drenaje de las vías, los lomos no suelen adosarse al bordillo y dejan un espacio para el paso de agua. En estos casos, muchos conductores intentan pasar encajando las dos ruedas del vehículo exactamente en ese espacio para atenuar los efectos del obstáculo, poniendo en riesgo la seguridad de los peatones que pasan pegados al bordillo. Este problema es evitable realizando un prolongamiento tipo reja de la parte superior del lomo hasta el bordillo, dejando un paso para el agua (Figura 10.3).
- La distancia idónea entre lomos es de 50 a 100 m para que el vehículo pase el tramo de obstáculos con cierta facilidad aunque sin ganar excesiva velocidad. En São Paulo, en los ochenta, se permitía la realización de estos dispositivos por los propios municipios, con proyecto de ubicación, señalización y fiscalización bajo responsabilidad del Departamento de Operación del Sistema Vial (DSV).

FIGURA 10.3
LOMO DOTADO DE PROLONGAMIENTO HASTA EL BORDILLO



Cunetas

Las cunetas transversales u oblicuas tienen un efecto bastante similar al de los lomos, reduciendo tanto las velocidades medias como las máximas. No existe un perfil estándar adoptado para las cunetas como reductores de velocidad. Las existentes suelen tener dimensiones semejantes a las cunetas de drenaje. En São Paulo, se implantaron cunetas como reductores de velocidad de 2,1 m de ancho y 0,08 m de profundidad. Desde el punto de vista de los conductores, la cuneta tiene la ventaja de ser vista como una necesidad de drenaje de aguas pluviales y no como un dispositivo (implantado por el poder público) para obligarlos a alterar la velocidad. Las cunetas pueden ser implantadas junto a las esquinas y reducir las velocidades en los cruces.

En una vía de conexión de la periferia de São Paulo, la Calle Nina Stocco, se implantaron cunetas transversales en un tramo y oblicuas en otro. La cuneta transversal supuso una reducción de la velocidad media de 43 a 22 km/h, mientras que la máxima pasó de 90 a 45 km/h. La cuneta oblicua se mostró menos eficaz, con una reducción de la velocidad media de 48 a 28 km/h y de la máxima de 90 a 64 km/h.

La cuneta resulta ser un elemento menos drástico que el lomo en cuanto a la reducción de velocidad y menos nocivo para los vehículos que la pasen a alta velocidad. Así que la cuneta se sitúa entre el lomo y los tachones en cuanto a la reducción de velocidades medias y máximas. Las cunetas sufren un desgaste mecánico bastante grande y por ello deben ser realizadas en concreto de alta resistencia, con una base suficientemente resistente para garantizar su duración (Figura 10.4). Esto supone una de las desventajas de la cuneta, ya que resulta cuatro veces más cara que un lomo de tamaño semejante.

Se deben tomar algunas precauciones en la instalación y mantenimiento de cunetas:

- al igual que el lomo, la cuneta necesita una señalización de advertencia eficiente, incluyendo iluminación especial y señales proyectadas (Figura 10.5).
- Al reasfaltar las vías, no se pueden tapar las cunetas o dejarlas con excesiva profundidad.
- La cuneta debe poseer un sistema de autodrenaje para impedir que se acumulen la suciedad y el agua en su interior.

10.2 Proyectos geométricos orientados al peatón

En este apartado, se analizan las técnicas de intervención orientadas al peatón, que consisten en pequeñas obras civiles, desde la implantación de isletas en la calzada como refugio de travesía para los peatones, hasta la ejecución de pavimentos especiales en vías cerradas al tránsito y de uso exclusivamente peatonal.

Ensanchamiento de la acera cerca de la esquina

El principal objetivo de este tipo de ensanchamiento consiste en la reducción del tiempo y de la distancia de la travesía para los peatones, además de la reducción de la velocidad de los vehículos debida al estrechamiento de la vía (Figura 10.6).

FIGURA 10.4
EJEMPLO DE CUNETA EJECUTADA EN CONCRETO DE RESISTENCIA INSUFICIENTE
AVENIDA SAPOPEMBA – SÃO PAULO



FIGURA 10.5
SEÑALIZACIÓN EN BRAZO PROYECTADO ADVIRTIENDO DE LA
EXISTENCIA DE CUNETAS EN LOS PRÓXIMOS 1.000 m
AVENIDA INCONFIDÊNCIA MINEIRA – SÃO PAULO

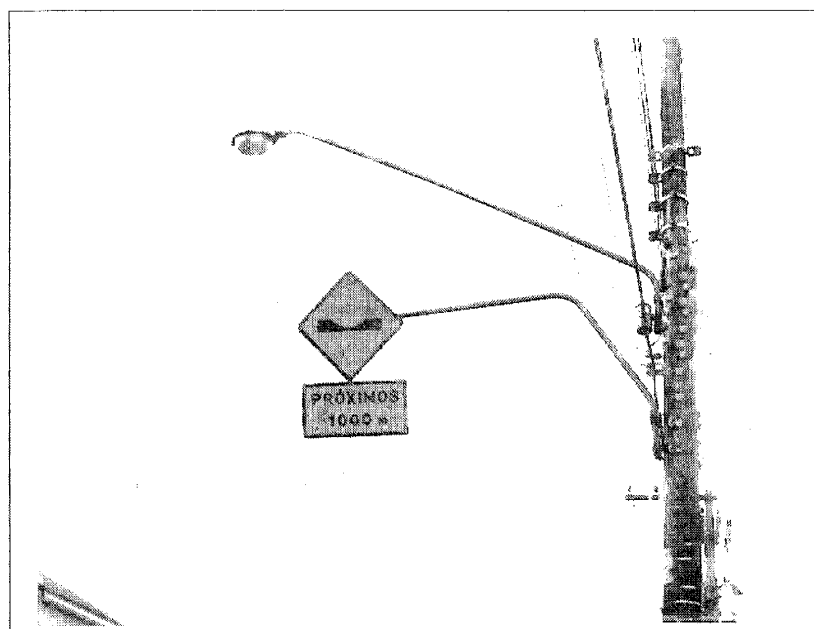


FIGURA 10.6
ENSANCHAMIENTO DE ACERA JUNTO A UNA ESQUINA
CALLE SILVA BUENO x CALLE COMTE. TAYLOR – SÃO PAULO



Esta técnica puede implantarse junto a las esquinas o en medio de la manzana. En vías comerciales con estacionamiento permitido se puede utilizar el esquema mostrado en la Figura 10.7 para garantizar mayor seguridad y comodidad a los peatones, sin perjudicar la fluidez del tránsito.

Según experiencias observadas en la ciudad de São Paulo, se recomienda el ensanchamiento de acera en los demás casos siguientes:

- Cruce con acera estrecha, que implica incomodidad y exposición al atropellamiento, por la ocupación parcial de la calzada por parte de los peatones, especialmente en los ciclos largos de semáforos.
- Lugares en los que hay estacionamiento irregular de vehículos en las esquinas; tras la implantación de un ensanchamiento de acera se constatan pocas infracciones de este tipo.
- Lugares que dificultan la visibilidad entre conductores y peatones. Las interferencias que existen en la acera son atenuadas, al quedar los peatones acumulados en un área más "limpia" y dentro de la visión frontal de los conductores. Las autoridades deben ejercer un control en estas áreas a fin de evitar las instalación de vendedores ambulantes.
- Cruce con semáforos sin fase específica para los peatones, donde éstos se ven obligados a cruzar la vía

en conflicto con los vehículos que giran a la derecha o a la izquierda, a menudo a velocidades incompatibles con la seguridad. El prolongamiento de la acera obliga a reducir esta velocidad y disminuye el espacio en que el peatón queda expuesto al peligro.

Otra precaución a tomar en la implantación de un ensanchamiento de acera, es hacerlo progresivamente (Figura 10.8) para que el estrechamiento de la vía se haga paulatinamente y no se convierta en un obstáculo frontal para los vehículos que llegan al cruce. Se recomienda que el ancho del ensanchamiento de acera sea de 2 a 2,5 m, lo cual corresponde al ancho de vía ocupado por un vehículo estacionado y no compromete la capacidad vial.

Para reducir el costo de la implantación, se recomienda el uso del bordillo de concreto vaciado in situ. No se recomienda la ejecución con prismas de concreto, excepto en los casos en que el ensanchamiento se efectúa para canalizar vehículos. Los prismas no transmiten a los conductores el efecto de prolongamiento de la acera y, por tanto, no garantizan el mismo nivel de seguridad a los peatones.

Refugio

La finalidad principal de la implantación de un refugio (una o un par de isletas en la calzada) es permitir que el peatón realice la travesía de la vía en dos etapas, disminuyendo así el riesgo de atropellamiento (Figura 10.9).

FIGURA 10.7
ENSANCHAMIENTO DE ACERA EN VÍAS CON GRAN FLUJO DE
TRAVESÍA DE PEATONES EN TODA SU EXTENSIÓN

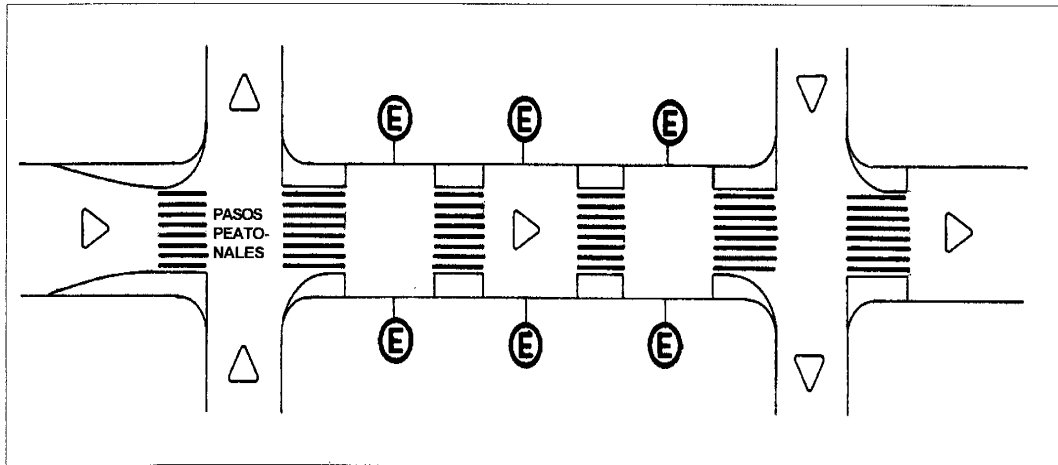


FIGURA 10.8
EJEMPLO DE ESTRECHAMIENTO GRADUAL
CALLE SILVA BUENO x CALLE COMTE. TAYLOR – SÃO PAULO



FIGURA 10.9
EJEMPLO DE REFUGIO DE CONCRETO
AVENIDA SAPOPEMBA – SÃO PAULO



Se aconseja esta medida para vías con un ancho superior a los 12,0 m y en lugares con concentración de travesía de peatones, como escuelas, hospitales, supermercados, paradas de autobús y cruces. Para cruzar estas vías, el peatón se enfrenta a los vehículos que transitan en los dos sentidos, existiendo siempre el riesgo de que un vehículo adelante a otro, adentrándose en el carril del sentido contrario, o de que el peatón tenga que esperar en medio de la pista una “brecha” (espacio vacío entre dos pelotones de vehículos). La existencia de brechas en una vía constituye el criterio para la instalación de un refugio y no de otras técnicas como el semáforo o la pasarela. A continuación, se describen otras ventajas del refugio:

- no necesita imprescindiblemente estar vinculado a la instalación de un semáforo;
- permite un mejor aprovechamiento de las brechas, habida cuenta que el peatón sólo se preocupa en la travesía de la existencia de brechas en un sentido por vez;
- reduce poco la capacidad vial, puesto que aunque disminuya el ancho de la vía mantiene el mismo número de carriles por sentido;
- se trata de un dispositivo relativamente barato, especialmente si se ejecuta con bordillo de concreto vaciado in situ, además de ser una alternativa más

económica que la implantación de un divisor central a lo largo de vías sin travesías concentradas. Se puede optar por instalar refugios espaciados (p. ej. de 100,0 m), con señalización horizontal continua entre los refugios, reforzada por tachones, lo cual ayuda a mantener las áreas entre refugios como lugares para cruzar. Hay un ejemplo de esta medida en la Av. Conselheiro Carrão en São Paulo (Figura 10.10).

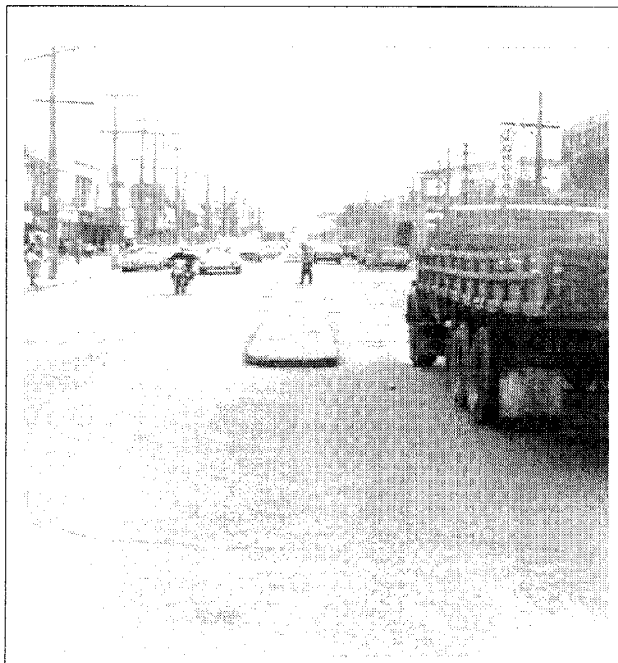
Se recomienda que la anchura mínima del refugio sea de 1,0 m, con línea de borde, de tal forma que todavía quede una franja de seguridad de 0,30 m de cada lado, entre la línea de borde y el refugio.

Divisor central

El uso del divisor central en una vía pretende separar los flujos opuestos de vehículos, evitando los adelantamientos a contra-mano y, al igual que el refugio, permite al peatón cruzar en dos etapas (ver Figura 10.11).

Se aconseja la implantación de esta técnica para vías que posean travesías dispersas a lo largo de su recorrido, característica de las vías comerciales, y que tengan un ancho mínimo de 14,0 m, aunque en ciertos casos, se puede implantar en vías de 12,0 m de ancho. Al igual que para el refugio, el ancho mínimo recomendado para el divisor central es de 1,0 m. Otras ventajas de este dispositivo son:

FIGURA 10.10
REFUGIOS COMPLEMENTARIOS CON SEÑALIZACIÓN NOCTURNA, ACTUANDO
COMO DIVISOR CENTRAL
AVENIDA CONSELHEIRO CARRÃO – SÃO PAULO



- impide los movimientos indeseables de vehículos, como cambios de sentido y giros fuera de los cruces;
- por su continuidad y por ser elemento longitudinal a la vía, se puede realizar con prismas de concreto, lo cual reduce sustancialmente su costo de implantación.

Calle peatonal

Desde el punto de vista de la seguridad, el objetivo de la implantación de la calle peatonal es la eliminación de los conflictos existentes entre vehículos y peatones en ciertas vías de zonas comerciales. En estas vías a veces se observa la utilización de la calzada por peatones, generando alto riesgo para éstos y lentitud para el tránsito de vehículos. En la Figura 10.12, se muestra una calle comercial del centro de São Paulo en la que se eliminó el tránsito de vehículos.

El área peatonal tiene otros componentes importantes:

- calles de tránsito selectivo: deben ser vías colindantes con las calles peatonales y su función es garantizar el acceso al área peatonal por medio de transportes colectivos (autobuses y taxis);
- calles de servicio: deben ser vías menos restringidas a los vehículos, con horario especial para operaciones de carga y descarga y acceso para vehículos de servicio público (bomberos, ambulancias, vehículos blindados, etc.);
- estacionamientos: para atender las necesidades de los usuarios de automóviles particulares;
- lugares para embarque/desembarque de pasajeros/cargas.

Habitualmente, en las pequeñas áreas de peatones (sobre todo en las existentes en la periferia), sólo se encuentran calles peatonales sin los demás componentes. En este caso, deben garantizarse el acceso de vehículos de servicio y la seguridad del área.

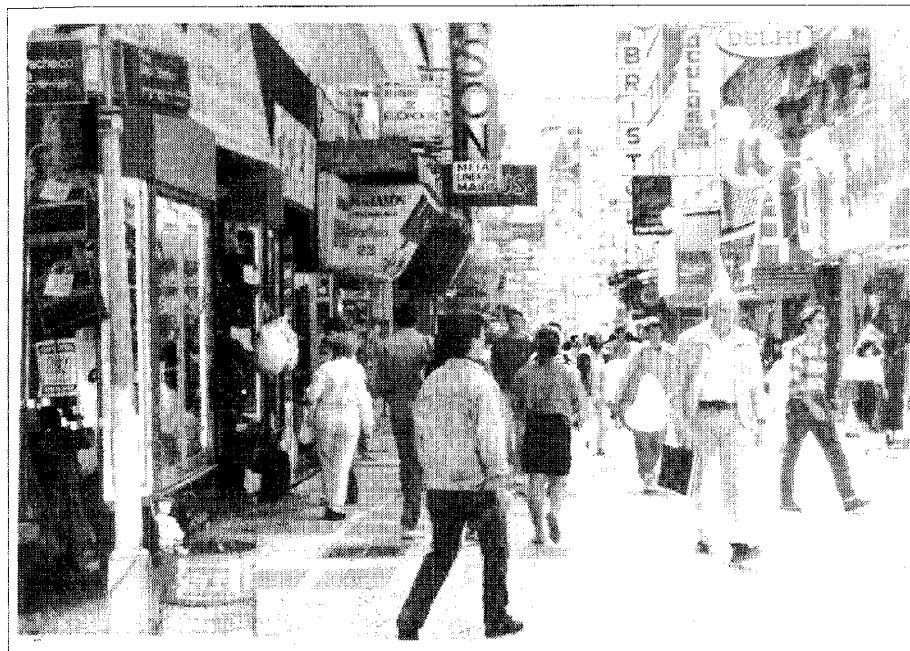
Otros beneficios de la creación de áreas peatonales, además de la reducción del número de accidentes de tránsito, son:

- aumenta la capacidad de circulación de la vía mediante la sustitución de un modo de pequeña capacidad (el automóvil) por uno de gran capacidad (el peatón) y la facilitación de la llegada de los ómnibus, también de gran capacidad en relación al área que ocupa;
- aumento del comercio en función de un mayor atractivo económico de los establecimientos ubicados a ambos lados de la calle;
- preservación de lugares históricos por la reducción del tránsito de vehículos;
- reducción de los niveles de contaminación acústica, visual y atmosférica.

FIGURA 10.11
DIVISOR CENTRAL SEPARADOR DE FLUJOS DE VEHÍCULOS
AVENIDA SALIM MALUF – SÃO PAULO



FIGURA 10.12
CALLE PEATONAL
CALLE SÃO BENTO – SÃO PAULO



Las únicas desventajas están relacionadas con los gastos del proyecto y de la ejecución de las obras, incluyendo el cambio del asfaltado por un pavimento especial y los gastos de la reurbanización. En compensación, a mediano plazo, se incrementa la recaudación de impuestos debido al aumento del comercio en el lugar. Debe tenerse cuidado con el desvío del tránsito motorizado hacia vías colindantes al área, para que no aumente su potencial de accidentes.

10.3 Proyectos geométricos para la canalización de vehículos

Implantación de isletas

Las isletas son áreas bien definidas, situadas entre los carriles de circulación de tránsito, destinadas a orientar los movimientos de los vehículos y servir de refugio a los peatones. Tienen los siguientes objetivos:

- control del ángulo de conflicto
- reducción del área de conflicto
- creación de zonas de refugio
- orden de los flujos de tránsito
- control de la velocidad
- dificultad para las maniobras prohibidas
- ubicación y protección de los dispositivos de control de tránsito
- apoyo para el cruce de peatones

Según sus funciones, estas isletas pueden ser clasificadas en divisorias y direccionales. Las isletas divisorias, que separan los sentidos de tránsito iguales o contrarios, se implantan en las vías secundarias cercanas a las intersecciones,

para ordenar los movimientos de giro y crear carriles de espera para los giros a la izquierda. Las isletas direccionales sirven para mantener los vehículos en trayectorias adecuadas, de forma que las maniobras en la intersección se realicen en las áreas previstas y con los ángulos y velocidades más convenientes. También se utilizan para ocupar zonas en las que se quiere impedir la circulación de vehículos.

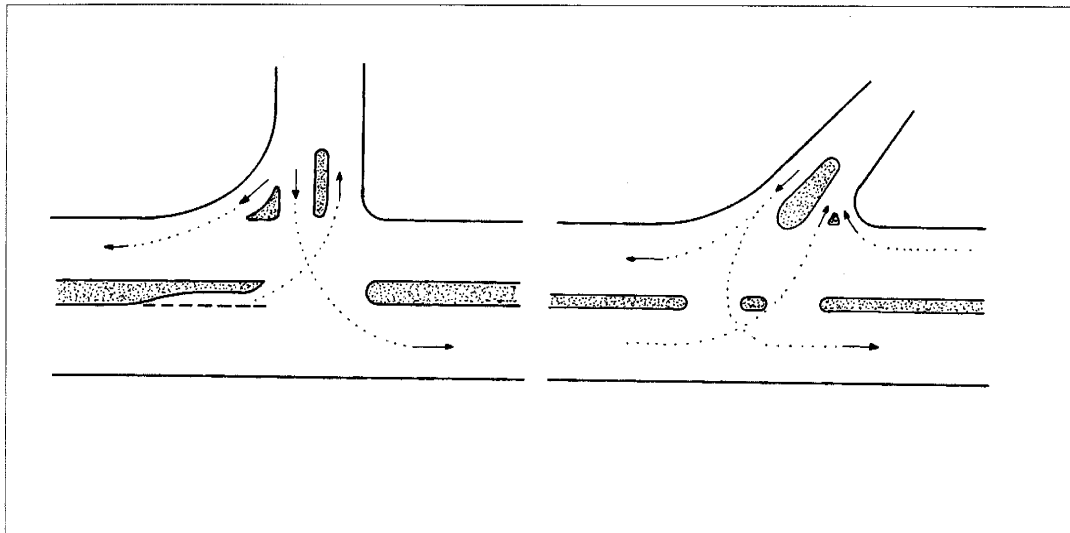
Los movimientos en conflicto en áreas muy espaciosas y pavimentadas pueden ser eliminados mediante la construcción de isletas en las partes menos utilizadas y así reducir la dispersión de los vehículos.

Las isletas pueden tener varias formas y tamaños, dependiendo evidentemente de las condiciones y dimensiones de la intersección (Figura 10.13).

El formato básico de las isletas puede ser deducido mediante gálbos de trayectorias de giro previstas para los vehículos del proyecto, confeccionados a partir de la trayectoria que la rueda delantera izquierda y la rueda trasera derecha realizan para diversos vehículos con un largo y un ancho adecuados. Normalmente, en la mayoría de los casos (principales conexiones dentro del área urbana, áreas comerciales y de uso de suelo mixto y terminales de carga), el gálbo necesario para el giro de un camión semi-remolque de tamaño medio es suficiente y seguro.

Las Figuras 10.14 a 10.16 muestran un ejemplo cuya configuración geométrica se da a través de la canalización de isletas diseñadas mediante reproducciones en papel transparente de dichos gálbos.

FIGURA 10.13
EJEMPLOS DE ISLETAS SEPARADORAS DE FLUJOS



Las isletas deben ser diseñadas para no confundir a los conductores. Las soluciones de canalización deben optar por un número menor de isletas de gran área a un número mayor de isletas de pequeña área. Las isletas han de tener un tamaño suficiente para llamar la atención del conductor, extremidades redondeadas y un área mínima de $4,5 \text{ m}^2$ o, preferentemente, de $7,0 \text{ m}^2$. Las isletas con forma de gota deben tener un ancho mínimo de $1,0 \text{ m}$ y un largo de $3,5$ a $6,0 \text{ m}$, aunque en ciertos casos se puede llegar a admitir un ancho de $0,5 \text{ m}$. Las isletas triangulares deben tener un lado mínimo de $2,4 \text{ m}$ o, preferentemente, de $3,0 \text{ m}$.

Carriles de cambio de velocidad (aceleración y desaceleración)

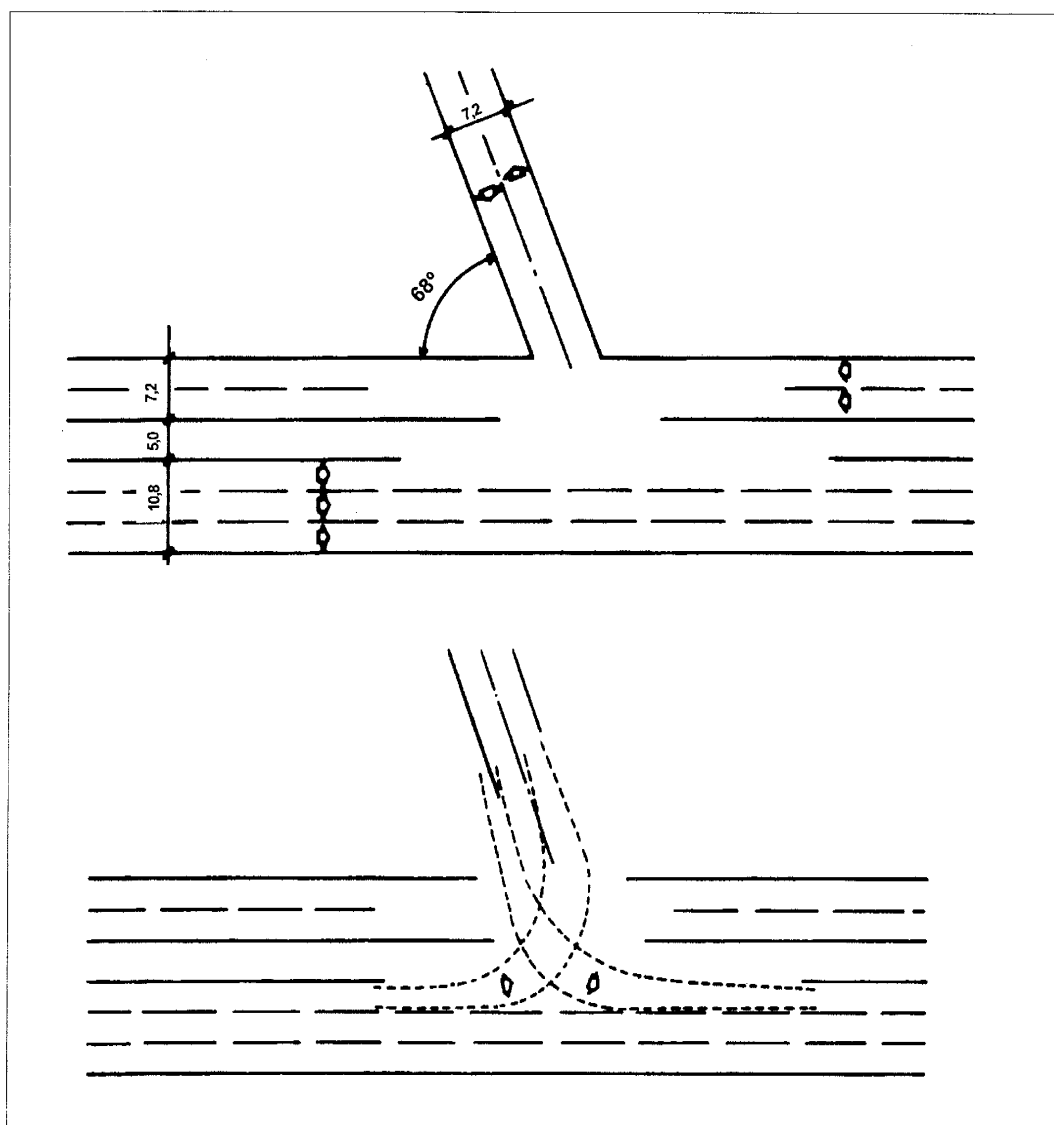
Estos carriles son añadidos a la calzada de una carretera, vía rápida o arteria primaria, y permiten al conductor hacer el

cambio de velocidad necesario para acceder a una vía secundaria o incorporarse a una vía principal; en este sentido, estos carriles son imprescindibles a la seguridad. Se componen de dos tramos, uno de transición, de ancho constante, y otro de ancho variable.

El tramo de ancho variable se calcula admitiendo el desplazamiento lateral del vehículo a una velocidad de $1,0 \text{ m/seg.}$ Al situarse el ancho del carril de cambio de velocidad entre $3,0$ y $3,5 \text{ m}$, se considera que el vehículo tarda en recorrer el tramo de transición entre $3,0$ y $3,5$ segundos.

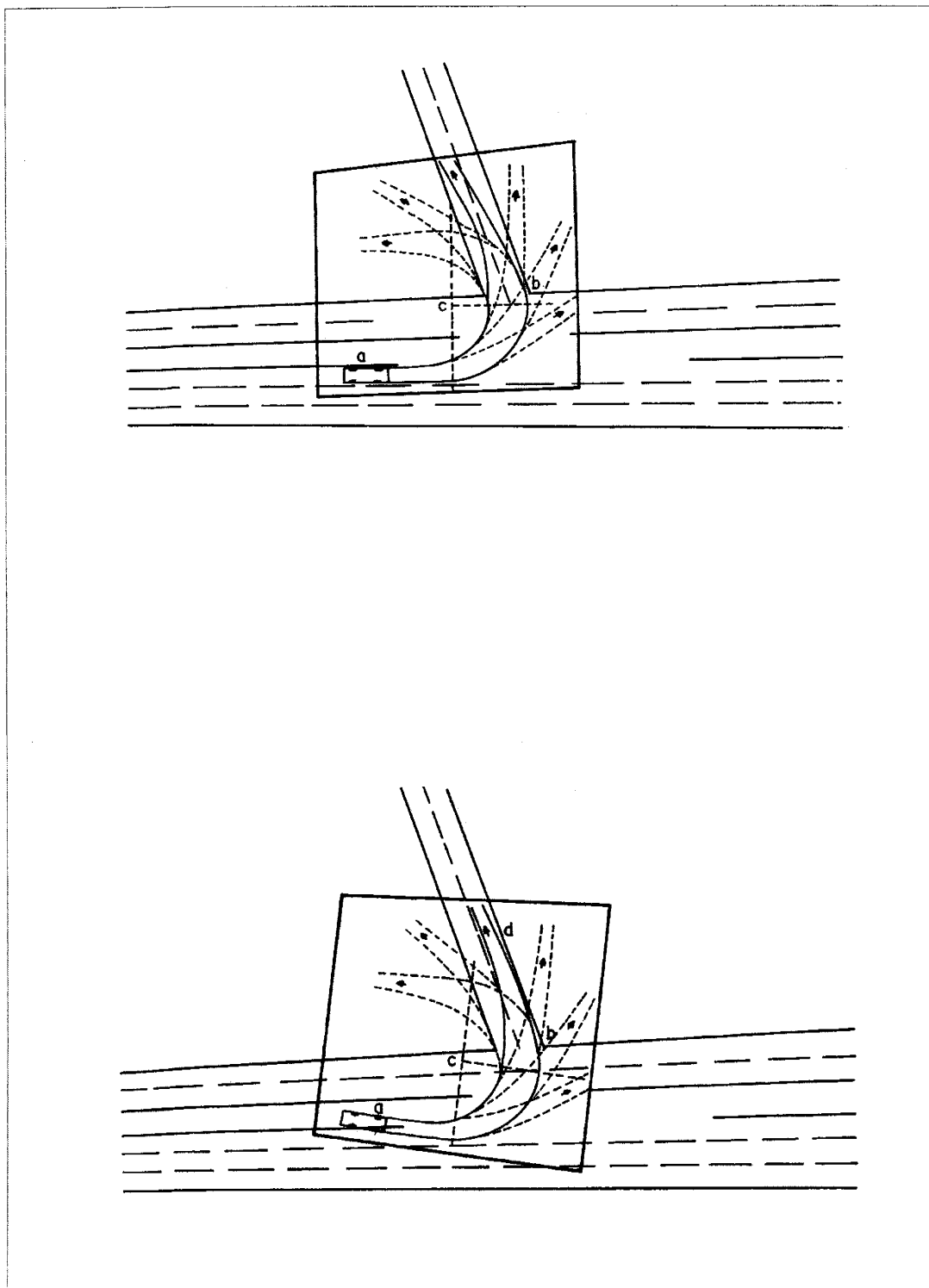
La Tabla 10.1 presenta la correlación entre la velocidad de proyecto y la longitud del tramo de transición.

FIGURA 10.14
DIMENSIONAMIENTO DE ISLETAS (1):
TRANSFERENCIA DE LAS TRAYECTORIAS DEL GIRO DEL GÁLIBO A LA PLANTILLA



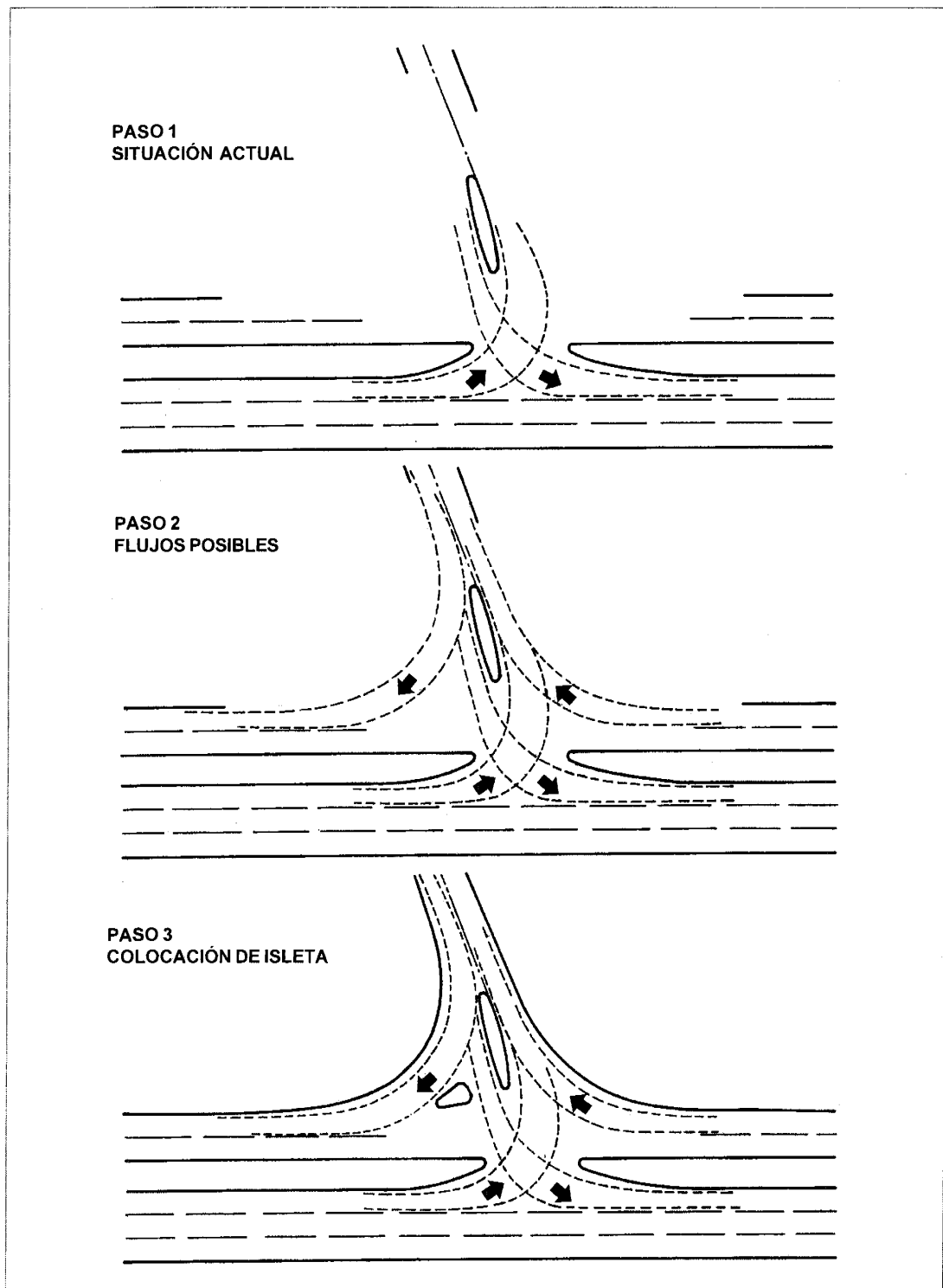
Fuente: CET, Boletim Técnico No. 15, p. 66.

FIGURA 10.15
DIMENSIONAMIENTO DE ISLETAS (2):
UTILIZACIÓN DE LOS GÁLIBOS PARA ÁNGULOS "QUEBRADOS"



Fuente: CET, Boletim Técnico No. 15, p.67.

FIGURA 10.16
DIMENSIONAMIENTO DE ISLETAS (3):
DESARROLLO DE LA CANALIZACIÓN PARA AJUSTE A LAS TRAYECTORIAS DE GIRO



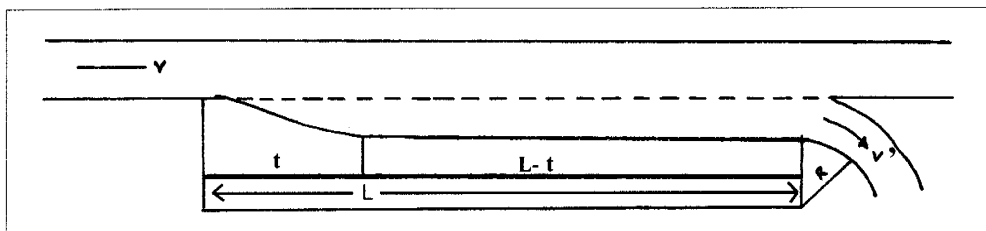
Fuente: CET, Boletín Técnico No. 15, p.68.

TABLA 10.1
CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN:
RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD Y LONGITUD DEL CARRIL DE TRANSICIÓN

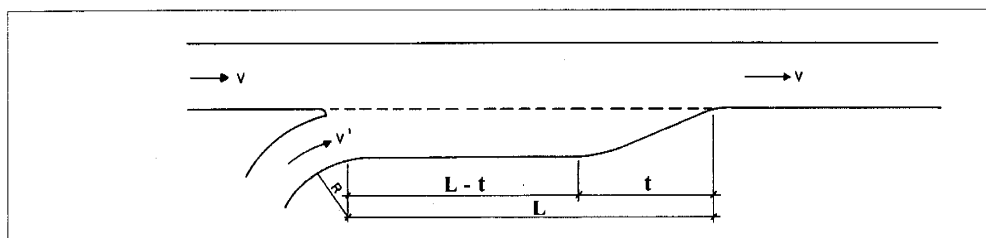
Velocidad de proyecto de la carretera (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Longitud mínima de la transición (m)	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Longitud preferible (m)	40	45	55	60	70	75	85	90	100

Fuente: Campos (1979), p.126.

De manera esquemática, tenemos para el carril de desaceleración:



De forma análoga, tenemos para el carril de aceleración:



Donde:

V = velocidad de operación de la vía principal o carretera

V' = velocidad de operación de la curva de radio R

L = longitud del carril de desaceleración

R = radio de la curva de giro

t = longitud de la transición

Otra variable que puede entrar en el cálculo del carril de aceleración es el volumen de tránsito directo, de tal modo que, para altos volúmenes haya un carril más largo a fin de permitir que los vehículos de la vía secundaria se incorporen a la principal sin necesidad de parada o reducción acentuada de velocidad. Se admite que la velocidad de entrada V' es igual a la velocidad de operación en la vía principal (V).

La Tabla 10.2 provee los largos de los carriles de aceleración y desaceleración en función de las velocidades de proyecto.

Peralte

Se trata de la inclinación transversal de la calzada en curvas, la cual tiene por objetivo evitar el vuelco de los vehículos fuera de la pista. El peralte garantiza el equilibrio entre las fuerzas centrípeta y centrífuga a través del componente de la fuerza peso.

La tasa mínima del peralte, según las normas brasileñas, es de un 2%, valor que se aplica en los tramos en tangente. La tasa máxima varía según la clase de vía, siendo de un 10% para las carreteras de clase especial y de un 8% para las demás clases; para los tramos urbanos se aplica la tasa máxima de 6% y para los tramos rurales no se excede un 12%.

Un problema que se plantea en las ciudades brasileñas es la inclinación transversal de las secciones de las vías (Figura 10.17).

Este tipo de sección es aceptable en tramos de recta (tangente); sin embargo, también es adoptado para los tramos en curva, pudiendo resultar en peralte negativo, o sea, que el lado externo de la curva queda más bajo, en vez de más alto, lo cual provoca accidentes en las vías

rápidas. El valor correcto de la tasa de peralte a adoptar depende directamente del radio de la curva. La Figura 10.18 provee la tasa de peralte en función del radio de la curva y de la velocidad de operación.

La variación del peralte a partir del tramo en tangente, para el tramo en curva, para el tramo en espiral (si lo hay) y de vuelta al tramo en tangente, también es un elemento

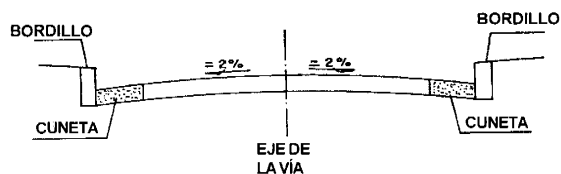
importante en el proyecto. Como este cálculo implica algunos conceptos que no entran en el ámbito de esta guía, se recomienda la lectura de la publicación “Normas para el Proyecto Geométrico de Vías Urbanas”, del DNER, que amplía las explicaciones dadas aquí y presenta otros elementos vinculados al proyecto geométrico, incluyendo aspectos preventivos de seguridad, la necesidad de la curva espiral, del ensanchamiento de la calzada en las curvas y la distancia de visibilidad.

TABLA 10.2
LARGO DE PROYECTO DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD PARA PENDIENTES SUAVES, DEL 2% O MENOS

Velocidad de proyecto de la curva de giro (km/h)		Parada	20	30	40	50	60	70	80
Radio mínimo de la curva de giro (m)		–	10	25	45	80	110	150	200
Velocidad de proyecto de la carretera (km/h)	Largo del tramo de ancho variable (m)		Largo total del carril de desaceleración, incluyendo el tramo de ancho variable, para todas las carreteras primarias						
40	40	60	40	–	–	–	–	–	–
50	45	80	50	45	–	–	–	–	–
60	55	90	70	65	55	–	–	–	–
70	60	110	90	85	75	60	–	–	–
80	70	120	100	95	80	70	–	–	–
90	75	130	120	110	100	85	75	–	–
100	85	140	130	125	115	100	85	–	–
110	90	150	140	135	125	110	100	90	–
120	100	160	150	140	130	115	110	105	100
Velocidad de proyecto de la carretera (km/h)	Largo del tramo de ancho variable (m)		Largo total del carril de aceleración incluyendo el tramo de ancho variable						
Caso I – Carreteras de tránsito intenso									
40	40	60	40	–	–	–	–	–	–
50	45	90	70	60	45	–	–	–	–
60	55	130	110	100	70	55	–	–	–
70	60	180	150	140	120	90	60	–	–
80	70	230	210	200	180	140	100	70	–
90	75	280	250	240	220	190	140	100	75
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200
Caso II – Carreteras de tránsito poco intenso									
40	40	40	–	–	–	–	–	–	–
50	45	50	45	–	–	–	–	–	–
60	55	80	60	55	–	–	–	–	–
70	60	120	100	90	60	–	–	–	–
80	70	160	140	130	110	70	–	–	–
90	75	200	180	170	140	100	75	–	–
100	85	250	220	210	190	180	120	85	–
110	90	300	260	250	230	200	150	100	90
120	100	330	300	290	260	240	190	140	100

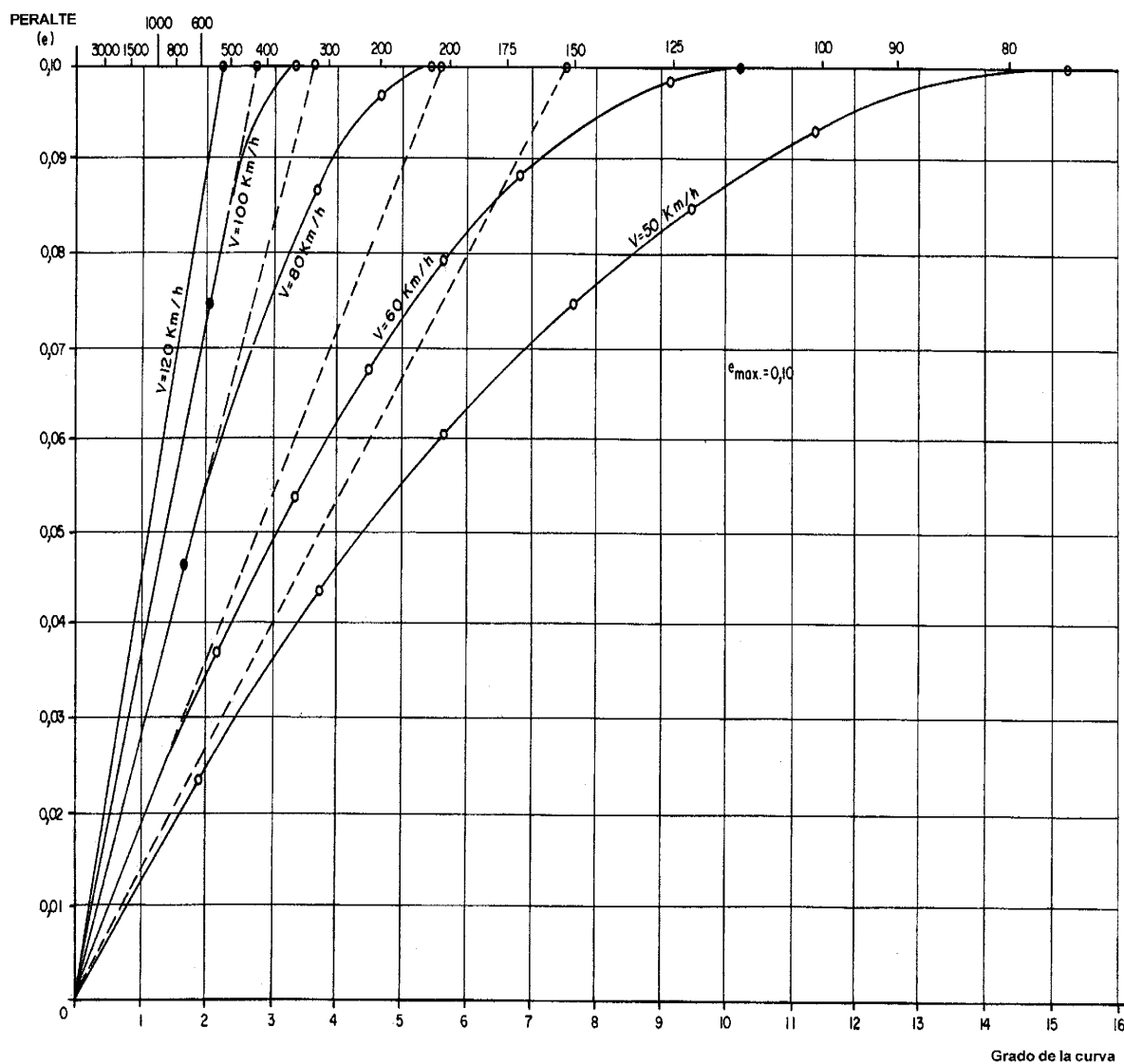
Fuente: Campos (1979), p.134.

FIGURA 10.17
INCLINACIÓN TRANSVERSAL DE LAS VÍAS



Fuente: Campos (1979), p. 97

FIGURA 10.18
RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL Y PERALTE



Fuente: Campos (1979), p. 98.

10.4 Reorganización de los movimientos de vehículos

En este apartado se analizarán las medidas implantadas con el fin de minimizar o impedir los conflictos entre vehículos, haciendo referencia a la definición de vía preferencial, los semáforos, la señalización intermitente, el sentido único de circulación, la prohibición de giros, los estrechamientos de calzada y las mini-rotondas.

Definición de la vía preferencial

En un cruce de dos o más vías, la ausencia de señalización de la vía preferencial suele tener como resultado accidentes o potencial de accidentes.

Los criterios – que han de ser analizados en conjunto – para determinar la vía preferencial son:

- volúmenes de vehículos de las vías (mayor volumen = vía preferencial)
- conocimiento del lugar
- aspectos topográficos (visibilidad, subida o bajada, etc.)
- presencia de cuneta de drenaje en las vías junto al cruce

- vías que son itinerario de autobuses o de vehículos de carga

Una vez definida la vía preferencial, se procede a señalizar las demás vías que llegan al cruce. El primer equipamiento a instalar en la (s) vía (s) secundaria (s) es la señal de "PARE", excepto en los casos en los que el volumen de vehículos justifique la instalación de semáforos. Si la geometría del cruce es irregular, se puede pintar en el suelo la leyenda "PARE" con una línea de retención y/o línea doble amarilla y línea de aproximación, como se representa en la Figura 10.19 (véase también el apartado 8.5).

Normalmente, se estipula la ubicación de la señal "PARE" en la esquina, en postes simples a una altura de 2,80 m del suelo. Si existieran interferencias visuales en el cruce, como árboles (en especial), señales, quioscos de prensa, postes, cabinas telefónicas, buzones de correo, se recomienda instalar la señal en un soporte proyectado en columna propia o en un poste de electricidad, a una altura de 4,50 m del suelo, medida que tuvo buenos resultados en la ciudad de São Paulo (ver Figura 10.20).

FIGURA 10.19
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL REFORZANDO EL MENSAJE DE LA SEÑAL "PARE"

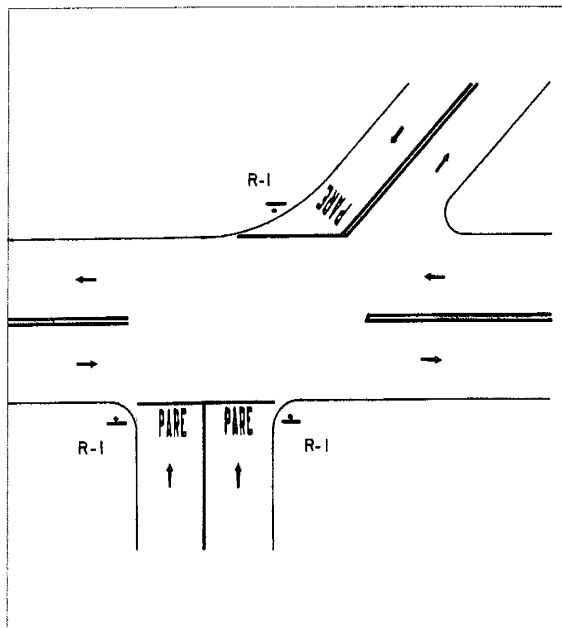


FIGURA 10.20
SEÑAL DE "PARE" EN BRAZO PROYECTADO
CALLE LINO COUTINHO x CALLE LIMA E SILVA



Si aun instalando la señal de "PARE", el índice de accidentes continúa siendo significativo, manteniéndose los volúmenes de vehículos en el mismo nivel, se requiere la instalación de otros equipamientos, como la mini-rotonda (descrita adelante).

En ciertas intersecciones, puede haber accesos secundarios a la vía principal, en ángulos y condiciones de visibilidad que permiten al conductor tomar la decisión de detenerse o entrar en la principal, a una velocidad razonable, en función de la proximidad del vehículo que viene por la vía principal. En estos casos, se recomienda la instalación de una señal de "CEDA EL PASO" (cuyo símbolo, en Brasil, es un triángulo invertido sin leyenda). Al desconocer una gran parte de los conductores el significado de dicha señal, cuyo mensaje no está explícito, debe colocarse debajo de la señal, y en el mismo soporte, otra señal que rece "CEDA EL PASO", solución que ya ha sido adoptada por el DNER.

Una sugerencia válida para complementar esta señalización (señales de "PARE" y "CEDA EL PASO") es la implantación conjunta del proyecto-visión en el cruce (descrito adelante).

Los semáforos

A - Semáforos para peatones

Criterio para la implantación

La implantación de semáforos para peatones debe ser precedida de una evaluación de criterios sobre la necesidad real de su instalación. Es habitual encontrarse con semáforos peatonales funcionando con tiempos muertos, en lugares de bajo volumen de vehículos, o también en ciclos continuos, donde sólo hay travesía de peatones en determinados horarios. Estos hechos contribuyen a la desobediencia de esta señalización por parte de los conductores, poniendo la vida del peatón en riesgo.

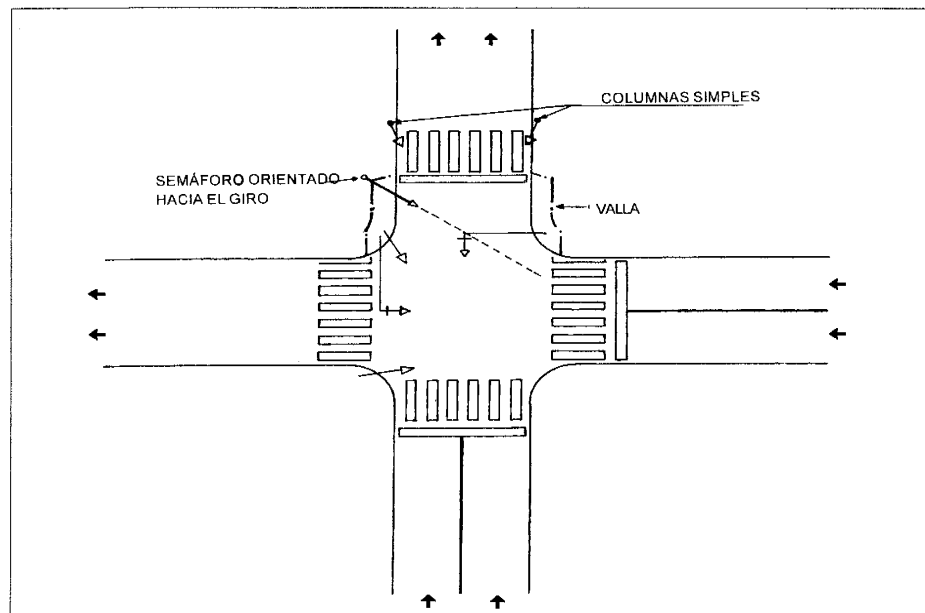
El *Manual de semáforos* (CET/CONTRAN/DENATRAN, 1978) recomienda, para Brasil, como volúmenes mínimos para la implantación de un cruce peatonal controlado por semáforos: 250 peatones por hora en ambos sentidos de la travesía y 600 automóviles por hora, cuando la vía es de doble sentido sin divisor central, o 1.000 vehículos por hora, cuando la vía posee un divisor central de un mínimo de 1,0 m de ancho. Puede haber casos que requieran la instalación de un semáforo con volúmenes inferiores a los citados, como en el caso de volumen de vehículos continuo y sin brechas que permitan el paso libre y seguro de los peatones (semáforos de activación manual).

Ubicación del semáforo

Siempre debe procurarse dejar el semáforo en la línea natural de travesía de los peatones. La práctica ha demostrado que los peatones son reacios a aceptar caminar hasta un lugar considerado seguro por los ingenieros de tránsito si éste queda fuera de la línea deseada. A menos que la travesía sea imposible, la mayoría de los peatones prefiere afrontar los riesgos de cruzar por la línea deseada antes que caminar 50 o 100 m hasta un semáforo.

Un caso especial de travesía con semáforo es el paso de peatones alejado de la intersección. Consiste en un paso con semáforo, a algunos metros de la intersección en lugares con gran volumen de giros de vehículos, en los que sería imposible implantar una fase peatonal, parando todos los flujos de vehículos, por problemas de restricción de capacidad. El correcto desempeño de este dispositivo está directamente vinculado a la adecuada ubicación del paso peatonal respecto a la intersección (Figuras 9.25 y 10.21).

FIGURA 10.21
PASO DE PEATONES ALEJADO DE LA INTERSECCIÓN



Evidentemente, esto varía en función de cada lugar, pues depende del volumen de giros de vehículos, de la capacidad de la vía, de la disposición geométrica y de otros factores. La distancia entre el semáforo y la transversal debe permitir que los vehículos efectúen un giro sin bloquear el cruce. Unos 15 m pueden ser aceptables, dependiendo del lugar.

Como mencionado, la experiencia demuestra que los peatones tienden a no caminar hasta el paso peatonal desplazado si este se sitúa a distancia de su trayecto habitual de travesía. La avenida Radial Este en São Paulo posee varios pasos peatonales alejados de la intersección. En el cruce con la Calle del Hipódromo, la distancia entre el paso y la intersección es de 23 m, y los peatones no suelen respetar el paso. La intersección siguiente, con la Avenida Almirante Brasil, posee características semejantes, pero la distancia de sólo 14 m hace que el paso con semáforo sea mucho más utilizado.

Se deben tomar precauciones en la ubicación de los semáforos alejados de la intersección, ya que los conductores de los vehículos de la vía transversal tienen que verlos y tomar la decisión de parar en el momento en que están efectuando el giro. Se recomienda instalar un foco repetidor anticipado y orientado hacia estos vehículos conforme a la Figura 10.21. Otro problema es la apertura o cierre de la fase del semáforo para los conductores de vehículos en la vía que recibe este tipo de paso peatonal. Como los focos para vehículos de la intersección y los del paso peatonal están bastante próximos, los conductores que se aproximan a la intersección suelen confundirse y obedecer al semáforo de vehículos del paso peatonal, lo cual pueden provocar situaciones peligrosas cuando la apertura y el cierre de estas dos aproximaciones no son simultáneas. Una solución a estos casos, implantada con relativo éxito en São Paulo, consiste en dejar los semáforos de la intersección bastante visibles, con dos focos proyectados y dos repetidores, mientras que en el paso peatonal sólo se utilizan dos focos para vehículos en columnas simples, aunque visibles principalmente por quienes están ya próximos del paso peatonal o también efectuando un giro desde la vía transversal.

Deben utilizarse vallas o jardineras para la canalización de peatones hasta el paso peatonal y, si fuera posible, utilizar orientadores de travesía. Estas personas deberán permanecer en la intersección orientando a los peatones en la utilización del paso peatonal alejado. En São Paulo, la utilización de estudiantes en prácticas como orientadores dio resultados satisfactorios. En otros casos, policías, voluntarios o funcionarios de las escuelas pueden desempeñar estas funciones.

Programación de los semáforos

A continuación se presenta una metodología para la programación de semáforos peatonales utilizada en São Paulo en la época de la redacción de este trabajo. Existen variaciones de esta metodología en Brasil y otros países, siendo aún los tiempos y los principios adoptados motivo de debate entre los profesionales del área. Los tiempos de travesía para peatones no deben ser excesivos, pues de ser así generan desobediencia al semáforo por parte de los conductores. El cálculo del tiempo mínimo de travesía depende del ancho de la calzada y del tipo de peatón. Para

efectos de cálculo del tiempo mínimo se admiten las siguientes velocidades adoptadas por el DNER:

- velocidad media (adulto normal) 1,3 m/segundo
- velocidad mínima (niños y ancianos) 1,1 m/segundo

Deben incrementarse con 2 segundos debido al tiempo de reacción del peatón y con otros 2 segundos cuando hay un número muy alto de peatones.

La fase verde para peatones debe ir seguida de una fase en rojo intermitente cuya función es alertar a los peatones, al igual que la fase en ámbar para los vehículos. Para el cálculo de este tiempo, se puede admitir que los peatones caminarán más rápidamente en esta fase, con una velocidad del orden de 1,6 m/segundo. A continuación, se calculan a modo de ejemplo las fases en verde y rojo intermitente para peatones (adultos) en una calzada de 10 m de ancho, con un gran volumen de peatones.

FASE VERDE

Tiempo de reacción	2,0 seg
Tiempo normal de travesía: 10m / 1,3m/seg	7,7 seg
Adicional para gran volumen	2,0 seg
Subtotal	11,7 seg

FASE ROJO O INTERMITENTE

Subtotal: 10m / 1,6m/seg	6,3 seg
--------------------------------	---------

TIEMPO TOTAL PARA LA TRAVESÍA

Verde 11,7 seg + Intermitente 6,3 seg	18,0 seg
---	----------

Además, debe haber una pequeña fase de rojo general (de 1 a 2 segundos) entre el cierre de la fase verde para vehículos y la apertura de la fase verde para peatones, y de nuevo entre el cierre de la fase en verde para peatones y la apertura para los vehículos, a fin de despejar de vehículos y peatones, respectivamente, el área de posible conflicto.

Cuando el semáforo está en medio de una manzana, en vías de gran volumen, y existen semáforos en las intersecciones anteriores y/o posteriores, debe verificarse la posibilidad de sincronizar el semáforo peatonal con los semáforos de las intersecciones, para evitar interrumpir los pelotones de vehículos.

En el caso de semáforos en intersecciones que requieren una fase especial para peatones (rojo general para vehículos), se deben ubicar los focos de forma que los conductores que esperan en una aproximación no puedan ver la fase que hay en la vía transversal. Muchas veces, los conductores que perciben el inicio de la fase en rojo de la vía transversal invaden la intersección antes de que el semáforo se abra para ellos, sin respetar el semáforo peatonal. Una buena manera de dificultar la visión del semáforo de la transversal es situarlo antes de la intersección. Otra es la utilización de pestañas más adecuadas y ángulos de ubicación de los semáforos que limiten la visión de los focos sólo a los conductores que deben verlos.

Semáforo peatonal de activación manual

Este tipo de dispositivo presenta la ventaja de interrumpir el flujo de vehículos sólo cuando es realmente necesario, o sea, cuando lo solicita un peatón que desea cruzar. Este tipo de semáforo suele, normalmente, ser más respetado. Se debe utilizar en lugares de difícil travesía que poseen horarios específicos de travesía de peatones, como son las escuelas, las fábricas, y con una demanda poco elevada y aleatoria de peatones. Este semáforo presenta una desventaja cuando los peatones tratan de activarlo a intervalos cortos. Como el semáforo debe permanecer abierto a los vehículos por un tiempo mínimo programado, puede demorarse en abrirse para el peatón y éste decide cruzar sin esperar su fase. Así, cuando aparece la fase en rojo para los vehículos, ya no hay peatones a la vista y los conductores dejan de obedecer la señal. Este problema es

común cuando el flujo de vehículos presenta frecuentes brechas.

Semáforo peatonal automático en medio de una manzana

Este tipo de equipamiento sólo se justifica cuando existen travesías durante todo el día, sin permitir que el semáforo funcione en balde, lo cual generaría desobediencia por parte de los conductores.

B - Semáforo para vehículos en una intersección

Criterios de implantación

El *Manual de Semáforos* (CET/CONTRAN/DENATRAN, 1978)³ establece criterios que justifican la implantación de un semáforo en una intersección. Entre ellos se destacan los siguientes de la tabla 10.3.

TABLA 10.3
FLUJOS MÍNIMOS PARA IMPLANTACIÓN DE SEMÁFOROS

Nº de carriles de tránsito por aproximación		Vehículos/hora en la vía preferencial en los 2 sentidos	Vehículos/hora en la vía secundaria en la aproximación más concurrida
Vía Preferencial	Vía Secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Fuente: CET/CONTRAN/DENATRAN, 1978, p.42

1 - Valores mínimos de volumen de vehículos para implantación de semáforo:

Estos volúmenes deberán ser los promedios de las 8 horas de mayor volumen en la intersección.

2 - Interrupción de tránsito continuo:

En este criterio, aunque en la vía secundaria el volumen no alcance los valores mínimos estipulados en el criterio 1 (valores mínimos de volumen de vehículos), el volumen de la vía principal puede llegar a valores que dificultan su travesía para los conductores de la vía secundaria. Los volúmenes equivalentes mínimos para esta situación son dados en la Tabla 10.4.

TABLA 10.4
FLUJOS MÍNIMOS PARA IMPLANTACIÓN DE SEMÁFOROS –
FLUJOS GRANDES EN LA VÍA PREFERENCIAL

Nº de carriles de tránsito por aproximación		Vehículos/hora en la preferente en los 2 sentidos	Vehículos/hora en la secundaria en la aproximación más concurrida
Preferencial	Secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Fuente: CET/CONTRAN/DENATRAN, 1978, p.44

3 - Índice de accidentes:

La existencia de un elevado índice de accidentes puede justificar la implantación de un semáforo en intersecciones con flujos menores. Se debe verificar si esos accidentes son del tipo corregible por semáforo o si, con otros dispositivos menos radicales y menos costosos (obstáculo, mini-rotonda o semáforo intermitente), se conseguiría resolver el problema.

Programación de los semáforos

Al programar los semáforos, es conveniente tomar precauciones a fin de aumentar la seguridad. Se debe:

- Evitar los ciclos largos, que muchas veces generan fases muertas o esperas excesivas que conducen a la desobediencia del semáforo.
- Utilizar, siempre que sea posible, controladores con ciclo variable en función de la demanda o de horarios preestablecidos.
- Sincronizar los semáforos sucesivos para minimizar la interrupción del flujo de vehículos.
- En vías de alta velocidad, hacer la sincronización de forma que el pelotón reciba la nueva fase en verde sólo cuando ya está cerca de la aproximación con el fin de disminuir la velocidad de llegada a la intersección.
- Además, en intersecciones con historial de accidentes o con elevado potencial, se debe comprobar que los tiempos de amarillo y rojo general sean los correctos, utilizando las Tablas 10.5 y 10.6.

TABLA 10.5
TIEMPOS DE AMARILLO

Tipo de vía	Velocidad real (km/h)	Tiempo de amarillo (segundos)
Secundaria	40	3
Preferente (avenida)	60	4
Rápida/Expresa	80	5

Fuente: Ejzenberg, 1997.

TABLA 10.6
TIEMPOS DE ROJO GENERAL DE SEGURIDAD

Tipo de vía cruzada	Velocidad de aproximación (km/h)	Tiempo de rojo de seguridad (segundos)
Secundaria	40-60-80	0
Avenida	40	2
Avenida	60	1
Expresa	60	1
Avenida	80	0,4
Expresa	80	0,4

Fuente: Ejzenberg, 1997.

Ubicación de los semáforos

Una buena visibilidad de los semáforos es esencial para garantizar la seguridad del lugar. Algunos criterios y precauciones aconsejados por las experiencias sobre el terreno resultan bastante útiles:

- En vías de volumen medio (600-1.000 vehículos diarios/carril) sin velocidades muy elevadas (hasta 60 km/h), con ancho de hasta 10,5 m, se deben utilizar al menos 2 grupos de semáforos, 1 en brazo proyectado y 1 repetidor.
- Si el ancho es superior a los 10,5 m y/o los volúmenes y velocidades son elevados, se debe optar por 4 grupos, 2 en brazo proyectado y 2 repetidores.
- Es preferible tener exceso que falta de semáforos (siempre que no se exagere).
- Todos los semáforos en brazo proyectado deben estar dotados de pantalla antideslumbrante, lo cual ayuda a destacarlos respecto al fondo, así como respecto al sol, cuando el sentido sea este-oeste.
- Se debe tener especial cuidado con la falta de luminosidad de los focos, ya que a menudo provoca accidentes, principalmente en días de sol intenso. Es necesario un mantenimiento constante de los focos para limpiarlos, cambiar las gomas de impermeabilización, verificar el voltaje de los focos, etc. Las pestañas también son fundamentales en la luminosidad del foco.
- Se debe comprobar que el semáforo no se halla junto a plantas, que puedan crecer y cubrirlo, o junto a otras luces, especialmente las publicitarias, que pueden esconderlo o confundir a los conductores.

Ubicación de los semáforos: "antes" o "después" de la intersección

En São Paulo, y en gran parte de Brasil, se ha adoptado como estándar el sistema norteamericano de ubicación de los semáforos después del cruce. Sin embargo, la ubicación de los semáforos antes del cruce (estándar de varios países europeos) puede ser preferible, siempre que se tomen precauciones para su perfecta visibilidad cuando los vehículos ya están parados en la línea de retención. No hay consenso mundial sobre la mejor ubicación. Ambas alternativas presentan ventajas y desventajas.

Algunas de las ventajas de la ubicación "antes" son:

- El conductor que está parado en una vía no puede ver el semáforo de la vía transversal, lo cual elimina la situación peligrosa y bastante usual en Brasil, que ya se comentó, con los semáforos situados después del cruce, cuando los conductores arrancan en cuanto ven el foco en ámbar de la vía transversal. Los semáforos antes del cruce, asociados a la implantación de una fase de rojo general, permiten que se despeje el cruce, disminuyendo mucho los riesgos de conflicto que ocurren durante los cambios de las fases.
- Para poder ver el semáforo, los conductores están obligados a parar detrás de la línea de retención y, por tanto, respetan el paso de peatones.
- Los conductores tienen una visión anticipada de los semáforos, lo cual resulta especialmente ventajoso en

las intersecciones complejas, donde ya se han podido constatar semáforos instalados 40 m después de la línea de retención.

Como desventaja, el peatón que está cruzando la vía en lado “después” del cruce solamente tiene semáforo de referencia si hay semáforo especial para él. Por otra parte, esto incita a los peatones a tener más cuidado para cruzar, ya que tienen que esperar a que los vehículos se detengan.

En el caso de semáforos colocados antes del cruce, se debe tener especial cuidado para que los primeros vehículos parados junto a la línea de detención tengan perfecta visibilidad de los focos. Esto se puede conseguir instalando focos repetidores en posición más baja (2,0 m) y ligeramente orientados hacia el centro de la pista, atendiendo así las necesidades de los primeros vehículos de la fila. Este sistema se utiliza en varios países de Europa (Francia, España, etc.), siendo estos focos repetidores de menor tamaño, colocados en el mismo poste que los grandes, pero más abajo.

Amarillo intermitente

La definición de la vía preferencial en las intersecciones no controladas por semáforo debe estar señalizada con la placa “PARE”. Existen, sin embargo, lugares en los que, a pesar de la existencia de dicha señal, siguen produciéndose accidentes por no respetar la vía preferencial, sin que los volúmenes de vehículos justifiquen la instalación de un semáforo convencional.

Una de las posibles soluciones para esta situación es la implantación (además de la señal “PARE”) de focos amarillos, dotados de dispositivos de intermitencia continua, orientados hacia las aproximaciones secundarias, conforme se muestra en la Figura 10.22.

El objetivo del semáforo intermitente es reforzar la presencia de la señal de “PARE” (que debe permanecer), llamando la atención de los conductores respecto a la preferencia de la vía transversal. Además, debe ubicarse

junto al semáforo una señal de advertencia que rece “cruce con precaución”, para explicar cómo se debe proceder ante un semáforo intermitente. Dicho semáforo también puede utilizarse en otros casos, cuando se desea alertar al conductor respecto a una situación que requiere mayor atención. Por ejemplo, en São Paulo, en el cruce de la Avenida Abrahão de Moraes (carril periferia-centro) x la Calle Fagundes Filho x Avenida Miguel Stéfano. El flujo de la Calle Fagundes Filho debe entrar en el lugar con el de la Avenida Miguel Stéfano, debido a la programación de los semáforos, para que los dos movimientos se introduzcan al mismo tiempo en la Avenida Abrahão de Moraes, conforme se muestra en la Figura 10.23.

Se optó por la utilización, en la aproximación de la Av. Miguel Stéfano, de un semáforo compuesto por un foco rojo y un foco amarillo intermitente. El foco rojo actuaba como semáforo convencional, ordenando los derechos de paso, y el foco amarillo intermitente advertía de la existencia de movimientos en conflicto. Cuando los vehículos de la Av. Miguel Stéfano deben entrar en la Av. Abrahão de Moraes, se activa el foco intermitente. En el poste de los semáforos, se instaló una señal que reza “entre con precaución con semáforo intermitente”, explicando a los conductores cómo proceder correctamente en el cruce. Cuando debe detenerse el flujo de la Av. Miguel Stéfano para apertura del semáforo de la Av. Abrahão de Moraes, el foco amarillo queda encendido y fijo durante 3 segundos y, cuando se apaga, se enciende el rojo (Figura 10.24).

En lo que concierne a la utilización del ámbar intermitente con la señal “CRUCE CON PRECAUCIÓN”, unas investigaciones recientes (1994-96), realizadas en São Paulo, crean dudas sobre su eficacia para reducir el número de accidentes. Ha sido propuesta, aunque todavía no ha sido aprobada, la sustitución de la señal “CRUCE CON PRECAUCIÓN” por la señal “PARE”, manteniendo incluso otra señal “PARE” en la posición convencional.

FIGURA 10.22
SEÑALIZACIÓN TIPO AMARILLO INTERMITENTE

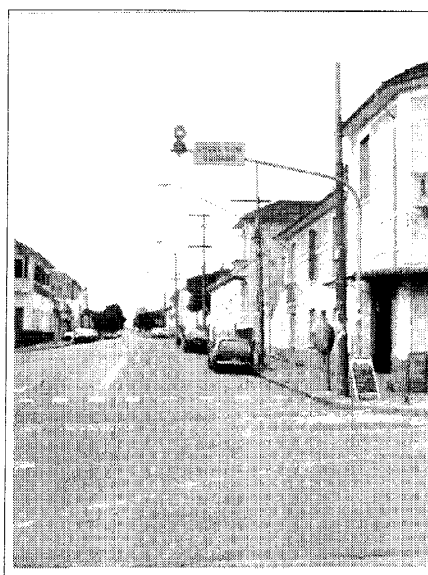


FIGURA 10.23
EJEMPLO DE UTILIZACIÓN DE SEMÁFORO INTERMITENTE
PARA LLAMAR LA ATENCIÓN

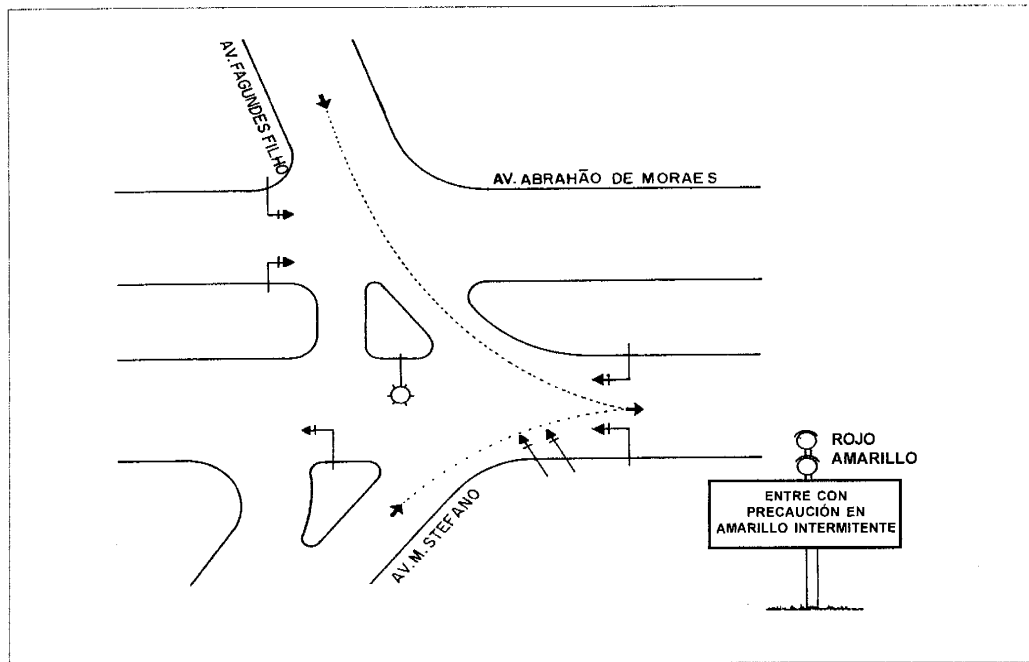


FIGURA 10.24
AMARILLO INTERMITENTE COMBINADO CON SEMÁFORO CONVENCIONAL
AVENIDA ABRAHÃO DE MORAES x AVENIDA MIGUEL STÉFANO



Restricción de circulación

Implantación de sentido único de circulación

El sentido único de circulación es una de las medidas más utilizadas para ordenar la circulación de las vías. Sus beneficios se observan en las intersecciones y a lo largo de las vías. En las intersecciones con las cuatro aproximaciones operando en sentido doble, existen 28 puntos de conflicto entre los movimientos, o sea, 28 posibilidades

diferentes de choque entre los vehículos de las diferentes aproximaciones (ver Figura 10.25).

Sólo con que una de las vías se convierta en vía de sentido único, los conflictos se reducen a 10 puntos (ver Figura 10.26).

Siendo las dos vías de sentido único sólo habrá 3 puntos de conflicto (Figura 10.27).

FIGURA 10.25
VEINTIOCHO PUNTOS DE CONFLICTO EN INTERSECCIÓN DE DOS
VÍAS DE DOBLE SENTIDO

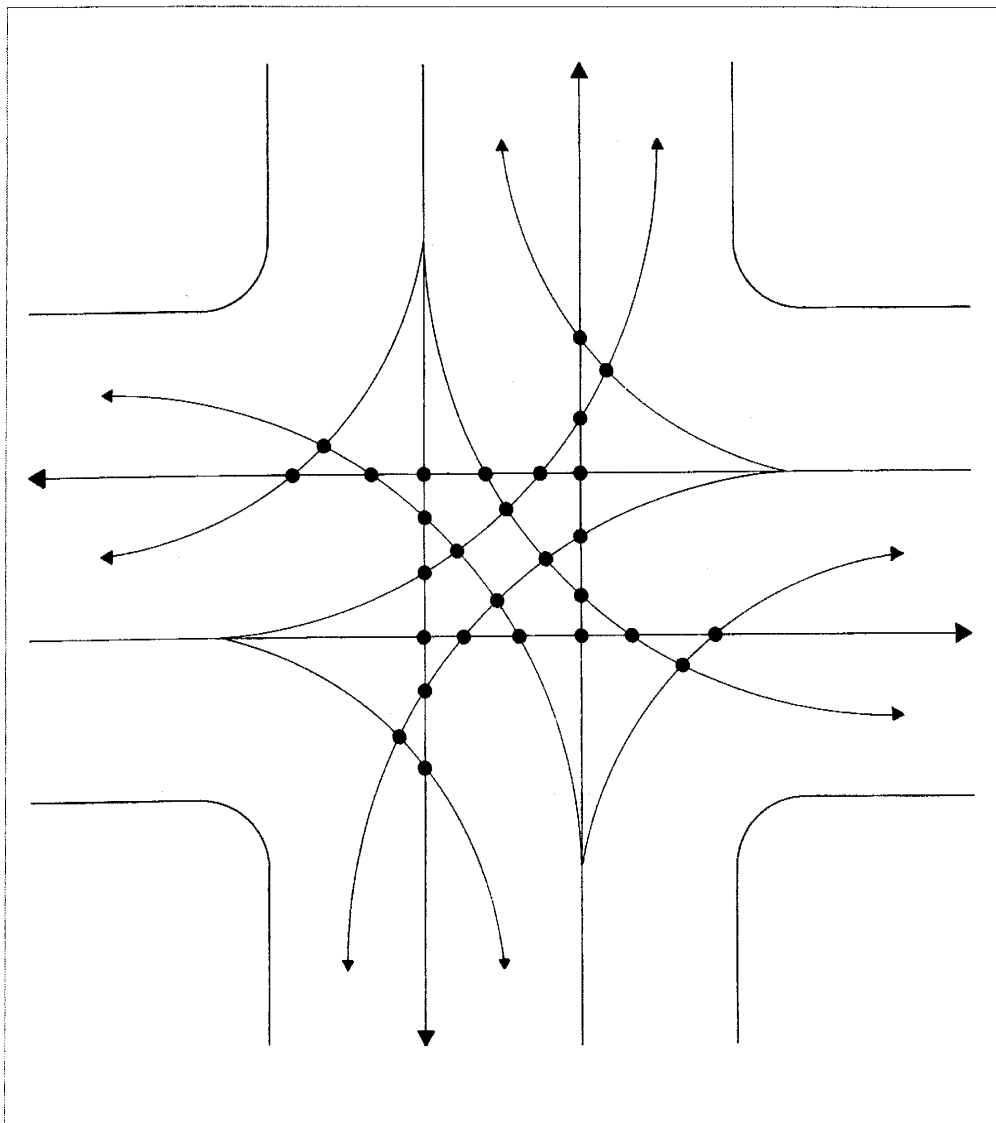


FIGURA 10.26
DIEZ PUNTOS DE CONFLICTO EN INTERSECCIÓN
DE VÍA DE SENTIDO ÚNICO CON VÍA DE DOBLE SENTIDO

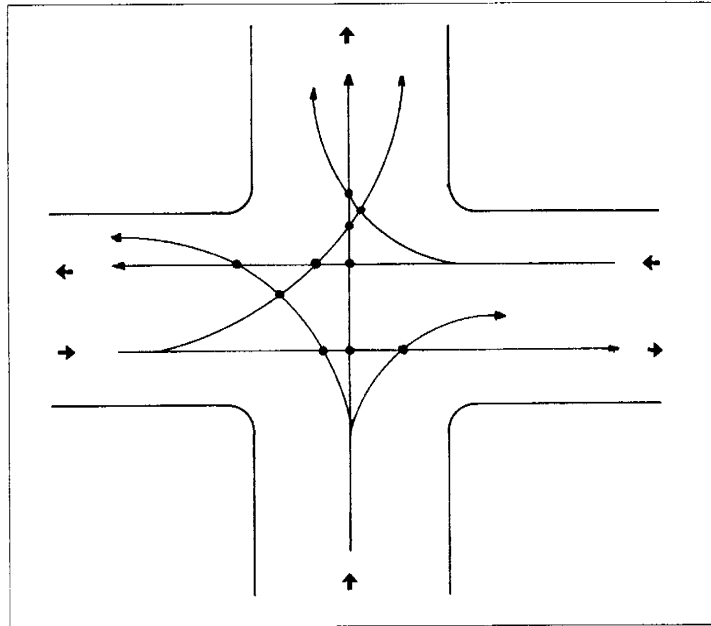
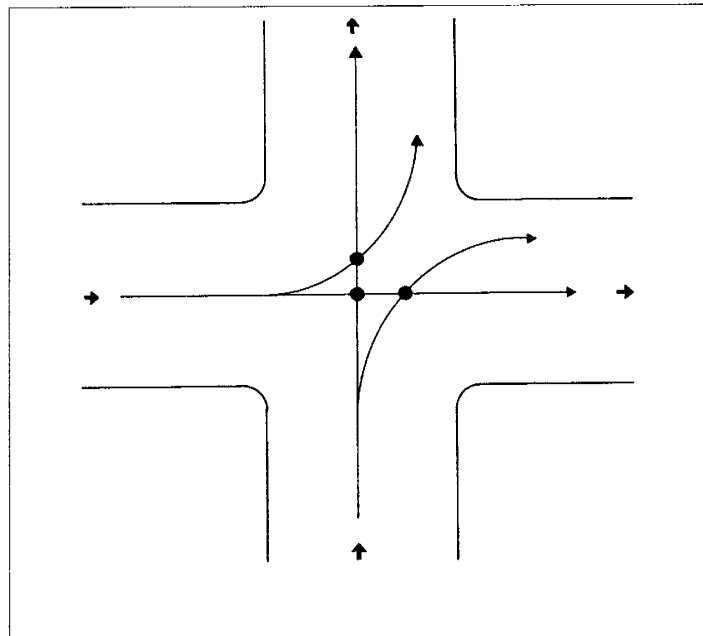


FIGURA 10.27
SÓLO TRES PUNTOS DE CONFLICTO EN INTERSECCIÓN DE DOS
VÍAS DE SENTIDO ÚNICO



Así, la introducción del sentido único hace la intersección mucho más sencilla, en términos de operación y seguridad, al reducir el potencial de conflictos entre vehículos.

En cuanto a los peatones, la travesía también resulta más fácil, al tener éstos mejores condiciones para evaluar las llegadas de los vehículos, habida cuenta que se preocupan sólo de un sentido de dirección del tránsito y de un menor número de movimientos de giro.

En cruces complejos controlados por semáforos, con más de cuatro aproximaciones, es necesario, casi invariablemente, recurrir al sentido único en alguna de sus llegadas, para evitar el uso de un ciclo de 3 o más fases.

El sentido único a lo largo de grandes tramos o de una vía entera también representa ventajas:

- mayor seguridad para los peatones, que ya no necesitan preocuparse por los dos lados de la vía y pueden realizar la travesía de una sola vez, sin necesidad de pararse en el medio como en las vías de sentido doble;
- se encuentran más fácilmente brechas para la travesía;
- los adelantamientos resultan más fáciles y seguros, sin el peligro de choques frontales;
- mayor espacio para que transiten los vehículos y mayor posibilidad de maniobra en caso de imprevistos;
- mayor capacidad del flujo de vehículos de la vía y mayor aprovechamiento de las vías que poseen un número impar de carriles;
- mejor coordinación entre semáforos consecutivos, lo cual posibilita la formación de pelotones de vehículos, que transitan con menor pérdida de tiempo en los semáforos y con mayor número de brechas para los peatones.

El sentido único también presenta desventajas:

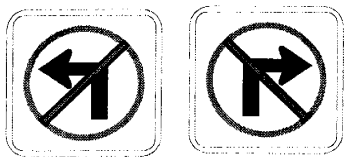
- aumento de la velocidad de los vehículos, al sentirse los conductores más libres y seguros;
- aumento de los recorridos, al tener que seguir caminos indirectos para efectuar cambios de sentido;
- necesidad de vías paralelas en las proximidades para que absorban el tránsito en sentido contrario.

Prohibición de giros

La prohibición de los giros tiene por objetivo disminuir el número de conflictos entre los vehículos o entre éstos y los peatones.

Este tipo de restricción se representa en señales de prohibición (circulares) con una flecha en ángulo recto indicando la mano (hacia la derecha o hacia la izquierda) y una franja roja en diagonal (símbolo de prohibición).

Normalmente, estas señales no son del agrado de los conductores, ya que prohíben movimientos que los conductores ven como convenientes; por ello, pueden no ser respetadas en absoluto de no haber una fiscalización



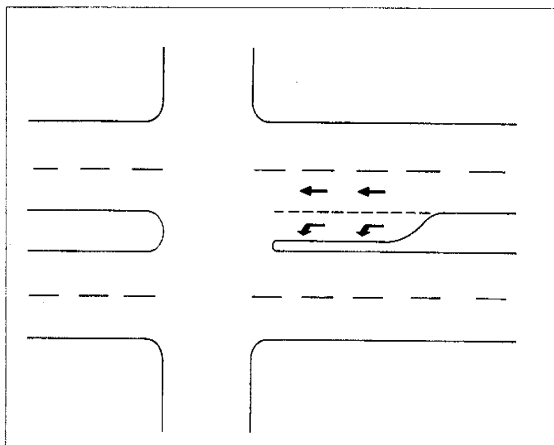
efectiva. En intersecciones con intenso flujo de peatones en la transversal, se producen conflictos con los giros a la derecha. Si algún problema de capacidad impide la utilización de una fase de rojo general para vehículos y fase para peatones, la prohibición del giro a la derecha mediante la señal pertinente permitirá la travesía segura de los peatones.

En los casos extremos en los que la prohibición es realmente necesaria, deben tomarse las siguientes precauciones:

- colocar la señal de prohibición de giro a la derecha bien visible, de preferencia utilizando una señal de 80 cm de diámetro en brazo proyectado;
- orientar a los conductores hacia los caminos alternativos, que deberán estar cerca;
- garantizar una fiscalización efectiva y constante para evitar la desobediencia sistemática.

La prohibición de efectuar giros a la izquierda es más usual y se aplicará siempre que estos giros reduzcan significativamente la capacidad o, lo que es más habitual, causen accidentes. Antes de prohibir esta maniobra, debe verificarse la posibilidad de adecuar a la geometría del lugar para "almacenar" en un carril especial y seguro los vehículos que realizan este giro y/o crear una fase especial para el giro en los semáforos (Figura 10.28).

FIGURA 10.28
GIRO A LA IZQUIERDA CON
CARRIL ADICIONAL DE ESPERA



Se debe verificar si es necesario mantener esa restricción de circulación durante todo el día, o si es posible permitir los giros en horarios menos concurridos. Siempre que se prohíbe un giro, se debe buscar el mejor itinerario alternativo y orientar a los conductores para que asuman el nuevo camino y obedezcan la señalización. Las opciones incluyen:

- Realizar el giro en otro lugar menos peligroso.
- Salir a la derecha una o más manzanas antes y realizar el giro a la izquierda en vías menos problemáticas, atravesando nuevamente la vía que estaba en el trayecto original (ver Figura 10.29).
- Salir a la derecha después del cruce en cuestión y, mediante giros a la derecha en vías menos importantes, cruzar la vía original (Figura 10.30).

La experiencia ha demostrado que el respeto de la prohibición sólo se consigue mediante una fiscalización constante, salvo en los casos en que el flujo de vehículos es tan grande que inhibe naturalmente este giro.

FIGURAS 10.29
CAMINO ALTERNATIVO
PARA GIROS A LA IZQUIERDA

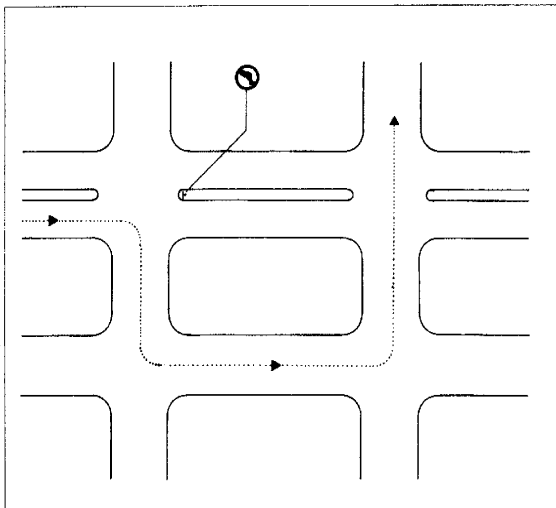
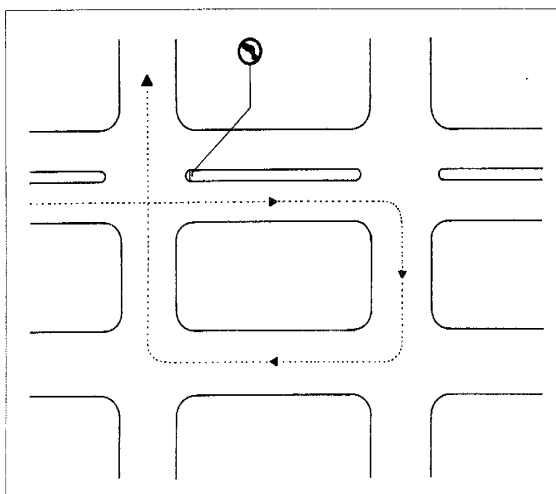


FIGURA 10.30
CAMINO ALTERNATIVO
PARA GIROS A LA IZQUIERDA



Estrechamiento de la calzada

Esta técnica se suele considerar un reductor de velocidad; sin embargo, en las evaluaciones realizadas en la ciudad de São Paulo, no se constataron reducciones significativas, a no ser en casos en que el estrechamiento disminuyó la capacidad de la vía hasta el punto de perjudicar la fluidez del tránsito.

La gran ventaja de esta intervención radica en que ordena el flujo de vehículos. El estrechamiento de la calzada actúa como un ensanchamiento de acera. Al crear un área privativa para los peatones, facilita la travesía (al disminuir el ancho de la calzada y canalizar los vehículos) y mejora la visibilidad respecto a la transversal. Dicha intervención debe ser usada, siempre que sea posible, en acera de concreto, que presenta mejores condiciones de visibilidad para los vehículos y seguridad para los peatones.

Su realización con tachones permite que los vehículos estacionen en el área del estrechamiento (ver Figura 10.31). Cuando se construye con prismas de concreto, su visibilidad se hace precaria, principalmente de noche. Algunos vehículos chocan contra estas barreras, rompiendo parte de ellas. El estrechamiento de la calzada debe hacerse de forma gradual para permitir una transición segura entre los diferentes anchos de la vía.

Mini-rotonda

Se trata de una técnica desarrollada en Inglaterra y adaptada a otras ciudades en varios países. Permite disminuir el número de conflictos existentes en intersecciones en las que la preferencia no está bien definida, con bajos volúmenes de tránsito y elevado índice de accidentes, mediante la disminución de la velocidad de aproximación y el ordenamiento de los giros.

FIGURA 10.31
ESTRECHAMIENTO DE CALZADA
EFECTUADO CON TACHONES



Se recomienda la instalación de este dispositivo en intersecciones en las que la señalización de las vías preferenciales no resulta eficaz y el volumen de tránsito no justifica la instalación de un semáforo. Se ha observado que la «negociación» del derecho de paso entre los conductores se realiza a velocidades menores y, normalmente, quien está dentro de la rotonda consigue la preferencia.

Su dispositivo principal se compone de un círculo pintado de amarillo en el centro de cruce, con un radio entre 1 m y 8 m, rodeado de tachones reflectantes unidireccionales (Figura 10.32).

A continuación, se incluyen algunas recomendaciones:

- El lugar no debe ser itinerario típico de autobuses o camiones, ya que estos vehículos, por dificultades de maniobra de giro, invaden el dispositivo, anulando así su función. (A veces, esto resulta ventajoso, al permitir maniobras de giro a los camiones y la implantación de mini-rotondas en lugares en los que la implantación de obstáculos infranqueables impediría.)
- El ángulo menor formado por el eje de las vías que componen la intersección deberá estar entre 60° y 90°.
- El lugar deberá poseer buenas condiciones topográficas para permitir la visibilidad del conjunto – al menos a

50,0 m de distancia – por los conductores en las vías de aproximación.

- El diámetro de la mini-rotonda debe ser de 0,35 del diámetro de la mayor circunferencia que se pueda inscribir en el área interna de la intersección, sin traspasar el límite representado por el bordillo.
- Debe acompañarse de señalización vertical y de reglamentación, de señalización horizontal de canalización en las aproximaciones y de flechas horizontales en torno al círculo, además de la implantación del proyecto-visión (véase adelante), para garantizar la eficacia del dispositivo.
- En el caso de intersecciones muy anchas, se puede realizar con prismas de concreto, dándole una configuración más parecida a la de una rotonda de tamaño convencional (Figura 10.33).

FIGURA 10.32
MINI-ROTONDA CON TACHONES EN SÃO PAULO



FIGURA 10.33
MINI-ROTONDA REALIZADA
CON PRISMAS DE CONCRETO

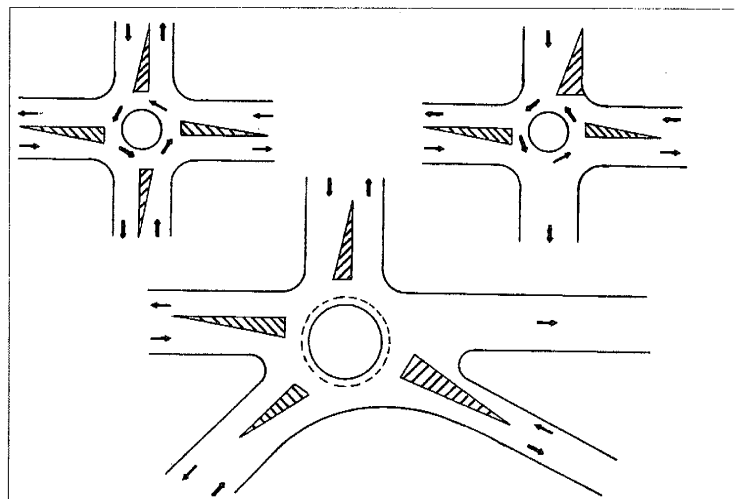


FIGURA 34
EJEMPLOS DE MINI-ROTONDAS

La evaluación de los 22 primeros proyectos implantados en São Paulo demostró una reducción de 20 a 30 % en la velocidad de aproximación después de la implantación de la mini-rotonda. También se registró, entre los doce meses anteriores a la implantación y los doce posteriores, una reducción de 142 accidentes (108 S/V, 27 C/V y 7 AT) a 24 accidentes (20 S/V, 1 C/V y 3 AT), destacándose la reducción de accidentes con víctima, de 27 casos a apenas 1.

En la Figura 10.34 se pueden ver algunos esquemas de mini-rotondas.

La CET elaboró un manual de normas de proyecto de mini-rotondas que se actualiza periódicamente.



10.5 Canalización de peatones

Vallas

La función de las vallas es canalizar a los peatones para que crucen en lugares más seguros que los normalmente elegirían. Estos nuevos lugares pueden ser intersecciones o tramos de una vía, con o sin semáforo o paso peatonal. A veces no hay otro dispositivo más que la valla, que sirve simplemente para indicar un lugar de travesía más seguro según las evaluaciones hechas en el terreno. A continuación se hacen algunas observaciones importantes:

- La canalización por medio de vallas debe ir imprescindiblemente asociada a la implantación de señalización vertical de orientación de peatones para que no les resulte agresiva al desviarlos de su trayectoria natural.
- Junto a las esquinas, las vallas deben ser prolongadas de forma que acojan al peatón en la vía de origen y eviten que éste esquive la valla y camine por el bordillo, cruzando por un lugar impropio. La Figura 10.35 ilustra el esquema de canalización recomendado.
- La instalación de vallas no se recomienda en las aceras cortadas por muchos accesos de vehículos, pues la discontinuidad del dispositivo genera desobediencia al mismo.

- La canalización mediante vallas debe ejecutarse a ambos lados de la vía, conforme al diseño precedente, ya que, si sólo hay canalización en una acera, el peatón puede cruzar desde la otra y encontrarse con un obstáculo en la acera de enfrente.
- Se debe evitar la implantación de vallas muy cerca de los bordillos, pues puede haber peatones que crucen la vía oblicuamente, encontrándose en la situación descrita en el caso anterior, corriendo el peligro de ser aplastados contra la valla en caso de atropellamiento. Una solución es alejar la valla unos 0,50 m (lo suficiente para acomodar al peatón en la acera), dejando las extremidades de las vallas junto a los bordillos (Figura 10.36).
- Por los motivos expuestos anteriormente, tampoco se recomienda instalar vallas en divisores de tránsito con un ancho menor de 1,50 m.
- Se sugiere que la altura de la valla sea de 1,1 m, suficiente para que los peatones no la salten.

El tipo de valla puede ser flexible o rígida. Se aconseja la utilización de la valla rígida, por ser más eficaz, a no ser que haya restricciones de costo o por tratarse de una instalación provisional (por ejemplo, en caso de obras). La valla a utilizar debe ser de un tipo que no represente una barrera visual entre conductores y peatones, especialmente peatones infantiles.

FIGURA 10.35
CANALIZACIÓN PEATONAL CON VALLA

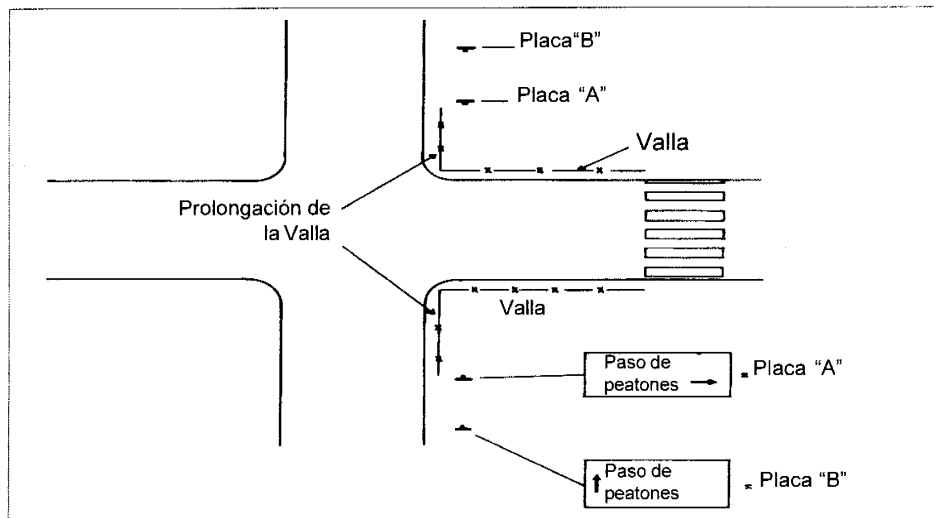
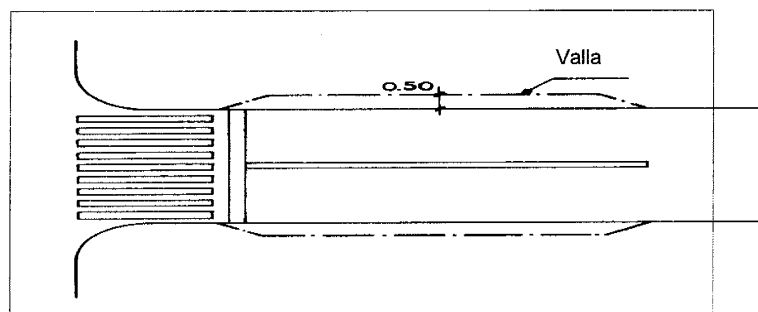


FIGURA 10.36
VALLAS ALEJADAS DEL BORDILLO



Jardineras

La jardinera, al igual que la valla, tiene por objeto canalizar a los peatones e impedir que crucen las vías en lugares peligrosos. Este dispositivo tiene por añadidura la ventaja de ser un elemento decorativo y paisajístico, insertándose dentro del contexto urbano de forma natural como una parte integrante del paisaje (Figura 10.37). Siendo así, se debe utilizar este recurso siempre que sea posible, principalmente en lugares con aceras anchas o con divisores centrales. Las

observaciones hechas respecto a las vallas también son aplicables en este caso, excepto la última, referente a la altura.

Se recomienda que se tomen precauciones para que la altura de la vegetación no sea excesiva, el conjunto tiesto + plantas no debe exceder una altura de 1,0 m, para no impedir la visión mutua de peatones y conductores. Se deben elegir plantas pequeñas de poco crecimiento, o realizar frecuentes podas, para no obstaculizar la visión.

FIGURA 10.37
JARDINERA UTILIZADA
COMO CANALIZACIÓN DE PEATONES



Pasarela y pasaje subterráneo

Siempre que los peatones los utilicen, estos dispositivos, al separar en niveles distintos los peatones y los vehículos y al eliminar los movimientos en conflicto, maximizan la seguridad de los peatones y la capacidad de las vías.

Las ventajas de las pasarelas respecto a los pasajes subterráneos son:

- no interfieren con los servicios públicos subterráneos;
- para los peatones son estéticamente más agradables, además de ser más higiénicas;
- son mejores en el aspecto de la seguridad personal;
- en general, son más económicas (pueden costar sólo un 10% del costo de un pasaje subterráneo);

El pasaje subterráneo posee las siguientes ventajas:

- menor desnivel a recorrer por el peatón (entre 3,0 y 3,5 m en vez de los 5,0 a 5,5 de la pasarela);
- menores inconvenientes estéticos desde el punto de vista urbanístico;
- son más confortables en condiciones climatológicas adversas.

En general, en el centro de las ciudades se utilizan más los pasajes subterráneos y en las zonas periféricas, donde hay más espacio, las pasarelas.

El problema fundamental del pasaje subterráneo son las remodelaciones de los servicios públicos existentes en el subsuelo, que encarecen considerablemente la construcción.

Las dimensiones útiles mínimas admisibles para los pasajes subterráneos o cerrados son de 2,5 m de altura con 2,2 m de altura libre y, en el caso de que los accesos estén en rampa, ésta no debe exceder un 10%.

La máxima concentración admisible es de 1,4 peatones/m², siendo la velocidad de 3 a 4 km/h y la capacidad de 60 peatones/minuto por metro de ancho, o sea, 3.600 peatones/hora por metro de ancho.

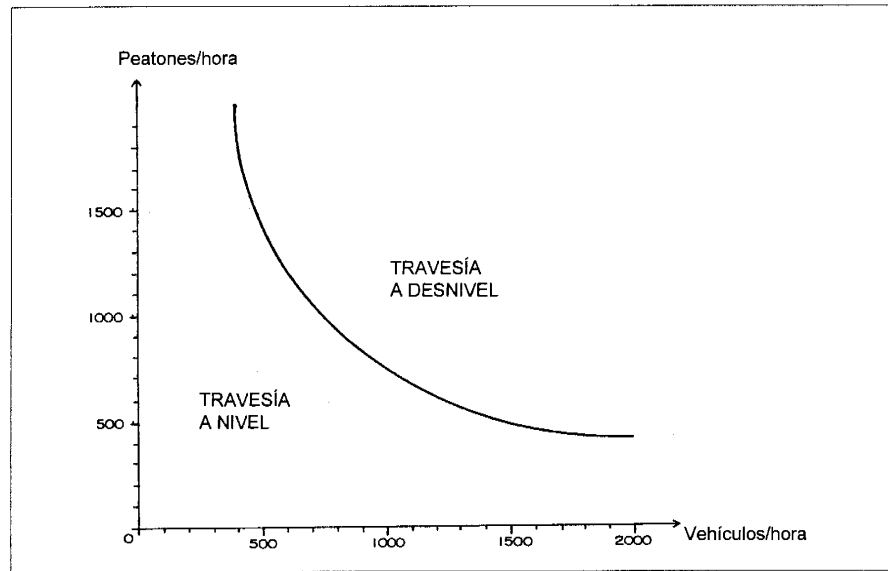
Los pasajes en desnivel generalmente suponen un aumento del tiempo de recorrido de los peatones, desincentivándolos en su utilización. Es, por tanto, fundamental para su éxito que los pasajes estén ubicados en las trayectorias deseadas por los peatones. Si es posible, deben insertarse en un proyecto urbanístico que los lleve naturalmente a utilizar la pasarela o el pasaje. En otros casos, se precisa instalar barreras/vallas para conducir a los peatones. Si las condiciones financieras lo permiten y el número de peatones lo justifica, se recomienda incluso la instalación de escaleras mecánicas para acceder a los pasajes en desnivel.

En Madrid, en 1972, al observar el comportamiento de los peatones en la utilización de pasajes subterráneos en vías con 6 carriles de tránsito y un volumen de 40.000 a 100.000 vehículos/día, se constató que la pérdida de un minuto en la utilización del pasaje subterráneo, respecto a la travesía a nivel, generaba una desobediencia del orden de un 50%. A tiempos iguales, esta desobediencia caía a un 10%. En Inglaterra (Departamento del Medio Ambiente) se constató

que, para que casi todos los peatones utilizaran una pasarela, el tiempo que se tardara en cruzarla debía ser un 75% del tiempo necesario para la travesía a nivel.

A pesar de que cada lugar posea características propias, la Figura 10.38 determina un criterio de evaluación, siendo las velocidades de los vehículos inferiores a los 60 km/h, para definir si la travesía debe ser efectuada en desnivel.

FIGURA 10.38
CRITERIOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE PASARELAS



Fuente: DIRECTION DES PONTS ET DE LA CIRCULATION ROUTIÈRE - PARIS.

10.6 Barreras de seguridad

Los objetivos que deben cumplir las barreras de seguridad son los siguientes (OCDE, 1975):

- impedir que cualquier vehículo descontrolado produzca daños a personas o propiedades situadas fuera del vehículo;
- impedir que los vehículos ligeros y, si es económicamente posible, los vehículos pesados penetren en zonas peligrosas;

- desviar el vehículo que impacta en la barrera, dándole una trayectoria aproximadamente paralela a la dirección de la barrera de seguridad;
- mantener los impactos sufridos por los ocupantes de un vehículo descontrolado dentro de límites soportables;
- minimizar los costos de los daños producidos;
- amortiguar el impacto de un vehículo que choque contra la barrera, evitando que dicho vehículo y la propia barrera se conviertan en una amenaza para el resto del tránsito.

Para evitar que el vehículo pase la barrera, se utiliza el concepto de redireccionamiento de vehículos descontrolados para actuar sobre el vehículo a una altura lo más cercana posible a su centro de gravedad, llegando a los perfiles hoy conocidos.

Las barreras de seguridad pueden clasificarse en flexibles o rígidas.

Barrera flexible (defensa metálica)

Las defensas metálicas se instalan junto a ríos, arroyos, barrancos, grandes desniveles en terraplenes, etc., pero también se utilizan como divisores de pistas y como protección junto a pilares, transiciones de puente a

carretera, pórticos para señales, y puntos con historial de salidas de la calzada, vehículos descontrolados (tramos de vía en curva, etc.).

A continuación se incluyen algunas recomendaciones respecto a la implantación de barreras metálicas:

- No se deben colocar barreras en lugares donde exista un área de salida en la que el vehículo descontrolado pueda desacelerar gradualmente.
- En el caso de vías que posean bordillos, se debe instalar la viga de deslizamiento en el mismo plano vertical de la cara externa del bordillo, para evitar que el vehículo, al chocar contra el bordillo, pase la barrera o caiga sobre ella. Preferentemente, salvo por problemas de drenaje, el bordillo debe ser rebajado y la defensa desplazada hacia atrás.
- En su tramo inicial, se debe anclar la defensa en una obra de arte, si la hay, o en el suelo, para evitar el efecto "guillotina", o sea, que el vehículo sea cortado por la defensa en el sentido longitudinal (Figura 10.39).
- Se deben prever aperturas para paso de peatones, cuando se necesiten, como se detalla en la Figura 10.40.

FIGURA 10.39
ESQUEMA DE ANCLAJE DE LA
DEFENSA METÁLICA EN EL SUELO

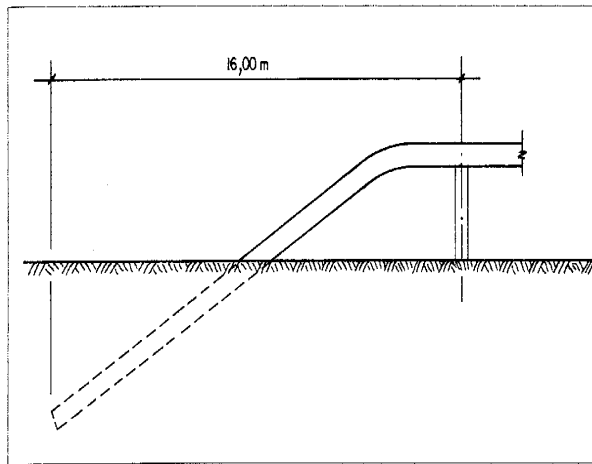
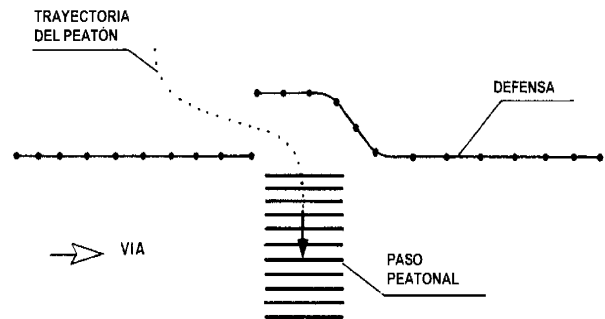


FIGURA 10.40
APERTURA PARA PASO
DE PEATONES EN DEFENSA METÁLICA



Según su capacidad de absorción de energía cinética, las barreras metálicas se pueden clasificar en:

- *barrera semi-flexible*: aquella que tiene espaciadores maleables, aunque posea postes considerados rígidos (de acero o madera) que separan la viga de deslizamiento del poste de sujeción. Se trata del tipo más utilizado en la actualidad;
- *barrera flexible*: aquella instalada en postes metálicos de pequeña resistencia, que se deforma plásticamente al recibir el impacto de un vehículo.

Barrera rígida (barrera de concreto)

Suelen ser de concreto armado y se caracterizan por ser indeformables ante los impactos. Sus principales aplicaciones son como separadores de pistas sin divisor central, protectores de puentes de señalización, viaductos, transiciones de puente a carretera, etc. Se instalan también en lugares que se quieren hacer infranqueables para los vehículos y los peatones, cuando por ejemplo, se quiere obligar a los peatones a utilizar las passarelas.

Se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- El perfil más recomendado por los estudios y experiencias existentes es el tipo New Jersey, particularmente adecuado para la gran cantidad de pequeños automóviles existente en Brasil.
- Con base en los mismos estudios, se aconseja la adopción de un perfil sin ninguna modificación de sus dimensiones o ángulos, para no comprometer la eficacia de la barrera.
- Las barreras deben ser continuas, con sus extremidades dotadas de transiciones y aperturas en ángulos, que eliminen la posibilidad de choque frontal de vehículos con partes expuestas al tránsito.

- Se preferirán barreras prefabricadas a las vaciadas en el sitio. Las pre-fabricadas pueden ser colocadas rápidamente, sin interferir con el tránsito y generalmente tienen un mejor acabado y superficies más uniformes.
- En carreteras con pistas separadas por divisores centrales, largos y planos, la barrera debe ubicarse en el centro del divisor, aprovechando el divisor como área de escape para los vehículos que se salen de la pista.

Respecto a las barreras metálicas, las barreras rígidas presentan las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- larga duración (mayor ventaja);
- costo de mantenimiento casi nulo;
- encaja mejor en el contexto urbano;
- teóricamente, no se puede pasar a través o por encima de ellas.

Desventajas

- no se recomiendan para lugares donde se esperan choques de vehículos con ángulos superiores a 20°/25°, ya que por encima de este valor, las barreras rígidas no amortiguan los fuertes impactos;
- debe tenerse cuidado con el drenaje superficial;
- solamente se pueden desplazar si son prefabricadas.

En cuanto al criterio de elección del tipo de barrera, flexible o rígida, en un estudio de la influencia del ancho del divisor central de la vía sobre el ángulo probable de impacto, se recomiendan los criterios de la Tabla 10.7.

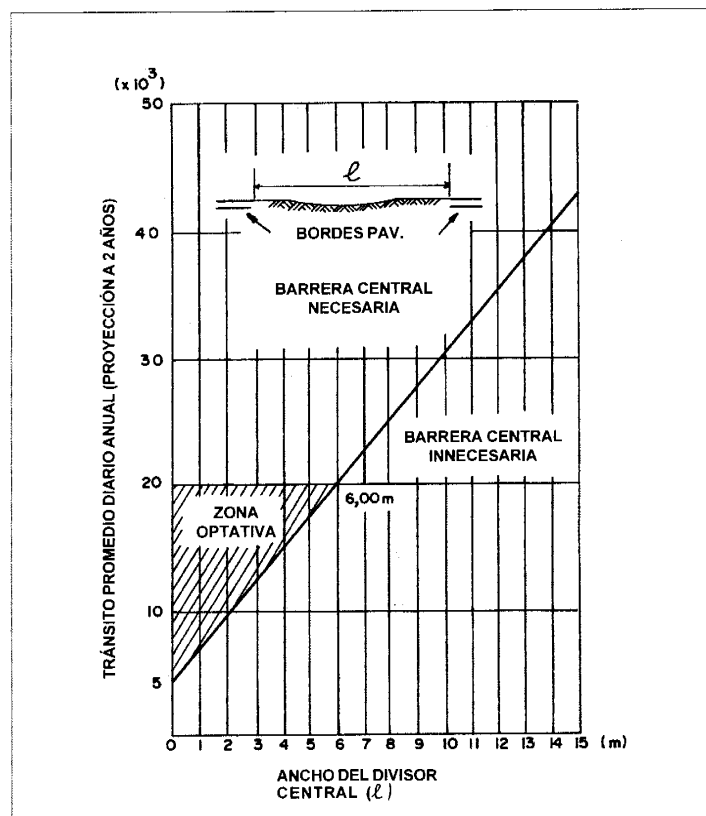
TABLA 10.7
TIPO DE BARRERA EN FUNCIÓN DEL ANCHO DEL DIVISOR CENTRAL

ANCHO DEL DIVISOR CENTRAL	TIPO DE BARRERA
hasta 5,40m	rígida
5,40 a 7,20m	rígida o flexible
7,20 a 9,00m	flexible

Fuente: Giamusso, 1992, p.19.

Respecto a la necesidad de barreras centrales de seguridad, se recomienda utilizar la correlación entre el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y el ancho del divisor central, como se muestra en la Figura 10.41.

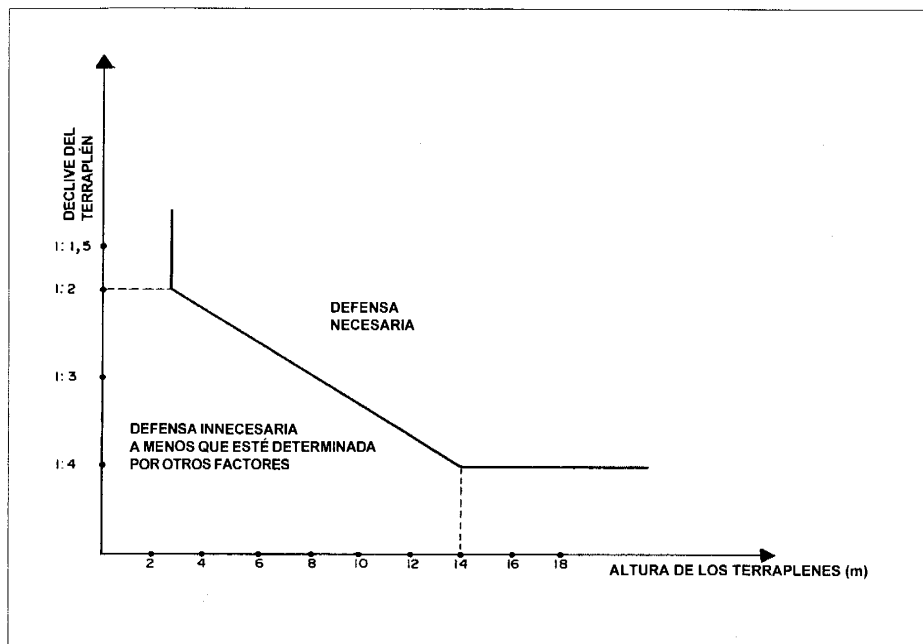
FIGURA 10.41
NECESIDAD DE BARRERA CENTRAL EN FUNCIÓN DEL TPDA Y DEL ANCHO DEL DIVISOR CENTRAL (ADOPTADO POR EL DNER)



Fuente: Giamusso, 1992, p.19.

La Figura 10.42 presenta la propuesta de la OCDE para determinar la necesidad de barreras de seguridad al borde de los terraplenes.

FIGURA 10.42
RECOMENDACIÓN DE BARRERA LATERAL
EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LOS TERRAPLENES



Fuente: CET (1978), v.7, p.35.

10.7 Iluminación y visibilidad

Según los datos estadísticos de la CET de São Paulo, un 40% de los accidentes graves en el municipio de São Paulo ocurren de noche, cuando sólo se realiza un 20% de los desplazamientos. La principal víctima en dicho período es el peatón. Debido a la menor iluminación, éste se convierte en un elemento mucho más difícil de ver para el conductor y el peatón, a su vez, aunque vea el vehículo, tendrá más dificultades para evaluar la distancia y la velocidad a la que éste se desplaza. Esto causa frecuentes errores de evaluación, que son agravados cuando los conductores usan las luces de posición en lugar de las luces cortas exigidas por la ley.

La introducción de mejoras en la iluminación trae como consecuencia una reducción de los accidentes nocturnos, principalmente de los atropellamientos. Algunas investigaciones realizadas en Inglaterra, en lugares cuya iluminación se mejoró, mostraron una reducción de un 43% en los

accidentes nocturnos con peatones y de un 10% en los otros tipos de accidentes, habiendo también una reducción de un 46% en los accidentes fatales y de un 27% en los accidentes graves. Ello ocurrió a pesar de haber un aumento en accidentes durante el día en las vías examinadas. La Tabla 10.8 presenta los datos generales obtenidos en estas evaluaciones.

La iluminación pública que se suele implantar en las calles urbanas es suficiente para proporcionar comodidad y una cierta seguridad a los peatones, al desincentivar los actos delictivos. No obstante, con las velocidades alcanzadas por los vehículos, este grado de iluminación resulta inadecuado para garantizar la seguridad del tránsito o facilitar la visibilidad de las señales de tránsito.

TABLA 10.8
NÚMERO DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS ANTES Y DESPUÉS DE LA
INTRODUCCIÓN DE MEJORAS EN LA ILUMINACIÓN (INGLATERRA)

PERÍODO		PEATONES	OTROS	TOTAL
Diurno	antes	319	929	1.248
	después	334	1.091	1.425
Nocturno	antes	159	346	505
	después	91	312	403
Accidentes después/antes				
P. Diurno		1,05	1,17	1,14
P. Nocturno		0,57	0,90	0,80
Período		Fatales	Graves	Leves
Diurno	antes	16	224	1.008
	después	17	244	1.164
Nocturno	antes	28	123	354
	después	15	90	298
Accidentes después/antes				
P. Diurno		1,06	1,09	1,16
P. Nocturno		0,54	0,73	0,84

Fuente: CET, Boletim Técnico No. 27, p.79.

Utilización de las luces cortas

En Brasil, el Código Nacional de Tránsito establece que las luces cortas deben llevarse siempre encendidas entre la puesta del sol y el amanecer. Muchos de los conductores de las ciudades brasileñas no obedecen esta norma.

La señalización de tránsito debe ser, normalmente, realizada en materiales reflectantes. Las placas se fabrican con pintura y/o película reflectante; la composición de la señalización horizontal debe tener micro-partículas de vidrio reflectantes y los tachones suelen contener un elemento reflectante.

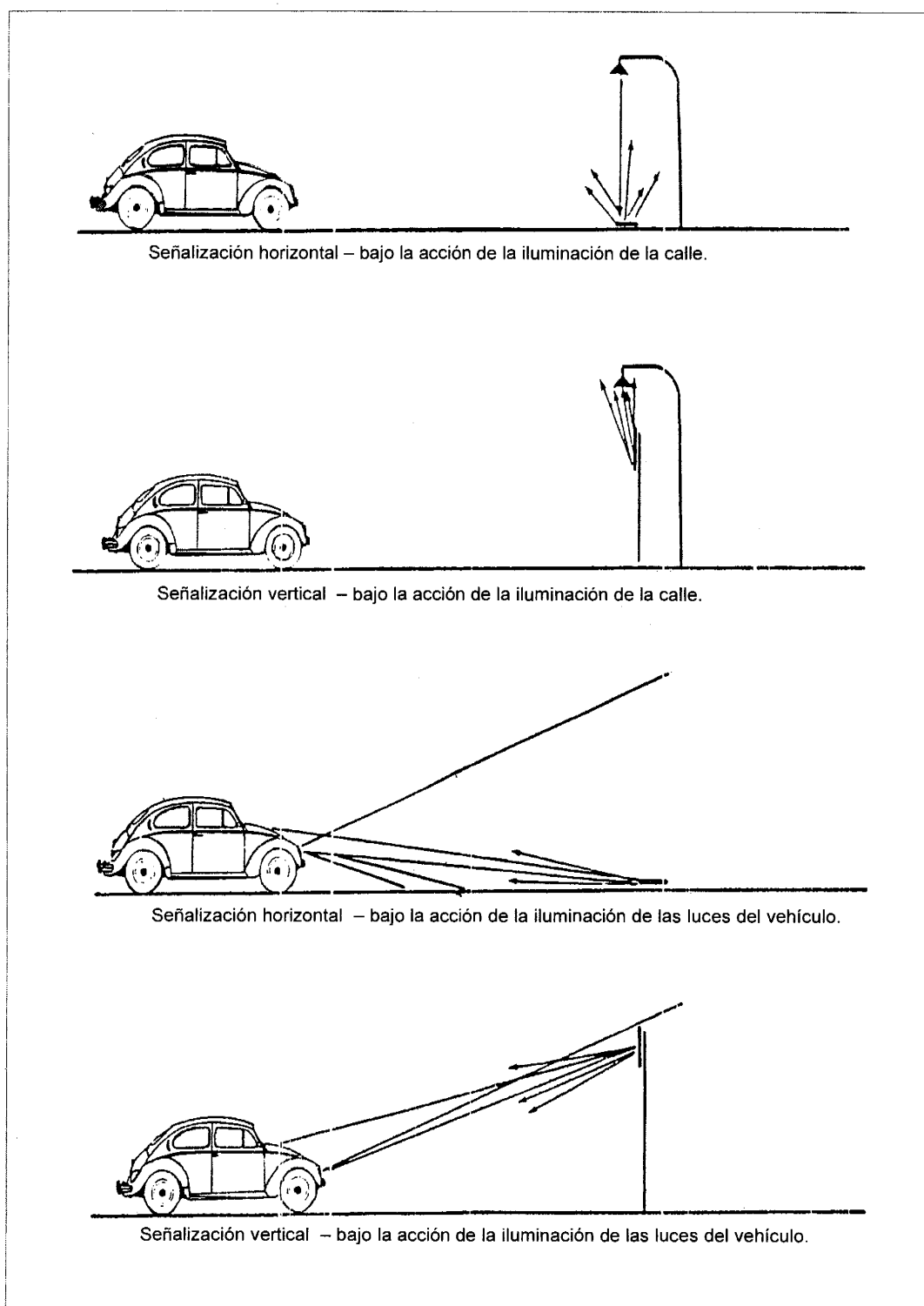
Este tipo de material tiene la propiedad de devolver el reflejo de la luz incidente a la fuente luminosa, de forma que, aunque la iluminación pública no produzca un reflejo

en la dirección del conductor, los faros del vehículo lo hacen. La Figura 10.43 muestra este principio de funcionamiento.

Algunas de las principales ventajas de la utilización de las luces cortas en ciudad son:

- Permiten mejor visión, visibilidad mutua entre peatones y vehículos, facilitando también la evaluación de la velocidad y distancia del vehículo por los peatones.
- En una intersección, las luces actúan como una extensión del vehículo, puesto que son visibles desde la vía transversal antes de que el propio vehículo alcance la intersección, aumentando la distancia de frenado. (Figura 10.44).

FIGURA 10.43
SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE SÓLO FUNCIONA
ADECUADAMENTE BAJO LA ACCIÓN DE LAS LUCES DE LOS VEHÍCULOS



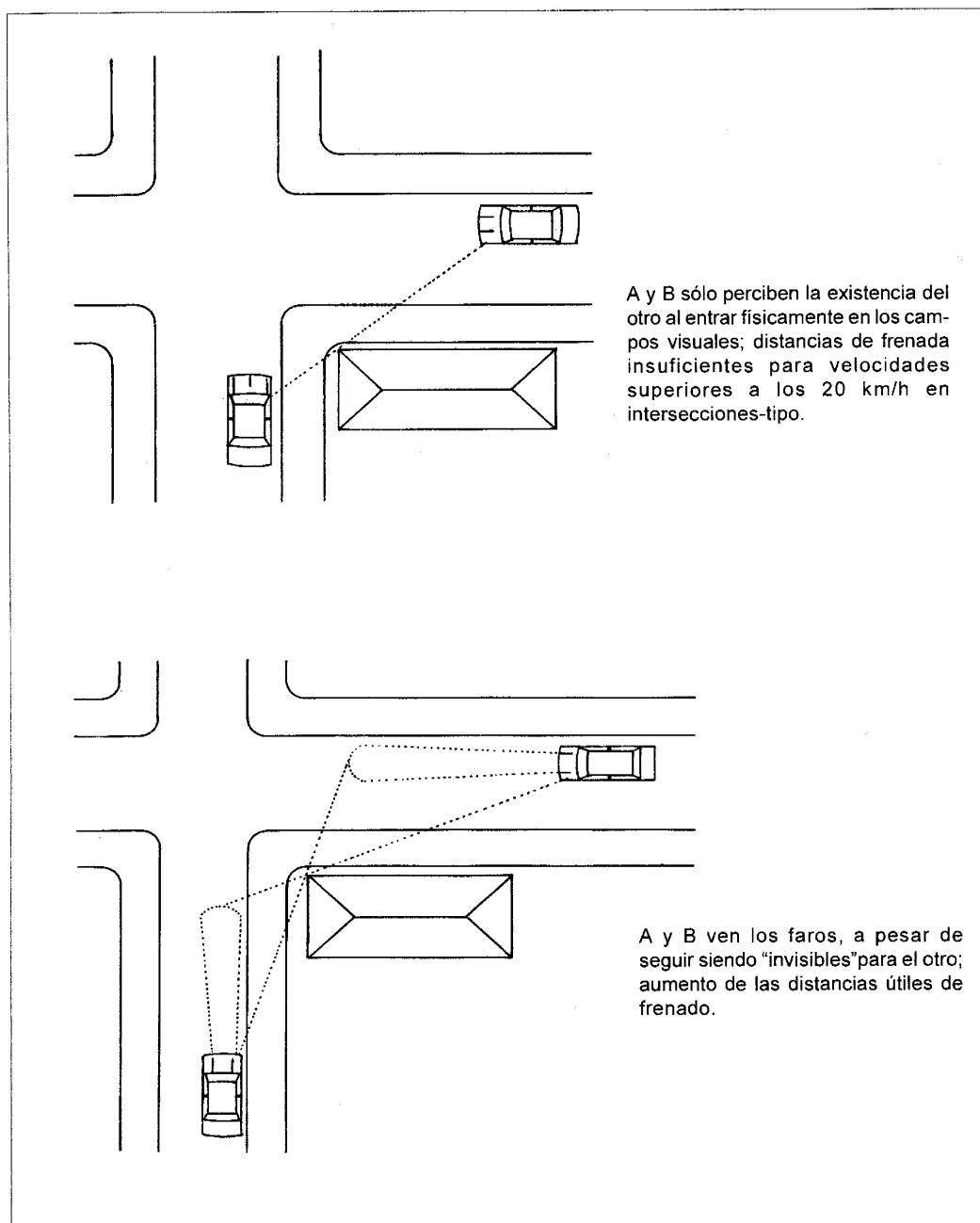
Fuente: CET, Boletim Técnico Nº 27, p. 67.

- El vehículo se hace más visible para los otros conductores, facilitando la percepción de la posición del vehículo en la vía.
- Mejora de la iluminación: el conductor sufre menos con las variaciones de la iluminación entre los lugares por

los que transita y tiene una mejor visión de los obstáculos presentes a lo largo de la vía.

- Mejor lectura de la señalización, tanto horizontal como vertical.

FIGURA 10.44
AUMENTO DE LA INTERVISIBILIDAD
CON EL USO DE LAS LUCES CORTAS



Fuente: CET, Boletim Técnico Nº 27, p. 70.

Resulta, por tanto, evidente la necesidad de promover la utilización de las luces cortas, mediante campañas en los medios de comunicación y la utilización de señales y carteles que expliquen su importancia.

En São Paulo, algunas campañas en la televisión y en la radio han provocado un aumento gradual de la utilización de estas luces, pasando de un 7,7% de automóviles con las luces cortas encendidas en 1984 a un 21,5% en 1987.

La eficacia de las luces depende de que los faros estén bien regulados y puedan iluminar correctamente la vía, evitando los deslumbramientos, y las consiguientes reclamaciones, de los demás conductores. En las propias campañas de divulgación del uso de las luces, se debe incentivar el reglaje correcto, indicando los lugares que realizan esta prestación. Se debe incentivar, por añadidura, el uso de las luces en otras situaciones de mala visibilidad, como fuertes lluvias, niebla y en las horas de madrugada y de anochecer en las que el sol, casi horizontal, deslumbra a los conductores y hace casi invisibles los vehículos, sin luces, que transitan en sentido contrario.

Estos ejemplos de campañas demuestran la importancia de la divulgación de los aportes de la ingeniería de tránsito al público en general, ya que su divulgación en el medio técnico no tiene tanta repercusión.

Tratamiento de los problemas de iluminación y visibilidad

A continuación se presentan propuestas que aumentan la seguridad en las vías mediante mejoras de la iluminación y de la visibilidad.

Implantación de un "Proyecto-visión"

Consiste en la prohibición de estacionar vehículos cerca de las intersecciones, para aumentar la visibilidad entre los vehículos que están cruzando las vías. Esta restricción de estacionamiento debe afectar a todos los lugares que realmente interfieren en la visibilidad (Figuras 10.45 a y b), restringiendo el estacionamiento sólo en el espacio necesario para la buena visibilidad de la intersección.

FIGURA 10.45a
EJEMPLOS DEL PROYECTO - VISIÓN

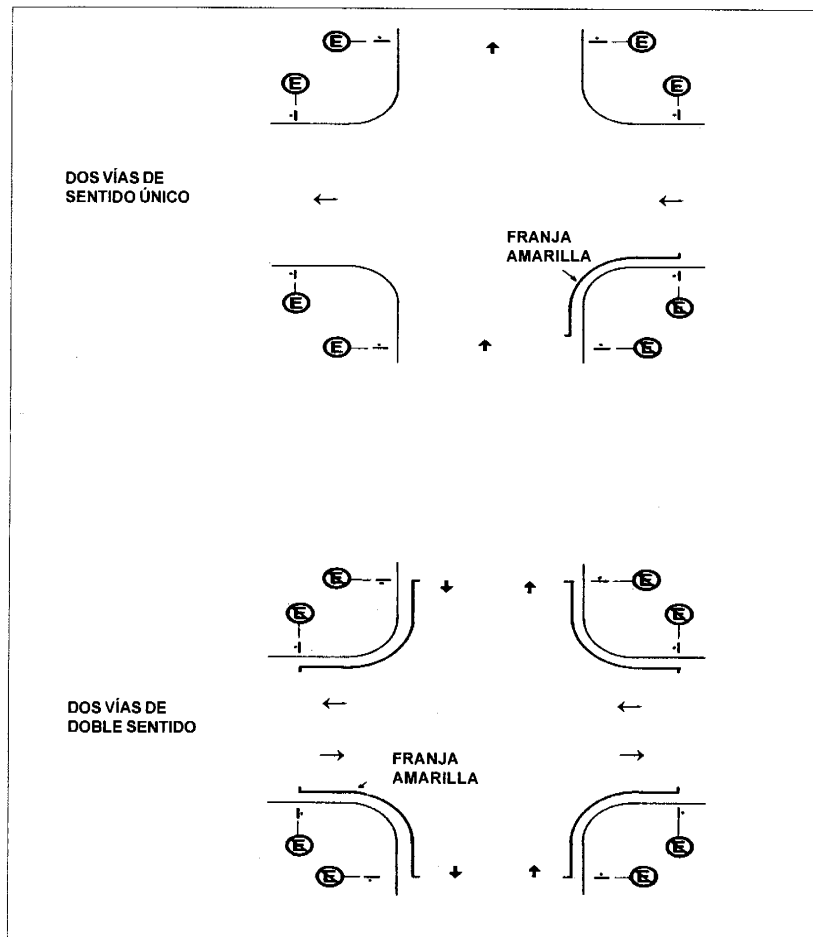
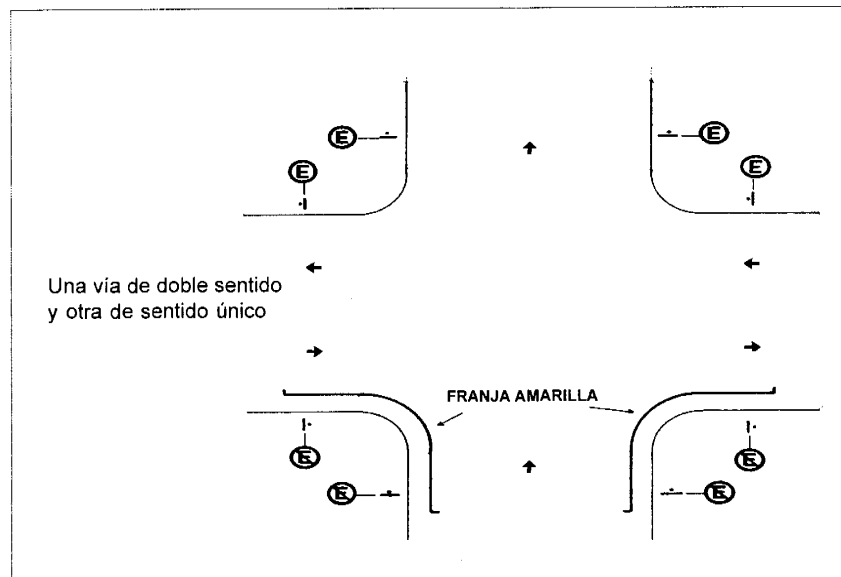


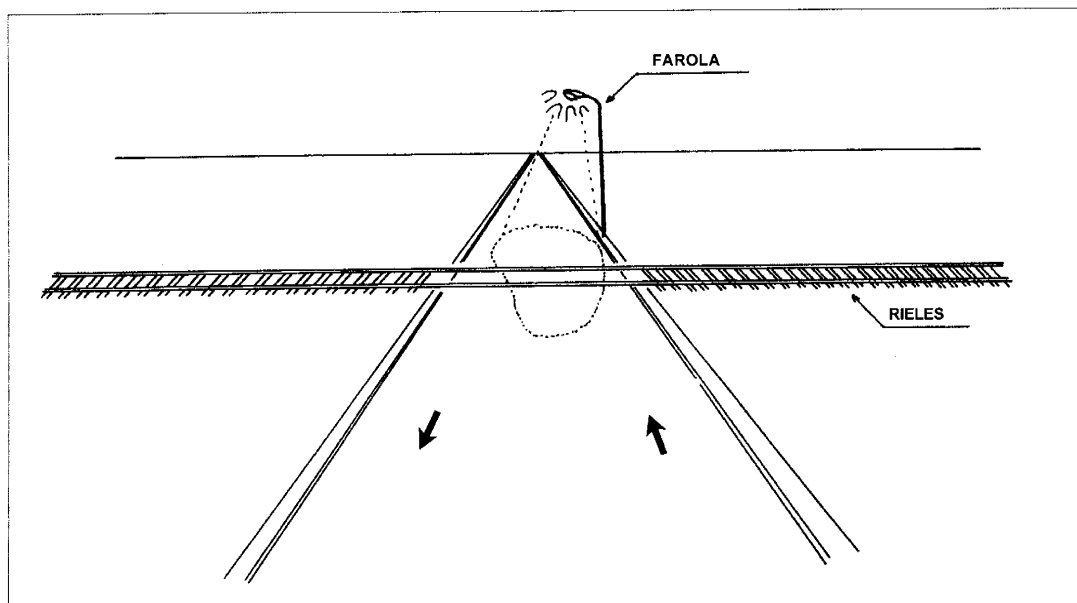
FIGURA 10.45b
EJEMPLOS DEL PROYECTO-VISIÓN



Iluminación especial de obstáculos transversales

Los lomos, las cunetas transversales y las vías férreas a nivel, al igual que los pasos peatonales, pueden ser dotados de farolas especiales que permitan su mejor visualización, donde haya fuente de energía disponible (Figura 10.46).

FIGURA 10.46
ILUMINACIÓN ESPECIAL DE OBSTÁCULOS TRANSVERSALES

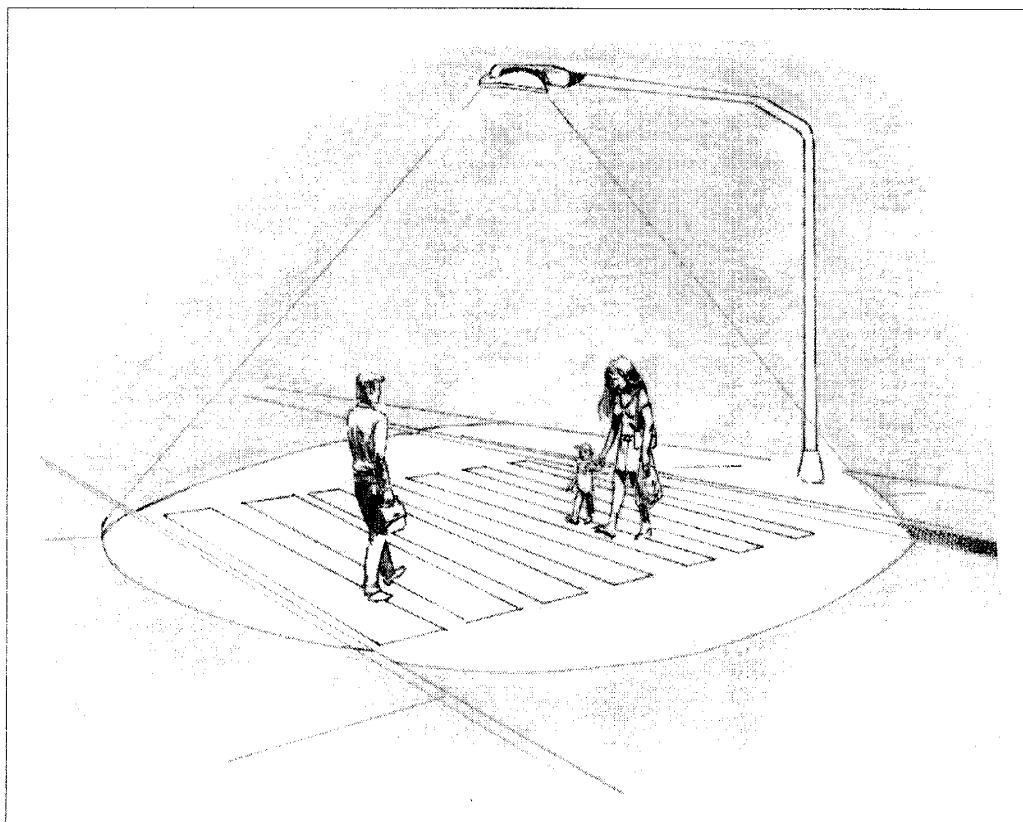


Fuente: CET, Boletim Técnico Nº 27, p. 95.

Iluminación especial de pasos peatonales

Es fundamental que el conductor perciba la existencia del paso peatonal y del peatón con anticipación. Con este propósito, se debe utilizar una iluminación diferenciada respecto a la de la vía, destacando claramente el paso peatonal. Esta iluminación se puede conseguir instalando focos de alta intensidad sobre el paso peatonal, destacando netamente el paso y los peatones (Figura 10.47).

FIGURA 10.47
ILUMINACIÓN DIFERENCIADA PARA PASOS PEATONALES



Diseño: René José Micheletti.

En vías de un solo sentido, se puede intentar desplazar la fuente de iluminación para iluminar a los peatones desde el lado, y no desde arriba, haciendo así que éstos resulten más visibles a los conductores de vehículos que se están acercando al paso peatonal. En vías de doble sentido, la viabilidad técnica de esta idea depende de las características particulares de cada lugar, ya que el desplazamiento de las fuentes de iluminación podría provocar en algunos casos el deslumbramiento de los conductores procedentes en sentido contrario.

Se debe divulgar en los medios de comunicación y en las escuelas y empresas la importancia del uso de ropas de colores claros, cuando uno sale de noche, para permitir que sea visto por los conductores y se reduzca el peligro de atropellamiento.

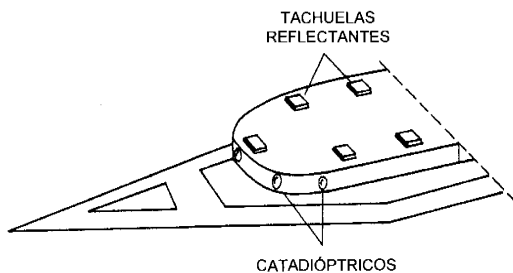
Señalización reforzada para isletas, refugios y divisores centrales

La visibilidad de estos elementos se puede mejorar por medio de diversos procedimientos:

- Pintura reflectante en los bordillos o, en su defecto, pintura blanca.
- Instalación de elementos reflectantes, tipo tachones reflectantes, sobre los bordillos (Figura 10.48)
- En los refugios para peatones, se podrán instalar dispositivos verticales de señalización como los “*bollard*” de Londres. Éstos tienen una altura de aproximadamente 1,20 m. (Para disminuir los eventuales impactos

en vehículos y la recomposición de los bollards, se utilizan en su fabricación plástico, fibra de vidrio, etc.). Los bollards tienen una señal de sentido obligatorio (círculo con una flecha indicando el sentido a tomar), hecha en material translúcido e iluminada internamente para destacar el equipamiento (Figura 10.49). Como alternativa, se puede instalar un foco ámbar intermitente. Sin embargo, este tipo de foco tiende a deslumbrar a los conductores y dificultar la visión del refugio. Si es imposible instalar luz en el refugio, se debe al menos colocar una señal de material reflectante que demarque el refugio de forma segura (Figuras 10.50 y 10.51).

FIGURAS 10.48
ELEMENTOS REFLECTANTES
SOBRE LOS BORDILLOS



FIGURAS 10.49
BOLLARD

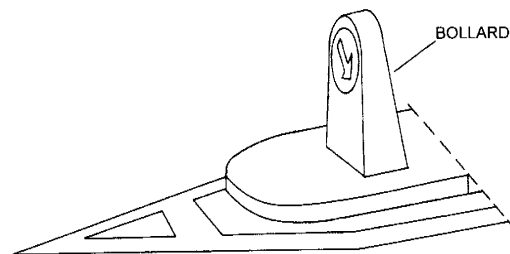


FIGURA 10.50
FOCOS INTERMITENTES + SEÑAL DE PASO OBLIGATORIO

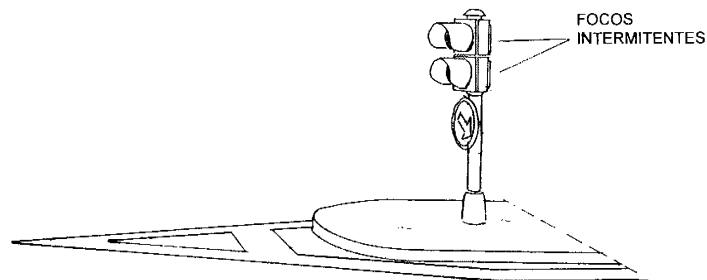
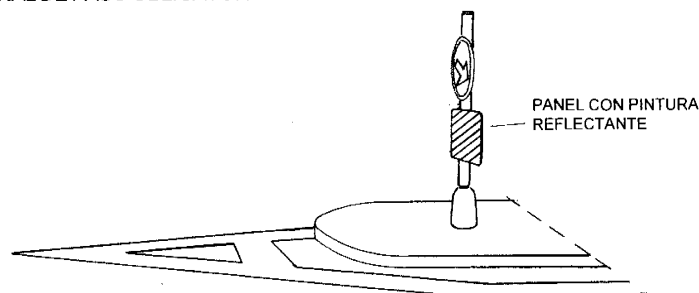


FIGURA 10.51
PANEL REFLECTANTE + SEÑAL DE PASO OBLIGATORIO



Balizamiento de curvas

En las curvas difícilmente perceptibles con anticipación, se pueden utilizar placas de demarcación tipo baliza, con pintura reflectante de fondo amarillo y flecha negra (Figura

10.52a). La CET de São Paulo propone, con carácter experimental, una fórmula y una tabla que determinan la distancia entre las placas en función del radio de la curva (véase Tabla 10.9). La distancia se presenta esquemáticamente en la Figura 10.52c.

FIGURA 10.52a
PLACAS DEL TIPO BALIZA INDICANDO LA EXISTENCIA DE CURVA

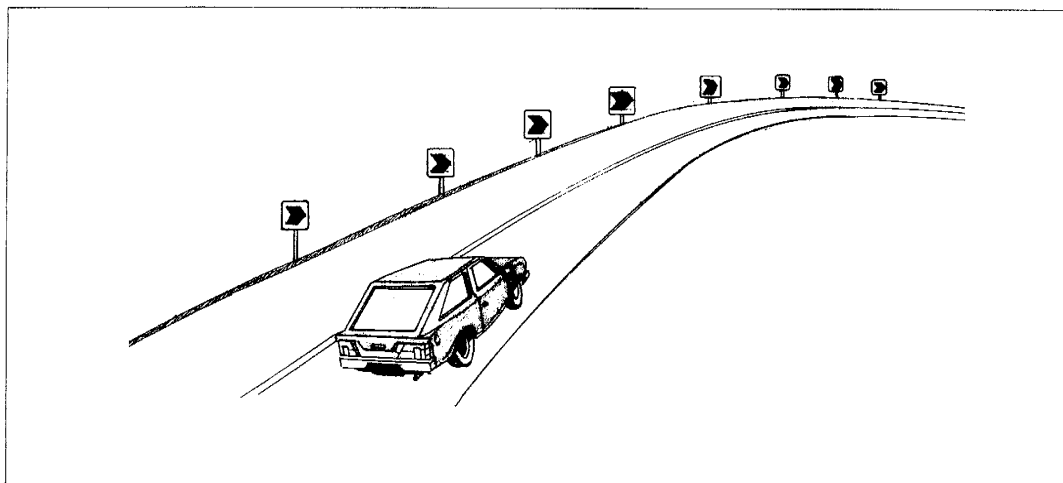
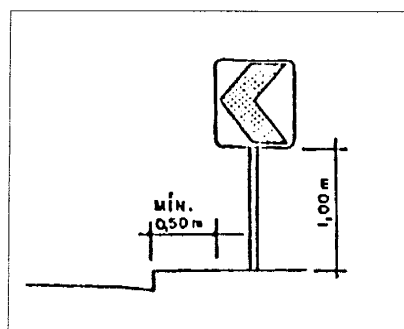


TABLA 10.9
BALIZAMIENTO DE CURVAS: MÉTODO PROPUESTO EXPERIMENTALMENTE
POR LA CET PARA CÁLCULO DE LA DISTANCIA ENTRE LAS PLACAS

R Radio de la curva (m)	D Distancia en la curva (m)	Distancia antes de la curva (m)		
		1º espacio	2º espacio	3º espacio
10	6	12	18	36
20	7	14	21	42
30	8	16	24	48
40	9	18	27	54
50	10	20	30	60
60	11	22	33	60
70	12	24	36	60
80	13	26	39	60
90	14	28	42	60
100	15	30	45	60
200	20	40	60	60
300	25	50	60	60
400	30	60	60	60
500	35	60	60	60
>1000	45	60	60	60

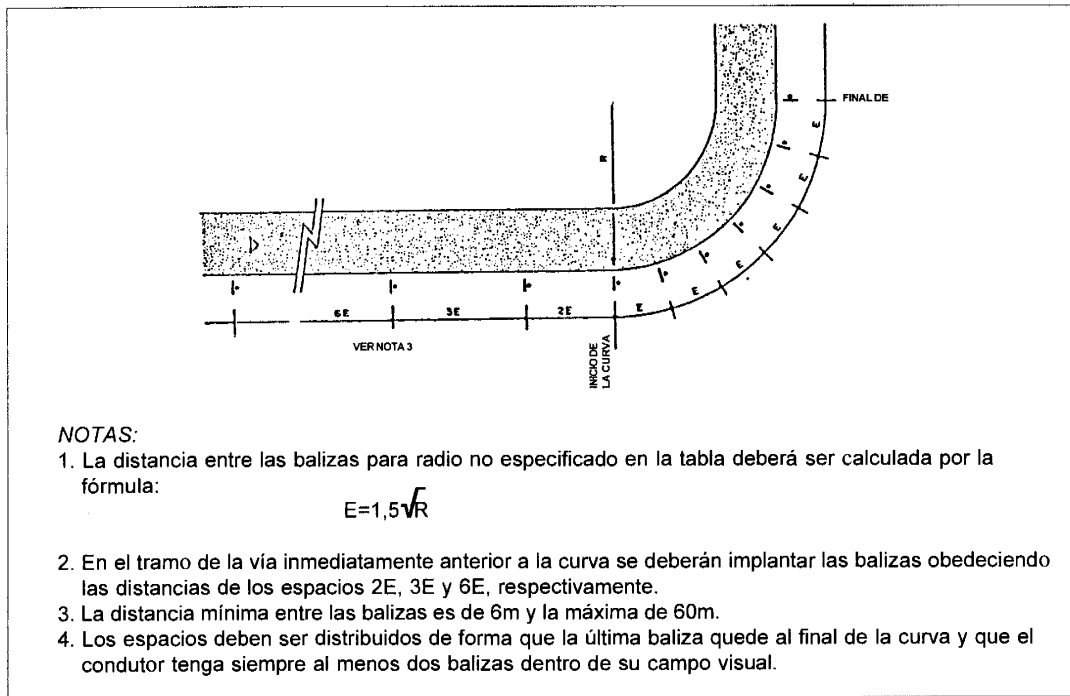
Fuente: CET (1978).

FIGURA 10.52b
POSICIÓN DE PLACA DE BALIZA



Fuente: CET (1978).

FIGURA 10.52c
CÁLCULO DE DISTANCIAS ENTRE PLACAS DEL TIPO BALIZA



Fuente: CET (1978).

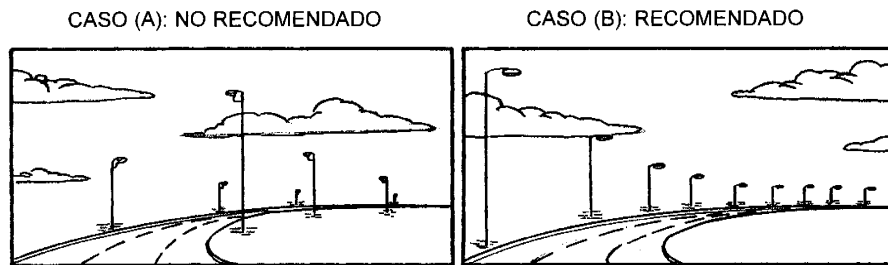
Balizamiento de vías pavimentadas sin bordillo

En este tipo de vías, se deben demarcar los bordes mediante línea de borde, horizontal, complementada por tachuelas reflectantes, tachones o balizadores ("ojos de gato" o catadióptricos) en los laterales. En las noches de lluvia, estos dispositivos son fundamentales para la seguridad, siempre y cuando se utilicen las luces cortas.

Iluminación en curvas horizontales

Todos los postes de iluminación deben estar dispuestos al mismo lado de la vía, de tal forma que el conductor vea la extensión y la forma de la curva (Figura 10.53, caso «b»). Si estuvieran alternados a cada lado (caso «a»), el conductor quedaría confundido.

FIGURA 10.53
ILUMINACIÓN EN CURVAS HORIZONTALES



Fuente: CET, Boletim Técnico, No. 27, p. 49.

Iluminación de calles arboladas

Las calles totalmente arboladas, si bien son muy estéticas, generan problemas de iluminación, tanto de día como de noche. Durante el día, originan un contraste entre las áreas de sol y las de sombra, que dificulta la visibilidad de la propia vía, siendo necesaria una poda periódica de los árboles para minimizar este fenómeno. Las farolas nocturnas quedan muchas veces encima de la copa de los árboles e, incluso, hay farolas instaladas en el interior de las copas, produciendo un efecto estético bastante interesante, pero funcionalmente nulo. En estos casos, para garantizar la iluminación de la vía, se debe modificar la disposición de las farolas, alterando incluso su altura, quizás sustituyendo una alta por dos más bajas, de menor intensidad y distancia entre sí.

Modificaciones en la disposición de equipamientos urbanos

Los equipamientos urbanos como quioscos de prensa, cabinas telefónicas, postes y los puestos de los vendedores ambulantes suelen estar ubicados en las esquinas, dificultando sobremanera la visibilidad y la circulación peatonal. Se debe solicitar de las autoridades competentes que sean reinstalados en otro lugar donde impliquen menos peligro para los peatones y conductores.

Iluminación de vías interrumpidas

En los casos de vías interrumpidas, la iluminación también debe ser discontinua, para no camuflar la interrupción. La iluminación también debe delimitar adecuadamente el perímetro de las grandes rotondas. Si las farolas cortan la isleta, darán la impresión de que la vía continúa por el medio de la rotonda y provocarán accidentes.

Efectos negativos de anuncios luminosos o carteles publicitarios

Los anuncios luminosos y los proyectores pueden deslumbrar a los conductores y confundirlos, sobre todo respecto a la visualización de los semáforos. El Código Nacional de Tránsito de Brasil prohíbe la “utilización a lo largo de las vías terrestres de luces e inscripciones que produzcan confusión con las señales de tránsito” (art.26, parágrafo 2º). Se deben eliminar esas fuentes luminosas y, si esto no es factible, remodelar los semáforos utilizando una pantalla antideslumbrante como medida paliativa.

No se deben aceptar carteles anunciadores junto a las señales – a veces hay anuncios luminosos en el propio brazo proyectado del semáforo – bajo el riesgo de distraer y confundir a los conductores.

10.8 Señalización provisional de seguridad

En su hacer cotidiano, el órgano que se ocupa del tránsito de un municipio se enfrenta a diversas situaciones de emergencia, tales como accidentes de circulación, obras en la calzada, incendios e inundaciones. Estas situaciones exigen el cierre parcial o total de las vías y la canalización de vehículos y peatones, mediante una señalización provisional y móvil, que de no ser eficaz podría provocar accidentes.

Existen además operaciones denominadas “especiales” cuya implantación y desactivación están programadas, como las “operaciones escuela” que se desarrollan en los horarios de entrada y salida de alumnos (véase adelante).

Señalización de obras

Las interferencias más habituales en la calzada se deben a las obras programadas, que pueden ser de pequeño o de gran porte. Al contrario de otras intervenciones de emergencia, generan, por largos períodos, grandes trastornos al público. La obra en la vía pública perjudica la fluidez y crea situaciones propicias para los accidentes. Por todo ello, la señalización de las obras desempeña un papel fundamental en tres aspectos:

- a) advertir a los usuarios de la vía respecto a la presencia de la obra;
- b) canalizar suavemente los vehículos, para disminuir el impacto sobre el tránsito;
- c) delimitar de forma visible, con especial atención a la iluminación nocturna, todo el contorno de la obra, protegiendo no sólo a los conductores sino también a los peatones y a los trabajadores de la obra.

Para hacer estas medidas viables, los equipamientos disponibles para la señalización deberán ser utilizados en dos situaciones:

- i) **para señalización anterior al lugar** donde se efectuará la obra y para que sean viables las medidas (a) y (b), esta señalización se hará mediante señales advirtiendo la existencia de la obra, las señales de advertencia en las que conste la naturaleza del problema existente (estrechamiento de la calzada, desvío, altura limitada, etc.); conos y/o balizas y barreras de canalización del tránsito.

Además de estos equipamientos, en función del tipo y de la duración de la obra (principalmente las de gran envergadura), se utilizará la señalización convencional, ya sea horizontal, vertical, semáforos, canalización con prismas de concreto, etc., que complementa de forma eficaz la señalización de obras utilizada. Otro equipamiento bastante eficaz es una pancarta de tela (Figura 10.54).

- ii) **para señalización en el lugar** de la obra, cumpliendo con la medida (c), se utilizarán barreras, redes, placas y vallas portátiles, además de la señalización específica para la seguridad de los peatones.

En ambas situaciones, los equipamientos deberán ir acompañados de señalización nocturna, a la cual se hace referencia en el apartado siguiente.

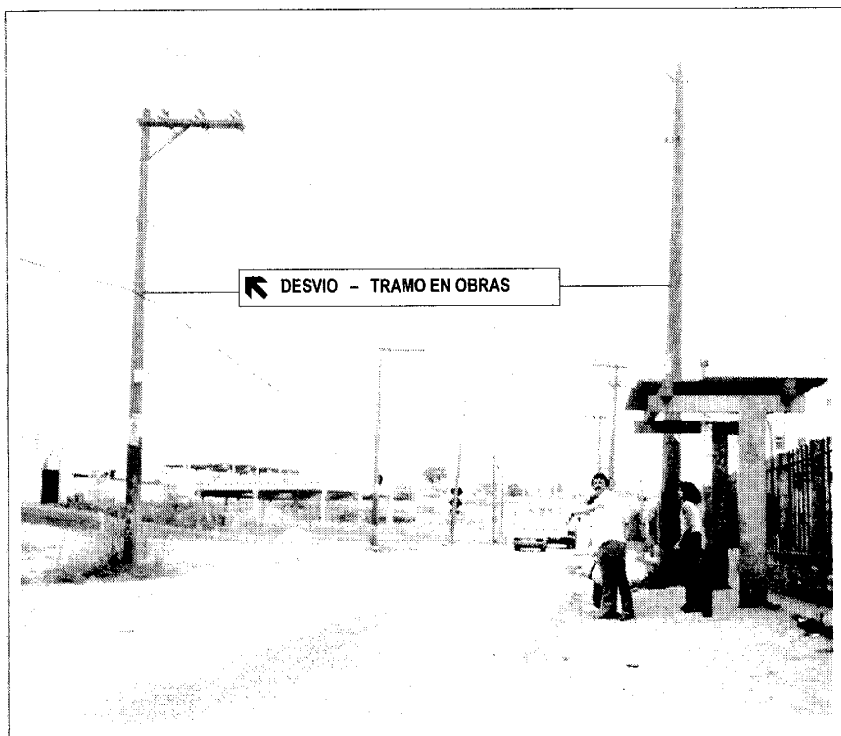
Desvíos de tránsito

En función de las situaciones de emergencia o de las obras programadas, a veces resulta imprescindible desviar total o parcialmente el tránsito, para poder cerrar total o parcialmente la calzada. Estos desvíos pueden alterar la dirección de una o más vías y requieren una señalización específica eficaz del desvío de las obras.

Respecto a la señalización de las obras, cabe destacar la importancia, muchas veces olvidada, de los dispositivos luminosos. Éstos pueden ser de dos tipos:

- **dispositivos de luz intermitente**, que deberán emitir luz amarilla con una frecuencia de 50 a 60 pulsaciones por minuto, se utilizan para avisar de la existencia de situaciones peligrosas. Se pueden adaptar sobre las barreras o vallas e, incluso, en soporte propio a 1,0 m del suelo. También se podrá colocar en la parte de atrás de los vehículos que estén realizando el mantenimiento

FIGURA 10.54
EJEMPLO DE SEÑALIZACIÓN PROVISIONAL AÉREA CON PANCARTA DE TELA



de algún servicio en la vía pública o, incluso, en el suelo, al principio de los carriles de desaceleración.

- *dispositivos de luz fija* (en Brasil con foco rojo y pantalla), que se colocan sobre las vallas a intervalos no superiores a los 10 m, delimitando de esta forma la trayectoria de los vehículos.

En la tabla siguiente, se provee la longitud del carril de desaceleración (transición) realizado con conos, balizas y/o vallas, en función de la velocidad de aproximación de los vehículos.

Donde:

L = longitud de transición
 v = velocidad de aproximación
 a = ancho de la obstrucción

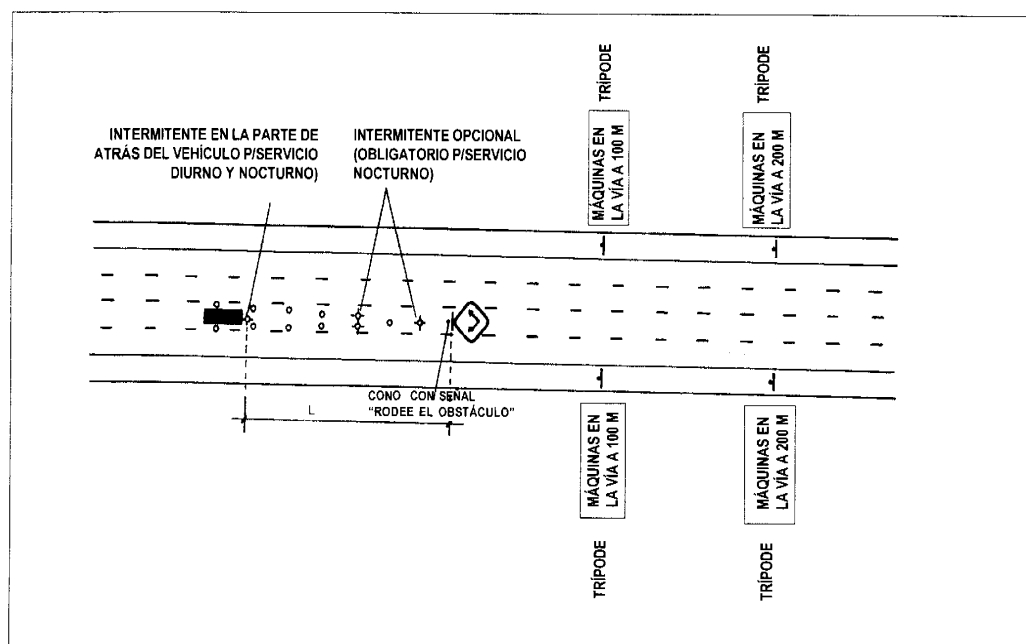
A continuación se presentan ejemplos esquemáticos de algunas situaciones de aplicación de la señalización de obras (Figuras 10.55 a 10.57).

TABLA 10.10
LONGITUD DE LA TRANSICIÓN EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD

V (km/h)	L (m)
hasta 40	13 a
40 - 60	19 a
60 - 80	25 a
80 - 100	31 a

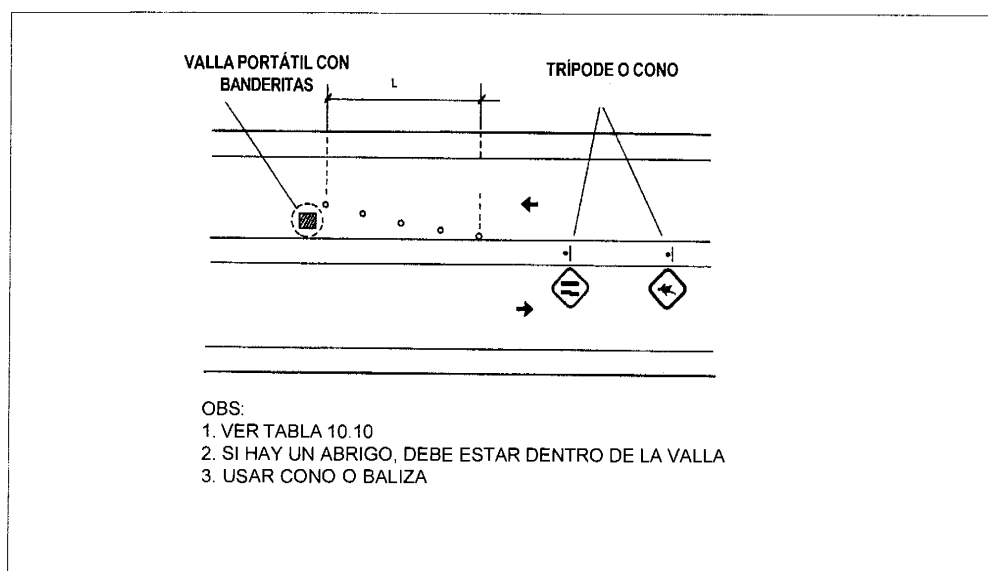
Fuente: CET (1978), V 8, p.46.

FIGURA 10.55
CONSERVACIÓN EN EL MEDIO DE LA PISTA



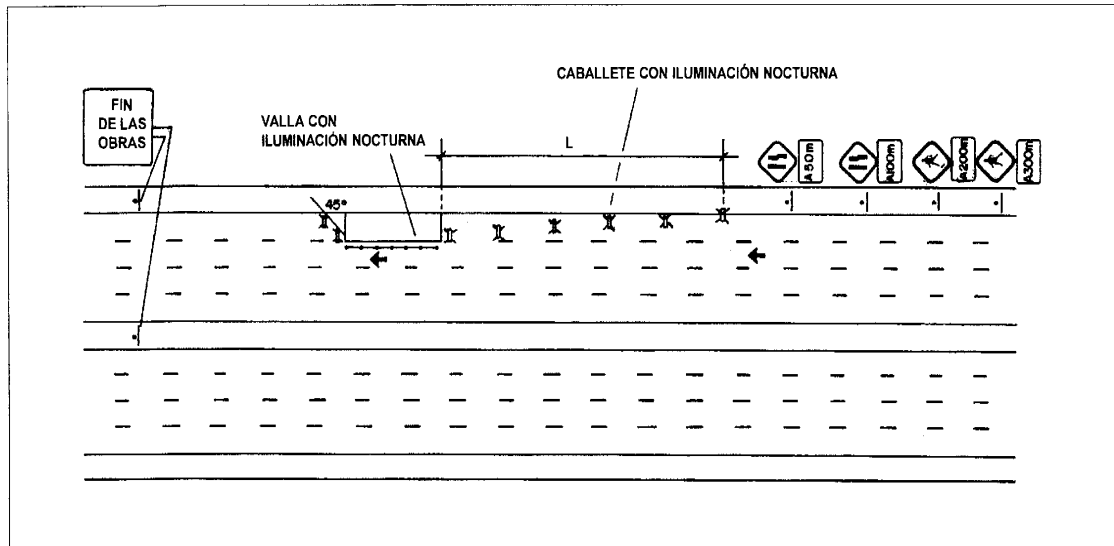
Fuente: CET (1978), V. 8, p.65.

FIGURA 10.56
SERVICIO RÁPIDO EN BOCA DE INSPECCIÓN
VÍA ARTERIAL (O CON $v \geq 60$ Km/h)



Fuente: CET (1978), V. 8, p.67.

FIGURA 10.57
ESTRECHAMIENTO EN VÍA DE TRÁNSITO RÁPIDO (UN CARRIL)
($v \geq 60$ Km/h)



Fuente: CET (1978), V. 8, p. 59.

Proyecto de travesía de escolares

En la ciudad de São Paulo, a partir de 1983, se implantó el "Proyecto Travesía de Escolares", que demostró ser bastante eficaz. Consiste en la utilización de señalización movable especial y de orientadores de travesía, frente a las escuelas de enseñanza primaria, en los horarios de entrada y salida. Esta señalización movable especial consta de cinco elementos:

- carteles avisando la existencia de una escuela,
- conos para la canalización,
- señales de advertencia de travesía de escolares,
- señales de reglamentación de velocidad,
- señales de parada obligatoria (señal con leyenda "PARE").

Se llama orientador de travesía a la persona designada por la dirección de la escuela (funcionario o padre/madre de alumno) que dirige el tránsito y lo detiene con la señal "PARE" cuando hay un grupo de escolares esperando para cruzar la calle.

Es importante que el orientador lleve chaleco de identificación, preferentemente con marcas reflectantes, y esté acreditado y entrenado por el órgano responsable del tránsito. No debe dejar parados a los vehículos más de 1 minuto.

La señalización movable debe colocarse treinta minutos antes del horario de entrada y retirarse sólo después de

concluido el período de entrada. Para la salida, debe colocarse diez minutos antes del horario de salida y retirarse solamente después de concluido este período.

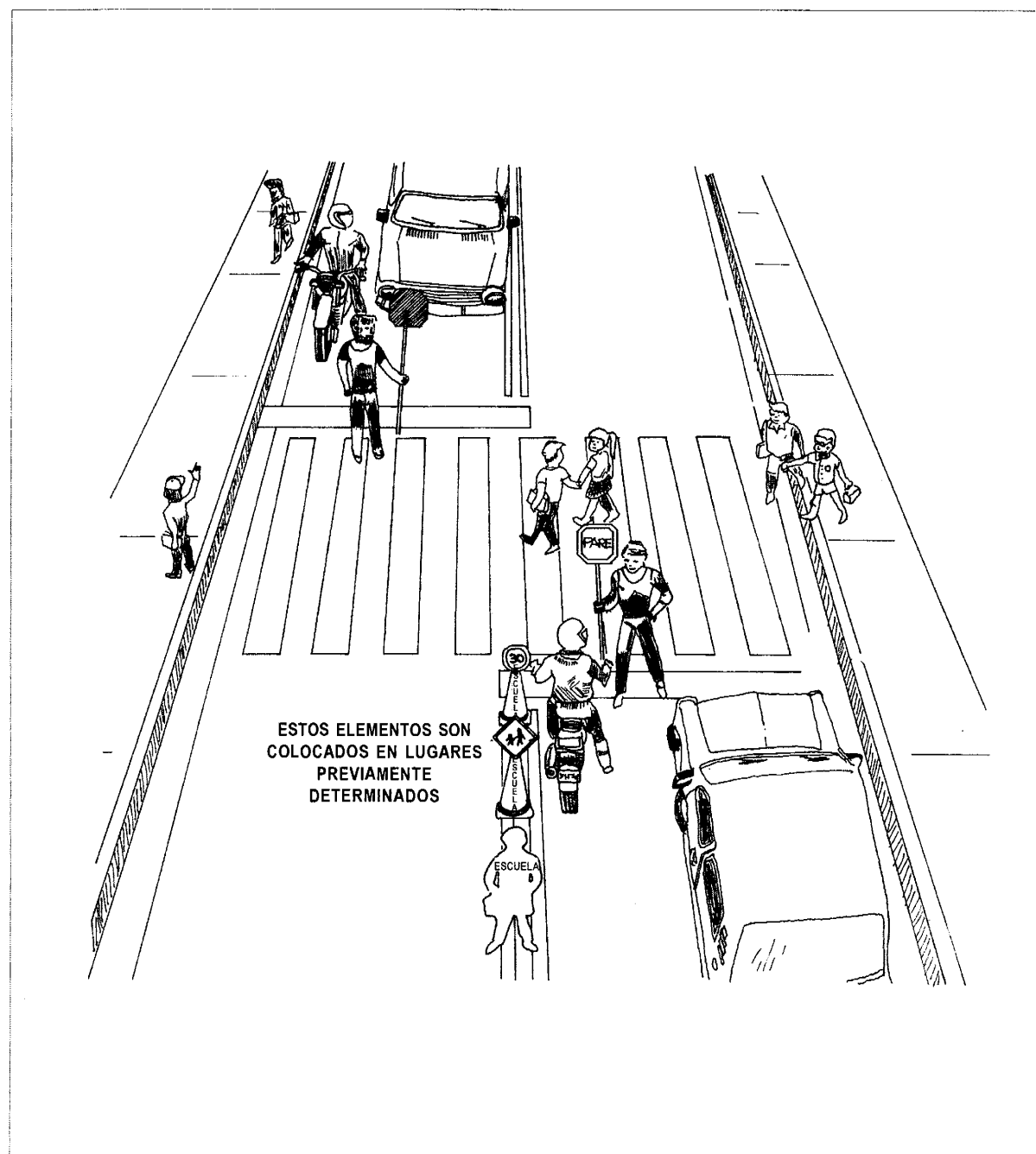
La Figura 10.58 ilustra un ejemplo de "operación escuela", destacando la señalización movable y el orientador de travesía.

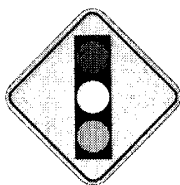
1. Estas personas forman parte sustancial de la población, aunque se acostumbra a notar solamente los casos extremos de invidentes y personas que se desplazan en sillas de ruedas. Por ejemplo, en una investigación en Vancouver, Canadá, se constató que el 30% de los usuarios presentaba deficiencias de visión (aunque había muy pocos usuarios ciegos) y que los usuarios sin deficiencias físicas también presentaban dificultades de locomoción debido a la necesidad de cargar niños, pertenencias, libros y compras (citado en Wright, 1992, 172-173).

2. Tanto es así que los dispositivos no homologados implantados en algunas ciudades del interior de Brasil son llamados coloquialmente «rompe-muelas».

3. Véase, también, el trabajo de Alan Cannel, *The Use of Traffic Signals in Developing Cities*, Crowthorne, Berkshire, Reino Unido: Transport Research Laboratory, overseas road; Note 13, 1996.

FIGURA 10.58
SEÑALIZACIÓN MOVIBLE Y ORIENTADOR DE TRAVESÍA:
"OPERACIÓN ESCUELA" (SÃO PAULO)





CAPÍTULO 11

CUIDADOS EN LA IMPLANTACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE PROYECTOS

11.1 Introducción

Este capítulo describe las precauciones a tomar para prevenir los accidentes, tanto durante la implantación de proyectos de mejoras en puntos críticos como en su fase de mantenimiento. En efecto, según las experiencias de varias ciudades, la omisión o la realización errónea de algunos procedimientos pueden tener consecuencias fatales. Este es el caso de accidentes en los que la ausencia de la señalización temporal adecuada fue identificada como factor contribuyente.

11.2 Procedimientos normales de implantación

Los procedimientos descritos en este apartado sólo son necesarios para proyectos que provocan alteraciones de sentido en las vías y requieren cambios en los hábitos de conductores y/o peatones. Para garantizar la seguridad de los usuarios, hasta que asimilen las alteraciones producidas en el sistema vial, se deben adoptar varias medidas.

Los procedimientos normales para la etapa de implantación de un proyecto abarcan los que deben ser aplicados (i) *antes de la implantación* (período entre 2 días a 1 semana antes de la implantación); (ii) *durante la implantación* (período comprendido entre el inicio de la implantación y su

conclusión definitiva); y (iii) *inmediatamente después de la implantación* (período posterior a la implantación, en el que funciona un esquema de operación, con una duración entre 1 día y una semana en la mayoría de los casos).

Procedimientos antes de la implantación

Es aconsejable proceder a la implantación del proyecto en sábado, cuando el tránsito es menos intenso. Si se necesitara realizar alguna alteración del proyecto, en función de la evaluación realizada el sábado, sería posible implementarla antes del lunes, cuando el tránsito se vuelve a intensificar.

Durante la semana que precede a la implantación, se debe iniciar la tarea de informar al usuario de cómo le afectará el proyecto; para ello, se recurrirá a:

- colocación de pancartas de tela transversales sobre las vías, avisando de la alteración del sentido de la propia vía, o de las vías transversales, e incluyendo la fecha de realización.

Ejemplo:

**CONDUCTOR
ESTA CALLE CAMBIARÁ DE SENTIDO
A PARTIR DE ESTE SÁBADO**

También se deben colocar sobre las aceras para informar a los peatones de los cambios.

En los casos de proyectos de desvíos de tránsito, la pancarta deberá indicar la nueva dirección que deben tomar los conductores (véase Figura 10.54, en el capítulo anterior):

- distribución de folletos informativos, tanto para los conductores como para los peatones, con explicaciones y dibujos sobre las modificaciones y las nuevas direcciones alternativas. Estos folletos deben ser distribuidos dos días antes de la implantación, el propio día y el primer día útil después de ella. Como muchas veces no es posible imprimir una gran cantidad de folletos, se recomienda su reparto al menos en las horas punta. Los lugares idóneos para efectuar la distribución son los cruces con semáforos, existentes cerca del punto de intervención;
- distribución a los medios de comunicación (radio, televisión y prensa) de una nota informativa para su divulgación, permitiendo así que una gran parte de la población sea informada de las modificaciones.

Además de la tarea de información, los coordinadores responsables de las implantaciones deberán tomar las siguientes medidas:

- solicitar un equipo de “orientadores de travesía” (personas que ayudan y orientan a los peatones en los cruces);
- contactar con el órgano responsable de los transportes colectivos en el municipio, en el caso de que haya alteraciones en las rutas de autobuses y paradas de taxis;
- reunirse con la policía para presentar el proyecto y organizar una estrategia de implantación y de puesta en funcionamiento.

- prever material de apoyo, como grúa remolcadora, vehículos de servicio, radio transmisor, caballetes, conos, cuerdas, chalecos reflectantes y capas impermeables, material que servirá tanto a los equipos de implantación y mantenimiento como a los técnicos de ingeniería civil y a la policía;
- convocar una reunión de todos los participantes en la operación, para una mejor organización y sincronización en el proyecto.

Procedimientos durante la implantación

En el período de la implantación, el equipo responsable de la instalación de la señalización debe recurrir (principalmente para la realización de la señalización horizontal y de los semáforos) a la colaboración policial, y disponer del material de canalización necesario. Las obras en la calzada pueden requerir el cierre total o parcial de la vía. Los técnicos del proyecto deberán acompañar al equipo de señalización para comprobar el cumplimiento del proyecto y detectar equivocaciones (inclusive respecto a la confección del proyecto) y, en el caso de hallarlas, solicitar de inmediato su rectificación. Se deben tomar con anterioridad medidas para reducir esas equivocaciones y verificar la adecuación del proyecto mediante visitas al lugar antes de la implantación.

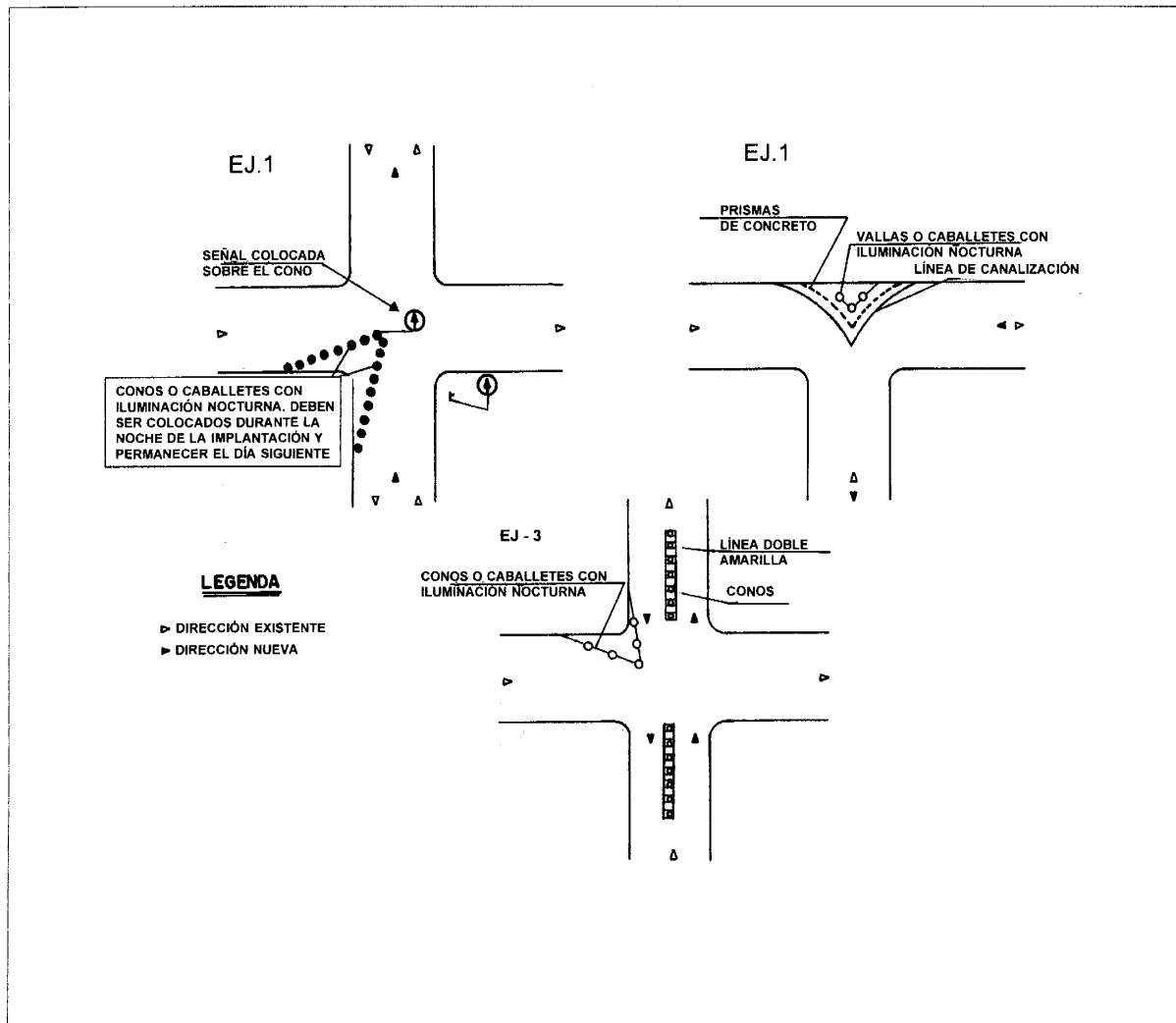
A partir de la “hora cero” del día de la implantación, horario en el que entran en vigor las modificaciones, se debe organizar una estrategia de operación y canalización, cuya duración decidirá el coordinador del proyecto. Además, se deberán instalar pancartas de tela para los peatones, sustituyendo o no a las implantadas anteriormente, que avisen de la nueva situación.

Ejemplo:

**PEATÓN, EL SENTIDO DE LA
CIRCULACIÓN HA SIDO INVERTIDO,
AL CRUZAR TENGA CUIDADO**

Siguen algunos ejemplos de canalizaciones, el objetivo de éstas es dificultar los movimientos permitidos hasta la fecha y, de esta forma, llamar la atención de los usuarios sobre las alteraciones efectuadas.

FIGURA 11.1
ESQUEMAS DE CANALIZACIÓN EN CRUCES



Procedimientos inmediatamente después de la implantación

El proceso de información al usuario, iniciado antes de la implantación, debe continuar, manteniéndose la entrega de folletos informativos, los carteles de tela (con la información actualizada), así como el trabajo de los orientadores de tránsito.

La estrategia de operación organizada para el proyecto proporciona, además de orientación, mayor seguridad a los usuarios. Durante esta fase, se realizan los pequeños ajustes necesarios, por ejemplo, en la programación de los semáforos.

11.3 Precauciones especiales en la implantación

A continuación se describen algunas precauciones importantes que se deben observar en la implantación de cualquier proyecto de señalización vial.

- Las personas que trabajan en la implantación deberán ir uniformadas con chalecos claros y reflectantes, además de utilizar los equipamientos disponibles para canalización de emergencia (conos, caballetes, luces intermitentes de advertencia, etc.).
- Cuando se instala en la calzada una isleta de prismas de concreto, u otro dispositivo fijo e infranqueable, eliminando parcial o totalmente un carril de la pista, es imprescindible que las modificaciones necesarias en la señalización horizontal de balizamiento (si la hay) sean ejecutadas *antes* de la implantación del dispositivo infranqueable, con el fin de avisar con antelación a los conductores que solían utilizar el carril eliminado. La omisión de esta precaución puede incluso provocar accidentes fatales.
- En los proyectos que incluyen la construcción de un lomo (principalmente si es de concreto asfáltico), se deben colocar caballetes para estrechar la pista y llamar la atención de los conductores, mientras no esté instalada la señalización.
- En proyectos que incluyen obras en la calzada (construcción de isletas, por ejemplo) se deben colocar vallas móviles con iluminación nocturna alrededor de la obra, hasta que se instale la señalización.
- En el caso de que se ejecute la señalización vertical antes de la fecha de implantación, se deben mantener las señales envueltas en plástico (no transparente), teniendo especial cuidado con las de reglamentación.

Además de estos cuidados, en los proyectos con señalización más compleja, el autor del proyecto debe acompañar al equipo de implantación, ya que éste no siempre consigue interpretar el proyecto tal y como fue concebido o percibir los ajustes a realizar sobre el terreno.

11.4 Seguimiento del desempeño del proyecto

Una vez implantado el proyecto, hay que proceder a una serie de actividades para mejorarlo. El gran indicador de la eficacia del proyecto es la evolución del índice de accidentes antes y después de la implantación del proyecto, que debe ser mostrado en un gráfico, partiendo de un período anterior (generalmente un año) y comparándolo con los meses

posteriores a la implantación. En el caso de que éste no acuse la reducción esperada, se puede detectar rápidamente la necesidad de una nueva intervención en el lugar.

Se debe seguir inspeccionando el lugar y verificando el comportamiento de los usuarios respecto al proyecto. Puede haber variaciones en este comportamiento al cabo del tiempo en lo que respecta a la obediencia y la eficiencia de los equipamientos implantados. Por ejemplo, los tachones reducen drásticamente las velocidades inmediatamente después de su implantación, pero, a medida que los conductores se dan cuenta de que pueden pasar sobre ellos sin mayores daños, se empieza a notar un creciente aumento en las velocidades. Los semáforos que han sido implantados en lugares con bajos volúmenes de vehículos también empiezan a ser desobedecidos algún tiempo después de la implantación.

Durante las inspecciones, se debe conversar con los habitantes, los comerciantes y los usuarios del lugar para obtener información complementaria sobre el buen funcionamiento del proyecto o sobre los problemas que según ellos han surgido o persisten después de la implantación.

El comportamiento debe ser medido mediante evaluaciones del tipo “antes” y “después”. Así, por ejemplo, cuando se implanta un reductor de velocidad, es importante conocer la velocidad que había antes, una semana después, seis meses después de la implantación, etc., como forma de evaluar el funcionamiento del proyecto. Incluso han de cotejarse los volúmenes de vehículos antes y después, cuando el proyecto causa ciertos inconvenientes para la circulación, como es el caso de los semáforos y de los obstáculos reductores de velocidad. Puede ocurrir que los conductores prefieran evitar la vía y pasen a utilizar vías paralelas, que no están preparadas para ese aumento de volumen.

Cada nuevo proyecto implantado es una nueva lección de comportamiento y eficacia y, por tanto, los autores de los proyectos tienen la obligación de aprender y mejorar con la experiencia.

11.5 Mantenimiento

Uno de los aspectos más importantes y, sin embargo, generalmente relegado a un segundo plano, es el mantenimiento de la señalización vial. Hay proyectos que operan con toda eficacia recién implantados y que, pocos años después, no presentan vestigio alguno de lo que fuera una buena señalización.

Es evidente que el respeto y la comprensión de la señalización dependen directamente de su correcta visualización. Una intersección con pintura gastada y semáforos sucios y mal programados no puede funcionar adecuadamente. Cualquier tipo de señalización debe pues estar en buenas condiciones para conseguir el efecto deseado, lo cual requiere una planificación del trabajo de los equipos y un presupuesto destinado al mantenimiento preventivo o corrector de la señalización.

La dimensión de los equipos de mantenimiento variará en función del tamaño de la ciudad en que operen, pero incluso las ciudades pequeñas deberán dotarse de equipos preparados al menos para el mantenimiento de la señalización vertical y de los semáforos.

El equipo mínimo de este tipo de trabajo se compone de un conductor, que sirve también como auxiliar de servicios generales, y de un técnico electricista que, además de cuidar los semáforos, realice el mantenimiento de la señalización vertical.

Los equipamientos necesarios para este pequeño equipo son:

- Una furgoneta, preferentemente con radio transmisor y dotada de una canasta (plataforma de operación con protección lateral) y una escalera extensible, que permitan alcanzar la altura de los semáforos.
- El equipamiento y las herramientas usuales de los electricistas.
- Herramientas de uso general (martillo, sierra, llaves, etc.)
- Palas, excavadora manual, azada, además de cemento y arena para hacer, sobre el terreno, argamasa para fijar las columnas verticales.
- Columnas y señales de reserva de los tipos más utilizados (“prohibido estacionar”, “sentido obligatorio”, “prohibido girar a la izquierda”, etc.), que permitan la inmediata sustitución de las señales dañadas.
- Bombillas, focos y controladores de reserva para los semáforos.
- Equipamiento de limpieza (esponjas, escobas, detergentes, solventes, etc.)

En ciudades de mayor tamaño, se deben organizar dos equipos distintos, uno para la señalización vertical y otro para los semáforos.

La señalización horizontal necesita material y mano de obra más especializados, siendo su realización ejecutada habitualmente por empresas especializadas. Es aconsejable, por lo tanto, firmar un contrato de prestación de servicios con al menos una de estas empresas, para que se realicen los trabajos de mantenimiento de la señalización horizontal, siempre que lo solicite el municipio.

En todos los casos, el mantenimiento puede ser dividido en preventivo y corrector.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo tiene por objetivo preservar el adecuado funcionamiento y prolongar la vida útil de la señalización, mediante actuaciones regulares de los equipos de mantenimiento de los diferentes equipamientos.

El mantenimiento preventivo de los semáforos debe programarse para alcanzar a todos los semáforos de la ciudad, al menos una vez al año. Las principales actividades a efectuar se describen a continuación.

- Comprobación de la impermeabilización de los focos y, si es necesario, su renovación.
- Limpieza de las lentes y de los reflectores.
- Comprobación del voltaje que está llegando a los focos y, si no es el especificado, corrección del defecto.
- Limpieza y lubricación de los controladores de los semáforos.
- Limpieza y, si es necesario, pintura de las columnas de semáforos.
- Retirada de los elementos que estén obstruyendo la visibilidad del semáforo, como ramas de árboles, carteles publicitarios, puestos de vendedores ambulantes, etc.

- Corrección de cualquier irregularidad que esté ocurriendo, como focos mal orientados, falta de pantalla antideslumbrante, acumulación de suciedad en las lentes, etc.
- Comprobación de la programación de los semáforos y, si no es la adecuada, proceder a los reajustes necesarios. Es importante que siempre se deje en la caja del controlador y en sobre impermeable, una hoja con la programación prevista.

Independientemente de los equipos de mantenimiento, los técnicos también deben comprobar periódicamente el funcionamiento de la programación de los semáforos, puesto que, con el paso del tiempo, la capacidad de la vía puede variar y requerir un nuevo programa que optimice los tiempos de los semáforos.

Hay que establecer la frecuencia de las intervenciones de mantenimiento preventivo de la señalización vertical en función de las condiciones de los lugares donde se encuentra y de los materiales empleados. En general, las señales en las áreas industriales o de mucho movimiento necesitan limpieza con mayor frecuencia que en las áreas residenciales. Se sugieren, en principio, 4 limpiezas anuales para las primeras y 3 para las segundas. En ambos casos, las actividades a realizar son:

- limpieza de las señales y de los postes con detergentes o solventes;
- pintura de los postes, en caso de que sea necesario;
- sustitución de las señales deterioradas;
- reubicación de los equipamientos que estén fuera del lugar previsto;
- retirada de los elementos que obstaculicen la visión, como vegetación, carteles publicitarios, etc.

Las inspecciones deben recoger datos sobre la calidad de los materiales empleados y de la naturaleza de su deterioro con el paso del tiempo, para plantear modificaciones y mejorar los equipamientos.

Mantenimiento corrector

El mantenimiento corrector ha de ser realizado con rapidez y eficacia, para evitar que los equipamientos dejen de cumplir sus funciones y comprometan la seguridad del lugar. La simple ausencia de una señal de sentido único puede hacer que los vehículos entren en sentido contrario y se produzcan choques frontales, sin que ningún conductor sea culpable. De la misma forma, la luz roja fundida de un semáforo en una intersección permite que los vehículos pasen inadvertidamente, cuando los vehículos de la otra aproximación tienen luz verde. La ausencia o las malas condiciones de señalización horizontal también pueden provocar accidentes, principalmente de noche y con lluvia.

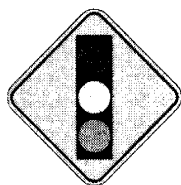
Según lo expuesto anteriormente, es preciso tener personal equipado para este mantenimiento de emergencia, así como un esquema de rápida transmisión de información a dicho equipo sobre los deterioros que van apareciendo. Cada ciudad debe tener una central de información de tránsito, donde se recojan todos los informes o quejas de señalización defectuosa y accidentes, defectos del pavimento, vehículos estropeados o abandonados, congestiones, sugerencias sobre el sistema vial, etc. Dicha central debe poseer un teléfono exclusivo para facilitar que el usuario del sistema vial transmita su información y sus quejas. En ciudades

pequeñas, esta central puede ser extremadamente sencilla. En São Paulo, así como en otras grandes urbes de Brasil, ya existe el teléfono 194, llamado “teléfono de tránsito”, que cumple ese papel.

La central de información debe tener agilidad para entrar rápidamente en contacto con el equipo de mantenimiento, los bomberos, la policía y los servicios de auxilio de emergencia. Un sistema de comunicación por radio es de gran utilidad en estos casos.

Vandalismo

En ciertas áreas es habitual el robo o el deterioro deliberado de las señales de tránsito, sin que la policía consiga identificar y aprehender a los responsables. En estos casos, además de las campañas cívico-educativas, puede ser conveniente recurrir a la creatividad en cuanto a la ubicación y a los materiales utilizados, para desalentar el robo y la depredación, siempre y cuando se respeten las disposiciones del código de circulación.



CAPÍTULO 12

EVALUACIÓN DE VIABILIDAD ECONÓMICA¹ DE LOS PROYECTOS

12.1 Introducción

En el presente capítulo se propone un esquema didáctico para la evaluación económica de proyectos destinados a reducir los accidentes de tránsito, siguiendo la metodología de beneficios-costos.

La evaluación económica puede ser realizada en diversos momentos del proceso de concepción, elaboración, implantación y seguimiento de un proyecto. En este capítulo trataremos la evaluación (ex-ante) de un proyecto ya elaborado, pero aún sin implantar. Así, todos los datos referentes al período posterior a la implantación deben ser estimados, inclusive la reducción del número de accidentes y los costos de mantenimiento del proyecto. Para las evaluaciones que se realicen después de la implantación (ex-post), estos datos estimativos han de ser sustituidos por los datos reales.

El texto es ilustrado con un proyecto hipotético dentro de los parámetros normales de los proyectos de reducción de accidentes de tránsito.

12.2 Paso 1 – Estimar la vida útil del proyecto

Una vez implantado con éxito un proyecto de reducción de accidentes de tránsito, ¿cuántos años se puede esperar que perduren sus efectos benéficos?

No se trata aquí de considerar la duración de los materiales de señalización – se supone que habrá un mantenimiento adecuado – sino las condiciones de circulación más seguras del tránsito creadas por el proyecto en comparación con la situación sin proyecto.

La pregunta realizada anteriormente no tiene una respuesta estándar, a no ser “depende...”.

Por un lado, se encuentran, por ejemplo, las mini-rotondas implantadas en barrios del Municipio de São Paulo, hace más de 15 años, que redujeron hasta en un 80% el número de accidentes, en el primer año posterior a la implantación, y que todavía se encuentran operando en condiciones de tránsito similares a las de aquella época. Por otro lado, existen proyectos de emergencia implantados en lugares en los que se preveía en breve una intervención de

gran porte, a sabiendas que habría cambios radicales como mucho un año o dos después de concluir las obras, y estos proyectos serían totalmente eliminados.

Entre estos dos extremos hay muchos otros casos, que llevan a la conclusión de que la vida útil de un proyecto puede variar entre más de 15 años hasta sólo algunos meses.

Se aconseja intentar estimar la vida útil de un proyecto ("n" años) utilizando los datos disponibles y la experiencia. En el caso de que resulte imposible y se espere que el proyecto permanezca por un buen tiempo, se sugiere la adopción de un período de 10 años.

Se adoptó una vida útil de 10 años para el proyecto-ejemplo.

12.3 Paso 2 – Calcular el costo de implantación del proyecto

El costo de implantación de un proyecto típico de ingeniería de tránsito para reducción de accidentes es la suma total de los costos de material, mano de obra y equipos empleados.

Se calcularán las cantidades de cada componente para cada intervención a realizar (retirar, colocar, pintar, volver a pintar, reubicar, etc.). Se aplicarán los costos unitarios vigentes de obtención e implantación y con la suma de los ítemes se obtiene el Costo Total de Implantación – CTI.

Solamente deberán tenerse en cuenta los costos de *modificación* de la situación existente en el lugar. Por ejemplo, en el caso de que el proyecto contemple semáforos en un lugar ya equipado con estos dispositivos y sin cambios en su número o tipo, el costo de material en semáforos debe ser considerado nulo (cero). Si el proyecto contempla cambios de posición de uno o más semáforos, el costo de esta modificación debe ser tomado en cuenta. En otro lugar, puede haber un proyecto que prevea, por ejemplo, un aumento de los 8 semáforos existentes a 12 en el nuevo proyecto; se contabilizará el costo de obtención e implantación de 4 semáforos (12 menos 8 = 4).

Se adoptó un costo de implantación de US\$ 30.000 para el proyecto-ejemplo con una vida útil de 10 años.

Un proyecto de este porte podría incluir, típicamente, la implantación de semáforos, algunas obras físicas de modificación geométrica y/o de canalización y la implantación de señalización horizontal (pintura y/o tachones) y vertical (señales). Muchos proyectos de tratamiento eficaz de lugares con problemas cuestan bastante menos de este valor.

12.4 Paso 3 – Estimar los costos anuales de mantenimiento para la vida útil del proyecto

Los proyectos de ingeniería de tránsito requieren, una vez implantados, un mantenimiento periódico en función del desgaste de los materiales y desajustes de los equipamientos. Cada tipo y cada calidad de material y equipamiento tiene su cronograma apropiado de mantenimiento y su costo. Hay pinturas que necesitan otra capa cada 6 meses y otras, más caras, que duran 2 años. Los semáforos pueden durar incluso más de 10 años.

Los técnicos tienen que programar el mantenimiento estimado para la vida útil de su proyecto, teniendo en cuenta las cantidades y calidades de los materiales previstos. Luego deben aplicarse los costos unitarios y calcular los costos anuales del mantenimiento para cada año de vida útil. En el caso de que resulte imposible detallar el mantenimiento por falta de datos y/o de tiempo, se recomienda el procedimiento descrito a continuación.

Un proyecto suele incluir elementos que requieren mantenimiento frecuente, o al menos anual, y otros elementos que necesitan mantenimiento cada 2, 3 ó 5 años. El ajuste de los controladores de semáforos y la sustitución de las bombillas fundidas son ejemplos del primer tipo; la pintura de la señalización horizontal, si se hizo inicialmente con pintura resistente, es un ejemplo del segundo tipo. Se debe examinar el proyecto y estimar dos números:

1. *Mantenimiento anual* como un porcentaje del costo total de implantación (CTI). Se sugiere como ejemplo un 2% al año de no haber una estimación mejor.
2. *Mantenimiento periódico cada x años*, como porcentaje del costo total de implantación. Por ejemplo, un 5% del costo total de implantación cada 3 años.

De este modo, utilizando los números sugeridos anteriormente, los costos anuales estimados para el mantenimiento anual serían:

TABLA 12.1
COSTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO DEL PROYECTO
COMO PORCENTAJE DEL COSTO DE IMPLANTACIÓN

AÑO	COSTO DE MANTENIMIENTO
1	0,02 X CTI
2	0,02 X CTI
3	0,07 X CTI (2%+5%=7%)
4	0,02 X CTI
5	0,02 X CTI
6	0,07 X CTI
etc.	etc.

CTI = Costo Total de Implantación del proyecto

Si el proyecto ha sido elaborado para un lugar que ya cuenta con señalización, sólo se deben considerar las diferencias entre los costos de mantenimiento con el proyecto antiguo y con el nuevo. Estas diferencias pueden ser positivas, nulas, o incluso negativas, en función de que el costo de mantenimiento del proyecto nuevo sea mayor, igual o menor que el del proyecto ya existente.

Para el proyecto-ejemplo, se utilizaron los costos de mantenimiento expresados como porcentajes del costo total de implantación (US\$ 30.000). Se adoptó un 2% al año para el mantenimiento rutinario y un 5% cada tres años para el mantenimiento periódico. (Véase la tabla de cálculo siguiente.)

TABLA 12.2
COSTOS DE IMPLANTACIÓN Y DE
MANTENIMIENTO DE PROYECTO (US\$ DE 1997)

AÑO	IMPLANTACIÓN	MANTENIMIENTO RUTINARIO (2% x CTI)	MANTENIMIENTO PERIÓDICO (5% x CTI)	COSTO TOTAL
0	30.000	-	-	30.000
1	-	600	-	600
2	-	600	-	600
3	-	600	1.500	2.100
4	-	600	-	600
5	-	600	-	600
6	-	600	1.500	2.100
7	-	600	-	600
8	-	600	-	600
9	-	600	1.500	2.100
10	-	600	-	600

12.5 Paso 4– Montar el flujo de los costos anuales

El flujo anual de costos se compone de la suma de todos los costos de implantación y mantenimiento en cada año de la vida útil, o sea, la suma de los valores obtenidos anteriormente en los pasos 2 y 3.

Habitualmente los proyectos de ingeniería para la reducción de accidentes se implantan en poco tiempo (un día, una semana; casi siempre en menos de un año). En estos casos, se puede considerar que el desembolso del costo de implantación se realiza en el año “0” (cero), estando por tanto los desembolsos realizados a partir del año 1 destinados a pagar los costos de mantenimiento.

Las excepciones a esta regla general son de dos tipos: (i) proyectos grandes cuyo período de implantación pasa de un año y (ii) proyectos cuya implantación está programada en fases, con períodos de uno o más años entre las sucesivas fases. En estos casos puede haber costos de implantación y costos de mantenimiento el mismo año, siendo el coste anual la suma de ambos.

12.6 Paso 5 – Calcular el costo medio anual para la sociedad de los accidentes ocurridos en el lugar antes de la implantación del proyecto (situación “sin proyecto”)

El costo de un accidente de tránsito para la sociedad es la suma de todos los costos generados por haberse producido. Estos costos incluyen entre otros:

- daños a los vehículos implicados
- daños a la señalización vial
- daños al mobiliario urbano
- daños a propiedades
- atención policial
- servicio de rescate de víctimas por los bomberos
- servicios de ambulancias
- atención médica de emergencia
- atención médica en hospitales
- rehabilitación de personas heridas y traumatizadas
- procesos jurídicos
- tiempo perdido en congestiones
- combustible quemado en congestiones
- pérdidas de producción

- fabricación de equipamientos para deficientes físicos
- limpieza de la calzada

Aunque no sea del todo imposible, el cálculo de estos costos para accidentes individuales exigiría un esfuerzo exagerado en comparación con la utilidad de los resultados. Por consiguiente, la CET ha determinado valores medios para su utilización en las evaluaciones económicas de los proyectos. Dichos valores, que presentamos a continuación, proceden de la adaptación de estudios extranjeros a la situación brasileña.

TABLA 12.3
COSTOS DE ACCIDENTES EN SÃO PAULO²

TIPO DE ACCIDENTE	COSTO MEDIO (US\$)
Sin víctima(s)	1.410
Con víctima(s) leve(s)	3.530
Con víctima(s) grave(s)	17.630
Con víctima(s) fatal(es)	141.000

Fuente: CET.

Obs: Valores en US\$ de 1997

Entre la información disponible sobre los accidentes no siempre se encuentra la discriminación de la gravedad de las heridas. Se pueden utilizar pesos para accidentes sin víctimas, con víctimas (excluyendo a los peatones) y atropellamientos. Estos pesos ya tienen en cuenta que la mayoría de las víctimas fatales en la ciudad de São Paulo son peatones y que, entre las víctimas no fatales, la gravedad de las heridas sufridas por los peatones supera a la de los ocupantes de vehículos. De esta forma se llega a los pesos y costos medios siguientes:

TABLA 12.4
COSTO PONDERADO DE ACCIDENTES

TIPO DE ACCIDENTE	PESO	COSTO MEDIO (US\$)
Sin víctima(s)	1	1.410
Con víctima(s) (excluyendo peatones)	4	5.640
Atropellamiento	6	8.460

Hay que calcular el costo total de los accidentes registrados en el lugar del proyecto en un período de un año antes de la implantación del proyecto. Si se trata de una evaluación de un proyecto sin implantar, debe calcularse el costo de los accidentes registrados en el período del año más reciente posible. Si se dispone de datos para un período superior a un año, se utiliza preferentemente la media anual de los costos de los accidentes registrados en ese período.

Si hubiera al menos una víctima fatal entre los accidentados, y si se está utilizando la metodología de discriminación en heridos leves, graves y fatales, contabilizando US\$ 141.000 por víctima fatal, se sugiere efectuar un cálculo adicional utilizándose para las víctimas fatales el valor de US\$17.630 normalmente destinado a los accidentes con víctimas graves, aunque no fatales.

Si hubiera al menos una víctima fatal entre los accidentados, y si se está utilizando el método de pesos, se sugiere, para el cálculo adicional, la sustitución para cada accidente con víctima fatal, del costo medio de un accidente (US\$ 5.640 ó US\$ 8.460) por el valor de US\$ 141.000 tanto en el caso de víctimas fatales en el vehículo como en el caso de víctimas fatales por atropellamiento.

El cálculo adicional tiene por objetivo evitar las posibles polémicas sobre el valor de una vida (que incluye el valor presente del promedio de las ganancias futuras de una persona en Brasil y que contribuye a la elevación del costo a US\$ 141.000), sin restarle por ello importancia. Casi todos los proyectos del tipo descrito en este libro presentan una elevada viabilidad económica sin la utilización de este valor. Sin embargo, este dato puede volverse extremadamente útil en el "marketing" del proyecto. Por ello, se sugiere que una evaluación económica de proyectos concerniendo lugares con víctimas fatales siempre sea ejecutada dos veces, una vez con y una vez sin el costo de la(s) víctima(s) fatal(es).

Se supondrá que los datos sobre los accidentes ocurridos anualmente en el lugar durante los últimos tres años, período durante el cual no hubo ningún cambio significativo que pudiera influir sobre los accidentes, son, en promedio, los siguientes:

20 accidentes S/V, al año

8 accidentes C/V, al año

3 atropellamientos AT, al año

En uno de los años hubo 2 víctimas fatales, en otro 1 y en otro 0, dando una media de 1 víctima fatal al año. No se dispone de información sobre la gravedad de las heridas sufridas por las víctimas no fatales. Así que se adoptará el método de pesos conforme se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 12.5
COSTOS DE LOS ACCIDENTES SIN EL
PROYECTO PROPUESTO (US\$ DE 1997)

TIPO DE ACCIDENTE	ACCIDENTES/ AÑO	COSTO POR ACCIDENTE (US\$)	TOTALES (US\$)
Sin víctima(s)	20	1.410	28.200
Con víctima(s) (excluyendo peatones)	8	5.640	45.120
Atropellamiento	3	8.460	25.380
Total	31	-	98.700

El costo anual de los accidentes antes del proyecto era de US\$ 98.700, sin incluir el valor US\$ 141.000 de una víctima fatal. Para tener en cuenta este valor, se sustituye un accidente C/V (las víctimas eran todos conductores), costo US\$ 5.640, por un accidente con víctima fatal, costo US\$ 141.000. Con ello, se añaden US\$ 135.360 (US\$ 141.000 menos US\$ 5.640) al total de US\$ 98.700, obteniendo un nuevo valor de US\$ 234.060, más del doble del valor obtenido sin computar el valor de la víctima fatal.

Conclusión - Costo anual de los accidentes sin proyecto:

- US\$ 98.700 (sin considerar el costo de víctima fatal)
- US\$ 234.060 (con costo de víctima fatal).

12.7 Paso 6 – Calcular el valor de la reducción de accidentes esperada para el primer año después de la implantación del proyecto

Durante la fase de elaboración, el proyecto ha sido examinado para ver si realmente reducirá el índice de accidentes (empleándose, por ejemplo, pruebas de significación estadística). Por lo tanto, al llegar a la presente fase de evaluación, ya se debe haber estimado la cantidad de reducción de accidentes prevista para el primer año después de la implantación del proyecto.

Dependiendo del método de cálculo utilizado, esta reducción puede estar expresada:

- como un porcentaje del número o número medio de accidentes al año en la situación sin proyecto, sin discriminación de tipo o de gravedad; o
- como porcentajes, tal vez distintos, de los números de accidentes sin víctimas, con víctimas (excluyendo peatones) y atropellamientos.

Cualquiera que sea el método adoptado, el técnico debe calcular para su proyecto el valor total de los accidentes que serán evitados el primer año después de la implantación del proyecto, utilizando como base los costos resultantes del paso 5.

Después del análisis de estos criterios en este proyecto hipotético, se llega a una previsión de una reducción con el proyecto de un 30% de los accidentes S/V, un 50% de los C/V (excluyendo peatones) y un 10% de los AT. En la tabla siguiente se presenta el cálculo del valor de la reducción de accidentes esperada para el primer año después de la implantación del proyecto.

TABLA 12.6
VALOR DE LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES ESPERADA
COMO RESULTADO DEL PROYECTO (US\$ DE 1997)

TIPO DE ACCIDENTE	ACCIDENTES/AÑO (SIN PROYECTO)	REDUCCIÓN ESPERADA		VALOR DE LA REDUCCIÓN POR ACCIDENTE (US\$)	VALOR TOTAL (US\$)
		%	ACCIDENTES/AÑO		
S/V	20	30	6	1.410	8.460
C/V	8	50	4	5.640	22.560
AT	3	10	0,3	8.460	2.538
TOTAL	31	-	10,3	-	33.558

Sin tener en cuenta el valor de un accidente con víctima fatal, el valor de la reducción esperada para el primer año se estima en US\$ 33.558. Posteriormente, teniendo en cuenta el valor de US\$ 141.000 de una víctima fatal y la reducción esperada de un 50% para los accidentes C/V, se sustituye la mitad del valor de un accidente C/V ($US\$ 5.640 \times 0,5 = US\$ 2.820$) por la mitad del valor de un accidente con víctima fatal ($US\$ 141.000 \times 0,5 = 70.500$), añadiendo US\$ 67.680 ($US\$ 70.500$ menos US\$ 2.820) al total anterior de US\$ 33.558, obteniendo un valor total de US\$ 101.238, el triple del valor obtenido sin considerar el costo de una víctima fatal.

Así, los valores estimados de la reducción de accidentes esperada para el primer año después de la implantación del proyecto son:

- US\$ 33.558 (sin costo de víctima fatal)
- US\$ 101.238 (con costo de víctima fatal)

Estas reducciones representan respectivamente:

- 34 % de reducción del costo de los accidentes sin costo de las víctimas fatales
($US\$ 33.558 / US\$ 98.700 \times 100\%$)
- 43,253% de reducción del costo de los accidentes con costo de las víctimas fatales
($US\$ 101.238 / US\$ 234.060 \times 100\%$)

12.8 Paso 7 – Calcular el valor de la reducción de accidentes esperada para cada año de la vida útil del proyecto

El efecto del nuevo proyecto puede variar durante su vida útil. Si fuera constante, *sin* el proyecto habría siempre una media de x accidentes por año y *con* el proyecto, una media y , siendo el beneficio, o la reducción, cada año $x - y = z$ accidentes.

Sin embargo, normalmente, la población de las áreas urbanas crece paulatinamente y, al menos a medio plazo, la flota de vehículos y peatones en circulación también. Esto significa frecuencias crecientes de situaciones de conflicto potencial entre vehículos y entre éstos y los peatones. Por consiguiente, sin intervenciones de ingeniería de tránsito cabría esperar una frecuencia creciente de accidentes.

Si el efecto del proyecto se estimara en una reducción de, por ejemplo, un 50% de los accidentes en el primer año, es razonable pensar que dicho efecto se mantendría igual con el tránsito creciente del lugar. Así, cada año que pasara el proyecto evitaría el 50% de un número creciente de accidentes. Por lo tanto, el número absoluto de accidentes evitados también crecería. No se conocen estudios sobre la relación entre la tasa de crecimiento del tránsito y la tasa de crecimiento de accidentes, de no haber intervención. En consecuencia, se recomienda como una aproximación razonable la hipótesis de tasas iguales para el incremento del tránsito y el del número de accidentes.

La población de São Paulo crece entre un 2 y un 3% al año. Se recomienda, dentro de una hipótesis conservadora, utilizar una tasa de un 2% al año para el incremento del valor de la reducción de accidentes: si en el primer año la reducción de accidentes prevista fue de z accidentes, en el segundo año será $(1,02) \times z$, en el tercero $(1,02) \times (1,02) \times z$, etc.

No se debe aplicar esta regla ciegamente; una vez más “depende...”. Por ejemplo, si en el lugar del proyecto, o cerca de él, se estuviera construyendo un centro comercial, sería muy probable que la tasa de crecimiento del tránsito fuera bastante superior al 2-3% anual, al menos en los primeros años de funcionamiento de este polo generador. Si es posible hacer u obtener estimaciones de las tasas anuales de crecimiento, éstas deben ser utilizadas en la evaluación del proyecto.

Por otra parte, puede haber un proyecto ubicado en el centro de un área urbana ya totalmente desarrollada y edificada, con un flujo de tránsito próximo a la saturación de capacidad. En este caso, tal vez sea más justificable mantener los beneficios constantes durante toda la vida útil del proyecto.

El técnico debe tomar las decisiones necesarias y estimar el valor de la reducción de accidentes para cada año de la vida útil del proyecto.

En el proyecto-ejemplo se adoptó un factor de crecimiento general de un 2,5% al año en su área de influencia. En la tabla siguiente, se presenta el cálculo de los costos totales anuales de accidentes con y sin proyecto, teniendo en cuenta, o no, el valor de una víctima fatal. Se proveen también los valores anuales de las reducciones de accidentes esperadas. Estos valores pueden ser calculados o bien como las diferencias en cada año entre los valores totales de los accidentes con y sin proyecto, o bien, simplemente aplicando el factor general de crecimiento (2,5%) anualmente al valor de la reducción, tomando como base el valor de la reducción del primer año. (Ver Tabla 12.7)

12.9 Paso 8 – Calcular los valores presentes de los costos anuales y de los beneficios anuales

Hasta este punto en la evaluación se ha conseguido determinar una vida útil para el proyecto y montar un flujo de costos anuales y un flujo de beneficios anuales. Normalmente, el flujo de costos presenta un costo de implantación relativamente alto el año cero (o en los primeros años en los casos de proyectos de gran porte) y costos menores de mantenimiento en los años siguientes. Con características bien diferentes, el flujo de beneficios presenta normalmente cero en el año cero (implantación), y un valor moderado el primer año, que permanece constante o creciendo lentamente durante la vida útil del proyecto.

A la hora de comparar estos dos flujos se plantea un problema: el valor del dinero en el tiempo. No se trata de un problema de inflación, ésta puede ser compensada por corrección monetaria. Se trata de responder a la pregunta ¿qué es preferible: recibir US\$ 1.000 hoy o dentro de un año³? Está claro, que si se recibe hoy el dinero y se invierte con una tasa de interés del 12% al año, al cabo de un año se obtendrán 1.120 dólares. Lo más ventajoso es recibir el dinero lo antes posible.

En este ejemplo se podría decir que, si el interés sigue siendo un 12%, entonces el *valor presente* de US\$ 1.120 a recibir al cabo de un año es:

$$US\$ 1.120 / 1,12 = US\$ 1.000$$

TABLA 12.7
COSTOS Y BENEFICIOS ANUALES ESPERADOS CON EL PROYECTO (US\$)

Año	Costo de los accidentes sin proyecto		Costo de los accidentes con proyecto		Beneficios: reducción del costo de accidentes	
	SF	CF	SF (-34%)	CF (-43,253%)	SF	CF
0	-	-	-	-	-	-
1	98.700	234.060	65.142	132.822	33.558	101.238
2	101.168	239.912	66.771	136.143	34.397	103.769
3	103.697	245.909	68.440	139.546	35.257	106.363
4	106.289	252.057	70.151	143.035	36.138	109.022
5	108.946	258.358	71.905	146.611	37.042	111.748
6	111.670	264.817	73.702	150.276	37.968	114.541
7	114.462	271.438	75.545	154.033	38.917	117.405
8	117.323	278.224	77.433	157.884	39.890	120.340
9	120.256	285.179	79.369	161.831	40.887	123.349
10	123.263	292.309	81.353	165.877	41.909	126.432

Obs.:

Los totales pueden diferir de la suma de las columnas por problemas de redondeo.

SF - sin costo de víctima fatal

CF - con costo de víctima fatal

Tasa de crecimiento general adoptada: 2,5% al año

Si se hubiera optado por recibir los US\$ 1.000 al cabo de un año, el valor presente sería:

$$\text{US\$ } 1.000 / 1,12 = \text{US\$ } 892,86$$

o 107,14 dólares menos.

Así, se comparan ambos flujos de dinero: transformando todo en valor presente. En el caso de los costos de mantenimiento esto significa tener que responder a la siguiente pregunta ¿cuánto dinero hay que depositar hoy en el banco, ganando intereses, para poder obtener «C_t» dólares en el año «t», cantidad que será suficiente para poder pagar los costos de mantenimiento de ese año?

En el caso de los beneficios significa responder a la pregunta ¿cuánto se necesita para recibir hoy un beneficio de «B_t» dólares que normalmente sólo sería generado en año t?

Respondiendo a la primera pregunta: para obtener C_t dólares en el año t, con una tasa de intereses «i» por año, se necesitaría hoy una cantidad que, después de recibir los intereses, y los intereses sobre los intereses durante t años, alcanzara el valor C_t. Si a este valor se le llama C_o, entonces:

$$C_t = C_o (1+i)^t \quad (12.1)$$

y

$$C_o = \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (12.2)$$

Así, para poder obtener US\$ 10.000 en valores constantes, dentro de 3 años, con un 12% de intereses al año, hoy habría que depositar:

$$C_o = \frac{\text{US\$ } 10.000}{(1+0,12)^3} = \frac{\text{US\$ } 10.000}{1,4049} = \text{US\$ } 7.117,80$$

En el contexto de la evaluación de proyectos, esto significa que un costo de US\$ 10.000 desembolsado el tercer año después de la implantación del proyecto, descontando una tasa de 12% al año, tendrá un valor presente de US\$ 7.117,78.

En respuesta a la segunda pregunta, si una reducción de accidentes (beneficio) con un valor de US\$ 4.000 prevista

para el cuarto año después de la implantación del proyecto, se pudiera recibir hoy, anticipadamente, tendría el valor calculado a continuación, utilizando una tasa de descuento de un 12% al año:

$$B_0 = \frac{US\$4.000}{(1+0,12)^4} = \frac{US\$ 4.000}{1,5735} = US\$ 2.542,07$$

Queda elegir la tasa de descuento (intereses) más adecuada para este tipo de evaluaciones de proyectos. Aquí se utiliza el 12% de intereses reales al año, adoptado por los bancos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El técnico debe calcular el valor presente de cada elemento anual del flujo de costos y del flujo de beneficios de su proyecto utilizando la tasa de descuento del 12% al año.

Ejemplo: se presentan en la Tabla siguiente los flujos de beneficios y costos anuales, calculados anteriormente en los pasos 7 y 4 respectivamente, y sus valores presentes, en el año 0, aplicando un tasa de descuento del 12% al año.

TABLA 12.8
COSTOS Y BENEFICIOS ESPERADOS DEL PROYECTO (US\$)

Año	VALORES CORRIENTES			VALORES PRESENTES		
	BENEFICIOS		COSTOS	BENEFICIOS		COSTOS
	SF	CF		SF	CF	
0	--	--	30.000	--	--	30.000
1	33.558	101.238	600	29.963	90.391	536
2	34.397	103.769	600	27.421	82.724	478
3	35.257	106.363	2.100	25.095	75.707	1.495
4	36.138	109.022	600	22.967	69.286	381
5	37.042	111.748	600	21.018	63.409	340
6	37.968	114.541	2.100	19.236	58.030	1.064
7	38.917	117.405	600	17.604	53.108	271
8	39.890	120.340	600	16.111	48.603	242
9	40.887	123.349	2.100	14.744	44.481	757
10	41.909	126.432	600	13.494	40.708	193
TOTAL				207.652	626.447	35.759

Obs.:

Los totales pueden diferir de la suma de las columnas por problemas de redondeo.

SF - sin costo de víctima fatal

CF - con costo de víctima fatal

12.10 Paso 9 Calcular los valores presentes totales de los costos y de los beneficios

Sumando los valores presentes de los costos anuales se obtiene el Valor Presente Total de los costos del proyecto, C, que equivale a la cuantía que habría que depositar en el banco en una cuenta de ahorro, al iniciar el proyecto, con intereses reales (no inflación) del 12% al año, para poder pagar todos los costos de implantación y mantenimiento previstos para la vida útil del proyecto.

En el proyecto-ejemplo, conforme se presentó en la última columna de la Tabla 12.8, el valor presente total de los costos es de US\$ 35.759. Asimismo, sumando los valores presentes de los beneficios anuales se obtiene el valor

presente total de los beneficios del proyecto, B, lo que equivale a US\$ 207.652 sin considerar el costo de víctima fatal (antepenúltima columna de la Tabla 12.8) y US\$ 626.447 con la reducción del costo de víctima fatal (penúltima columna de la Tabla 12.8).

12.11 Paso 10 – Calcular el valor presente líquido (VPL) del proyecto

Restando el valor presente total de los costos del proyecto, C, al valor presente total de los beneficios del proyecto, B, se llega al valor presente líquido (VPL) del proyecto:

$$B - C = VPL \quad (12.3)$$

donde:

$$B = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}$$

$$C = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

y:

- B_t = beneficios en el año t
- C_t = costos en el año t
- i = tasa real de intereses al año
- T = vida útil de proyecto en años

En el proyecto-ejemplo, sin considerar el costo de una víctima fatal, el VPL es (valores de la última línea de la Tabla 12.8):

$$B - C = \text{US\$ } 207.652 - \text{US\$ } 35.759 = \text{US\$ } 171.893$$

y, considerando el costo de una víctima fatal:

$$\text{US\$ } 626.447 - \text{US\$ } 35.759 = \text{US\$ } 590.688$$

En este caso, $VPL > 0$ y el valor presente líquido mide el excedente de los beneficios del proyecto sobre los costos de su implantación y mantenimiento, habiendo descontado todos los costos y beneficios a la tasa real de intereses de 12% anual. Si VPL fuera negativo, indicaría que los costos superarían a los beneficios (ambos descontados).

Este número es útil para comparar proyectos de magnitudes semejantes, pero no debe ser interpretado aisladamente cuando se comparan proyectos dispares, porque no informa sobre la eficacia económica del proyecto, como se muestra para dos proyectos hipotéticos en la Tabla 12.9.

TABLA 12.9
DOS PROYECTOS CON VALORES PRESENTES IGUALES
Y COSTOS Y BENEFICIOS DISTINTOS (US\$)

PROYECTO	VALOR PRESENTE BENEFICIOS	VALOR PRESENTE COSTOS	VALOR PRESENTE LÍQUIDO
1	2.000	1.000	1.000
2	20.000	19.000	1.000

Ambos proyectos presentan el mismo valor presente líquido, pero cada dólar invertido en el proyecto 1 tiene un rendimiento de 2 dólares de beneficio, contra apenas US\$ 1,05 para el proyecto (US\$ 20.000 / US\$ 19.000 = US\$ 1,05).

Para superar esta limitación del criterio VPL, se utilizan la razón beneficios/costos y la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto.

12.12 Paso 11 - Calcular el índice beneficio/costo (B/C)

Se calcula el índice beneficio/costo (B/C) de un proyecto, dividiendo el valor presente total de los beneficios por el valor presente total de los costos.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (12.4)$$

Si B/C es mayor de 1 (>1), cada dólar invertido en el proyecto rinde más de un dólar en valor de accidentes evitados. Por ejemplo, un índice de 2,5 significa que cada dólar invertido produjo 2,5 dólares de accidentes evitados, un óptimo resultado.

Un índice menor de 1 (<1) significa que, aunque el proyecto generó una reducción de accidentes, el costo fue relativamente alto: cada dólar invertido tuvo un rendimiento inferior a un dólar en accidentes evitados. Esto no implica necesariamente que haya que descartar el proyecto. Las autoridades públicas que otorguen prioridad a la reducción de muertos y heridos en accidentes de tránsito pueden querer implantar un proyecto caro y poco eficiente económicamente, pero cuyos resultados convergen con las prioridades.

Los valores presentes de los beneficios y costos correspondientes al proyecto-ejemplo ya se encuentran calculados en la última línea de la Tabla 12.8.

Sin considerar el costo de una víctima fatal, el índice beneficio/costo del proyecto-ejemplo es:

$$B/C = 207.652 / 35.759 = 5,81$$

y, considerando el costo de una víctima fatal:

$$B/C = 626.447 / 35.759 = 17,52$$

En el primer caso, cada dólar invertido tiene un rendimiento de US\$ 5,81 y, en el segundo, uno de US\$ 17,52

12.13 Paso 12 - Calcular la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto

La Tasa Interna de Retorno del proyecto es la tasa de descuento que se traduce en valores presentes totales iguales para beneficios y costos, lo que significa que el valor presente líquido del proyecto igual a 0 y el índice de beneficio/costo de 1.

La TIR indica el retorno del proyecto en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$0 = \sum_{t=0}^T \left(\frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \right) \quad (12.5)$$

donde r es la TIR del proyecto y los otros términos mantienen las definiciones anteriores.

Se observa que, en la fórmula (12.5), la tasa de descuento r es la incógnita que se quiere calcular, mientras que en las ecuaciones (12.1) y (12.4) la tasa de descuento i es un valor fijado arbitrariamente ($= 0,12$ en los ejemplos). Sin embargo, es necesario comparar la TIR con un valor considerado el mínimo aceptable para saber si es satisfactoria o no; en este ejemplo, son satisfactorias TIRs $> 12\%$ y no satisfactorias TIRs $< 12\%$.

La fórmula (12.5) no puede ser resuelta de forma matemática simple y se calcula por aproximaciones

sucesivas. En tanto que se puede calcular VPL o B/C con una simple calculadora de bolsillo, hoy en día, la TIR se calcula casi únicamente con una computadora y "software" de una hoja de cálculo electrónica como EXCEL, Lotus 1-2-3 o Quattro-Pro⁴.

El cálculo se ilustra en la Tabla 12.10 para los beneficios sin considerar víctimas fatales. Se utiliza la última columna, beneficios netos ($B_t - C_t$), aplicando la función matemática @ IRR (o @TIR) a los valores de esta columna, donde IRR se refiere a las versiones en inglés (*internal rate of return*).

TABLA 12.10
FLUJO DE BENEFICIOS LÍQUIDOS Y CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (US\$)

AÑO	BENEFICIOS SF	COSTOS	BENEFICIOS NETOS
0	0	30.000	(30.000)
1	33.358	600	32.958
2	34.397	600	33.797
3	35.257	2.100	33.157
4	36.138	600	35.538
5	37.042	600	36.442
6	37.968	2.100	35.868
7	38.917	600	38.317
8	39.890	600	39.290
9	40.887	2.100	38.787
10	41.909	600	41.309
TIR =			1,12

Se obtiene la TIR del proyecto-ejemplo de un 112%, sin tener en cuenta el costo de las víctimas fatales⁵.

Hay que tener cuidado con esta rutina cuando la señal de los valores de la columna de beneficios netos cambia más de una vez, puesto que la ecuación (12.5) puede dar raíces múltiples sin sentido económico.

12.14 Paso 13 – Calcular el periodo de retorno ("payback")

Se podrá calcular el número de años necesarios para que los beneficios cubran los costos del proyecto. Ello requiere apenas sumar, anualmente, el valor acumulado de los beneficios menos los costos en valores presentes, ya disponibles en la Tabla 12.8. Considerando solamente el caso sin costo de víctima fatal, tenemos los valores de la Tabla 12.11.

TABLA 12.11
PERÍODO DE AMORTIZACIÓN (REPAGO) DEL PROYECTO

AÑO	VALORES PRESENTES (US\$)			
	BENEFICIOS SF	COSTOS	$B_t - C_t$	$\Sigma (B_t - C_t)$
0	--	30.000	-30.000	-30.000
1	29.963	536	29.427	-573
2	27.421	478	26.943	26.370

Fuente de los datos de las columnas 1, 2 y 3: Tabla 12.8.

El valor líquido acumulado de beneficios menos costos (la última columna de la derecha de la Tabla 12.10) se aproxima de cero en el primer año y se vuelve positivo el segundo año, o sea, en poco más de un año los beneficios recibidos del proyecto superarán sus costos.

Si se incluye el valor de la reducción de una víctima fatal, se constata en la Tabla 12.8 que los beneficios del primer año solamente (US\$ 89.862) superan en casi tres veces los costos de implantación (US\$ 30.000) y mantenimiento del primer año (US\$ 536).

Tal como ocurrió en este ejemplo, hay muchos proyectos pequeños que generan beneficios líquidos al cabo de uno o dos años. Así, merecen ser implantados aun cuando haya planes para realizar obras mayores en la vía a mediano plazo y se estime que dichos proyectos tendrán una vida relativamente corta.

12.15 Paso 14 - Hacer análisis de sensibilidad

En algunos proyectos, los resultados de la evaluación económica pueden ser invertidos por pequeños cambios en los valores de uno o unos pocos parámetros.

Para saber si los resultados son sensibles a dichas variaciones, se deben estimar franjas de variación de los parámetros claves y rehacer los cálculos de VPL y de TIR. (Y, si resulta pertinente, de B/C y del período de repago).

Como ejercicio, el lector podrá averiguar que $VPL > 0$ y $TIR > 12\%$ para el proyecto-original, aun en el caso de un gran incremento (como 25%) en los costos y una reducción semejante en los beneficios.

El análisis de sensibilidad es necesario en los casos en que la TIR está próxima al valor mínimo aceptable.

12.16 Conclusión

La evaluación económica de proyectos, presentada aquí de forma simplificada, puede ser una herramienta útil para distinguir entre proyectos de alta y baja rentabilidad, particularmente en el caso típico en el que hay más

proyectos de los que se pueden implantar con los recursos disponibles y es necesario seleccionar los que tienen mayor impacto en relación a los costos. Ello se puede hacer ordenando los proyectos según sus TIRs, maximizando el VPL sujeto a la restricción presupuestaria.

El cálculo de los indicadores de rentabilidad también puede resultar útil para convencer a las autoridades pertinentes de que aumenten la asignación presupuestaria para proyectos de reducción de accidentes, puesto que suelen tener habitualmente grandes beneficios económicos y sociales.

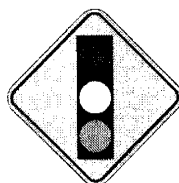
¹ Se utiliza aquí la metodología tradicional de evaluación económica de proyectos, beneficios/costos, pero sin los ajustes que hacen los economistas para compensar los impuestos, subsidios y otras distorsiones en los precios de mercado. Dichos tópicos están fuera del ámbito del presente trabajo y no afectan sustancialmente las conclusiones de la gran mayoría de las evaluaciones de los proyectos de este trabajo.

² Estos datos se aplican a São Paulo en 1997; pueden no representar los costos en otros países y deben ser actualizados periódicamente.

³ Se supone que se agregaría al valor nominal la inflación de la moneda, manteniéndose constante el valor de compra de la moneda. Todos los cálculos de este capítulo suponen que se trata de tales *valores constantes*.

⁴ Las cuales también se utilizan para calcular VPL y B/C en la mayoría de las aplicaciones reales.

⁵ Como ejercicio, el lector podrá repetir los cálculos para incluir el costo de víctimas fatales ($TIR = 338\%$).



ANEXO I
TABLAS DE APOYO
PARA INSPECCIONES

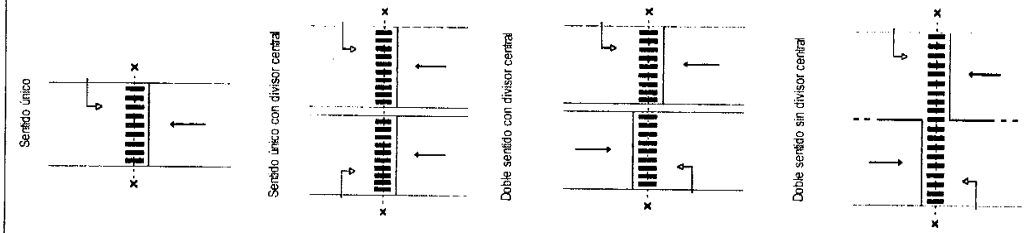
Tabla A.1: Atropellamientos en intersección con semáforos: salida de intersección

Lugar de atropellamiento		Comportamientos observados	Posibles mejoras											
Intersección con semáforos: salida de intersección			1. Implantar rojo general para los vehículos	2. Desplazar paso peatonal e implantar fase peatonal	3. Implantar semáforos y fases peatonales	4. Implantar señales de servicio y/o educativas para los peatones	5. Implantar valla (si se cree que mejorará la seguridad)	6. Implantar señales de advertencia para los conductores	7. Implantar señales educativas para los conductores	8. Aumentar la visibilidad de los semáforos	9. Retirar obstáculos a la visibilidad para peatones y vehículos	10. Implantar dispositivos reductores de velocidad	11. Implantar dispositivos de fiscalización automática	12. Implantar ensanchamiento de acera en la esquina
	Sentido único con paso peatonal	1. PEATONES cruzan en brechas de duración insuficiente en el cambio de fase	m	m	m			m			m			
		2. PEATONES inician la travesía durante la fase en rojo general, pero completan durante la fase en verde de los vehículos		m	m			m				m		
		3. PEATONES inician la travesía durante la fase en verde de vehículos	m	m	m	m						m		
	Sentido único sin paso peatonal	4. PEATONES cruzan sin mirar hacia todos los posibles flujos de vehículos peligrosos para ellos		m	m	m					m			
		5. PEATONES cruzan fuera del paso peatonal *	m	m	m	m	m					m		
	Sentido doble con divisor central y paso peatonal	6. VEHICULOS no paran en el inicio de la fase en rojo para ellos	m										m	
		7. VEHICULOS paran en el semáforo en rojo, pero siguen antes de la fase verde												m
	Sentido doble con divisor central y sin paso peatonal	8. VEHICULOS no paran en el semáforo en rojo											m	
		9. VEHICULOS estacionados obstaculizando la visibilidad												m

*el lugar elegido por los peatones puede ser más seguro que el paso - evalúe

m= mejora a ser considerada

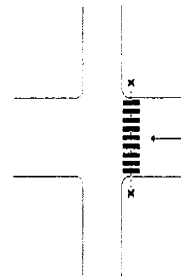
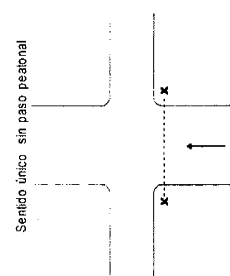
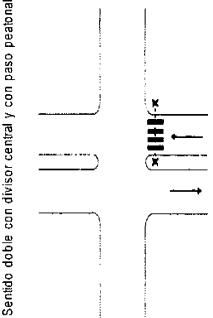
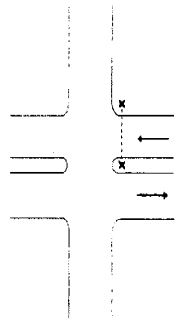
Tabla A.2: Atropellamientos en tramo con semáforo: con paso peatonal pintado

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles mejoras														
		1. Implantar fase y semáforo peatonal	2. Implantar semáforo activo manualmente	3. Construir refugio o divisor central	4. Implantar señales educativas y/o servicio para peatnes	5. Implantar señales de advertencia para los conductores	6. Implantar señales educativas para los conductores	7. Aumentar visibilidad de los semáforos	8. Aumentar fase verde del semáforo peatonal	9. Implantar dispositivos de reducción de velocidad	10. Implantar valla para canalización de peatnes	11. Aumentar ancho del paso peatonal si no fuera suficiente	12. Colocar andarrapante	13. Retirar obstáculos a la visibilidad	14. Implantar fase de rojo general	15. Implantar dispositivos de fiscalización automática
<div>Tramo con semáforo: con paso peatonal pintado</div> <div><div>Sentido Único</div></div>	1. PEATONES completan la travesía después del inicio de la fase en verde para vehículos	m	m	m	m	m			m			m				
	2. PEATONES inician la travesía durante la fase en verde para vehículos	m	m	m		m						m				
	3. PEATONES cruzan sin mirar si se aproximan vehículos	m	m	m	m								m			
	4. PEATONES cruzan fuera del paso peatonal*	m	m	m	m	m			m		m		m			
	5. VEHÍCULOS no paran el principio de la fase en rojo					m	m	m		m			m	m		
	6. VEHÍCULOS paran con el semáforo en rojo, pero salen antes de la fase en verde						m						m	m		
	7. VEHÍCULOS no paran en el semáforo en rojo					m		m		m			m	m		
	8. VEHÍCULOS estacionados obstruyendo la visibilidad													m		
	9. VEHÍCULOS paran, pero invaden el paso peatonal						m	m		m			m	m		m
	10. VEHÍCULOS paran, pero frenando bruscamente o derrapando							m		m			m	m		

m= mejora a ser considerada

*el lugar elegido por los peatones puede ser más seguro que el paso - evalúe

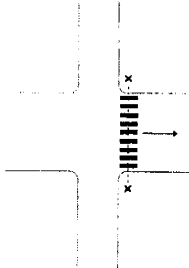
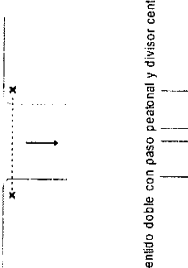
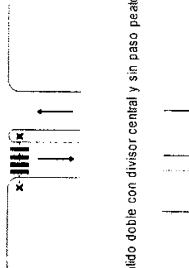
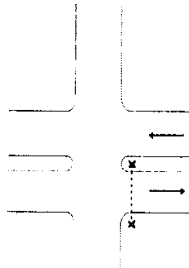
Tabla A.3: Atropellamientos en intersección sin semáforos: aproximación

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles Mejoras								
Intersección sin semáforos: aproximación		1. Implantar señales educativas y servicio para peatones	2. Aumentar frecuencia y/o duración de las brechas controlando el tránsito de las vías adyacentes	3. Implantar refugio si la travesía es ancha	4. Implantar señales de advertencia para los conductores	5. Implantar semáforos	6. Implantar valla para canalización de peatones	7. Retirar obstáculos a la visibilidad para peatones y vehículos	8. Implantar dispositivos reductores de velocidad	9. Implantar andarrapante a lo largo del paso peatonal
<p>Sentido único con paso peatonal</p> 	1. PEATONES no esperan las brechas adecuadas	m	m	m	m	m				
	2. PEATONES tienen dificultad para evaluar brechas en vía ancha		m	m	m	m				
<p>Sentido único sin paso peatonal</p> 	3. PEATONES casi no encuentran brechas adecuadas: tránsito continuo		m	m	m	m				
	4. PEATONES cruzan si miran hacia el tránsito que se aproxima*	m		m	m	m				
<p>Sentido doble con divisor central y con paso peatonal</p> 	5. PEATONES cruzan fuera del paso peatonal: lejos de la esquina	m		m		m	m			
	6. VEHÍCULOS estacionados obstaculizando la visibilidad							m		
<p>Sentido doble con divisor central y sin paso peatonal</p> 	7. VEHÍCULOS con exceso de velocidad				m				m	
	8. VEHÍCULOS paran súbitamente: con dificultad, para evitar atropellamientos				m			m	m	m

m= mejora a ser considerada

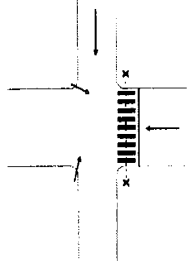
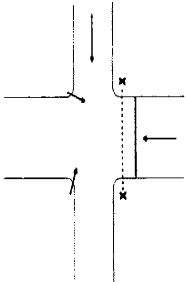
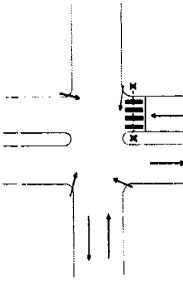
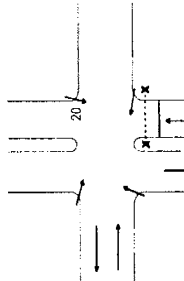
*el lugar elegido por los peatones puede ser más seguro que el paso - evalúe

Tabla A.4: Atropellamientos en intersección sin semáforos: salida

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles mejoras								
Intersección sin semáforos: salida Sentido único con paso peatonal  Sentido único sin paso peatonal  Sentido doble con paso peatonal y divisor central  Sentido doble con divisor central y sin paso peatonal 	1. Implantar semáforos	2. Aumentar frecuencia y/o duración de las brechas controlando el tránsito en las vías adyacentes	3. Implantar señales educativas y/o servicio para peatones	4. Implantar señales educativas para conductores	5. Implantar/ incrementar señales de reglamentación de velocidad	6. Implantar señalización vertical y/o horizontal para conductores	7. Implantar dispositivos reductores de velocidad	8. Retirar obstáculos a la visibilidad de peatones y vehículos	9. Construir ensanchamiento de acera en la esquina	
	1. BRECHAS de duración y/o frecuencia insuficientes	m	m							
	2. PEATONES cruzan sin esperar brechas adecuadas	m	m	m			m	m		
	3. PEATONES no miran hacia todas las direcciones de aproximación de vehículos	m		m			m	m		
	4. VEHÍCULOS al girar no dan preferencia a los peatones				m			m		
	5. VEHÍCULOS estacionados obstaculizando la visibilidad								m	
6. VEHÍCULOS con exceso de velocidad	m				m			m		

m= mejora a ser considerada

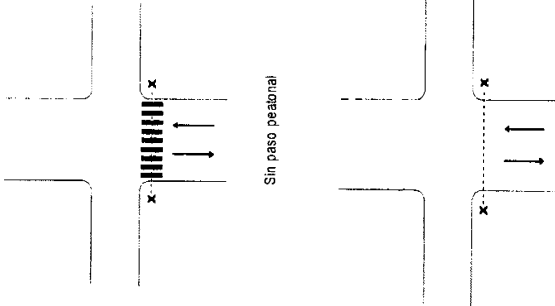
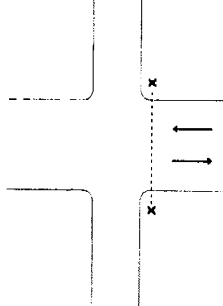
Tabla A.5: Atropellamientos en intersección con semáforos: aproximación

Posibles mejoras													
Comportamientos observados	1. Implantar semáforos peatonal	2. Implantar refugio si la distancia de travesía es grande	3. Implantar señales educativas y/o servicio para peatones	4. Implantar señales de advertencia para los conductores	5. Implantar señales educativas para los conductores	6. Aumentar la visibilidad de los semáforos	7. Retirar los obstáculos a la visibilidad para peatones y vehículos	8. Implantar dispositivos para la reducción de velocidades	9. Implantar vallas de canalización de peatones	10. Aumentar ancho del paso peatonal si no fuera suficiente	11. Implantar dispositivos de fiscalización automática	12. Construir ensanchamiento de la acera en la esquina	
<div>Lugar de alopellamiento</div> <div>Intersección con semáforos: aproximación</div> <div>Sentido único con paso peatonal</div>  <div>Sentido único sin paso peatonal</div>  <td>1. PEATONES Completan la travesía después del inicio de la fase en verde para vehículos</td> <td>m</td> <td>m</td> <td></td> <td>m</td> <td></td> <td></td> <td>m</td> <td></td> <td>m</td> <td></td> <td>m</td>	1. PEATONES Completan la travesía después del inicio de la fase en verde para vehículos	m	m		m			m		m		m	
	2. PEATONES inician la travesía durante la fase en verde para los vehículos	m	m		m			m		m			
	3. PEATONES cruzan sin mirar si se aproximan vehículos	m	m	m				m					
<div>Doble sentido con paso peatonal y divisor central</div>  <td>4. PEATONES cruzan fuera del paso peatonal*</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td> <td>m</td>	4. PEATONES cruzan fuera del paso peatonal*	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
	5. VEHICULOS no paran al principio de la fase en rojo para ellos				m	m		m	m		m		
	6. VEHICULOS paran en la fase en rojo pero salen antes de la fase en verde						m	m				m	
<div>Sentido doble sin paso peatonal y con divisor central</div>  <td>7. VEHICULOS no paran en el semáforo en rojo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> <td></td> <td></td> <td>m</td> <td>m</td> <td></td> <td>m</td> <td>m</td>	7. VEHICULOS no paran en el semáforo en rojo				m			m	m		m	m	
	8. VEHICULOS estacionados oscureciendo la visibilidad												
	9. VEHICULOS paran, pero invaden el paso peatonal					m		m	m		m		

*el lugar elegido por los peatones puede ser más seguro que el paso - evalúe

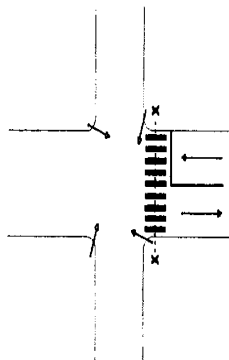
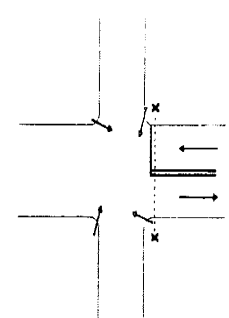
m= mejora a ser considerada

Tabla A.6: Atropellamientos en intersección sin semáforos: aproximación y salida; doble sentido sin divisor central

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles mejoras								
		1. Implantar semáforos	2. Aumentar frecuencia y/o duración de las brechas controlando el tránsito de las vías adyacentes	3. Implantar señales educativas y/o servicio para peatones	4. Implantar/ incrementar señales de reglamentación de velocidad	5. Implantar/ incrementar señalización horizontal de advertencia p.e. leyenda "DESPACIO"	6. Implantar dispositivos reductores de velocidad	7. Retirar obstáculos a la visibilidad de peatones y vehículos	8. Implantar señales de advertencia para los conductores	9. Construir ensanchamiento de acera en la esquina
<p>Intersección sin semáforos: Aproximación + salida Doble sentido sin divisor central</p> <p>Con paso peatonal</p>  <p>Sin paso peatonal</p> 	1. BRECHAS de duración y/o frecuencia insuficientes	m	m			m		m	m	m
	2. PEATONES cruzan sin esperar brechas adecuadas quedando atrapados en medio de la vía	m	m	m		m		m	m	
	3. PEATONES no consiguen evaluar las brechas - muchas aproximaciones	m		m		m		m	m	m
	4. PEATONES no son conscientes de todas las direcciones de aproximación de vehículos			m		m		m		
	5. VEHICULOS con velocidades excesivas				m		m	m		
	6. VEHICULOS estacionados, obstruyendo la visibilidad							m		m

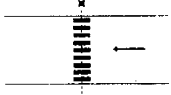
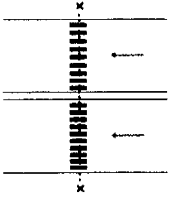
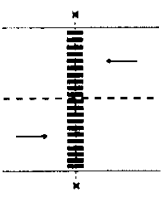
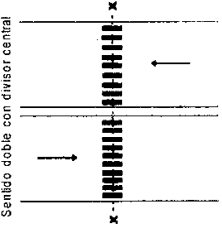
m= mejora a ser considerada

Tabla A.7: Atropellamientos en intersección con semáforos: aproximación y salida; doble sentido sin divisor central

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles mejoras			
Intersección con semáforos: Aproximación + salida doble sentido sin divisor central		1. Implantar fase y semáforos peatonales	2. Prohibir giros	3. Proteger giros con una fase parcial	4. Construir refugio
<p>Con paso peatonal</p> 	1. PEATONES cruzan en el cambio de fase, pero quedan atrapados en medio de la vía	m	m	m	m
	<p>Sin paso peatonal</p> 	2. PEATONES cruzan durante la fase en rojo de los vehículos, pero quedan atrapados en medio de la vía		m	m
Todos los comportamientos y mejoras de las tablas 1 y 5					

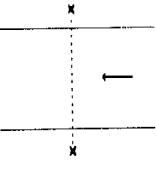
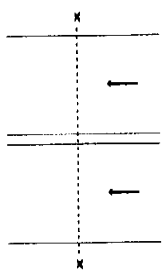
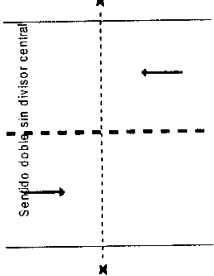
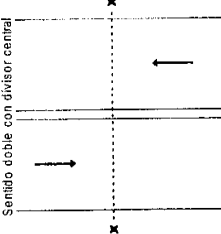
m= mejora a ser considerada

Tabla A.8: Atropellamientos en tramo sin semáforos con paso peatonal

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles mejoras						
		1. Implantar semáforo, a ser posible de activación manual	2. Aumentar frecuencia y/o duración de las brechas controlando el tránsito de las vías adyacentes	3. Eliminar el paso peatonal e imposibilitar la travesía del lugar, implantar señalización indicando lugar más próximo para cruzar	4. Eliminar el paso peatonal e imposibilitar la travesía del lugar, crear un paso en otro lugar más seguro	5. Cambiar la posición del generador de flujo de izquierda y eliminar el paso	6. Implantar señales educativas y/o servicio peatonal	7. Implantar señales de advertencia para los conductores
Tramo sin semáforos con paso peatonal		m	m	m	m	m	m	m
Sentido único sin divisor central								
Sentido único con divisor central								
Sentido doble sin divisor central								
Sentido doble con divisor central		m		m	m	m		m
		1. BRECHAS de duración y/o frecuencia insuficientes en al menos una pista						
		2. PEATONES cruzan sin mirar en la dirección de aproximación de los vehículos						
		3. CONDUCTORES no respetan la preferencia de los peatones en el paso						

m= mejora a ser considerada

Tabla A.9: Atropellamientos en tramo sin señalización

Lugar de atropellamiento	Comportamientos observados	Posibles mejoras						
		1. Implantar paso son señalización y control por semáforo	2. Imposibilitar travesía en el lugar e implantar señalización indicando el lugar más próximo y adecuando para cruzar	3. Imposibilitar travesía en el lugar y crear un paso más seguro en otro lugar	4. Crear brechas adecuadas controlando el tránsito en las vías adyacentes	5. Cambiar la posición del generador de travesía	6. Implantar señales educativas y/o sanción para peatones	7. Implantar señales de advertencia para los conductores
<p>Tramo sin señalización</p> <p>Sentido único sin divisor central</p>  <p>Sentido único con divisor central</p>  <p>Sentido doble sin divisor central</p>  <p>Sentido doble con divisor central</p> 	1. BRECHAS de duración y/o frecuencia insuficiente al menos en una pista	m	m	m	m	m		
	2. PEATONES cruzan sin mirar en la dirección de aproximación de vehículos	m					m	m
	3. PEATONES cruzan sin esperar la brecha adecuada	m					m	m

m= mejora a ser considerada

Tabla A.10: Colisiones laterales transversales en intersecciones sin semáforo

Comportamientos observados		Posibles Motivos - pm													Característica del flujo		Visibilidad obstaculizada de la intersección
Vehículo 1	Vehículo 2	Definición de la preferencia						Visibilidad obstaculizando de una señal				Visibilidad obstaculizada de vehículos en lateral transversal					
No está en la preferente	Está en la preferente	Desobediencia de la preferencia	Pérdida inesperada de la preferencia	Conductor no se da cuenta de que está en la preferente	Situación anómala: no hay preferente	Ausencia de señalización	Cubierta por vegetación	Mal ubicada	Vehículos estacionados	Deficiencia de iluminación pública	Postes, quioscos, árboles, etc.	Vehículos estacionados	Paradas de autobuses	Geometría inadecuada de la vía y/o construcción	Gran volumen	Exceso de velocidad	
			pm			pm	pm	pm	pm	pm					pm	pm	
												pm	pm	pm	pm		
			pm				pm	pm	pm	pm						pm	
						pm		pm	pm	pm						pm	
												pm	pm	pm	pm		
			pm			pm		pm	pm	pm		pm	pm	pm	pm	pm	
												</					

pm=posibles motivos



ANEXO II

EJEMPLOS DE PROYECTOS Y COSTOS DE IMPLANTACIÓN

En este Anexo, se presentan cuatro alternativas de solución para disminuir los índices de accidentes en un punto crítico, que podrían ser indicadas en función del diagnóstico resultante del análisis de los datos sobre los accidentes y las inspecciones del lugar. Se contempla un lugar simple y típico de las áreas urbanas para ilustrar, de forma aproximada, cuánto cuestan proyectos de diferentes niveles de complejidad. Los costos, en dólares estadounidenses, se basan en costos vigentes en la ciudad de São Paulo, Brasil, en el inicio de 1998. Se incluyen los elementos y cantidades de señalización, los materiales y mano de obra. Representan para cada proyecto el costo real y total de implantación.

Se trata de una intersección simple con dos vías, una de sentido único y una de sentido doble. Antes de la implantación del nuevo proyecto, sólo había señales de

reglamentación indicando a los conductores de la vía de doble sentido la existencia del sentido único en la otra vía (en la forma utilizada en la ciudad de São Paulo en esa época). Cualquier otra señalización eventualmente existente en el lugar estaba tan deteriorada que fue imposible aprovecharla para el nuevo proyecto. Los costos de implantación de los proyectos se refieren a las sumas de todos los elementos de señalización, a excepción de las señales de sentido único.

En el Proyecto 1, el más sencillo de los cuatro, se añaden a las señales existentes la pintura de los pasos peatonales y la instalación de señales de "PARE" en la calle de doble sentido. El costo total de la implantación de este proyecto sería de US\$ 2.257.

En el Proyecto 2, se añaden a la señalización del Proyecto 1 la pintura de una doble línea amarilla, divisora entre los

dos sentidos en la calle de doble sentido, la pintura de líneas de detención, también en dicha calle, y la pintura de la leyenda "PARE" para reforzar el mensaje de las señales. El costo total de la implantación sería de US\$ 2.893.

En el Proyecto 3, se añaden a la señalización especificada en el Proyecto 2 dos señales en brazo proyectado con mensajes educativos, por ejemplo "Cruce con precaución", y dos focos de semáforo intermitentes, uno al lado de cada placa educativa. El costo total sería de US\$4.444.

En el Proyecto 4, el más complejo de los cuatro, se trata de introducir señalización por semáforo para controlar los flujos en conflicto, además de la señalización horizontal complementaria. El costo sería, en este caso, de US\$ 6.784.

El Capítulo 12 -*Evaluación de la viabilidad económica de los proyectos* presentó estimaciones de los costos sociales de los accidentes sin víctimas y con víctimas no fatales, de US\$ 1.410 y US\$ 5.640 en São Paulo respectivamente¹. De este modo, se constata que incluso el proyecto más complejo de los cuatro aquí presentados (con un costo total de US\$ 6.784) se justifica (aproximadamente) con la prevención de un solo accidente con víctimas no fatales o de cinco accidentes sin víctimas.

¹ Se recuerda que, en carreteras y en vías de velocidades más elevadas y con mayores proporciones de vehículos comerciales, los costos de accidentes son mucho más elevados.

FIGURA A2.1
PROYECTO 1

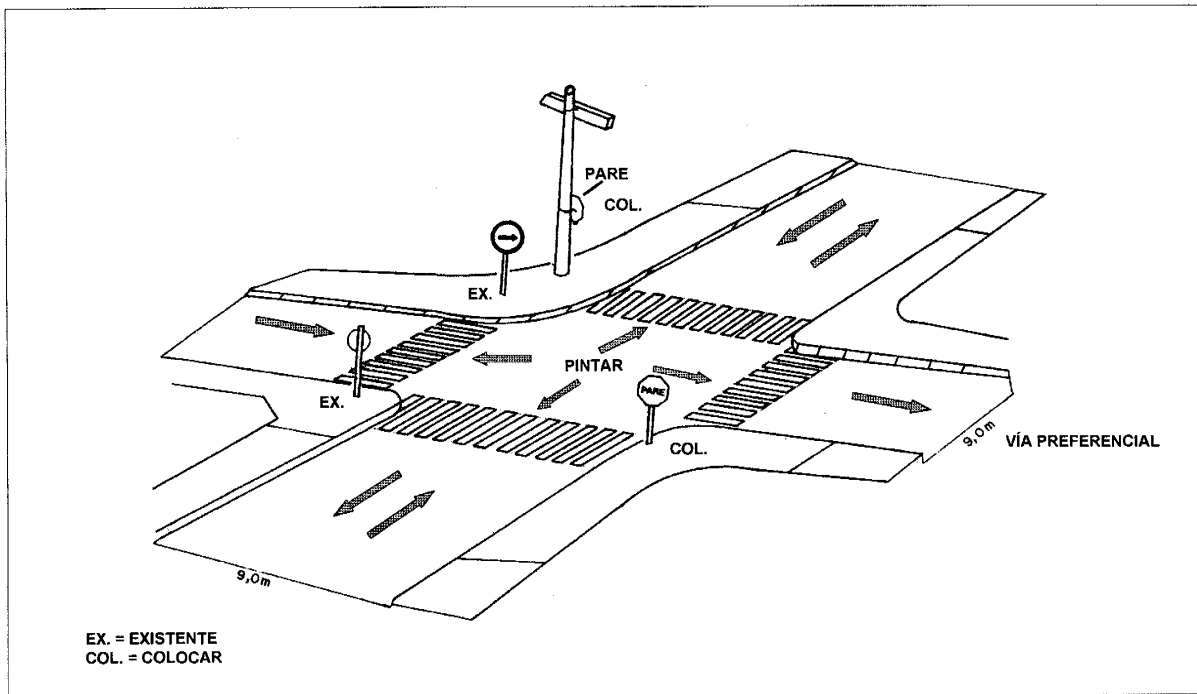


TABLA A2.1
COSTO Y MATERIALES DEL PROYECTO 1

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIOS (US\$)	
		UNITARIO	TOTAL
Señal R-1 (PARE)	2	17,83/señal	35,66
Columna 2,5"	1	45,02/columna	45,02
Termoplástico a presión (3mm)	57,6m ²	37,78/m ²	2.176,13
TOTAL			2.256,81

Costos de la CET, marzo de 1998.

Figura A2.2
PROYECTO 2

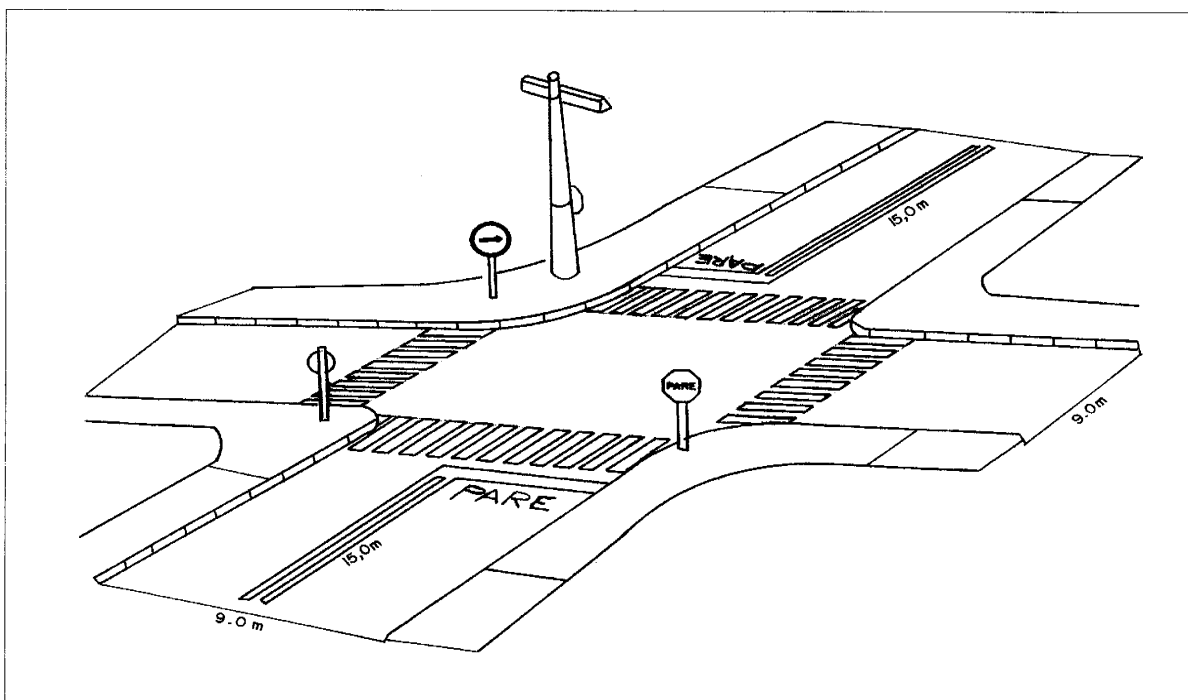


TABLA A2.2
COSTO Y MATERIALES DEL PROYECTO 2

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIOS (US\$)	
		UNITARIO	TOTAL
Señal R-1 (PARE)	2	17,83/señal	35,66
Columna 2,5"	1	45,02/columna	45,02
Termoplástico a presión (3mm)	69,36m ²	37,78/m ²	2.620,42
Termoplástico por aspersión (1,5mm)	6,0m ²	31,93/m ²	191,58
TOTAL			2.892,68

Costos de la CET, marzo de 1998.

FIGURA A2.3
PROYECTO 3

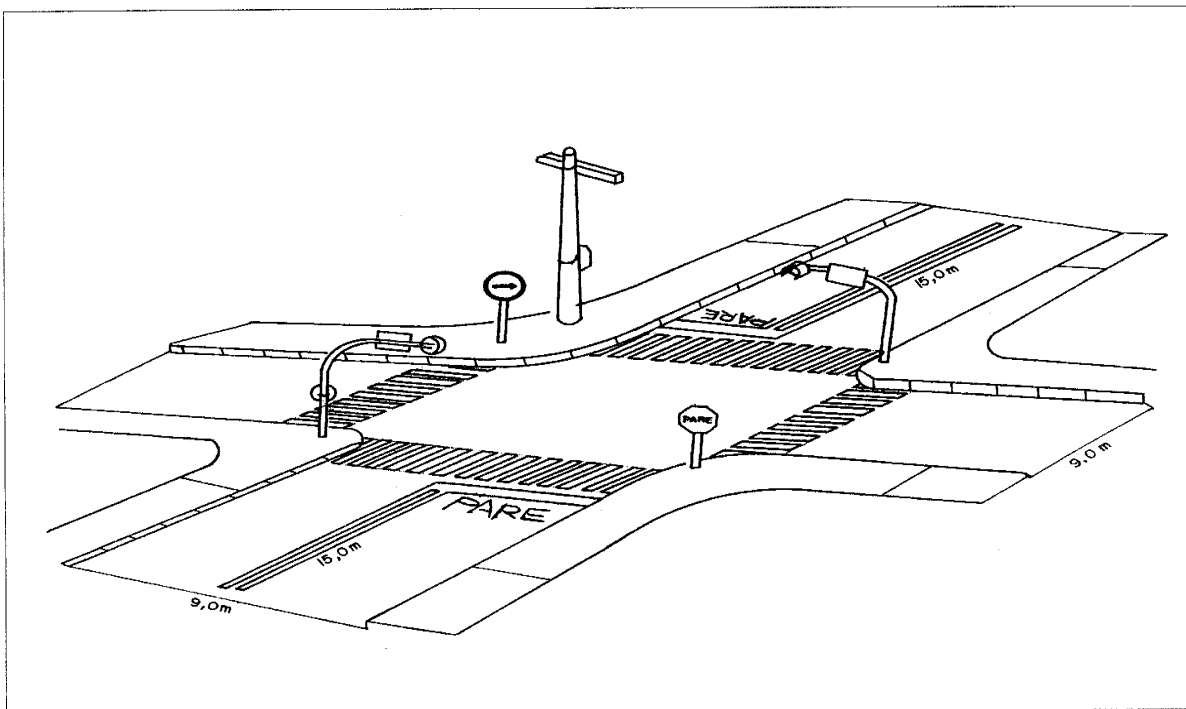


TABLA A2.3
COSTO Y MATERIALES DEL PROYECTO 3

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIOS (US\$)	
		UNITARIO	TOTAL
Señal R-1 (PARE)	2	17,83/señal	35,66
Columna 2,5"	1	45,02/columna	45,02
Termoplástico a presión (3mm)	69,36m ²	37,78/m ²	2.620,42
Termoplástico por aspersión (1,5mm)	6,0m ²	31,93/m ²	191,58
Señal educativa	2	45,44/señal	90,88
Foco de semáforo (300mm)	2	100,00/foco	200,00
Columna proyectada	2	540,28/columna	1.080,56
Controlador intermitente	1	180,00/cont.	180,00
TOTAL			4.444,12

Costos de la CET, marzo de 1998.

FIGURA A2.4
PROYECTO 4

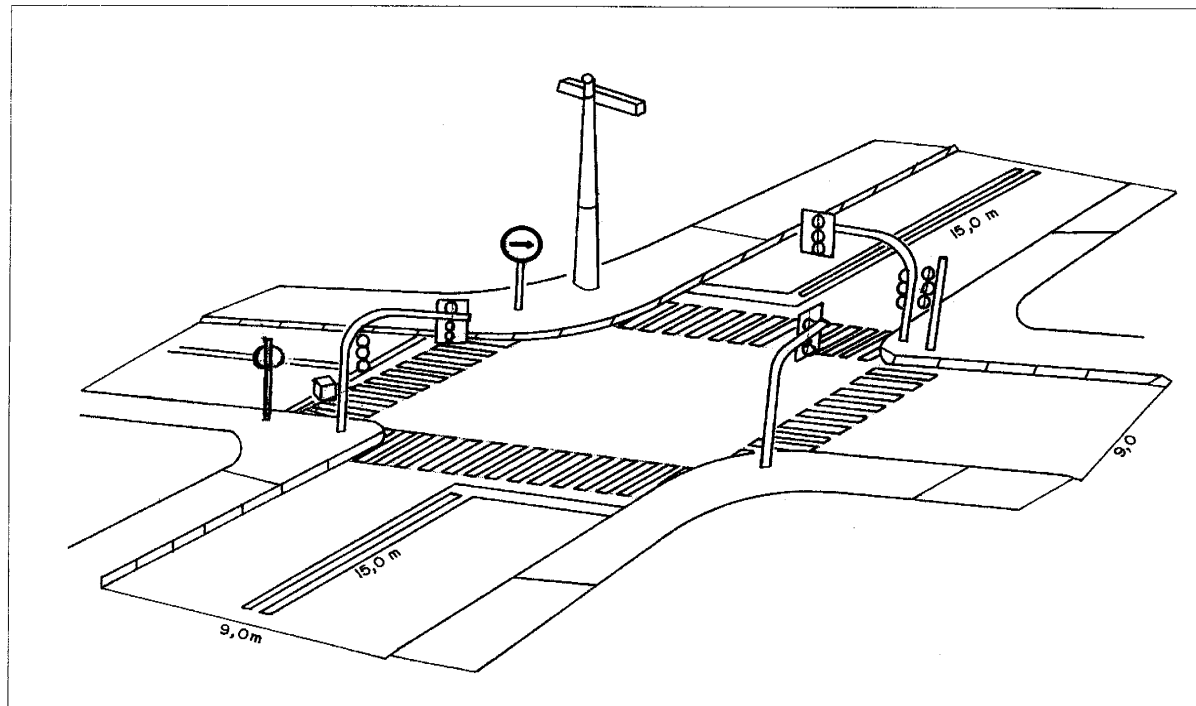


TABLA A2.4
COSTO Y MATERIALES DEL PROYECTO 4

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIOS (US\$)	
		UNITARIO	TOTAL
Semáforo 300x200x200	3	375,11/grupo	1.125,33
Semáforo 200x200x200	3	296,95/grupo	890,85
Columna proyectada	3	540,28/columna	1.620,84
Columna simple	1	129,21/columna	129,21
Controlador - 2 fases	1	400,00/cont.	400,00
Termoplástico a presión (3mm)	64,2m ²	37,78/m ²	2.425,48
Termoplástico por aspersión (1,5mm)	6,0m ²	31,93/m ²	191,58
TOTAL			6.783,29

Costos de la CET, marzo de 1998.

GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIACIONES

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Norteamericana de Autoridades de Carreteras y Transporte)
AT	Atropellamiento
B/C	Índice Beneficio/Costo
BIAT	Banco Informatizado de Accidentes de Tránsito
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CTI	Costo Total de Implantación
C/V	Con Víctima
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego (Compañía de Ingeniería de Tránsito), São Paulo, Brasil
CONTRAN	Consejo Nacional de Tránsito (Brasil)
DENATRAN	Departamento Nacional de Tránsito (Brasil)
DER	Departamento de Estradas de Rodagem (Departamento Provincial de Carreteras), Brasil
DEST	División de Ingeniería y Seguridad de Tránsito (del DNER, Brasil)
DETRAN	Departamento Provincial de Tránsito (Brasil)
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (Departamento Nacional de Carreteras), Brasil
DSV	Departamento de Operación del Sistema Vial (São Paulo, Brasil)
EBTU	Empresa Brasileña de Transportes Urbanos
EPUSP	Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo, Brasil
FEPASA	Ferrovias Paulistas, S.A.
FHWA	Federal Highway Administration (Departamento Federal de Carreteras), Estados Unidos
GEIPOT	Empresa Brasileña Planeación de Transportes
HMSO	Her Majesty's Stationery Office (Prensa Oficial Británica)
IML	Instituto Médico Legal
INST	Instituto Nacional de Seguridad de Tránsito (Brasil)
IPEA	Fundación Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas
IPLAN	Instituto de Planeación
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (Instituto de Investigaciones e Planeación Urbana de Curitiba), Brasil
IPR/DNER	Instituto de Pesquisas Rodoviárias/DNER (Instituto de Investigaciones Sobre Carreteras del DNER), Brasil
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Instituto de Investigaciones Tecnológicas), São Paulo, Brasil
IRR	Internal Rate of Return (Tasa Interna de Retorno)
MAAP	Microcomputer Accident Analysis Package (Paquete de Análisis de Accidentes por Microcomputadora)
MSU	Manual de Sinalización Urbana
OCDE	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organización de Cooperación Económica y Fomento)
ODA	Overseas Development Administration (Agencia Británica de Asistencia Externa)
PMSP	Prefeitura Municipal de São Paulo (Alcaldía de São Paulo)
RCNT	Reglamento del Código Nacional de Tránsito (Brasil)
ROSPA	Royal Society for the Prevention of Accidents (Sociedad Real de Prevención de Accidentes), Reino Unido
SAT	Sistema de Accidentes de Tránsito
SEADE	Fundación Sistema Estatal de Análisis de Datos (São Paulo, Brasil)
SIG	Sistema de Información Georeferenciada
SMT	Secretaría Municipal de Tránsito (São Paulo, Brasil)
S/V	Sin Víctima
TIR	Tasa Interna de Retorno
TRRL/TRL	Transport and Road Research Laboratory, atualmente Transport Research Laboratory (Laboratorio de Investigaciones Sobre Transporte y Carreteras, atualmente el Laboratorio de Investigaciones Sobre Transporte), Reino Unido
VDM	Volumen Diario Medio
VPL	Valor Presente Líquido

BIBLIOGRAFIA

American Association State Highway and Transportation Officials – AASHTO. 1967 e 1974. “Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety” (1976. “Projeto e Práticas Operacionais Rodoviárias Relativas à Segurança do Tráfego Rodoviário.” Trad. Luiz Ribeiro Soares. Rio de Janeiro: Publ. IPR 606 – Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DNER) 2 ed. Washington, D. C.: AASHTO.

Banco Interamericano de Desarrollo/Banco Mundial. 1996. “Transporte no Motorizado.” Washington: BID.

Campos, Raphael do Amaral. 1979. “Projeto de Estradas.” Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. São Paulo: EPUSP.

Cannell, Alan. 1966. “The Use of Traffic Signals in Developing Cities.” Crowthorne, Berkshire, Reino Unido: Transport Research Laboratory, Overseas Centre; Note 13.

Carlsson, Gunnar and Karl-Olov Hedman. 1990. “A Systematic Approach to Road Safety in Developing Countries.” Technical Paper: Report INU 63. Washington, D.C.: Infrastructure and Urban Development Department, The World Bank.

Companhia de Engenharia de Tráfego – CET. 1978. “Manual de Sinalização Urbana – Normas de Projeto. Volumes 1 – 9 e complementações)” São Paulo: CET em convênio com o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN.

- 1981. “Segurança de Trânsito – Coletânea.” São Paulo, Brasil: CET.
- 1985. “Manual de Segurança de Pedestres – Sinalização Vertical.” São Paulo: CET.

Série: “Boletim Técnico.” São Paulo, Brasil: CET (sin fechas).

- BT No. 2. Redução dos Acidentes de Tráfego – Proposta de Medidas para um Plano de Ação.
- BT No. 5 Noções Básicas de Engenharia de Tráfego.
- BT No. 15 Projetos de Interseções em Nível: Canalizações.
- BT No. 17 Áreas de Pedestres – Conceitos.
- BT No. 19 Áreas de Pedestres – Técnicas e Aplicações.
- BT No. 24 Projeto Piloto – Deficientes Físicos e Visuais.
- BT No. 27 Iluminação e Visibilidade.
- BT No. 30 Impacto das Obras na Via Pública.
- BT No. 32 Polos Geradores de Tráfego.
- BT No. 33 Áreas de Estacionamento e Gabaritos de Curvas Horizontais.

Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. 1986. Resolução No. 666/86. “Item 3.4 – Ondulações Transversais às Vias Públicas.” Brasília: Ministério da Justiça.

Conselho Nacional de Trânsito/Departamento Nacional de Trânsito – CONTRAN/DENATRAN. 1979. “Serviços de Engenharia: Manual de Semáforos.” Elaborado em convênio com a CET. Brasília: CONTRAN/DENATRAN.

- 1979. “Serviços de Engenharia: Manual de Segurança de Pedestres.” Brasília: CONTRAN/DENATRAN.

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Paraná – DER-PR. 1988. “Manual de Segurança Viária (DT.4.08.R.01).” Curitiba: Diretoria de Conservação, Secretaria dos Transportes do Estado de Paraná.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER. 1974. “Normas para o Projeto Geométrico de Vias Urbanas.” Brasília: Ministério dos Transportes.

- 1983. “Manual de Análise, Diagnóstico e Proposição de Melhorias Alternativas para Eliminação de Segmentos Críticos.” Rio de Janeiro: DNER.

- 1985. “Norma Rodoviária. Defensas Metálicas. Especificação de Serviço. DNER-ES 144/85.” Rio de Janeiro: DNER.
- 1985. Pesquisa de Acompanhamento do Acidentado. Rio de Janeiro. DNER.
- 1988. “Um Modelo de Programa para Aumento da Segurança de Trânsito nas Rodovias Federais, com Ênfase na Redução dos Segmentos Críticos, ou Pontos Negros.” Rio de Janeiro: DNER.
- 1995. “Relatório Especial. Rota São Paulo – Florianópolis. 1. Acidentes de Trânsito por Quilômetro. 2. Segmentos Críticos Estudados.” Rio de Janeiro: DNER.
- 1996. “Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito – 1995.” Brasília: Ministério dos Transportes, Brasília.

Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. 1974. “Normas para o Projeto Geométrico de vias Urbanas.” Brasília: DENATRAN.

- 1983. “Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros.” Brasília: DENATRAN.
- 1986. “Manual de Sinalização de Trânsito – Parte II: Marcas Viárias e Parte III: Dispositivos Auxiliares à Sinalização.” Brasília: DENATRAN.
- 1987. “Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros, 2ª edição.” Brasília: DENATRAN.
- 1996. “Acidentes de Trânsito” (folheto). Brasília: DENATRAN.

Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – GEIPOT. 1985. “Redutores de Velocidade – Instruções para Utilização.” Brasília: GEIPOT.

- 1986. “Tratamento das Travessias Rodoviárias em Áreas Urbanas.” Brasília: GEIPOT.
- 1987. “O Acidente de Tráfego: Flagelo Nacional Evitável.” Brasília: GEIPOT.

Ejzenberg, Sergio. 1997. “Segurança em Semáforos” São Paulo: Instituto Nacional de Segurança no Trânsito – INST.

Federal Highway Administration – FHWA. 1980 “Accident Research Manual.” Report No. FHWA/RD-80/016. Washington, D.C: FHWA.

Fruin, John J. 1987. “Pedestrian Planning and Design.” Revised Edition. Alabama: Elevator World.

Garcia, Fernando Antonio e Airton Perez Mergulhão. 1984. “Avenida Dom Pedro I: Um Projeto de Refúgio para Pedestres” São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego – CET. Nota Técnica No. 94.

Gerondeau, Christian. 1979. “La Mort Inutile.” França: Librairie Plon.

Giammusso, Salvador Eugênio. 1992. “Barreiras de Segurança.” 3ª Edição. São Paulo. Associação Brasileira de Cimento Portland.

Góes, José de Ribamar Rocha de. 1983. “Métodos de Identificação e Seleção de Locais de Alto Risco de Acidentes.” Campina Grande, Brasil: Universidade Federal da Paraíba (Tese de Mestrado).

Hudson, Mark D. and C.R. Bird. 1981. “Westminster Accident Remedial Programmes – Progress to the End of the First Year (TRN 34).” City of Westminster, Londres: Transport Research Notes. Transport and Safety Research Section. City Engineer’s Department.

- 1982. "Westminster Accident Remedial Programmes – Progress to the End of the Second Year (TRN 38)." City of Westminster, Londres: Transport Research Notes. Transport and Safety Research Section. City Engineer's Department.
- Hyden, Christer. 1987. "The Development of a Method for Traffic Safety Evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique." Lund: Lund Institute of Technology, University of Lund.
- Institution of Highways and Transportation, with the Department of Transport. 1987. "Roads and Traffic in Urban Areas." Londres: HMSO Books.
- Institution of Highways and Transportation. 1990. "Highway Safety Guidelines: Accident Reduction and Prevention." International Edition. Londres: The Institution of Highways and Transportation. Supported by the 1987 Volvo Road Safety Award.
- Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC. 1987 "Acidentes de Trânsito – Um Diagnóstico Crítico." Curitiba: IPPUC.
- Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. 1979. "Defensas Rodoviárias." Rio de Janeiro: DNER.
- Lave, Charles and Patrick Elias BA. 1992. "Did the 65 mph Speed Limit Save Lives?" Irvine: Department of Economics, University of California.
- Lazzari, Carlos Flores e Ilton Roberto da Rosa Witter. 1992. "Nova Coletânea de Legislação de Trânsito." 6ª. Edição. Porto Alegre, Brasil: Sagra – DC Luzzatto Livradores, Editores e Distribuidores.
- Ministério da Justiça. 1968. "Decreto 62.127." Regulamento do Código Nacional de Trânsito. Brasília: Ministério da Justiça.
- Nadrowski, Theodore T. e Thomas F. Sweeney. 1981. "Safety Investigation Procedures Manual." New York: Traffic and Safety Division, New York State Department of Transportation.
- New York State Department of Transportation. 1988. "1988 Annual Evaluation Report." Highway Safety Improvement Programme. New York: Traffic and Safety Division, New York State Department of Transportation.
- Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD. 1975 "Roadside Obstacles." Paris: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD. 1978. "New Research on The Role of Alcohol and Drugs in Road Accidents." Paris: OECD.
- Pereira, Lígia S. y Carmem R. Ribeiro. 1988. "Acidentes no Tráfego Urbano." Espaço Urbano: Pesquisa e Planejamento (1):58-67.
- Petzhold, Mário Fernando. 1985. "Uma Abordagem Sistêmica da Dinâmica da Segurança de Trânsito." Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Pietrantônio, Hugo. 1991. "Pesquisa Sobre Análise de Conflitos de Tráfego em Interseções." São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).
- Plowden, Stephan, y Mayer Hillman. 1984. Danger on the Road: The Needless Scourge – A Study of Obstacles in Road Safety. London: Policy Studies Institute.
- Post, Edward R., T. Hirsch., G. G. Hayes. 1973. "Vehicle crash test and evaluation of median barriers for Texas highways." Washington D.C.: In: Estados Unidos. Highway Research Record. Traffic safety barriers and lighting supports.
- Statistics Sweden (SCB). 1984. "People on the Road in Sweden." Stockholm: Official Statistics of Sweden. Stockholm.
- Royal Society for the Prevention of Accidents – ROSPA. 1986. "Accident Investigation Manual. Vols I and II" Londres: The Department of Transport.

- Tight, Miles. 1997. "UK Practice on Traffic Calming and Safety Audit." (Trabajo presentado en un seminario en el Departamento de Ingeniería de Transportes de la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo) São Paulo, 28 de abril.
- Transport Research Laboratory – TRL/Overseas Development Administration – ODA. 1994. "Microcomputer Accident Analysis Package v5.0 (MAAPfive) – Users Guide." Crowthorne, Berkshire, Reino Unido: TRL .
- Transport and Road Research Laboratory – TRRL. 1963. "Research on Road Safety." Londres: Her Majesty's Stationery Office. 1987. "Road Safety in Developing Countries." Londres: TRRL, Information Note (não publicada).
- Transport Research Laboratory/Overseas Development Administration – TRL/ODA. 1991. "Towards Safer Roads in Developing Countries – A Guide for Planners and Engineers." Reino Unido: TRL/ODA.
- Trinca, Gordon W. et al. 1988. "Reducing Traffic Injury – A Global Challenge." Australia: Royal Australasian College of Surgeons.
- U.S. Department of Transportation. 1968 e 1973. "Handbook of Highway Safety Design and Operating Practices" (1976. "Manual de Projeto e Práticas Operacionais Rodoviárias para a Segurança Rodoviária." Trad. Luiz Ribeiro Soares. Rio de Janeiro: Publ. IPR 608 – Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DNER).
- Wright, Charles L. 1992. Fast Wheels, Slow Traffic: Urban Transport Choices. Filadelfia: Temple University Press.



BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
1300 New York Ave., N.W.
Washington, D.C. 20577