

256  
2eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO

EN LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

FRANCISCO J. GRANADOS VILLAFUERTE



MEXICO, D. F.

1994

TESTIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-108/94

Señor  
**FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO,  
SONORA"**

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
- II. VIALIDAD Y TRANSITO**
- III. TRANSPORTE PUBLICO**
- IV. MANTENIMIENTO VIAL**
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, a 21 de junio de 1994.  
EL DIRECTOR:

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\*nl1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y  
GEODESICA

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y PLANEACION

***ESTUDIO BASICO DE***

---

***INGENIERIA DE TRANSITO EN***

---

***LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.***

---

*FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE*

## AGRADECIMIENTOS

---

Con todo cariño para mi mamá, la Sra. Sara Villafuerte Esquivel, porque siempre ha estado a mi lado apoyándome incondicionalmente y compartiendo mis desvelos.

A mi papá, el Sr. Manuel Granados González, por que más que un padre ha sido siempre un amigo, dedicándole a él en forma especial mi trabajo, esperando que ese sueño suyo, se haya hecho realidad.

A mis inigualables hermanos Jorge, Lola, Memo, Víctor, Héctor y Maricela, porque cada uno de ellos, a su forma y de acuerdo a sus posibilidades, cooperaron con su granito de arena e hicieron posible la elaboración de este estudio.

Con todo mi respeto y agradecimiento al Ing. Alejandro Bautista Cruz, por brindarme la oportunidad de comenzar en esta profesión tan interesante y satisfactoria, por ofrecerme su confianza para participar en el proyecto que a la postre resultó ser parte fundamental del presente trabajo, así como por las facilidades prestadas para concluirlo.

Al Ing. Oscar E. Martínez Jurado, por cederme su valioso tiempo y por acceder a dirigir y revisar este trabajo, además de aportar atinadamente sus comentarios para el perfeccionamiento del mismo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, através de su Facultad de Ingeniería, que ayudó académicamente a forjarme en la carrera de Ingeniero Civil.

A todos aquellos que de forma directa o indirecta contribuyeron a armar y perfeccionar esta investigación, se me pueden olvidar en la pluma, pero no en el corazón.

# INDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>i</b>
INGENIERIA DE TRANSITO .....	i
ALCANCES DEL PRESENTE ESTUDIO .....	iv
<b>CAPITULO 1 ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO .....	1
1.2 MARCO DE REFERENCIA .....	3
1.3 INFORMACION BASICA GENERAL .....	14
<b>CAPITULO 2 VALIDAD Y TRANSITO</b> .....	<b>27</b>
2.1 DIAGNOSTICO .....	27
2.2 SISTEMA VIAL PRINCIPAL .....	28
2.3 ANALISIS DE ACCIDENTES .....	35
2.4 ESTUDIO DE VELOCIDADES DE RECORRIDO Y DEMORAS .....	46
2.5 AFOROS VEHICULARES .....	58
2.6 ANALISIS DE CAPACIDAD VIAL EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	70
<b>CAPITULO 3 TRANSPORTE PUBLICO</b> .....	<b>103</b>
3.1 SITUACION ACTUAL DEL TRANSPORTE PUBLICO EN HERMOSILLO .....	103
3.2 EVALUACION DEL TRANSPORTE PUBLICO .....	108
3.3 ESTUDIO DE ASCENSO-DESCENSO .....	110
3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS .....	128
3.5 ESTUDIO DE FRECUENCIA DE PASO .....	129
3.6 ESTUDIO DE ORIGEN-DESTINO Y ENCUESTAS DE OPINION Y DEMANDA INSATISFECHA DE LOS USUARIOS DEL TRANSPORTE PUBLICO .....	138
<b>CAPITULO 4 MANTENIMIENTO VIAL</b> .....	<b>145</b>
4.1 OBJETIVOS .....	145
4.2 SEÑALAMIENTOS .....	146
4.3 CONSERVACION DE VIALIDADES .....	153
4.4 TIPOS DE PAVIMENTO DE LA RED VIAL .....	158
4.5 TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO .....	165
4.6 ANALISIS Y DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	182
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>197</b>
<b>ANEXO A TABLAS Y FORMULARIOS PARA EL ANALISIS DE CRUCEROS SEMAFORIZADOS</b> .....	<b>A-1</b>
<b>ANEXO B SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA PARA EL BLVD. MAS CONFLICTIVO</b> .....	<b>B-1</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	

# INTRODUCCION

---

## INGENIERIA DE TRANSITO

A través de los siglos, la necesidad que ha tenido el hombre de desplazarse de un lugar a otro ha originado la utilización de diversos medios de transporte, que van desde los vehículos de tracción animal hasta los vehículos automotores de nuestros días. A raíz de la aparición de estos últimos y su creciente desarrollo, se tuvo la necesidad de construir caminos adecuados con las características necesarias para el tránsito de estos vehículos.

A medida que se desarrollaron tanto los vehículos como los caminos, se presentaron los primeros problemas de tránsito (tales como los congestionamientos, los accidentes, y los problemas de estacionamiento), así como la demanda de transporte eficiente y seguro. Para poder dar soluciones eficientes a estos problemas, fue necesario el determinar las causas que los originaban; uno de los métodos más utilizados y eficiente, es el realizado por medio de estudios y análisis racionales, llamándole a éste (para el caso de vialidad y transporte) "Estudio de Ingeniería de Tránsito".

La Ingeniería de Tránsito se inicia un poco después de 1920 como una rama dependiente de la Ingeniería Civil. Bastantes años después las situaciones se repiten en Europa hacia 1950; se empieza a desarrollar considerablemente la Ingeniería de Tránsito cuando el grado de modernización era aproximadamente de un vehículo por cada 9 habitantes, aunque naturalmente los ingenieros encargados de las carreteras y de las vías urbanas habían dedicado ya cierta atención a resolver problemas de tránsito desde mucho antes. Cuando en 1959 la motorización en Inglaterra era de un vehículo de motor por cada 6 habitantes, el Instituto Británico de Ingenieros Civiles creó un grupo independiente de Ingenieros de Tránsito, adelantándose en cierto modo a los Estados Unidos, donde se creó el Instituto de Ingenieros de Tránsito hasta 1930, en donde ya había un vehículo por cada 5 habitantes.

En Alemania y otros países centro europeos, la rápida y moderna reconstrucción de las ciudades destruidas en la segunda guerra mundial contribuyó a impulsar esta rama de la Ingeniería en 1950, que dispuso de un amplio campo de acción y experiencia.

Puesto que la Ingeniería de Tránsito surgió cuando los problemas creados por la concentración de vehículos rebasaron las medidas dictadas por la práctica elemental y aplicadas por la policía, se orientó en un principio hacia el campo de la ordenación de la circulación y de la seguridad vial, en el sentido de buscar unos principios técnicos que permitiesen obtener un mayor rendimiento de las calles existentes. Por ello en su primera época en los Estados Unidos fue una disciplina intermedia entre la Ingeniería y la policía. Han surgido en todas partes ciertas dificultades y confusiones entre las respectivas competencias de los ingenieros y policías, que ya en la actualidad se perfilan muy claramente en la mayor parte de los países.

## DEFINICION

Se considera a la Ingeniería de Tránsito como una rama de la Ingeniería Civil dedicada al estudio de la circulación de la corriente vehicular, con la finalidad de alcanzar, tanto en vías urbanas, rurales y sus terminales, un grado óptimo de eficiencia, libertad, rapidez y seguridad.

El Instituto de Ingenieros de Tráfico de Estados Unidos ha definido a la Ingeniería de Tránsito como "la rama de la Ingeniería Civil que trata del planteamiento, trazado y funcionamiento de las calles y carreteras, así como de los estacionamientos, terrenos colindantes y zonas de influencia y de su relación con otros medios de transporte. Su objetivo es que el movimiento de personas y mercancías se realice de la forma más eficiente, eficaz y cómoda".

Por su parte el grupo de Ingeniería de Transporte del Instituto Británico de Ingenieros Civiles adoptan la siguiente definición: "Es la rama de la Ingeniería que trata del planteamiento y gestión de la infraestructura de los transportes de todo tipo, para que el movimiento de personas y mercancía se produzca de la forma más segura, cómoda y económica".

## OBJETIVOS

Lo que pretende la Ingeniería de Tránsito, es poder realizar análisis de los diversos factores y de las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente del tránsito. Son investigadas para tal efecto, la velocidad y el volumen vehicular horario, el origen y destino del movimiento, la capacidad de las vías, el funcionamiento de los pasos a desnivel, terminales, intersecciones, canalizaciones, se realiza un análisis de accidentes, etc.

El objetivo general que persiguen los Ingenieros de Tránsito es el de conocer las características de los elementos del tránsito (conductor, peatón, vehículo y camino), para proponer criterios, normas y especificaciones que deben aplicarse en el proyecto geométrico de intersecciones, vialidades, dispositivos para el control del tránsito con el fin de obtener mejores condiciones de seguridad, operación y eficiencia en el tránsito de los vehículos y peatones para lograr el equilibrio entre el área urbana y el área vial optimizando la movilidad de la población.

En sí la mayoría de los problemas viales crean la necesidad de planear, construir, corregir ó modificar nuestras vías de comunicación, y ésta es una tarea que le compete a la Ingeniería de Tránsito, pues su objetivo principal es el de lograr un tránsito eficiente, tratando de evitar congestionamientos y accidentes, logrando así el mejor funcionamiento de las redes existentes y de las futuras, sin modificar físicamente su estructura ó al menos, con modificaciones muy pequeñas dándoles eficiencia, funcionalidad y seguridad.

La mejor manera de utilizar a la Ingeniería de Tránsito consiste en estructurar planes adecuados, prácticos y bien meditados para mejorar la seguridad y la fluidez del tránsito, sobre todo en áreas críticas; es de igual manera indispensable para lograr abatir la incidencia de accidentes en un cruce conflictivo o en una arteria peligrosa; así mismo es de gran ayuda para determinar niveles de servicio y factores de oferta-demanda que presenta el transporte público. Por lo general, ya no bastan las medidas educativas o policíacas como anteriormente se utilizaba, en muchos casos se requiere ya de una remodelación física de cruces, o de la utilización óptima de los dispositivos de control (semáforos), o la canalización mediante isletas, la supresión de obstáculos, u obras mayores como son los pasos a desnivel.

Una parte muy importante de las aplicaciones de la Ingeniería de Tránsito a los problemas de la circulación es el beneficio en vidas y bienes ahorrados, además de importantes ganancias económicas. En esto último no solamente cuentan las horas-hombre ahorradas al suprimir un nudo vial o al construir una vía alterna de alivio, sino los ingresos que produce la organización mecanizada y racional de control de vehículos y de conductores.

La aceptación que ha tenido la Ingeniería de Tránsito a través de los resultados obtenidos en múltiples aplicaciones y el alarmante saldo adverso que se presenta por pérdida de vidas y bienes en la vialidad permite que se justifique, con creces, la atención que se le dé a esta nueva tecnología.

## OBJETIVOS GENERALES

Entre las funciones que tiene a su cargo el Ingeniero de Tránsito, destacan las siguientes:

- ✓ Supervisar el proyecto, instalación y operación de los dispositivos para el control del tránsito en el sistema vial, manteniéndolos actualizados.
- ✓ Llevar a cabo los estudios de campo para la obtención de datos estadísticos de origen destino, incidencia de accidentes, circulación de los volúmenes de tránsito en la red vial, realizar estudios y proyectos para el mejoramiento del nivel de servicio de la red vial, proponer soluciones a las intersecciones conflictivas.
- ✓ Implementar el sistema de señalización y de dispositivos de control, lo suficiente para brindar la seguridad a la circulación de vehículos y peatones.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos de cada uno de los elementos del tránsito son los siguientes:

### EN CUANTO AL TRANSITO

- ✓ Dar mayor fluidez al tránsito.
- ✓ Aumentar la capacidad de la vía.
- ✓ Dar mayor seguridad de transportación en el menor tiempo posible.
- ✓ Abatir al máximo los accidentes.

### EN CUANTO AL PEATON

- ✓ Dar mayor seguridad de cruce con señalamientos adecuados en los lugares apropiados.

### EN CUANTO A LA VIA

- ✓ En las intersecciones, proporcionar el área adecuada para que se efectúen los diferentes cambios en la dirección de los viajes.
- ✓ Dotar de un esquema vial adecuado que conecte los diferentes núcleos de la ciudad como son las zonas habitacionales con las zonas de trabajo, de comercio y de recreación. Además de mantener en perfecto estado la superficie de rodamiento por medio de programas constantes de mantenimiento de la infraestructura.

## EN CUANTO AL CONDUCTOR

- ✓ Implementar programas de educación vial que coadyuven a la eficiencia en la operación de la vía, así como medidas correctivas por parte de las autoridades correspondientes.

## ALCANCES DEL PRESENTE ESTUDIO

Una vez analizado y definido el concepto de Ingeniería de Tránsito, se procederá a explicar la estrategia que se siguió para la evaluación del sistema vial de la ciudad de Hermosillo, por medio de los recursos que ofrece esta importante área de la Ingeniería Civil. Es menester señalar que cada uno de los temas relacionados a cada componente del estudio, así como las investigaciones, estudios y técnicas de acopio de información y análisis de los mismos, se explicarán con detalle en su momento.

## COMPONENTES EN ESTUDIO

Para poder determinar los objetivos del presente análisis, es necesario en primer término, conocer la definición que se tiene para cada uno de los componentes del sistema vial tratados en este estudio, para analizar la problemática existente, y así de esta forma comprender y establecer los objetivos.

- A. *Validad y Tránsito.***- Conjunto de servicios o infraestructura relacionada con las vías públicas, que permiten la circulación de vehículos y peatones en condiciones de eficiencia, seguridad, comodidad y orden.
- B. *Transporte Público.***- Componente que permite el desplazamiento de personas, bienes y servicios mediante vehículos (transporte público de personas y transporte público de carga), en condiciones de eficiencia, seguridad, comodidad y orden.
- C. *Mantenimiento Vial.***- Acciones que se desarrollan para conservar el uso y buen estado físico de la infraestructura vial para que se encuentre en condiciones adecuadas de operación.

## OBJETIVOS

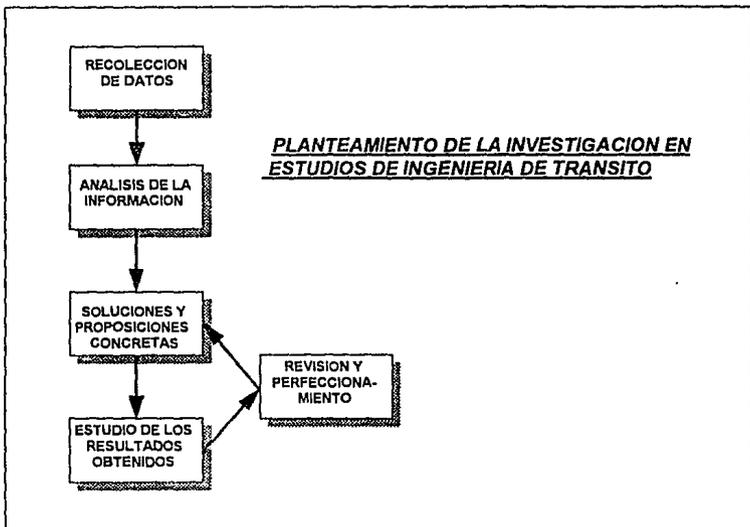
Una vez comprendido el significado de los componentes que se analizarán, se determinaron los siguientes objetivos a alcanzar en la presente investigación, por medio de los estudios y análisis que se explicarán para cada uno de los componentes, en su respectivo capítulo.

- A. *Validad y Tránsito.***- Mejorar la capacidad y nivel del servicio del sistema vial, para dar la fluidez necesaria al tránsito peatonal y vehicular de la ciudad.
- B. *Transporte Público.***- Mejorar la calidad del servicio del transporte público y la accesibilidad a zonas marginadas de la ciudad a través de acciones enfocadas a aumentar la capacidad y seguridad del servicio.
- C. *Mantenimiento Vial.***- Mejorar y/o restituir los pavimentos del sistema vial y de la infraestructura para el transporte, con el fin de lograr que la superficie de rodamiento permanezca en óptimas condiciones y acorde a las exigencias del tránsito vehicular.

## ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACION

Para atacar los graves problemas en materia de vialidad, se recomiendan seguir cuatro pasos sucesivos, que permiten el planteamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios que se tomaron en cuenta para este trabajo, fueron los siguientes (ver figura):

- a) Recopilación de los datos .
- b) Análisis de los datos.
- c) Proposiciones concretas y detalladas.
- d) Estudio de los resultados obtenidos.



Como primer paso se hace indispensable reunir toda la información necesaria. En esta recopilación de datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, los hechos veraces, los volúmenes de tránsito, lo que más necesitamos, pues plasman la situación actual del sistema vial.

La segunda y tercera etapas son quizá las más importantes, pues después de un análisis detallado y minucioso de la información recopilada, se dan las soluciones y proposiciones que mejor resuelvan nuestro problema.

Por último, es conveniente que los resultados obtenidos sean estudiados y revisados para una posible retroalimentación. Este resultado se observará directamente a través de estadísticas levantadas en cuanto a la eficiencia del movimiento vehicular y de peatones así como a la disminución o aumento de accidentes. Es posible que muchas soluciones requieran una revisión y perfeccionamiento.

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES

---

### 1.1 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

El Programa Nacional de Desarrollo Urbano define al desarrollo como el proceso de transformación del patrón territorial y de los asentamientos humanos, que permita mejorar la calidad de vida de la población y consolidar una base material más eficiente para lograr el desarrollo económico.

Las directrices específicas con relación al desarrollo urbano y a sus componentes se ubican en el objetivo nacional para el mejoramiento productivo del nivel de vida, el mejoramiento de la calidad de los servicios urbanos, y el fortalecimiento de la capacidad municipal para propiciar el sano desarrollo de las ciudades, mediante su ordenamiento y regulación.

El Programa destaca el elevado costo que significa el patrón territorial nacional; subraya también los problemas de carencias en la dotación de agua potable, drenaje, equipamiento, vialidad y transporte. Pone énfasis en los problemas de desorden en el crecimiento y desarrollo de los centros de población y en las deficiencias administrativas y operativas que propician esta situación.

Para enfrentar estos problemas, el Programa establece estrategias, una de las cuales se refiere al mejoramiento de la calidad de los servicios urbanos y se orienta a ampliar los niveles de cobertura, reforzar el mantenimiento y fortalecer la capacidad local para la construcción y administración de los sistemas.

De acuerdo con los planteamientos normativos que establece el Plan Nacional de Desarrollo, el diagnóstico de la situación urbana del país se analiza con referencia al ámbito territorial, a los componentes urbanos y a centros de población.

A partir del segundo principio urbano establecido por el mencionado Plan, relativo al mejoramiento de los servicios urbanos, se deriva el siguiente objetivo general:

"Atender las necesidades básicas de la población en materia de infraestructura, transporte y equipamiento urbano mediante la concentración de acciones con los sectores social y privado, la realización gubernamental directa de acciones e inversiones, y la canalización de créditos para atender las necesidades de la población."

Dado que uno de los problemas urbanos más graves es la insuficiencia e ineficiencia del transporte colectivo, acompañados del uso excesivo de automóviles particulares con su consecuente impacto en las vialidades, el Plan pone énfasis en promover entre otras, las siguientes acciones<sup>1</sup>:

- Propiciar la concertación entre los gobiernos locales, el sector privado y la comunidad usuaria en general, respecto de programas de conservación, reconstrucción y modernización de la vialidad urbana.
- Efectuar programas de accesos viales a zonas marginales y a las suburbanas y rurales en las áreas de influencia de las ciudades.

---

<sup>1</sup> Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994. Capítulo "Mejoramiento Productivo del Nivel de Vida. Transporte".

- Estructurar adecuadamente los sistemas y rutas de transporte colectivo, para ampliar el servicio a todas las zonas urbanas y sectores sociales.
- Realizar convenios con los permisionarios del transporte público para ampliar y hacer eficiente el servicio.
- Establecer sistemas de vialidad que faciliten el tránsito vehicular compartido y la operación eficiente del transporte público.

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), basándose en el contexto de los principios básicos que rigen al Plan Nacional de Desarrollo Urbano, y en especial en los programas sectoriales correspondientes, lleva a cabo el Programa de Vialidad y Transporte de Ciudades Medias.

Las acciones del Programa de Vialidad y Transporte Urbano para Ciudades Medias serán ejecutadas en el contexto de los principios básicos que rigen el Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1990-1994 y los Programas Sectoriales correspondientes; en concordancia con los criterios de elegibilidad considerados por el Banco Mundial, para el Financiamiento Crediticio de las ciudades medias del país.

La importancia del Programa de Vialidad y Transporte Urbano para ciudades medias, no radica en ser una fuente de financiamiento exclusiva, sino en la oportunidad de implementar ordenadamente la política nacional de desarrollo urbano, en la cual, sin limitar la autonomía de los estados y municipios, se promuevan aspectos normativos y operativos con el objeto de fortalecer a las ciudades medias del país, incrementando a su vez, su capacidad de autoadministración y suficiencia técnica y financiera.

En este sentido, el Programa buscará que todas las acciones se realicen en un contexto ordenado de estudios y planes integrales de vialidad y transporte urbano y la formulación de proyectos ejecutivos o diseños de ingeniería final que involucre los elementos de evaluación técnica, económica, financiera, ambiental y de fortalecimiento institucional, necesarias para una toma de decisiones más congruentes con la disponibilidad de recursos de crédito interno y externo en un horizonte de tiempo preestablecido y a las demandas de la sociedad en su conjunto. Los tres horizontes de tiempo para el estudio integral serán los años 1993 (inmediato plazo), 1998 (mediano plazo), y 2003 (largo plazo).<sup>2</sup>

El presente trabajo se realizó para la Ciudad de Hermosillo, Sonora, tomando en cuenta que ésta se eligió por considerarla dentro del Plan de Cien Ciudades Medias Prioritarias<sup>3</sup>; para este estudio se elaboró un esquema metodológico, cuyo propósito fundamental fue el de permilir la definición de la problemática más relevante en el área de vialidad, transporte urbano y mantenimiento vial de la Ciudad de Hermosillo, para después de un análisis detallado, establecer una serie de acciones recomendadas a realizar para el horizonte de planeación 1993 (inmediato plazo).

---

<sup>2</sup> Términos de Referencia Generales para Estudios Integrales de Vialidad y Transporte Urbano. SEDESOL 1992.

<sup>3</sup> Más adelante, en el apartado del Programa de 100 Ciudades Medias, se explicarán los criterios utilizados para la selección de las ciudades prioritarias.

## 1.2 MARCO DE REFERENCIA

### 1.2.1 MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

#### LOCALIZACION

El municipio se encuentra ubicado al oeste del estado de Sonora en la margen derecha del Río Sonora, su cabecera es la población de Hermosillo; sus coordenadas geográficas son de 29°05'56" de latitud norte y 110°57'15" de longitud oeste, tiene una elevación media de 230 msnm y ocupa un área de 14,880.21 km<sup>2</sup> aproximadamente.

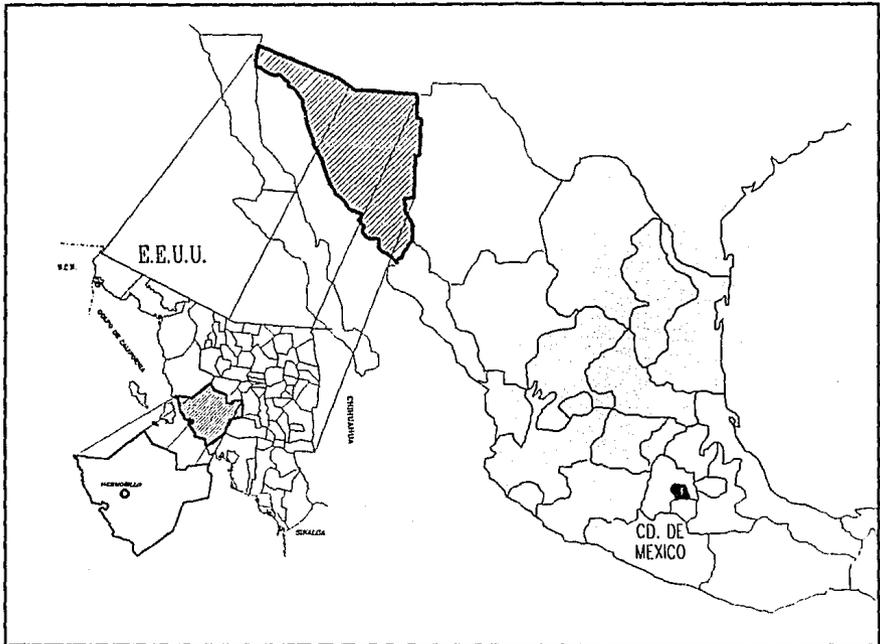


FIG. 1.1 LOCALIZACION DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SON.

El municipio de Hermosillo, colinda al noreste con el de Carbo y San Miguel de Horcasitas; al este con el de Ures y Mazatán, al sureste con el de La Colorada y Guaymas; al noroeste con el de Pitiquito, y al suroeste con el Golfo de California (figura 1.1).

La superficie que posee representa el 8.02 % del total estatal y el 0.76 % en relación a la nación; las localidades más importantes, además de la cabecera son; Miguel Alemán, San Pedro, El Saucito, Hani Kino, Kino Nuevo, La Victoria y La Manga.

En el plano 1.1, se pueden observar los límites del área de la zona urbana que se tomaron para realizar el estudio, además de las características primordiales de comunicación, así como sus principales puntos generadores de viajes.

## HIDROGRAFIA

Los recursos hidrológicos del municipio se componen básicamente por los ríos Sonora y San Miguel, que confluyen a pocos kilómetros al este de la cabecera municipal. El más importante es el río Sonora, nace al noroeste del estado y es el único de los ríos del municipio con caudal permanente, ocupa el tercer lugar en el estado en cuanto a su extensión de cuenca y magnitud de aportaciones. El río San Miguel con una cuenca de 8,427 km<sup>2</sup>, nace en las serranías de los municipios de Cucurpe, Rayón y San Miguel de Horcasitas, y vierte sus aguas al río Sonora en las inmediaciones de la Ciudad de Hermosillo, sobre el vaso de almacenamiento de la presa Abelardo R. Rodríguez. Esta presa, localizada al oriente de la cabecera municipal, cuenta con una capacidad de 287.5 millones de m<sup>3</sup> de agua y en ella descargan sus aguas los ríos Sonora y San Miguel. La presa es utilizada para el consumo de agua potable de la población, para riego agrícola y recarga del manto acuífero.

## OROGRAFIA

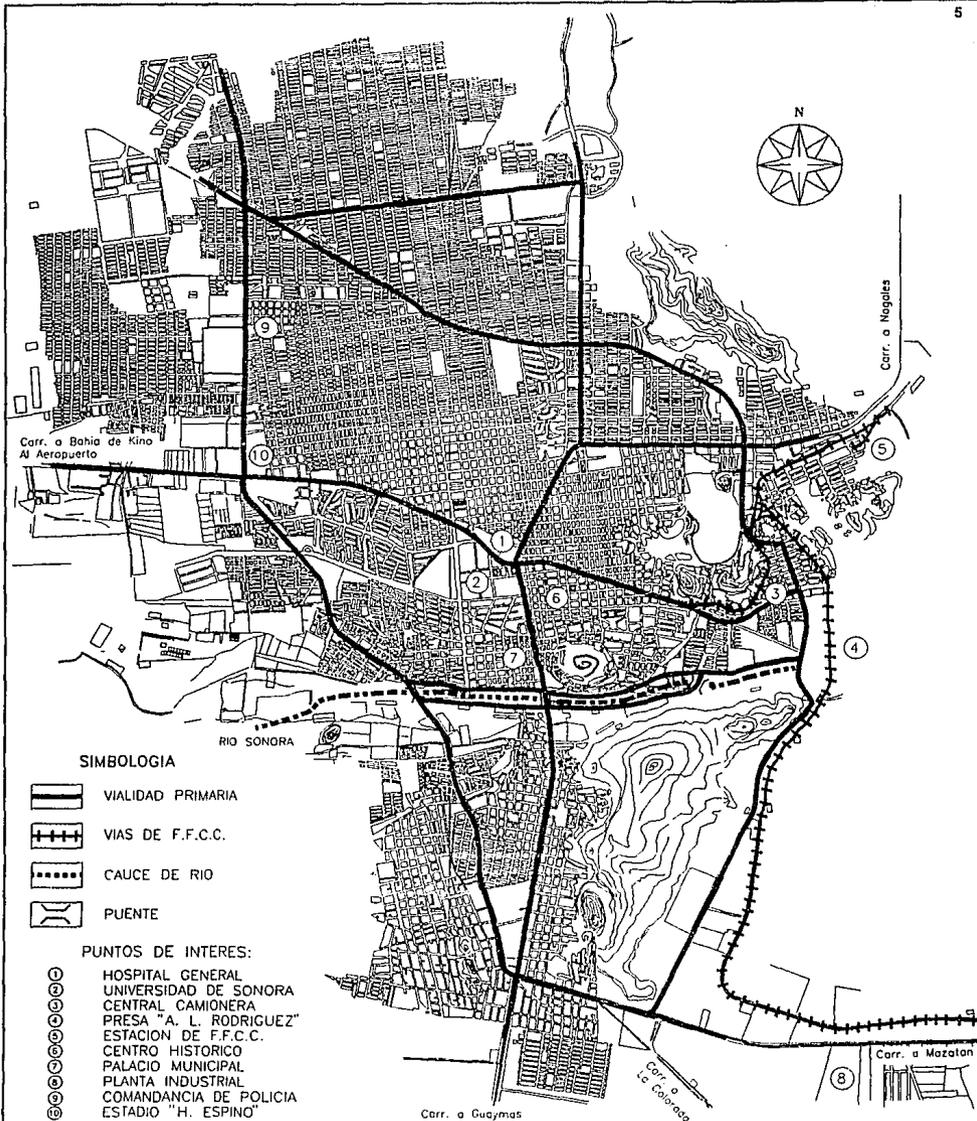
Su territorio es generalmente plano, con ligera inclinación hacia el oeste, que termina a la orilla del mar. Cuenta con serranías aisladas con elevaciones no mayores de 300 m, entre las que destacan la Tepoca, Bacoachito, López, Tonuco, Seri, Batamote, Gorguz, Bronces, Santa Teresa, La Palma, Siete Cerros, La Campana, Iglesia Vieja, El Ranchito, Molino de Camou, La Labor y El Aguaje.

La orografía del municipio presenta las tres principales conformaciones: la primera corresponde a las zonas accidentadas que abarcan aproximadamente el 10 % de la superficie total del municipio, localizadas principalmente en la parte poniente sobre el litoral, formadas por la sierra Seri, y en la parte oriente del municipio, formadas por la sierra Espinosa.

El valle costero en que se ubica la Ciudad está constituido por depósitos aluviales producto del intemperismo de las rocas sedimentarias e ígneas que forman la Sierra Madre Occidental. La topografía es sensiblemente plana, descendiendo poco a poco con pendiente general al oeste, es decir, hacia la costa del Golfo de California. Dentro del Valle, incluyendo la parte ocupada por el área urbana, afloran discordantemente las rocas mencionadas.

Los principales afloramientos lo constituyen los cerros:

1. La Campana, constituido por caliza marmorizada.
2. El Coloso, formado por rocas graníticas.
3. Los cerros de la Cementera, Villa de Seris, de la Cruz, el del Mariachi y el Bachoco corresponden a rocas calizas.



**SIMBOLOGIA**

- VIALIDAD PRIMARIA
- VIAS DE F.F.C.C.
- CAUCE DE RIO
- PUENTE

**PUNTOS DE INTERES:**

- ① HOSPITAL GENERAL
- ② UNIVERSIDAD DE SONORA
- ③ CENTRAL CAMIONERA
- ④ PRESA "A. L. RODRIGUEZ"
- ⑤ ESTACION DE F.F.C.C.
- ⑥ CENTRO HISTORICO
- ⑦ PALACIO MUNICIPAL
- ⑧ PLANTA INDUSTRIAL
- ⑨ COMANDANCIA DE POLICIA
- ⑩ ESTADIO "H. ESPINO"

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

ZONA URBANA DE ESTUDIO

ESCALA 1:12500

FECHA PROFESIONAL

FRANCISCO JAVIER

CARRANZO VILLAFUERTE

FECHA ENERO 1984

PLANO No.

1.1



## CLIMA

En el municipio de Hermosillo existen dos regiones climatológicas; la primera, que corresponde a la región costera localizada al poniente del municipio, presenta un clima desértico semicálido, con inviernos frescos y temperaturas máximas de 48° C en julio y agosto. La segunda región la conforma el resto del municipio, con un clima muy seco, cálido y extremo; los meses más fríos son enero y febrero con temperaturas medias de 14 y 16°C respectivamente, con extremos hasta de 0°C; en los meses de julio y agosto las temperaturas medias son de 31°C y con extremos hasta de 47°C.

El régimen de lluvias en la región costera se presenta en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con una precipitación pluvial media anual que varía de 75 a 200 mm. En esta zona, los meses más secos son los de abril y mayo, con una precipitación media anual de 0.2 y 0 mm respectivamente, y los meses más húmedos son los de julio y agosto, con precipitación media de 139 y 51 mm respectivamente.

Las lluvias del resto del municipio se presentan en verano, con precipitaciones medias anuales que varían de 200 a 300 mm; los meses más secos son los de abril y mayo, con precipitación media de 1.7 y 0.4 mm respectivamente; los meses más húmedos son los de julio y agosto con precipitación media de 52.9 y 70.4 mm respectivamente.

Su clima según la clasificación de Koppen, varía de muy seco a cálido, su temperatura media anual es de 25°C y la precipitación media anual es de 300 mm.

## CLASIFICACION Y USO DEL SUELO

En el municipio se localizan los siguiente tipos del suelo:

**Litosol:** Se localizan al noroeste y al sur del municipio, presenta diversos tipos de vegetación, que se encuentran en mayor o en menor proporción en laderas, barrancas, lomeríos y algunos terrenos planos. Su susceptibilidad a la erosión depende de la pendiente en que se encuentra.

**Regasol:** Se localiza al norte, presenta fase física y arenosa. Su fertilidad es variable y su uso agrícola esta principalmente condicionado a su profundidad. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende de la pendiente del terreno.

**Solonchak:** Se localiza al suroeste del municipio, bordeando el litoral del Golfo de California, presenta fase química sódica. Se encuentra en zonas donde se acumula el salitre como en las partes bajas de los valles o llanos, su uso agrícola se haya limitado a cultivos muy resistentes a la sal. Son poco susceptibles a la erosión.

**Xerosol:** Predomina en el municipio desplazándose del centro hacia el sur, tiene una capa superficial de color claro y muy pobre de humus, su utilización agrícola esta restringida a zonas de riego con muy altos rendimientos, debido a la alta fertilidad de estos suelos, Su susceptibilidad a la erosión es baja.

**Yermosol:** Predomina en el municipios, se desplaza del centro al norte. Tiene una capa superficial de color claro y muy pobre en materia orgánica, su utilización agrícola esta restringida a las zonas de riego con muy altos rendimientos de cultivos como algodón, granos o vid. Su susceptibilidad a la erosión es baja.

De la superficie total del municipio, 188,251 hectáreas se destinan a uso agrícola, de las cuales 179,860 son dedicadas a la agricultura de riego y 8,391 a la agricultura de temporal; a uso pecuario se destinan 1,091,968 hectáreas, de las cuales 9,550 son praderas y 1,082,418 son de uso extensivo; a uso industrial se destinan aproximadamente 269 hectáreas localizadas en el Parque Industrial de la Ciudad de Hermosillo; 6,250 hectáreas se destinan a la explotación de productos minerales no metálicos, como grava, arena, sedimentos arcillosos, realita y caliza, ésta última utilizada en la elaboración de cal y cemento; a la zona urbana se destinan 10,890 hectáreas, a carreteras, ferrocarriles y derechos de vías se destinan 26,629 hectáreas y las 163,763 restantes se dedican a otros usos.

## 1.2.2 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

### POBLACION TOTAL HISTORICA

De acuerdo a la información contenida en los censos de población de la Ciudad de Hermosillo, en la tabla 1.1 se presentan las poblaciones registradas en los censos respectivos y las tasas de crecimiento promedio resultantes respecto de cada década.

AÑO	POBLACION MUNICIPAL (hab.)	TASA DE CRECIM. MUNICIPAL (%)	POBLACION LOCALIDAD (hab.)	TASA DE CRECIM. LOCALIDAD (%)
1960	118,051	-	95,978	-
1970	208,164	7.6	176,596	8.4
1980	340,779	6.3	297,175	6.8
1990	446,966	3.1	406,417	3.6

TABLA 1.1

En la tabla anterior, se puede observar la importancia que ha adquirido la Ciudad de Hermosillo, reflejándose en la participación que tiene la localidad en cuanto a porcentaje de población con respecto a la municipal (99%), y más aún, con respecto a la estatal. En la misma tabla, podemos apreciar la disminución gradual de las tasas de crecimiento municipal y estatal mencionadas anteriormente, ésto debido a las políticas poblacionales del país.

La figura 1.2 muestra la comparación gráfica entre la población municipal y la local, observándose la importante participación de la localidad dentro del municipio

### POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

El municipio de Hermosillo es uno de los que más alto ingreso por capita tiene dentro del estado, pues su población económicamente activa (PEA) es de 150,120 hab., lo que representa el 46.9 % del promedio absoluto del estado. La población económicamente activa de la localidad de Hermosillo en 1990 fue del 31.4 % del total de la población.

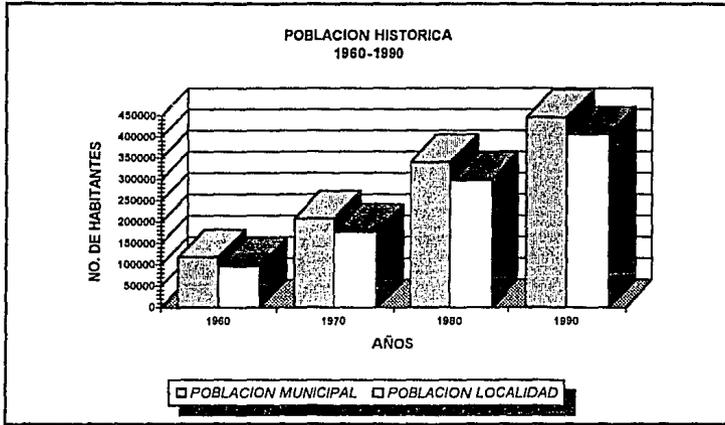


FIG. 1.2 COMPARACION DE POBLACION MUNICIPAL Y LOCAL PARA EL PERIODO 1960-1990.

La distribución del PEA por sectores se muestra en la figura 1.3, en la cual se puede percibir que el mayor porcentaje de la población económicamente activa ocupada lo representa el sector terciario, que es el correspondiente a servicios y comercio, seguido por el sector secundario correspondiente a la industria de transformación y por último el sector primario correspondiente a la ganadería, pesca, agricultura, etc. De esta forma podemos concluir que la Ciudad no basa su economía en la agricultura y otras actividades del sector primario, como en el caso de otras ciudades de la región, sino que sustenta su economía en el área de servicios y comercio al ser la capital del estado.

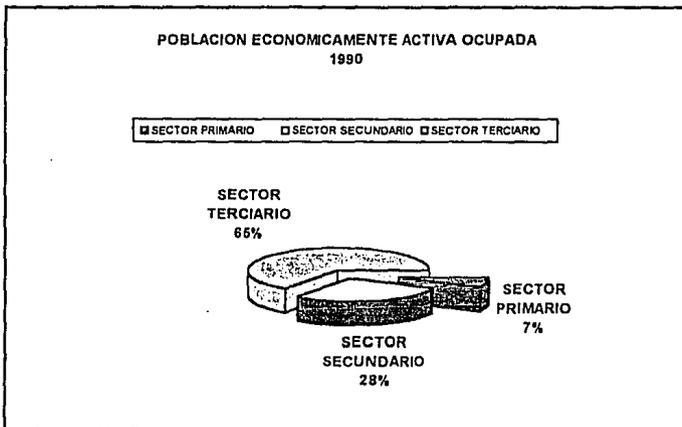


FIG. 1.3 DISTRIBUCION POR SECTORES DEL PEA.

## VIVIENDA

Existen aproximadamente un total de 88,042 viviendas, la mayoría se encuentran en la cabecera municipal; tiene una densidad promedio de 5 habitantes por vivienda. La tenencia de la vivienda, particular y en renta, es del orden del 85 y 15 % respectivamente. En lo concerniente a la tipología predomina la de ladrillo y block, con techos de concreto y pisos de cemento, de las cuales la mayoría cuenta con los servicios de agua, energía eléctrica y drenaje.

## 1.2.3 MARCO ECONOMICO

### AGRICULTURA

Los principales productos que se cultivan en la región son: trigo, vid, alfalfa, cítricos, hortalizas y algodón.

Sonora ocupa el primer lugar nacional en la producción de uva, trigo, algodón y cártamo, y tercero en la producción de nogal entre otros cultivos importantes. La aportación de la Costa de Hermosillo para estas cifras es significativa.

El 80% de la uva sonorense sale de los viñedos de la Costa gracias al cultivo de 6,823 hectáreas y a un rendimiento de 14.3 toneladas por hectárea. El destino final de la producción de los viñedos hermosillenses son algunas de las plantas productoras de aguardiente, materia prima para el brandy y otros productos vitivinícolas.

La naranja, que dio nombre de "La Ciudad de los Naranjos" a la capital sonorense, es un cultivo que ha vuelto a intensificarse gracias a variaciones del mercado internacional que ha vuelto a ser atractivo. Al finalizar la temporada de 1991, la exportación de naranja y jugo generó un total de \$ 12'610,240 dólares, superándose cifras de años anteriores.

La agricultura municipal cuenta con una importante infraestructura hidráulica integrada por la Presa Abelardo L. Rodríguez, con capacidad de 287.5 millones de metros cúbicos de agua, 887 pozos profundos de los que se extraen un promedio de 800 millones de metros cúbicos.

### GANADERIA

La ganadería presenta un desarrollo que le permite destacar entre las más importantes del estado de Sonora, el carácter intensivo de la explotación se ve respaldado por el alto grado de inversión que incorpora al proceso productivo, que se materializa en materia pecuaria, praderas artificiales y el uso de sistemas y tecnologías avanzadas de explotación ganadera.

Hermosillo es importante como centro de engorda, comercialización y distribución de ganado bovino, y aunque existe ganadería extensiva, su crecimiento es limitado dadas las condiciones de suelo y clima. De 21 años a la fecha se ha ido fortaleciendo la industria engordadora que actualmente reúne en sus corrales entre 30,000 y 40,000 cabezas, que una vez cubierto el ciclo de engorda entre 5 y 8 meses, van a abastecer tanto la demanda local como nacional.

En cuanto a la porcicultura, Sonora ocupa primeros lugares en producción al lado de Guanajuato y Jalisco, destinando el 95 % de la carne de puerco que produce al mercado mexicano y exportando el resto al Japón.

## INDUSTRIA

La actividad industrial está caracterizada básicamente por la industria maquiladora y la manufacturera. debido a que la agricultura perdía dinamismo desde mediados de los años sesenta, a partir de 1978 el gobierno sonorensé inició diversos esfuerzos para traer o impulsar las inversiones en la actividad industrial. Pero no es sino hasta 1983, cuando se decide la instalación de la Ford en Hermosillo, que cobra importancia el programa de industrialización a un ritmo espectacular, puesto que en 1986 Cartiplastic, Central de Industrias, Goodyear-Oxo y otras empresas de autopartes inician gestiones para instalar plantas en el parque industrial de esa ciudad.

Hermosillo reúne algunas características que lo convierten en polo atractivo para el desarrollo industrial. por su ubicación geográfica -cerca de los Estados Unidos y del Golfo de California-, su tranquilidad laboral, su oferta educativa, y una infraestructura adecuada y suficiente.

La Planta Ford inició operaciones en 1986, generando 2000 empleos directos y 9000 indirectos. Su instalación propició el establecimiento de empresas como CISA y CIMA. Hermosillo cuenta además con dos plantas cementeras importantes; por el volumen de ventas que genera y por su avanzada tecnología, varias empresas de notable desarrollo se hayan ahí establecidas.

## MINERIA

La extracción de minerales en Hermosillo es a cielo abierto, encontrándose en su suelo yacimientos de cemento, cal, marmolina, mármol, wallstonia, puzolana, yeso agrícola y otros productos.

La producción anual de cemento alcanza el millón y medio de toneladas, mismas que se envían al mercado nacional o se exportan a Estados Unidos y Japón. Es productor importante también en puzolana, con una extracción de 112,500 toneladas anuales; de cal, su producción alcanza las 63,335 toneladas al año.

Las empresas de explotación del subsuelo más importantes son: Cementos Portland, Calhídra de Sonora, Granitos del Norte y Graveras en el Río Sonora y San Miguel.

### 1.2.4 EL PROCESO DE URBANIZACION <sup>4</sup>.

La estructura urbana de la Ciudad se consolida en una primera etapa en el transcurso de los años cincuenta como resultado de una función principal de centro de servicios y comercio para responder a las necesidades del desarrollo agrícola de la Costa. Durante esos años, la Ciudad se convirtió en un polo receptor de fuerza de trabajo que ya no encontraba empleo en los campos de la agricultura comercial. Las altas tasas de crecimiento en esos años no se volvieron a alcanzar en las décadas posteriores.

---

<sup>4</sup> Programa Municipal del Desarrollo Urbano del Centro de Población Hermosillo. Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología, H. Ayuntamiento de Hermosillo, Diciembre de 1992.

Hasta principios de los años ochenta, la industria de la Ciudad es una actividad incipiente a diferencia de otros centros urbanos medianos tales como Toluca, Puebla, Tlaxcala y Querétaro, cuyo crecimiento es impulsado rápidamente en razón de su localización geográfica con la Cd. de México. A partir de estos años, la aparición de nuevas tendencias internacionales de localización industrial hacen de Hermosillo una alternativa atractiva para el establecimiento de plantas ensambladoras provenientes del extranjero. Este hecho marca el inicio de una nueva etapa que se caracteriza por la transición hacia una función industrial de la Ciudad. La transición no solo ocurre en el aspecto económico, sino que repercute bruscamente en el rápido crecimiento de la población.

En su primera etapa, el desarrollo urbano de Hermosillo se caracterizó por una alta integración entre las actividades agrícolas y urbanas. En los últimos años el proceso de urbanización se ha acrecentado como resultado del impulso industrial que se le dio a Hermosillo, específicamente con la incorporación de la industria maquiladora. De esta manera, Hermosillo se ha convertido en una Ciudad clave en el desarrollo de la región Noroeste, con características de Ciudad de consolidación, que proporcionaría servicios a nivel regional.

En la actual transición, la economía de la región se hace más sensible a los cambios que ocurran en el exterior. Los flujos y volúmenes en el transporte de mercancías se hacen más intensos y repercuten en situaciones conflictivas en razón de la existencia de la infraestructura obsoleta.

## 1.2.5 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO URBANO

### INFRAESTRUCTURA BASICA

En el municipio se ofrecen los servicios de energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, parques y jardines, alumbrado público, centros recreativos, deportivos, central de abasto, mercado, rastros, panteones, transportación, seguridad pública y vialidad.

La Ciudad de Hermosillo cuenta con servicios de agua potable con una cobertura de atención de aproximadamente 94.6 % y una cobertura de alcantarillado del 76.9 %.

### SISTEMA DE TRANSPORTE REGIONAL

El municipio de Hermosillo cuenta con una amplia red de comunicaciones, lo que permite arribar a él por carretera, ferrocarril o avión.

Cuenta con una extensa red de carreteras que permiten comunicar a la Ciudad de Hermosillo hacia cualquier punto geográfico sonorenses; de la cabecera municipal parten carreteras estatales hacia Sahuaripa y la región serrana; hacia Yécora, y también con el estado de Chihuahua hacia Puerto Libertad; hacia Bahía Kino en la región costera; hacia el valle agrícola; hacia San Luis Río Colorado; a Nogales y Aguaprieta; hacia Cananea; a Nacoziari de García; por el sur hacia Guaymas, Cd. Obregón y Navjoa. Cuenta también con caminos de terracería que entrelazan a las diversas localidades del municipio. En la figura 1.4 se tiene el plano de la red carretera principal que converge en la Ciudad y sus alrededores.

El ferrocarril atraviesa la Ciudad por medio de la línea "T", perteneciente al ex-ferrocarril del Pacífico, en su desarrollo de Guadalajara a Nogales. La estación de Hermosillo recibe del orden de 250,000 toneladas netas anuales, formada básicamente por maderas, semillas de ajonjolí, sorgo, botellas y envases, fertilizantes y productos industriales<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Estadística de carga 1991 Región Pacífico FNM 1992.

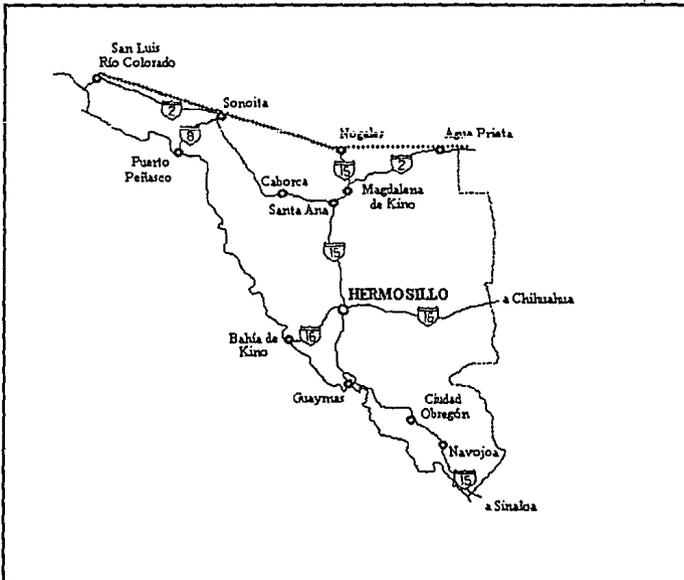


FIG. 1.4 RED CARRETERA PRINCIPAL

Existe un aeropuerto que da servicio nacional e internacional, transportando cerca de 450,000 pasajeros anuales (269,00 nacionales, 25,000 internacionales y 156,000 de tránsito). Además en el Valle Agrícola se tienen diversas aerodromos<sup>6</sup>.

Cuenta además con una central de autobuses para la transportación foránea de pasajeros; la transportación urbana y rural se realiza por medio de taxis, colectivos y autobuses públicos de pasajeros.

Respecto a los medios de comunicación, el municipio cuenta con servicio de correos, telégrafos, teléfonos (sistema integrado LADA); también dispone del sistema de telex y telefax, estación de microondas, radiodifusoras, televisión, además de editarse varios periódicos y revistas de circulación estatal.

<sup>6</sup> Anuario Estadístico SCT, México 1988

## **OTROS SERVICIOS**

### **TURISMO.**

La dinámica económica, comercial y de negocios, el ambiente cultural, las actividades deportivas y sociales de la Ciudad; el Centro Ecológico, edificios históricos y playas de Bahía Kino a sólo 110 km de distancia, son algunos de los atractivos turísticos que ofrece Hermosillo al visitante.

Su turismo es básicamente de negocios, y sólo en el año de 1992, visitaron la zona Hermosillo-Bahía Kino 666,200 turistas nacionales y 25,762 extranjeros. La infraestructura turística esta integrada por 18 hoteles, 18 moteles, 10 trailer park, 120 restaurantes, 38 bares y centros nocturnos, 8 museos y galerías, 29 agencias de viaje y 8 arrendadoras de autos. La oferta de servicios sigue creciendo y en este año abrieron sus puertas dos hoteles más de cuatro estrellas.

Existen dentro del municipio varios atractivos turísticos como son: la playa de San Agustín; las rutas Hermosillo-Bahía Kino y Punta Chueca Desemboque; la integración de Bahía Kino con el resto de la región del mar de Cortés; las pinturas rupestres de la Pintada; el Centro Ecológico; la Casa de la Cultura; el Museo del Instituto Nacional de Historia.

### **COMERCIO.**

En Hermosillo operan diversos organismos, entre los que destacan la Cámara Nacional de Comercio, la Cámara de Comercio en Pequeño y la Unión de Comerciantes para Informes de Crédito; estos organismos proporcionan asesoría y capacitación para sus agremiados.

### **EDUCACION.**

Se cuenta en la Ciudad con 11 instituciones de educación superior que imparten 52 carreras profesionales distintas que reúnen a una población estudiantil de 17,000 personas. Se cubre el 100 % de la demanda educativa.

La enseñanza media superior reúne 9,000 alumnos en 24 distintas escuelas de bachillerato y 3,000 estudiantes en 30 instituciones distintas de educación técnica terminal.

## 1.3 INFORMACION BASICA GENERAL

### 1.3.1 NIVELES DE PLANEACION

#### PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

El Plan Nacional de Desarrollo define como prioridad nacional el reforzar la economía de la frontera norte, así como fortalecer su integración en los mercados regionales del interior del país, promoviendo una diversificación del crecimiento industrial. Reconoce que la creciente urbanización del país ha propiciado profundos desequilibrios en el uso de los recursos y en la distribución de los beneficios del progreso. Ello ha repercutido en la concentración poblacional en unas cuantas ciudades de gran tamaño, y al mismo tiempo existen poblaciones dispersas de tamaño muy pequeño.

Para responder a los retos del país, se han formulado cuatro objetivos nacionales de la vida democrática, recuperación económica con estabilidad de precios y mejoramiento productivo del nivel de vida, en el cual se encuentran inmersas las directrices con relación al desarrollo urbano vial y al transporte.

Se propone que la política del desarrollo regional y urbano se oriente a lo largo de tres grandes objetivos: la transformación del patrón de los asentamientos humanos en concordancia con las políticas de descentralización y de desarrollo económico, el mejoramiento de la calidad de los servicios urbanos y, el fortalecimiento de la capacidad municipal para propiciar el sano desarrollo de las ciudades mediante el ordenamiento y la regulación.

Para el logro de estos objetivos, el Plan propone consolidar un Sistema Urbano Nacional, conformado por varios sistemas urbano-regionales, con el fin de controlar el crecimiento de las grandes ciudades, impulsar el desarrollo de las ciudades medias seleccionadas y lograr una mejor integración regional-urbana.

#### PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA.

En el contexto del Plan Nacional de Desarrollo, la Ciudad de Hermosillo se encuentra catalogada como una ciudad media de consolidación, por reunir condiciones favorables para alojar el futuro crecimiento demográfico y económico, además de contar con recursos suficientes para propiciar la producción, los servicios y no presentar aspectos graves en su problemática urbana, para lo que se requieren por lo tanto, que se racionalice el uso del agua y el suelo y que se ordene selectivamente la localización de actividades industriales, donde se fomentará el comercio y los servicios y se atenderán las demandas generadas por el crecimiento natural. Hermosillo, de esta manera se convertirá en un centro de servicios de la región Noroeste, junto con Tijuana y Culiacán<sup>7</sup>.

A partir de los objetivos generales del Plan, se desprenden los siguientes objetivos específicos, para el caso de vialidad y transporte urbano<sup>8</sup>.

1. Lograr el desarrollo de sistemas viales urbanos jerarquizados, que permitan organizar el tránsito urbano y que faciliten el flujo vehicular entre las distintas zonas de actividad urbana.
2. Estructurar adecuadamente la calidad urbana para dar fácil acceso al transporte público hacia las zonas populares ubicadas en la periferia de las ciudades.

<sup>7</sup> Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1990-1994, México 1989.

<sup>8</sup> Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994.

3. Establecer lineamientos carreteros o complementar los existentes en las ciudades prioritarias, a fin de canalizar el tránsito regional evitando su impacto negativo al interior de las localidades.
4. Lograr una adecuada organización, complementariedad y vinculación de los sistemas de transporte colectivo urbano apoyándolos, en su caso, con la dotación de terminales y estaciones de transferencia que los hagan más eficientes.

## PROGRAMA DE LAS 100 CIUDADES MEDIAS<sup>9</sup>

### OBJETIVOS

A efecto de lograr el mejoramiento productivo del nivel de vida y de vincular el ordenamiento urbano de desarrollo social, con la participación conjunta de los tres niveles de gobierno y los sectores privado y social, se plantean los siguientes objetivos:

- Propiciar en el país el uso ordenado del suelo mediante la adecuada administración y planeación urbana local, que permita el desarrollo armónico de la sociedad.
- Ofrecer suelo urbano a la población de escasos recursos para atender las necesidades de vivienda y garantizar la conservación de áreas naturales en el entorno urbano.
- Estructurar sistemas viales y de transporte público, que al tiempo que comunique eficientemente a la población, eleven la productividad y el bienestar social, además, reduzcan los niveles de contaminación ambiental.
- Mantener el equilibrio ecológico de los procesos urbanos, a través de un cuidado cuantitativo de los recursos hidráulicos, que induzcan a su aprovechamiento racional, así como mejorar e incrementar el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.
- Promover la revitalización de los centros de las ciudades para rescatar su imagen urbana y fortalecer la convivencia y el sentido de identidad de sus habitantes.

### ESTRATEGIA

Para ordenar el patrón de distribución territorial de la población, mejorar los servicios urbanos y promover el desarrollo de los centros de población, se propone concentrar esfuerzos en un grupo de 100 ciudades con potencial para generar desarrollo e impulsar condiciones sociales y económicas favorables, así como en aquellas con ubicación estratégica en regiones deprimidas, lo que las hace más aptas para captar población. Esta estrategia deberá fundamentarse en una administración urbana más eficiente para lograr condiciones de vida y convivencia más justas, especialmente para los sectores de la población de menores recursos.

Se pretende que estas 100 ciudades reúnan las siguientes características:

- Ser puntos de atracción de migrantes que de otro modo irán a las grandes urbes.
- Permitir alojamiento a la población en mejores condiciones de vida a un menor costo social.

---

<sup>9</sup> Programa de 100 Ciudades Medias, publicado por la Revista Mexicana de la Construcción. Agosto de 1993.

- Proporcionar un crecimiento autosostenido con base en economías de escala y de aglomeración adecuada.
- Favorecer la innovación a través de la modernización industrial y la capacitación de los recursos humanos.
- No padecer los problemas de congestión, contaminación y complicación administrativa, en la magnitud que caracteriza a las grandes ciudades.
- Difundir la actividad económica y el bienestar en sus áreas de influencia.

La diversidad de carencias, la magnitud de los rezagos de 20.5 millones de habitantes en las ciudades medias y el incremento demográfico esperado de 7.0 millones para el periodo 1990-2000, ameritan respuestas integradas y jerarquizadas acordes a la intensidad de las demandas y a la disponibilidad de recursos.

Para proporcionar un desarrollo urbano sustentable y equitativo, se propone un conjunto de acciones coordinadas que se sintetizan en los siguientes programas: regulación del uso del suelo y administración urbana, suelo urbano y reservas territoriales, vialidad y transporte, aspectos ambientales y renovación urbana de los centros de las ciudades (cuadro 1.1). En los próximos dos años y medio, se contempla destinar un monto importante de recursos a estos programas.

CUADRO 1.1 IMPACTO DE LOS PROGRAMAS.  
POBLACION DE LAS 100 CIUDADES MEDIAS 1990-2000

<u>PROBLEMAS URBANOS</u>	<u>PROGRAMAS</u>	<u>POBLACION OBJETIVO</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desorden en el crecimiento y en la disposición de los usos del suelo</li> <li>• Carencias en suelo, infraestructura, equipamiento, vivienda y servicios</li> <li>• Deterioro del medio ambiente y del patrimonio construido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación del uso del suelo y administración urbana</li> <li>• Suelo urbano y reservas territoriales</li> <li>• <i>Vialidad y transporte</i></li> <li>• Aspectos ambientales</li> <li>• Renovación urbana de los centros de las ciudades</li> </ul>	<p>20.5 MILLONES DE HAB. DE ACUERDO CON EL CENSO DE POBLACION 1990</p> <p>INCREMENTO 7.0 MILLONES DE HAB. DURANTE EL PERIODO 1990-2000</p> <p>27.5 MILLONES DE HABITANTES AÑO 2000</p>

Cada uno de los programas y sus líneas de acción tienen una aplicación preferente en un grupo de ciudades en las que resultan particularmente importantes. Así por ejemplo, la constitución de reservas territoriales es fundamental en las ciudades de crecimiento más rápido, mientras que la renovación urbana adquiere una importancia singular en las ciudades con centros históricos de alto valor patrimonial.

Para asegurar una operación eficiente de las acciones de fomento y regulación que implica el programa, es necesario establecer cuatro líneas paralelas de instrumentación.

- Consolidar la coordinación entre los tres niveles de gobierno en el marco del Convenio de Desarrollo Social.

- Asegurar una acción coordinada de las dependencias federales vinculadas al desarrollo urbano, que incluyen a las que conforman el gabinete de desarrollo social, como otras directamente relacionadas con la materia.
- Contribuir al fortalecimiento y promoción de los equipos locales de desarrollo urbano mediante acciones de asistencia técnica, capacitación y asignación de recursos; la meta es lograr que las 100 ciudades cuenten con equipos técnicos capaces de administrar eficazmente y de una manera sostenida el desarrollo urbano.
- Fortalecer las instancias de participación de la sociedad en todas las fases del proceso de desarrollo urbano; promover proyectos estratégicos concertados con la iniciativa privada y establecer en coordinación con las autoridades locales, esquemas operativos para la concesión de servicios urbanos.

Para identificar los centros de población más importantes, se establecieron prioridades por programa con base en criterios demográficos, económicos, de localización geográfica y tomando en cuenta condiciones urbanas especiales que se detallan más adelante.

El conjunto de todos estos centros de población suma 100 ciudades que concentran a 20.5 millones de habitantes, lo que significa el 25% del total de la población nacional, con rangos de población que varían de 50 mil a 1 millón de habitantes. Estos centros se consideran los más adecuados para orientar el crecimiento, distribuir más equilibradamente a la población, responder competitivamente a las nuevas tendencias de localización de las actividades económicas y lograr un mejoramiento productivo del nivel de vida.

La selección de estas 100 ciudades tiene carácter propositivo, en virtud de que las definitivas resultarán de la concertación entre los tres niveles de gobierno.

## PROGRAMA DE VIALIDAD Y TRANSPORTE

Actualmente, la mayoría de las ciudades del país presentan redes viales que hacen que la circulación vehicular sea lenta. En ciudades como Tijuana, Ciudad Juárez y Saltillo, en horas de máxima circulación, la velocidad promedio es menor a 15 km/h. Por otra parte, el deterioro de las unidades de transporte público y privado, impide que se preste un servicio eficaz al sector más necesitado de la población, el cual invierte una gran cantidad de tiempo y recursos en transportarse. Todo lo anterior afecta al medio ambiente y propicia un consumo dispendioso de energéticos que, en algunos casos, alcanza hasta 50% más que en condiciones normales de operación.

La operación del transporte público de pasajeros presenta baja eficiencia debido al excesivo deterioro de sus unidades, las cuales tienen una edad promedio de 10 años, por la falta de un programa sistemático de mantenimiento y por la improvisación en el establecimiento de las rutas.

Para dar atención a las necesidades de vialidad y transporte de las 100 ciudades, el objetivo del programa es estructurar sistemas viales y de transporte público eficientes que impulsen el desarrollo económico, eleven la productividad y el bienestar social, reduzcan los niveles de contaminación ambiental y permitan un uso más racional de los energéticos.

Este objetivo se pretende lograr a través de los siguientes lineamientos estratégicos:

- Complementar, rehabilitar y ampliar la infraestructura vial de las ciudades medias, a través de acciones adecuadamente programadas y jerarquizadas.

- Concertar acciones y esfuerzos entre los tres niveles de gobierno y los sectores social y privado, para reorganizar y coordinar la planeación, diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de vialidad y transporte.
- Adecuar los esquemas tarifarios del sistema de transporte público.
- Establecer la estructura institucional adecuada para la administración eficiente de los sistemas de vialidad y transporte.
- Propiciar esquemas de financiamiento con tasas preferenciales.
- Impulsar el desarrollo tecnológico y la capacitación en la planeación, operación y mantenimiento de los sistemas de vialidad y transporte urbano.
- En el periodo 1992-1994 se atenderán 20 ciudades. En 1992 se iniciará con las ciudades de León, Ciudad Juárez y Toluca. A partir de 1993, se incluirán las ciudades de Mexicali, Tijuana, Nuevo Laredo, Matamoros y Acapulco, entre otras.

Para lograr su objetivo, el programa incorpora las siguientes líneas de acción:

- Rehabilitar y complementar la infraestructura de tratamiento ya construida, para que opere de manera eficiente.
- Ampliar la infraestructura de alcantarillado, recolección y tratamiento, en un proceso gradual que permita, en principio, tratar el 61% de las aguas residuales domésticas para 1994 y el 100% para el año 2000.
- Fomentar la participación de la iniciativa privada en la construcción y operación de los sistemas, mediante concesión o contratos de servicios.

## CIUDADES Y PRIORIDADES

Los criterios utilizados para determinar las ciudades de cada programa se definieron de acuerdo a varios indicadores. La tasa anual de crecimiento de cada ciudad fue un factor fundamental. Se definió con prioridad (A) las que presentan una tasa mayor al 3%; prioridad (B) entre 2% y 3%; aquellas que presentan una tasa menor al 2% se ubican en la prioridad (C)<sup>10</sup>. Los otros indicadores fueron: situaciones particulares, tamaño del centro de población, ubicación geográfica y actividades económicas. Estos indicadores están diferenciados en función de las necesidades y tipo de programa (Cuadro 1.2).

En el Cuadro 1.3 se presenta un extracto de la lista de las 100 ciudades (en este caso del estado que nos interesa, Sonora), señalando con (A) la prioridad superior, con (B) la prioridad media y con (C) la prioridad baja, para la aplicación correspondiente de los 5 programas de cada una de las 100 ciudades.

<sup>10</sup> Como se recordará, la Ciudad de Hermosillo presenta una tasa anual de 4.26 % entre el periodo 1970-90.

CUADRO 1.2

## RESUMEN DE CRITERIOS PARA DETERMINAR LAS CIUDADES

INDICADORES	P (*)	SITUACIONES PARTICULARES	TAMAÑO DEL CENTRO DE POBLACION	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO	UBICACION GEOGRAFICA	ACTIVIDADES ECONOMICAS	
<b>PROGRAMAS</b>							
REGULACION DEL USO DEL SUELO Y LA ADMINISTRACION URBANA	A	CON INSTRUMENTOS NO VIGENTES O DESACTUALIZADOS	• MAS DE 2000 HABITANTES	• MAS DEL 3%	• FRONTERIZAS	• TURISTICAS • INDUSTRIALES	
	B	LAS DEMAS CIUDADES CON EXCEPCION DE LAS QUE TENGAN					
	C	INTRUMENTOS VIGENTES Y ACTUALIZADOS		• MENOS DEL 2%			
SUELOS Y RESERVAS TERRITORIALES	A	CON NECESIDADES URGENTES Y SIN RESERVAS TERRITORIALES	• MAS DE 200 MIL HABITANTES				
	B	SIN RESERVAS TERRITORIALES	• ENTRE 100 MIL Y 400 MIL HAB.				
	C	LAS DEMAS CIUDADES					
VIALIDAD Y TRANSPORTE	A	MAS DE 30% DE AREA IRREGULAR. ENTRE 100 MIL Y 400 MIL HABITANTES PARA CIUDADES ESTRATEGICAS	• MAS DE 400 MIL HAB.	• MAS DEL 3%	• TURISTICAS • PORTUARIAS	• ESTRATEGICAS PARA EL DESARROLLO	
	B		• ENTRE 100 MIL Y 400 MIL HAB.	• DEL 2% AL 3%			
	C	LAS DEMAS CIUDADES					
ASPECTOS AMBIENTALES	A	ALTO DEFICIT EN SERVICIOS BASICOS O FUERTE DETERIORO AMBIENTAL			• FRONTERIZAS	• TURISTICAS • INDUSTRIALES	
	B	DEFICIT MEDIO EN SERVICIOS BASICOS O DETERIORO AMBIENTAL MEDIO					
	C	LAS DEMAS CIUDADES					
RENOVACION URBANA DE LOS CENTROS DE LAS CIUDADES	A	CENTROS HISTORIOS VALIOSOS				• TURISTICAS	
	B	CENTROS URBANOS DETERIORADOS					
	C	LAS DEMAS CIUDADES					

(\*) PRIORIDAD

**CUADRO 1.3  
CUADRO DE PRIORIDADES PARA LA APLICACION  
DE LOS PROGRAMAS (EXTRACTO)**

<b>CIUDADES</b>		<b>PROGRAMA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>SON.</b>	Agua Prieta		B	C	C	B	C
	Cd. Obregón		A	B	B	B	C
	Guaymas-Empalme- S. Carlos		A	B	B	A	C
	Hermosillo <sup>11</sup>		A	B	A	A	B
	Navjoa		B	B	C	B	B
	Nogales		A	B	B	A	B
	S. L. Río Colorado		B	B	B	A	B

**PROGRAMAS:**

1. REGULACION DEL USO DEL SUELO Y ADMINISTRACION URBANA
2. SUELO URBANO Y RESERVAS TERRITORIALES
3. VIALIDAD Y TRANSPORTE
4. ASPECTOS AMBIENTALES
5. RENOVACION URBANA DE LOS CENTROS DE LAS POBLACIONES

Estas 100 ciudades se consideran idóneas para contener el crecimiento de las zonas metropolitanas, distribuir equilibradamente a la población, respondiendo competitivamente a las nuevas tendencias de localización de las actividades económicas. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la definición final será puesta a consideración de los gobiernos estatales y municipales. El plano 1.2 muestra la localización de las 100 Ciudades Medias dentro del ámbito territorial.

**PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE POBLACION HERMOSILLO.**

**OBJETIVOS.**

Este programa propone cumplir con los siguientes objetivos tendientes a resolver integralmente los problemas que tiene la ciudad:

- Dotar de los servicios básicos de Infraestructura y equipamiento a toda la población.
- Evitar el crecimiento anárquico y descontrolado de la mancha urbana, así como promover la saturación de los lotes baldíos, orientado al desarrollo hacia las zonas más aptas, indicadas en el presente programa.
- Mejorar las condiciones de vivienda en deterioro, así como cubrir el déficit existente.
- REALIZAR EL PROGRAMA DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO PARA INTEGRAR LAS NUEVAS AREAS DE CRECIMIENTO Y DAR UN SERVICIO EFICIENTE DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CUIDAD.
- Reducir significativamente el déficit de equipamiento urbano, procurando que su ubicación apoye a la estructura urbana propuesta.
- Controlar el problema de contaminación en la Presa Abelardo L. Rodríguez, así como la ubicación de basureros y fuentes de contaminación.

<sup>11</sup> Con esto se justifica integralmente el estudio, pues el programa de Vialidad y Transporte en la Ciudad de Hermosillo muestra la prioridad más alta.

# PROGRAMA DE 100 CIUDADES MEDIAS SEDESOL

**INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERIA DE TRANSPORTES**  
**ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSPORTES EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.**  
**LOCALIZACION DE LAS 100 CIUDADES MEDIAS**

SERVICIO NACIONAL DE TRÁFICO AEREO  
 INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERIA DE TRANSPORTES  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS

SERVICIO NACIONAL DE TRÁFICO AEREO  
 INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERIA DE TRANSPORTES  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS

SERVICIO NACIONAL DE TRÁFICO AEREO  
 INSTITUTO NACIONAL DE INGENIERIA DE TRANSPORTES  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS



1. Aguascalientes
2. León
3. Guanajuato
4. San Miguel de Allende
5. Morelia
6. Salamanca
7. Irapuato
8. Celeya
9. Zamora
10. Uruapan
11. Morelia
12. Pátzcuaro
13. Apatzingán
14. Querétaro
15. San Juan del Río
16. Valle de Bravo
17. Toluca
18. Pachuca
19. Tulancingo
20. Cuernavaca
21. Cuautla-Oaxtepec
22. Tlaxcala
23. Apizaco
24. Tehuacán
25. Mz. de la Torre
26. Coatzacoatlcos
27. Cárdenas

- Mejorar la imagen urbana del centro de la ciudad, resaltando el patrimonio histórico y adecuando el centro comercial existente.
- Cubrir el déficit existente de servicios urbanos como son la recolección de basura, estación de bomberos, casetas de vigilancia, abastos, señalización vial, casetas telefónicas.

#### ESTRATEGIA GENERAL DE DESARROLLO

- El Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Centro de Población Hermosillo, estima que para el año 2000 contará con una población aproximada de 876,500 habitantes, con una tasa de crecimiento de 6.01 % así mismo plantea el apoyo a las actividades industriales y de servicio, mediante la asignación de las áreas más propicias para su desarrollo, tomando en cuenta la aptitud territorial que presentan y la factibilidad para dotación de infraestructura.
- Se estima que para 1994, la Ciudad de Hermosillo contará con aproximadamente 1,324 hectáreas como reserva para crecimiento, de las cuales 533 hectáreas deberán utilizarse de las áreas baldías dentro de la actual mancha urbana y las restantes 791 hectáreas serán de expansión. Debido a que en el centro de la población se presenta una marcada subutilización del suelo, la estrategia del programa, manifiesta la necesidad de saturar la mancha urbana, promoviendo la utilización de los lotes baldíos susceptibles de ocuparse a corto plazo.

La estructura urbana propuesta para la Ciudad de Hermosillo se subdivide en 11 delegaciones y propone la integración de las zonas aptas al desarrollo, utilizando preferentemente los de costo más accesible en la introducción de infraestructura. En función del equipamiento y los servicios que ofrece la ciudad, se plantea la estructuración del sistema de centros y subcentros urbanos, tomando como base los ya existentes y dotando a las áreas que adolecen de éstos. El centro tradicional de la ciudad en conjunto con el centro cívico-administrativo y el centro comercial se habrán de consolidar, de tal modo que actúen como unidad concentradora de bienes y servicios; procurando en la medida de lo posible, la conservación de los inmuebles característicos del patrimonio cultural, conjugarlos en la preservación del legado artístico e histórico de nuestros antepasados dentro del marco del centro urbano.

- Se plantea la creación y consolidación de los tres centros urbanos en las áreas localizadas al noreste, noroeste y sur de la ciudad. Los centros de barrio tendrán el equipamiento y comercio básico para satisfacer las necesidades cotidianas de la población.
- Dentro de la estrategia, se determinó el uso de suelo mixto en varios corredores urbanos, los cuales debido a la ubicación de los predios resultan adecuados para la mezcla de actividades compatibles como son vivienda familiar, comercio, servicios e industria ligera no contaminante; estos corredores se deben ubicar principalmente colineales a la vialidad primaria.
- El Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Centro de Población Hermosillo estructura su estrategia a través de las políticas de crecimiento, conservación y mejoramiento: la política de crecimiento indica que éste deberá de inducirse hacia el norte-noroeste, oeste limitado y sur-sureste; considerando que aún cuando se tienen limitantes de infraestructura, son las más viables para el crecimiento; evitando no invadir la zona agrícola ubicada al oeste.
- La política de conservación será aplicada para mantener en buen estado las obras materiales, como son los elementos y sitios de valor histórico-cultural de la ciudad; así como procurar el equilibrio ecológico del centro de población, o sea, las áreas constituidas por elementos naturales que cumplen una función de preservación ecológica.

- ❑ La política de mejoramiento esta enfocada a reordenar el centro de población mediante el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales; será aplicada en general en toda el área urbana, en particular al sistema vial primario y el cauce del río Sonora, y en particular a mejorar la vivienda e infraestructura en la zona norte y sur de la ciudad.

#### DIAGNOSTICO, PRONOSTICO Y EVALUACION.

- ❑ Teniendo como antecedentes dos cartas urbanas, una realizada en 1981 y otra en 1988, mostrando claramente los cambios cualitativos y cuantitativos de la ciudad, Hermosillo cuenta en la actualidad con aproximadamente 425,000 habitantes con una tasa de crecimiento de 6.01 %, estimándose para el año 2000 tener 876,500 habitantes.
- ❑ La topografía es plana en el 90 % de la mancha urbana con una altitud de 201.5 m.s.n.m. existiendo elevaciones importantes con pendientes abruptas representando limitantes físicas al desarrollo urbano.
- ❑ Las zonas aptas al crecimiento se localizan al norte, noroeste, oeste y sur respetando las áreas de cultivo y de preservación ecológica, coincidiendo con las tendencias actuales de crecimiento.
- ❑ El área urbana actual tiene una extensión de 6,480 hectáreas dividida por el lecho del Río Sonora en dos zonas de desarrollo diferenciado: la parte norte, sede del asentamiento original de gran crecimiento urbano y la parte sur de desarrollo limitado; se concentra más del 80 % de la población, en la parte norte.
- ❑ Al oriente de la ciudad se localiza la Presa "Abelardo L. Rodríguez", con una capacidad de almacenamiento de 253 millones de m<sup>3</sup>, construida para dotar de agua potable a la población y para riego de los terrenos agrícolas del distrito de riego 51. En la actualidad se encuentra contaminada debido a las descargas de aguas residuales que provienen de la Zona Industrial, además de las descargas de aguas negras de algunas colonias aledañas.
- ❑ El crecimiento acelerado ha rebasado la capacidad de dotación de servicios y equipamiento del Ayuntamiento, presentando deficiencias en la periferia de la ciudad; sobre todo en la parte norte y sur de la ciudad. El 10 % de la mancha tiene déficit de agua potable, el 40 % en drenaje sanitario, el 99 % en drenaje pluvial, el 10 % de energía eléctrica, el 15 % de alumbrado y el 58 % de pavimentación.
- ❑ En cuanto al problema de vivienda existen 7,842 viviendas precarias localizadas principalmente en las colonias del norte y noroeste, las cuáles, sumadas al déficit acumulado de falta de dotación de vivienda, hacen un total de 25,279 viviendas faltantes hasta el presente año; de manera paralela se presenta la demanda de suelo urbano, existiendo un déficit de 325 hectáreas necesarias para uso habitacional, provocando problemas de invasiones a terrenos particulares.
- ❑ El equipamiento para el comercio se concentra en gran medida en el centro urbano, provocando congestionamientos al Sistema Vial, además de la pésima operatividad de las rutas de transporte urbano, que se empeñan en pasar y contar con terminales de ruta en esta zona.
- ❑ La función vial del periférico se ha rebasado por el rápido crecimiento urbano reduciéndose a una vialidad primaria dentro de la mancha urbana que liga el equipamiento más importante de la ciudad.

### 1.3.2 ORGANISMOS MUNICIPALES Y ESTATALES COMPETENTES

Para la atención, estudio, planeación y resolución de los asuntos inherentes al tránsito, transporte y mantenimiento vial urbanos en la Ciudad de Hermosillo, participan tanto organismos municipales como estatales. Los principales organismos municipales son: la Dirección General de Planeación y Desarrollo Urbano, la Dirección de Ingeniería de Tránsito y Vialidad, la Dirección de Obras Públicas y el Supervisor de Policía y Tránsito. Entre los organismos estatales se tiene a: la Dirección General de Planeación y Administración Urbana, dependiente de la Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología; la Dirección General de Transporte, dependiente de la Secretaría de Gobierno, por último se cuenta con el PROURBE (Programa de Urbanización Estatal), cuyos principales objetivos son la ejecución de programas de construcción de pavimento, y de conservación y mantenimiento de los mismos. Las funciones directas que realizan estos organismos municipales, se describen a continuación. (Ver organigrama del municipio en la figura 1.5).

La Dirección General de Planeación y Desarrollo Urbano es la entidad encargada del control urbano mediante sus direcciones de Planeación y Proyectos y la de Ingeniería de Tránsito y Vialidad; estas direcciones tienen la facultad de planear, diseñar, operar y regular, así como de efectuar monitoreos y en cierta manera la administración de las vialidades de la Ciudad de Hermosillo. La función específica de la Dirección de Planeación y Proyectos, es la de elaborar los planes, programas y proyectos de reestructuración vial, coordinándose directamente con la Dirección de Ingeniería de Tránsito y Vialidad, ésta última dirección es la encargada de realizar monitoreos (como por ejemplo la determinación de los volúmenes de tránsito en las principales arterias), colocación e implantación de señalamientos verticales y horizontales, localización de puntos conflictivos, ésta última acción es coordinada conjuntamente con el Supervisor de Policía y Tránsito del municipio, quien informa a través de estadísticas el número de accidentes ocurridos en los diferentes puntos de la ciudad, señalando las causas y motivos de estos eventos; con la información proporcionada por este Supervisor, y los estudios de volumen de tránsito diario, la Dirección de Ingeniería de Tránsito y Vialidad elabora programas de reordenamiento vial y de niveles de servicio de las principales arterias.

En lo referente a la construcción y reconstrucción de accesos (pavimentación, repavimentación, refuerzo estructural, etc.), ejes viales y periféricos, el organismo destinado para realizar estas actividades es el de Obras Públicas del municipio por medio de su Dirección de Pavimentación, que a su vez se coordina con la Secretaría de Desarrollo Urbano dependiente del Estado, con la finalidad de desarrollar planes, programas y para determinar fuentes de financiamiento, con el objeto de llevar a cabo las obras.

El transporte urbano que opera en la Ciudad de Hermosillo, esta vigilado y reglamentado por la Dirección General del Transporte, entidad dependiente del gobierno del estado; entre otras de sus facultades esta la de normar y regular el servicio de transporte urbano, ésta misma esta encargada de autorizar concesiones, fijar el número de rutas y sus respectivos derroteros y las tarifas respectivas. La Dirección de Autotransporte también es la encargada del registro vehicular en el estado así como en la ciudad capital.

Con la información recabada en torno a los planes de desarrollo nacional, municipal y local, se tuvieron los elementos básicos para realizar la planeación y desarrollo del presente estudio.

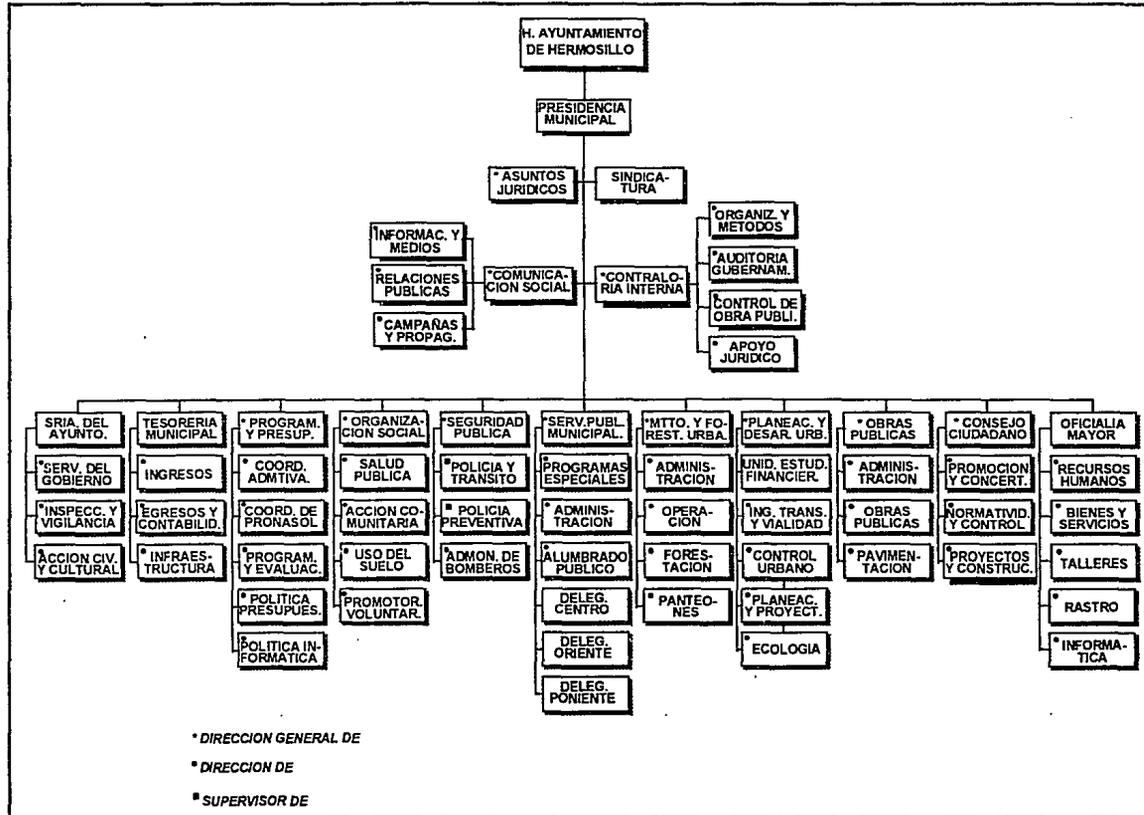


FIG. 1.5 DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE GOBIERNO EN EL MUNICIPIO DE HERMOSILLO

# CAPITULO 2

## VIALIDAD Y TRANSITO

---

### 2.1 DIAGNOSTICO<sup>1</sup>

En 1992 se realizó un análisis exhaustivo de la ciudad, llegando a las siguientes observaciones, para lo cual se realizaron una serie de estudios como inventarios de las características viales y urbanas y la obtención de los datos referentes al tránsito. Estos datos fueron de gran utilidad para determinar los principales problemas a resolver en el presente capítulo.

- La Ciudad de Hermosillo tiene una traza irregular, un sistema de calles que no obedece a ninguna clasificación vial, con secciones transversales inadecuadas para los altos volúmenes que se presentan.
- La mayoría de las vías tienen características geométricas muy pobres y una ordenación inadecuada, careciendo de continuidad, teniendo también en algunas de ellas altos volúmenes de tránsito.
- En estudios de velocidad se efectuaron tiempos de recorrido por las vías principales considerando puntos donde las demoras eran importantes; en donde se resaltaron tramos con velocidad en el rango de 10 a 20 km/h, fue en las calles del centro de la ciudad y otras vías con volúmenes considerables.
- En cuanto al número de vehículos registrados en la ciudad, éste se ha incrementado considerablemente, ya que en 1979 se tenían registrados 39,000 vehículos y en la actualidad se registran un promedio de 120,000 vehículos, de los cuales 117,000 son vehículos medianos y chicos (98 %), 1,200 son autobuses de servicio urbano (1 %) y el resto son camiones pesados. La tasa de crecimiento vehicular es de aproximadamente 6 % anual. Esto origina que existan altas concentraciones de tránsito; en puntos o tramos específicos se crean los ya mencionados problemas de congestionamientos, demoras y accidentes, provocando con ello altos costos de operación.
- Las intersecciones no cumplían con su función primordial que es la de proporcionar el área adecuada para que se efectúen los diferentes cambios en la dirección de los viajeros y por otra parte existen deficiencias en la operación, motivadas por los dispositivos de control de tránsito (semáforos), debido a que gran parte de los tiempos utilizados en las fases de éstos no satisfacen la demanda, reduciendo la capacidad de la vía, provocando congestionamientos, demoras y accidentes. Algunas de las intersecciones controladas por semáforos no están intercomunicadas (sincronizadas), con defasamientos de tiempo inadecuados entre ellas, de tal forma que los flujos vehiculares actuales en muchas ocasiones al arribar a un semáforo les toca luz roja y en el siguiente también, provocando problemas en el tránsito.

---

<sup>1</sup> Anteproyecto de Actividades en Pro del Mejoramiento Vial para la Ciudad de Hermosillo, Sonora. Marzo de 1992.

**FALTA PAGINA**

No.

27

- Uno de los grandes problemas que lleva consigo el crecimiento desordenado de las ciudades, no siendo Hermosillo la excepción, lo constituye el incremento de los accidentes de tránsito, donde la importancia de su conocimiento nos dará la dimensión del problema, con lo cual se tomarán las decisiones correctivas y/o preventivas que evitarán en lo más posible su incidencia, ya que las tasas de accidentes que se obtienen año con año, tienden a aumentar.

Basándonos en este diagnóstico, se realizaron cinco diferentes tipos de análisis para determinar las razones que provocaron los problemas anteriores y dar una solución adecuada a ellos. Los análisis llevados a cabo fueron:

- i. Definición del sistema vial principal.
- ii. Análisis de accidentes.
- iii. Estudio de velocidades de recorrido y demoras.
- iv. Monitoreo del tránsito (aforos vehiculares).
- v. Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas.

## 2.2 SISTEMA VIAL PRINCIPAL

El crecimiento de la mancha urbana que ha experimentado la Ciudad de Hermosillo, ha originado que las vialidades que anteriormente se consideraban como libramientos, a la fecha funjan como periféricos o vialidades principales dentro de la misma mancha urbana. Debido a esta situación, la red vial principal seleccionada en este estudio corresponde al área extendida de la zona urbana, hasta los entronques con las salidas a las carreteras principales.

En el estudio mencionado dentro del diagnóstico, se precisa en uno de sus puntos que la estructura vial no obedece a ninguna clasificación vial. Pero tomando en consideración el volumen y flujo vehicular, el ancho de arroyo y número de carriles, así como la importancia de ser en su caso vías colectoras (que reciben o captan el flujo vehicular de otras vialidades secundarias) o bien vías aportadoras (aquellas que alimentan de flujo vehicular a las principales), se tomaron las siguientes dos clasificaciones del sistema o red vial principal, con un tercer caso particular que se explicará en su apartado:

- a) *Vialidad primaria.*
- b) *Vialidad secundaria.*
- c) *Vialidad de accesos a colonias.*

### 2.2.1 VIALIDAD PRIMARIA

Se consideraron vialidades primarias a aquellas que forman parte del Anillo Periférico, y las que presentaron altos volúmenes de tránsito, así como aquellas cuyas velocidades de recorrido resultaron entre 60 y 80 km/h. Como característica común entre ellas, se tiene que constituyen vialidades de ambos sentidos, con dos carriles (mínimo) por sentido.

A continuación se describen las vialidades primarias:

## 1. PERIFERICO PONIENTE

Corre del entronque con el Blvd. Lázaro Cárdenas (13) hasta el Blvd. Vildosóla (10), en su recorrido cruza con el Blvd. Luis Encinas (6), Blvd. Navarrete (11) y la Av. Norberto Aguirre (27). Su longitud aproximada es de 11 km, su sección transversal es de 4 carriles por sentido, con un ancho de aproximadamente de 12 m por arroyo (3 m por carril), con un camellón central variable de 2 m, y banquetas laterales de 2.5 m. El punto más conflictivo es con el entronque con el Blvd. Luis Encinas, en donde hay un semáforo de 4 fases.

## 2. PERIFERICO NORTE

Esta vialidad corre de la intersección del Periférico Poniente (1) hasta su intersección con el Blvd. Kino; presenta una longitud aproximada de 4.5 km, con 2 carriles de circulación por sentido. En su recorrido cruza con el Blvd. Morelos (12), y con los ejes viales de Gral. Reyes (16), Gral. Piña (17) y Av. Reforma (18).

## 3. PERIFERICO ORIENTE

Vialidad que tiene su inicio en su entronque con el Blvd. Kino (7) y que termina en su intersección con el Periférico Sur (2), el ancho de la sección transversal es de 12 m, con 4 carriles de circulación (2 en sentido norte-sur y 2 en el sentido opuesto). Constituye el libramiento de los vehículos pesados provenientes de la carretera que viene de Nogales.

## 4. PERIFERICO SUR

Con una longitud de 2.1 km y 4 carriles (2 por sección), esta parte del Anillo Periférico corre desde su cruce con el Periférico Oriente (3) hasta su cruce con el Blvd. Vildosóla (10). Este periférico en su extremo oriente constituye la salida a la Carretera a Sahuaripa, por lo que es utilizada en su mayoría por vehículos de carga.

## 5. BOULEVARD GARCIA MORALES

Tiene su inicio en el Aeropuerto (salida a Bahía Kino), y corre hasta la intersección del Periférico Poniente (1) con una longitud aproximada de 4.5 km; la sección transversal presenta 4 carriles por sentido con un ancho de calzada de 12 m y camellón central de ancho variable..

## 6. BOULEVARD LUIS ENCINAS

Es la continuación del Blvd. García Morales; constituye la principal vía de la ciudad y va de oriente a poniente y viceversa; tiene cerca de 9 km de largo, desde su inicio en Periférico Poniente (1), hasta el final en Periférico Oriente (3). El cruce más conflictivo se presenta en la intersección que forma con la calles de Rosales (9) y Blvd. Rodríguez (8). Tiene cruce con los principales ejes secundarios que corren ya sea de norte a sur o de sur a norte.

## 7. BOULEVARD FCO. KINO

Constituye la vialidad más peligrosa del sistema, pues registra una cantidad considerable de accidentes. Este corredor va desde su intersección con el Blvd. Morelos (12) hasta el cruce con el Periférico Norte (2), lugar donde después se convierte en la salida a Nogales. El Blvd. Kino se encuentra operando sin semáforos en toda su extensión, no obstante de ser una vialidad primaria (de ahí su gran peligrosidad). Su configuración geométrica es de tres cuerpos, dos laterales de dos carriles cada con sentido único, y un cuerpo central de 4 carriles, dos por sentido sin camellón separador. El camellón que separa el cuerpo central de los laterales tiene 3 m de ancho con vegetación y árboles ornamentales, y es interrumpido aproximadamente a cada 100 m para dar los accesos locales. La zona en la que se encuentra el corredor (zona hotelera y comercial) repercute en la generación de un gran volumen de tránsito local importante. En los carriles laterales hay estacionamiento continuo adyacente a la banqueta, restando solamente un carril para circulación.

## 8. BOULEVARD ABELARDO L. RODRIGUEZ

Continuación del Blvd. Kino (7), con una longitud aproximada de 1 km, que inicia en el cruce con Blvd. Morelos hasta el cruce con Blvd. Encinas y Rosales. este último cruce es quizá el más conflictivo de toda la ciudad, pues en esta zona se localiza la Universidad de Sonora, así como el Museo y es paso obligado para ir al centro de la ciudad. A diferencia de su predecesora, ya tiene una configuración más sencilla y segura, con dos sentidos de 4 carriles cada uno, separados por un camellón de 6 metros de ancho. En este tramo, los volúmenes son alrededor de 2200 vehículos por sentido en hora pico, existiendo en su extensión 6 semáforos.

## 9. ROSALES

Representa la continuación de la vialidad anterior (9), y hasta su entronque con el Blvd. Serna (15). Tiene una longitud aproximada de 2 km, con un ancho de calzada de 14 m, con circulación de 3 carriles por sentido; en el camellón central existen señalamientos en el pavimento para dar vueltas a la izquierda. presenta una intensidad de más de 2,000 vehículos al día.

## 10. BOULEVARD VILDOSOLA

Continuación de la calle de Rosales (9), tiene una longitud aproximada de 6 km, su intersección principal es con el periférico Sur, donde después se convierte en la salida a Guaymas; el ancho de la calzada es de aproximadamente 20 m, con 3 carriles por sección.

## 11. BOULEVARD NAVARRETE

Desde la intersección con el Periférico Poniente (1) hasta su incorporación con el Blvd. Luis Encinas (6) frente al Hospital General, esta vialidad cuenta con una longitud de 2.55 km y con 4 carriles por sentido con un ancho aproximado de 3 m por carril. Cuenta con un camellón central de 4m con vegetación y árboles ornamentales.

## 12. BOULEVARD MORELOS

Tiene su inicio en el cruce con el Blvd. López Portillo (14) hasta su intersección con el Blvd. Kino (7). La sección transversal del Blvd. es dos secciones, con 4 carriles de circulación en ambos sentidos; posee un camellón central de 6 m de ancho y banquetas laterales de aproximadamente 2.5 m de ancho.

### 13. BOULEVARD LAZARO CARDENAS

Corre de la Intersección con el Periférico Poniente (1) hasta la intersección con la Av. Reforma (18) y Periférico Norte (2). Su longitud es de 2.4 km aproximadamente, con 4 carriles de circulación en cada sentido.

### 14. BOULEVARD LOPEZ PORTILLO

Su longitud es de aproximadamente 3.7 km, 2 carriles por sentido. Corre desde el Blvd. Lázaro Cárdenas (13) hasta su cruce con el Blvd. Morelos (12). Cuenta con una extensión aproximada de 2.5 km. y presenta un volumen de tránsito de alrededor de 1,500 vehículos por día. Esta vialidad es la última hacia la parte norte, que se encuentra dentro de la vialidad primaria.

### 15. BOULEVARD SERNA

Vialidad que corre de poniente a oriente y viceversa, paralela al cauce del Río Sonora. Su recorrido es del Periférico Poniente (1) al Periférico Oriente (3). Presenta una extensión aproximada de 4.7 km, con 3 carriles en cada sentido.

## 2.2.2 VIALIDAD SECUNDARIA

La vialidad secundaria se caracteriza por tener un menor volumen de tránsito que las vialidades primarias, son alimentadas por calles locales, y a su vez son aportadoras de volúmenes vehiculares a las vialidades primarias, así como de presentar en su mayoría sentidos únicos de circulación. Se implementó hace poco tiempo por parte de la Dirección de Planeación y Desarrollo del Municipio, un sistema de "Pares Viales" secundarios, con objeto de buscar una mayor fluidez en las vialidades. Estos pares se consideran parte de la vialidad secundaria.

Estos "Pares Viales" ayudan a distribuir los viajes de la ciudad y además sirven para aumentar la fluidez vehicular en sentidos únicos de circulación; este sistema se basa en calles paralelas, en el cual una de las calles toma el volumen vehicular en un sentido y su paralela toma el volumen de tránsito en el sentido opuesto; el estacionamiento a lo largo de estos ejes viales está restringido, para aprovechar al máximo el ancho de calzada.

Dentro de las vialidades secundarias se tienen las siguientes:

### 16. GENERAL REYES

Eje vial que corre de sur a norte y que tiene una longitud de aproximadamente 4.9 km. Presenta 3 carriles de circulación en un solo sentido. Comienza en el Blvd. Luis Encinas (6) y finaliza en el Blvd. López Portillo (14).

### 17. GENERAL PIÑA

Par vial del anterior con sentido de circulación de norte a sur, y longitud aproximada de 4.5 km. Inicia en el Blvd. López Portillo y finaliza en la calle de Gastón Madrid (a espaldas del Hospital General).

### 18. AV. DE LA REFORMA

Vialidad que muestra dos etapas de desarrollo vial. En la primera que va del Blvd. Serna (15) al Blvd. Luis Encinas, presenta 2 sentidos de circulación con 2 carriles por sentido. En la segunda etapa que va del Blvd. Luis Encinas al Blvd. López Portillo, se muestra como eje vial corriendo de sur a norte con 4 carriles de circulación.

### 19. FRANCISCO MONTEVERDE

Representa el par vial de norte a sur del eje anterior. Su recorrido de 3.8 km inicia en el Blvd. López Portillo y finaliza en el Blvd. Luis Encinas, con un número de carriles variable de 3 a 4.

### 20. DR. OLIVARES

Presenta 2 etapas de circulación. Corre en ambos sentidos desde el cruce con el Periférico Poniente hasta llegar al Blvd. Luis Encinas, con 2 carriles de circulación por sentido y 2.2 km de longitud. Pasando esta última intersección, se convierte en eje vial en sentido sur-norte con 3 carriles, 3.2 km de longitud, y finalizando en el Blvd. López Portillo.

### 21. LOPEZ DEL CASTILLO

Par vial de Dr. Olivares, con sentido de norte a sur, 4 carriles y aproximadamente 3 km de extensión. Comienza y finaliza en Blvd. López Portillo y Blvd. Luis Encinas, respectivamente.

### 22. VERACRUZ

Eje que corre de poniente a oriente, con 1.9 km de extensión y 4 carriles de circulación. Inicia en el Blvd. Luis Encinas y finaliza en el Blvd. Rodríguez.

### 23. NAYARIT

Corre de oriente a poniente (par vial de Veracruz); tiene su inicio en Blvd. Rodríguez y término en Blvd. Luis Encinas, presenta 3 carriles de circulación y 2.1 km de desarrollo.

### 24. JOSE S. HEALY

Corre de la calle de Soyopa hasta el eje vial Gral. Reyes. Cuenta con una longitud de 2.45 km, 4 carriles de circulación y dirección en sentido poniente-oriente.

### 25. JOSE CARMELO

Par vial de José S. Healy en dirección oriente-poniente, con 4 carriles de 3.5 m de ancho c/u, 2.85 km de extensión, tiene su inicio en la calle Gral. Reyes y finaliza en el Periférico Poniente.

**26. JOSE MA. MENDOZA**

Vialidad de ambos sentidos (poniente-oriente y viceversa) con 2.85 km de longitud y 2 carriles por sentido. Principia en Graf. Reyes y finaliza en el Periférico Poniente.

**27. NORBERTO AGUIRRE P.**

Esta calle es mejor conocida en la localidad como Yucatán, nombre que tenía en un principio y que después le fue cambiado. Presenta doble sentido de circulación con 3 carriles por sentido en el tramo correspondiente a Periférico Poniente-Rosales; pasando este punto y hasta el Blvd. Luis Encinas reduce el número de carriles a 2 por sentido.

**28. DR. NORIEGA**

Vialidad que cruza el centro histórico en sentido oriente-poniente y viceversa, iniciando en el Blvd. Luis Encinas y finalizando en la calle de Rosales. Cuenta con 2 carriles de circulación por sentido y aproximadamente 3.7 km de recorrido.

**29. AQUILES SERDAN**

Al igual que la anterior, pero de menor extensión (cerca de 2.1 km), ya que inicia también en la calle de Rosales pero finaliza en el Parque Infantil del DIF.

**30. DR. PALIZA**

Esta vialidad es la que cruza la zona administrativa y de gobierno; corre de oriente-poniente y de poniente-oriente (doble sentido), en el tramo correspondiente a Periférico Poniente-Rosales.

**31. GENERAL YAÑEZ**

Cruza el centro histórico y comercial. De sentido norte-sur desde Aquiles Serdán hasta el eje vial Nayarit, 2.7 km de largo y 3 carriles de circulación.

**32. GARMENDIA**

Con las mismas características que la vialidad anterior (ya que representa su par vial), pero en sentido sur-norte.

**33. MATAMOROS**

Corre de norte a sur del Blvd. Rodríguez, cruzando el centro de la ciudad, y hasta la calle de Aquiles Serdán. Tiene un recorrido de 1.9 km y 4 carriles de circulación.

**34. BENITO JUAREZ**

Al igual que el anterior, pero en sentido opuesto, y con una extensión un poco mayor (2.05 km).

### 35. REVOLUCION

Con longitud de 2.4 km, esta vialidad de ambos sentidos con 2 carriles por sentido representa el límite oriente de la zona centro. Corre de la calle de Aquiles Serdán al Blvd. Kino.

### 36. BALDERRAMA, FCO. VILLA

Una de dos únicas vialidades secundarias al sur de la ciudad. Corre de oriente a poniente con 4 carriles de circulación con aproximadamente 1.95 km. Toma el nombre de Baldearia en el tramo Vildosóla-Periférico Poniente, para de ahí cambiar al de Francisco Villa hasta la calle de Lázaro Cárdenas.

### 37. LAZARO CARDENAS, JACARANDA

La segunda y última vialidad hacia el sur de la ciudad. Representa el par vial de la anterior, y comienza precisamente en la intersección con ella hasta el Periférico Oriente, Tramo que toma el nombre de Lázaro Cárdenas, para de ahí tomar el nombre de Jacaranda hasta Vildosóla. Consta de 3 carriles en dirección poniente-oriental y con una longitud de 2.15 km.

## 2.2.3 VIALIDAD DE ACCESOS A COLONIAS

Recordando lo mencionado en el capítulo anterior, en donde se describieron los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Urbano, que entre otros se tienen:

- Efectuar programas de accesos viales a zonas marginales, a las suburbanas y a las rurales en las áreas de influencia de las ciudades.
- Estructurar adecuadamente la calidad urbana para dar fácil acceso al transporte público hacia las zonas populares ubicadas en la periferia de las ciudades.

Tomando estas primicias, la tercera clasificación del sistema vial no responde a relacionar estas vialidades con características como son el volumen de tránsito, el número de carriles o velocidad de recorrido, sino a aquellas vialidades que lejos de ser importantes vías captadoras de tránsito, constituyen el enlace de las zonas marginales del área urbana con el resto de la ciudad y que aparte son las que ocupa el transporte público para dar servicio a estas regiones.

Son en su mayoría, en el caso de esta ciudad, vialidades carentes de una superficie de rodamiento adecuada, pues presentan en gran número de ellas apenas terracería en regular estado. Estas vialidades son también en su mayoría extremos de los ejes viales secundarios (una vez que dejan de serlo), principalmente los del norte de la ciudad, zona en donde se está canalizando el desarrollo de la misma y en donde se tiene contemplado extender los mismos. Puesto que las vialidades pertenecientes a este género no forman parte de la red principal estrictamente hablando, fueron señaladas en el plano correspondiente, pero sin tener un número de inventario propio. El análisis detallado de este tipo de vialidades se explica en los capítulos correspondientes al transporte público y al mantenimiento vial.

En la tabla 2.1 se muestra el resumen del sistema o red vial actual, en donde se pueden apreciar todos los datos relevantes de cada una de las vialidades consideradas en este estudio.

Asimismo, el plano 2.1 nos presenta la localización de los tres diferentes tipos de vialidades clasificadas, con su respectivo número de inventario para el caso de las vialidades primarias y secundarias, el cual corresponde al número utilizado en los incisos anteriores.

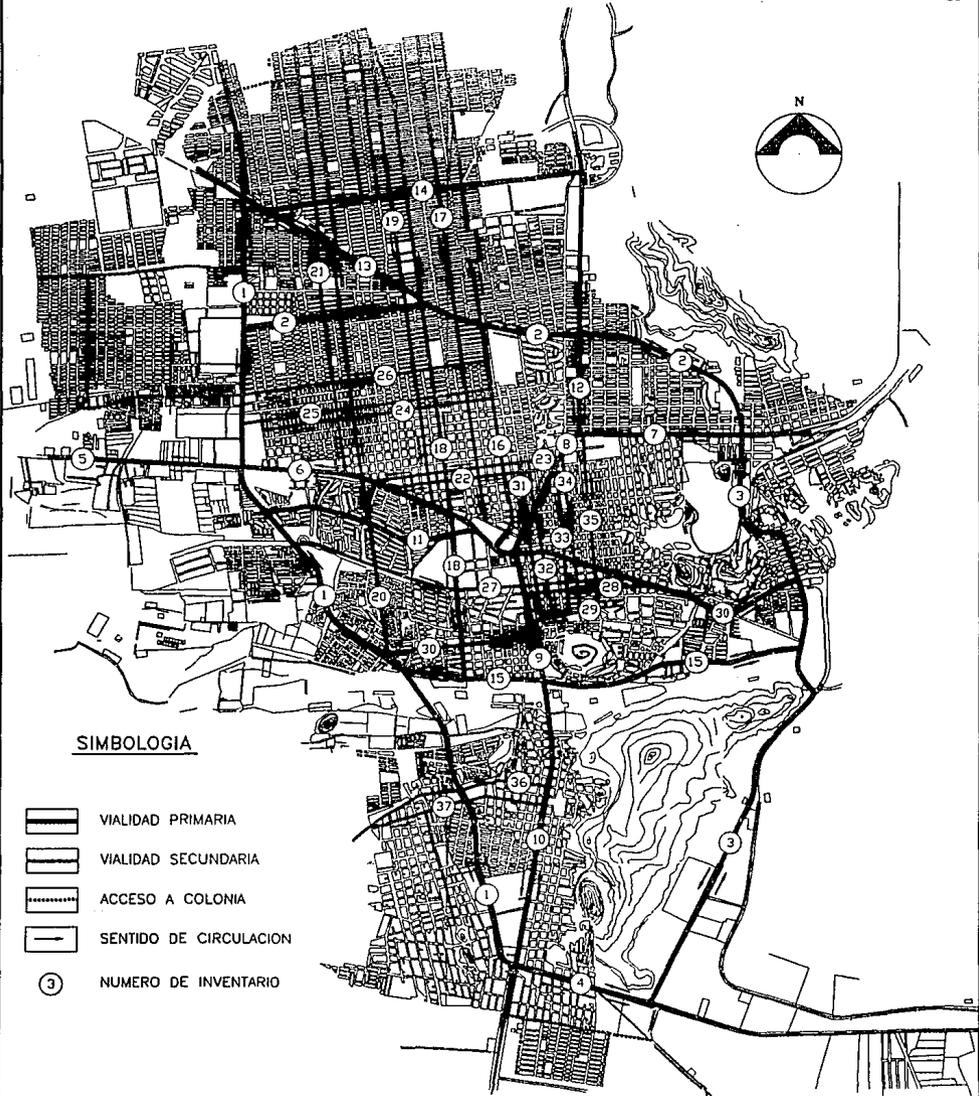
No.	NOMBRE DE CALLE O CALLES	TRAMO	LONGITUD en km.	No. DE CARR POR SENTIDO	SENTIDOS orientación y num. de sentidos
<b>V. PRIMARIA</b>					
1	Periférico Poniente	de L. Cárdenas a Blvd. Vildosola	11.00	4	N-S, S-N (2)
2	Periférico Norte	de Perif. Pte. a Blvd. Kino	4.50	2	P-O, O-P (2)
3	Periférico Oriente	de Blvd. Kino a Perif. Sur	7.50	2	N-S, S-N (2)
4	Periférico Sur	de Blvd. Vildosola a Perif. Ote.	2.10	2	P-O, O-P (2)
5	Blvd. García Morales	de Carr. a Bahía Kino a Perif. Pte.	4.50	4	P-O, O-P (2)
6	Blvd. Encinas	de Perif. Pte. a Perif. Ote.	9.00	4,3,2	P-O, O-P (2)
7	Blvd. Fco. Kino	de Blvd. Morelos a Perif. Nte.	1.90	4	P-O, O-P (2)
8	Blvd. A. L. Rodríguez	de Blvd. Morelos a Blvd. Encinas	1.00	4	N-S, S-N (2)
9	Rosales	de Blvd. Rodríguez a Blvd. Serna	2.00	3	N-S, S-N (2)
10	Blvd. Vildosola	de Blvd. Serna a Perif. Sur	6.00	3	N-S, S-N (2)
11	Blvd. Navarrete	de Perif. Pte. a Blvd. Encinas	2.55	4	P-O, O-P (2)
12	Blvd. Morelos	de López P. a Blvd. Kino	3.30	4	N-S, S-N (2)
13	Blvd. Lázaro Cárdenas	de Perif. Pte. a Av. Reforma	2.40	4	P-O, O-P (2)
14	Blvd. López Portillo	de L. Cárdenas a Blvd. Morelos	3.70	2	P-O, O-P (2)
15	Blvd. Serna	de Perif. Pte. a Perif. Ote.	4.70	3	P-O, O-P (2)
<b>V. SECUNDARIA</b>					
16	Gral. Reyes	de Blvd. Encinas a Blvd. López P.	4.90	3	S-N (1)
17	Gral. Piña	de Blvd. López P. a G. Madrid	4.50	3	N-S (1)
18	Av. Reforma	de Blvd. Serna a Blvd. López P.	6.50	2,4	N-S, S-N (2); S-N (1)
19	Fco. Monteverde	de Blvd. López P. a Blvd. Encinas	3.80	3,4	N-S (1)
20	Dr. Olivares	de Perif. Pte. a Blvd. López P.	5.40	2,3	N-S, S-N (2); S-N (1)
21	López del Castillo	de Blvd. López P. a Blvd. Encinas	3.00	4	N-S (1)
22	Veracruz	de Blvd. Encinas a Blvd. Rodríguez	1.90	4	P-O (1)
23	Nayarit	de Blvd. Rodríguez a Blvd. Encinas	2.10	3	O-P (1)
24	José S. Healy	de Soyopa a Gral. Reyes	2.45	4	P-O (1)
25	José Carmelo	de Gral. Reyes a Perif. Pte.	2.85	4	O-P (1)
26	José Ma. Mendoza	de Perif. Pte. a Gral. Reyes	2.85	2	P-O, O-P (2)
27	Norberto Aguirre	de Perif. Pte. a Blvd. Encinas	4.00	3,2	P-O, O-P (2)
28	Dr. Noriega	de Blvd. Encinas a Rosales	3.70	2	P-O, O-P (2)
29	Aguiles Serdán	de Rosales a Parque Infantil D.I.F.	2.10	2	P-O, O-P (2)
30	Dr. Paliza	de Perif. Pte. a Rosales	1.45	2	P-O, O-P (2)
31	Gral. Yáñez	de A. Serdán a Nayarit	2.70	3	N-S (1)
32	Garmendia	de Nayarit a A. Serdán	2.70	3	S-N (1)
33	Matamoros	de Blvd. Rodríguez a A. Serdán	1.90	4	N-S (1)
34	Benito Juárez	de A. Serdán a Blvd. Rodríguez	2.05	4	S-N (1)
35	Revolución	de A. Serdán a Blvd. Kino	2.40	2	N-S, S-N (2)
36	Balderrama, Fco. Villa	de Blvd. Vildosola a L. Cárdenas	1.95	4	O-P (1)
37	L. Cárdenas, Jacarando	de Fco. Villa a Blvd. Vildosola	2.15	3	P-O (1)

TABLA 2.1 RESUMEN DE LAS VIALIDADES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS INVENTARIADAS

## 2.3 ANALISIS DE ACCIDENTES

### 2.3.1 APLICACIONES

Uno de los grandes problemas que genera el crecimiento desordenado de las ciudades, lo constituye el incremento de los accidentes de tránsito y la importancia de su conocimiento estriba en el hecho de abatir su incidencia, ya que las tasas que se obtienen año con año tienden a incrementarse. Dentro del diagnóstico presentado para la ciudad en cuestión, el problema de los accidentes toma un lugar especial, debido a la alta incidencia de ellos dentro de algunas vías principales.



**SIMBOLOGIA**

-  VIALIDAD PRIMARIA
-  VIALIDAD SECUNDARIA
-  ACCESO A COLONIA
-  SENTIDO DE CIRCULACION
-  NUMERO DE INVENTARIO



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO  
EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

**SISTEMA VIAL PRINCIPAL**

ESCALA 1:57500  
ESTUD. PROFESIONAL  
FRANCISCO JARIN  
GRANADOS VILLALUENTE  
FECHA: ENERO 1984

PLANO No. **2** de **1**



La mayoría de los accidentes de tránsito son el resultado de la falta de precaución o del comportamiento peligroso de los peatones o conductores. Sin embargo, la probabilidad de que ocurra un accidente, así como su gravedad, puede reducirse con una adecuada instalación de los dispositivos para el control del tránsito y un buen proyecto de las características geométricas del camino.

Los datos de accidentes, tabulados y analizados, pueden ser utilizados por los ingenieros de tránsito, principalmente para los casos siguientes:

1. Para definir e identificar lugares con alta incidencia de accidentes.
2. Para justificar alguna acción positiva o negativa a las peticiones del público, relacionadas con la instalación de algún dispositivo para el control del tránsito.
3. Para justificar la inversión en mejoras importantes para prevenir o reducir los accidentes.
4. Para proponer cambios a los reglamentos de tránsito.
5. Para determinar la necesidad de mejorar el alumbrado público.

El conocimiento pleno de los accidentes nos permite saber la situación que prevalece en un punto determinado en donde su incidencia nos indica que en un crucero, punto o intersección es conflictivo y de acuerdo a los parámetros de tipo de accidente, causa aparente, lugar, fecha y hora, nos permite tomar con exactitud las medidas y/o acciones adecuadas para resolver el problema existente con la consecuente disminución del mismo.

Se entiende por accidente a un hecho súbito de presentación rápida o instantánea, inesperado, imprevisible e inevitable en el momento que tiene lugar, seguido de lesiones, la muerte y/o daños materiales, que pueden interrumpir un proceso de productividad y en el cual, el factor humano interviene como elemento causal en la mayor parte de las veces.

La aplicación directa que se hizo en este análisis de accidentes, fue para poder determinar aquellos cruces conflictivos que presentaron una alta incidencia de accidentes, así como para determinar puntos específicos para realizar estudios más detallados, para posteriormente analizar las causas que los provocaron en el apartado "Análisis de cruces conflictivos".

### 2.3.2 ESTADISTICAS DE ACCIDENTES

Los registros de la cantidad de accidentes son de gran valor estadístico. Las principales fuentes de datos de accidentes son los departamentos locales (ciudad o municipio) y estatales de policía y transporte. Los policías de tránsito son responsables de hacer la investigación directa, en el lugar de los hechos y de registrar los datos pertinentes, en un reporte de accidente.

Los datos estadísticos de mayor interés para los ingenieros de tránsito incluyen los siguientes:

- Posición y dirección de todos los vehículos antes del accidente, incluyendo los parados o estacionados.
- Hora, día de la semana y fecha.
- Tipo general del accidente y forma de la colisión.
- La gravedad del accidente (muertos, lesionados o únicamente daños materiales).

Entre los diferentes tipos de colisiones se tienen los siguientes:

- a) Colisión en ángulo recto entre vehículos que entran o cruzan.
- b) Colisiones de vueltas izquierdas contra vehículos que se aproximan en dirección contraria.

- c) Alcances de vehículos.
- d) Colisiones de vehículos contra peatones (atropellamientos).
- e) Colisiones entre vehículos viajando en la misma dirección, involucrando vueltas, cambios de carril o golpes laterales.
- f) Colisiones de frente.
- g) Vehículos que se salen del camino en curvas o cambios de sección transversal.
- h) Colisiones con objetos fijos cercanos al acotamiento del camino o cerca de la intersección.
- i) Colisiones contra vehículos estacionados.

Dentro de la Ciudad de Hermosillo se tienen las estadísticas correspondientes a los últimos 8 años, analizando un total de 39,406 partes de accidentes. La tabla 2.2 resume los datos de este período de tiempo, en cuanto a cantidad de accidentes totales.

AÑO	ACCIDENTES	C H O Q U E S		ATROPELLADOS	
	TOTALES	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
1985	4233	3679	86.91	276	6.52
1986	4630	3990	86.18	263	5.68
1987	4321	3869	89.54	283	6.55
1988	4452	3991	89.65	281	6.31
1989	4836	4356	90.07	314	6.49
1990	4884	4417	90.44	245	5.02
1991	5461	4961	90.84	270	4.94
1992	6589	6036	91.61	293	4.45
TOTAL:	39406	35299			

TABLA 2.2 ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTES PERIODO 1985-1992

De la tabla anterior se puede observar que el incremento de los accidentes en Hermosillo ha ido en ascenso, y que de esos accidentes, un gran porcentaje son de choques, los cuales también han estado aumentando considerablemente hasta representar casi el 92 % en el último año. En cuanto a los atropellados, las cifras muestran que la cantidad de éstos ha estado variando, pero en los 2 últimos años la tendencia del porcentaje es a disminuir. Las gráficas 2.1 y 2.2 muestran el comportamiento de choques y accidentes respectivamente, en el periodo 1985-1992.

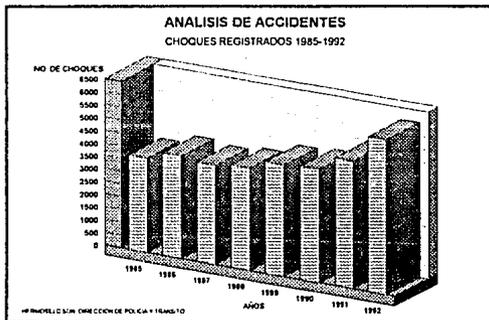


FIG. 2.1 CHOQUES REGISTRADOS ENTRE 1985-1992

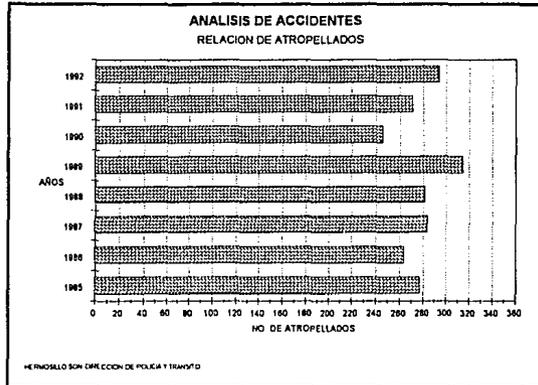


FIG. 2.2 ATROPELLAMIENTOS REGISTRADOS ENTRE 1985-1992

Las estadísticas nos muestran también que el índice de atropellados ocurridos en los 8 años, en promedio es de 5.7 % del total de accidentes, de los cuales el 40 % de los atropellados es causa de la imprudencia del peatón. La mayoría de los atropellamientos ocurren en media calle al momento de salir el peatón interpestivamente de entre los vehículos estacionados, por no contar con la suficiente visibilidad.

La tabla 2.3 presenta un listado de las principales vialidades de la ciudad con el total de accidentes ocurridos en los 2 últimos años, y en la que se muestra además, el porcentaje de incremento o disminución de los mismos. De este listado se eligieron el Blvd. Francisco Kino y la calle de Rosales para realizar un estudio más detallado, el cual se explicará en el siguiente apartado. El Blvd. Luis Encinas no obstante que muestra un incremento pequeño de accidentes, es el que presenta el mayor número de accidentes en los dos últimos años, por lo que se eligió para realizar en él, el estudio de velocidades de recorrido y demoras, explicado más adelante.

La selección del Blvd. Kino obedece, a que es la única vialidad primaria en todo el sistema que no presenta en toda su extensión ni un solo semáforo (únicamente existe uno en donde termina), a diferencia de las otras 4 vialidades (tres de ellas secundarias) que estuvieron por encima de ella en cuanto al incremento de accidentes, por lo que fue necesario detallar las causas que originaron este considerable aumento en el número de accidentes, ya que esta es una vialidad muy importante dentro del esquema vial de la ciudad.

Por otro lado, la calle de Rosales fue seleccionada debido a que, aparte de presentar un incremento considerable de accidentes de un año a otro, es la calle que representa el límite poniente del centro histórico y por otro lado, el límite oriente de la zona administrativa, lo que hace de esta vialidad un punto estratégico de captación y aportación de flujo vehicular de apreciables proporciones.

Como complemento al análisis estadístico en el registro de los accidentes, se elaboró el plano 2.2, en donde se presentan los puntos y cruces más conflictivos en cuanto a frecuencia de accidentes.

V I A	1991	1992	% Δ
PERIFERICO PONIENTE	176	368	109.1
GARMENDIA	1	20	95.0
DR. PALIZA	5	19	73.7
GRAL. YAÑEZ	39	64	64.1
BLVD. FCO. KINO	136	216	58.8
BLVD. NAVARRETE	41	63	53.6
JOSE MA. MENDOZA	93	140	50.5
PERIFERICO ORIENTE	90	121	34.4
PERIFERICO NORTE	148	193	30.4
ROSALES	98	126	28.5
VERACRUZ	63	78	23.8
JOSE S. HEALY	69	85	23.2
BLVD. LOPEZ PORTILLO	132	162	22.7
BLVD. ROSALES	118	144	22.0
BLVD. LUIS ENCINAS	305	355	16.4
GRAL. REYES	26	30	15.4
AV. REFORMA	160	183	14.3
BLVD. RODRIGUEZ	172	190	10.5
PERIFERICO SUR	27	29	7.4
BENITO JUAREZ	57	61	7.0
BLVD. VILDOSOLA	120	128	6.6
BLVD. LAZARO CARDENAS	80	84	5.0
BLVD. MORELOS	59	62	5.0
REVOLUCION	29	30	3.4
GRAL. PINA	72	74	2.7
BLVD. GARCIA MORALES	58	59	1.7
NORBERTO AGUIRRE	69	67	-2.8
NAYARIT	84	78	-7.1
LOPEZ DEL CASTILLO	36	32	-11.0
DR. OLIVARES	127	111	-12.5
JOSE CARMELO	124	101	-18.5
FCO. MONTEVERDE	88	74	-15.9
MATAMOROS	29	22	-24.1
BLVD. SERNA	25	17	-32.0

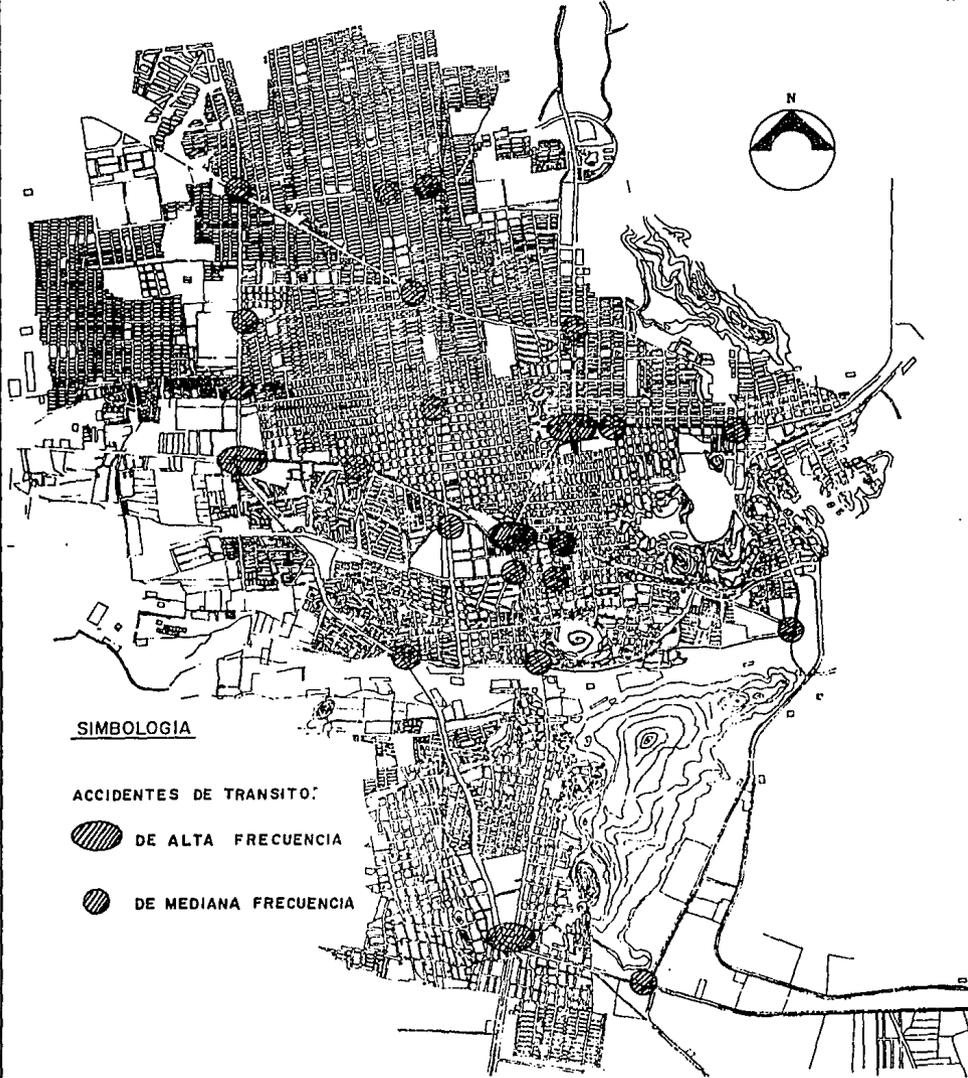
TABLA 2.3 ACCIDENTES OCURRIDOS EN LAS PRINCIPALES VIALIDADES DE LA CIUDAD.

### 2.3.3 ANALISIS Y RESUMEN DE LOS DATOS

El procedimiento para análisis de accidentes de tránsito puede seguir los siguientes cuatro pasos básicos<sup>2</sup>:

1. Obtener informes adecuados de los accidentes.
2. Seleccionar los lugares de alta frecuencia de accidentes, en orden de importancia.
3. Hacer un resumen de los hechos.
4. Analizar el resumen de los hechos y los datos de campo y proponer el tratamiento correctivo.

<sup>2</sup> Asociación Mexicana de Caminos, "Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito", 1976.



**SIMBOLOGIA**

- ACCIDENTES DE TRANSITO:**
-  DE ALTA FRECUENCIA
  -  DE MEDIANA FRECUENCIA



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

CRUCEROS CON MAYOR FRECUENCIA DE ACCIDENTES

ESCALA: 1:97500  
 TESIS PROFESIONAL  
 FRANCISCO JAVIER GARRANOS VILLAFUERTE  
 FECHA: ENERO 1994

PLANO No. **2.2**



Los dos primeros pasos se realizaron en el apartado anterior, por lo que en este caso solo resta definir el tercer paso, pues el cuarto paso se realizará en el capítulo correspondiente a "Conclusiones y recomendaciones".

Se realizan para el tercer paso en cada punto seleccionado, resúmenes del número total de accidentes ocurridos, tipo de accidente (tal como golpe lateral, alcance, etc.), causas que los provocaron (ebriedad, descontrol, virar indebidamente, etc.), estado del tiempo, día, hora, y tipo de vehículo.

Para el caso de las vialidades seleccionadas se realizaron resúmenes del número de accidentes registrados, en que intersecciones, causas que los provocaron y tipo de accidente registrado.

En las gráficas 2.3 y 2.4 se presentan las causas y los tipos, respectivamente, que provocaron los accidentes en el Blvd. Kino. El número total de accidentes registrados sobre el Blvd. Kino fue de 168, mientras que en la calle de Rosales, el número total de accidentes inventariados fue de 141.

De la primera gráfica podemos concluir que el principal factor causal de choques, es que los conductores viran indebidamente hacia cualquier punto fuera del arroyo vehicular (generalmente hacia la izquierda), seguido por no guardar la distancia debida. De la segunda, se concluye que el principal tipo de choque que se presenta en esta arteria es el de ángulo recto, seguido por golpes laterales. Recordando que esta vialidad no presenta semaforización en toda su extensión, se pueden correlacionar los tipos de accidente con este hecho, pues no existiendo semáforos, los conductores se internan al arroyo central por los entronques laterales sin ninguna precaución, produciéndose los alcances rectos y laterales.

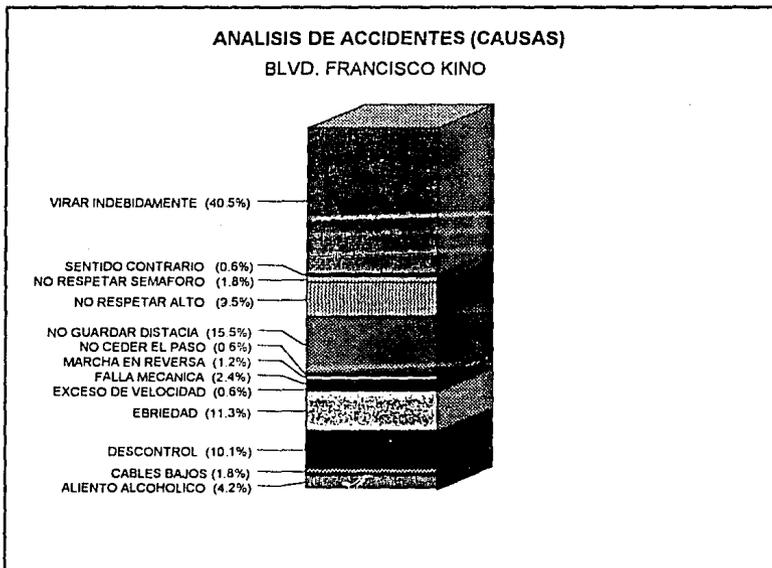


FIG. 2.3 PRINCIPALES CAUSAS DE ACCIDENTES EN EL BLVD. KINO

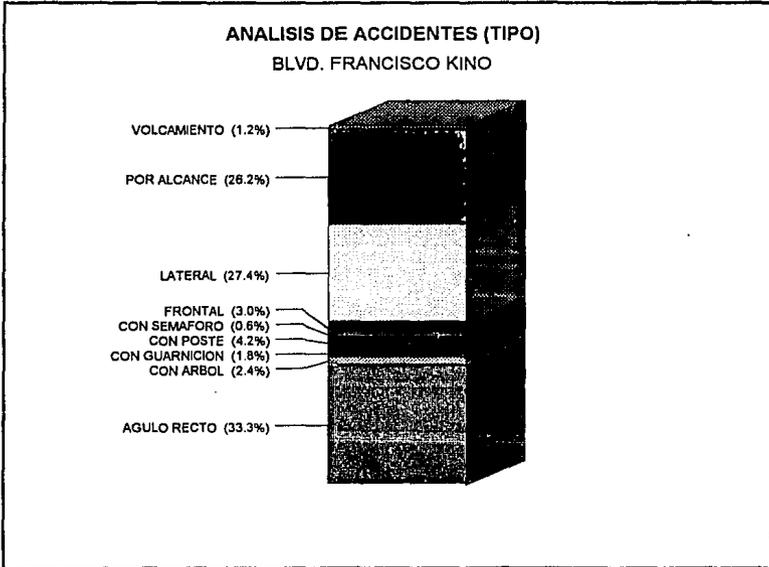


FIG. 2.4 PRINCIPALES TIPOS DE COLISIONES REGISTRADAS EN EL BLVD. KINO

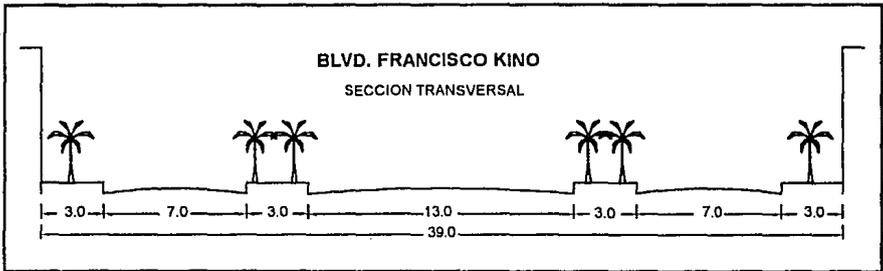


FIG. 2.5 SECCION TRANSVERSAL TIPO DEL BLVD. KINO

En la ilustración anterior (fig. 2.5) se presenta la sección transversal del Blvd. Kino, en donde se puede apreciar el ya descrito arroyo central, en el cual se circula en doble sentido (dos carriles por sentido); también se pueden distinguir los carriles laterales (también dos por sentido), que en algunas ocasiones no permiten el libre flujo vehicular, dado que el estacionamiento en ellos está permitido, dejando solo un carril de circulación, con el consecuente entorpecimiento del accionar vehicular.

Del análisis llevado a cabo en la calle de Rosales, se llegó al siguiente diagnóstico:

- ✓ La principal causa por la que ocurren los accidentes en esta vía, son debido a que los conductores no guardan la distancia debida, por lo que al ocurrir un paro repentino del automóvil de adelante, el de atrás no tiene tiempo de frenar produciéndose el alcance; otra de las causas principales, es que debido a que las vueltas izquierdas están permitidas, muchos conductores viran hacia su lado izquierdo sin tener precaución de los automóviles que vienen en sentido contrario. La distribución porcentual de las principales causas por las que ocurren accidentes en Rosales se muestra en la figura 2.6, mientras que en la figura 2.7 se tiene la sección transversal del arroyo, en donde se puede apreciar la configuración vial que muestra la calle.
- ✓ Entre los principales tipos de percances registrados sobre Rosales y que provocaron una gran cantidad de accidentes viales, destaca el alto porcentaje de colisiones del tipo lateral, debido a que los automovilistas de las calles paralelas a la calle en estudio, entran repentinamente a ésta, produciéndose los percances laterales, generalmente a 45°. El alto flujo vehicular que entra y sale de las zonas administrativa y comercial hace que este tipo de alcances sean más frecuentes. La figura 2.8 presenta los principales tipos de colisiones, con los respectivos valores acontecidos en la calle de Rosales.

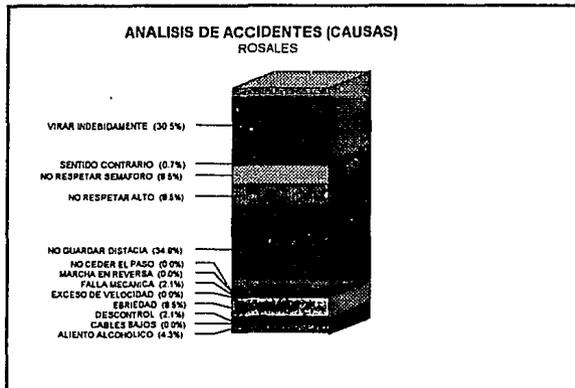


FIG. 2.6 PRINCIPALES CAUSAS DE ACCIDENTES EN ROSALES

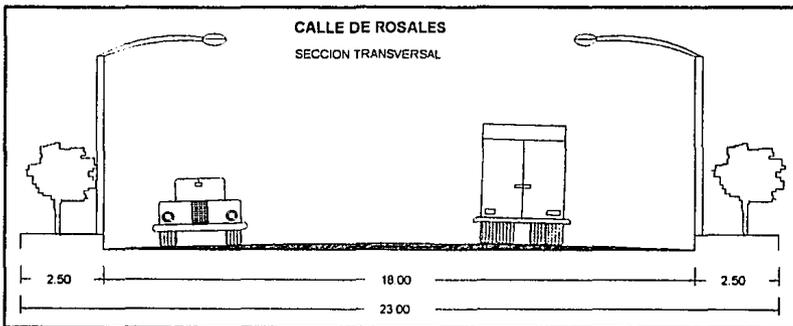


FIG. 2.7 SECCION TRANSVERSAL TIPO DE ROSALES

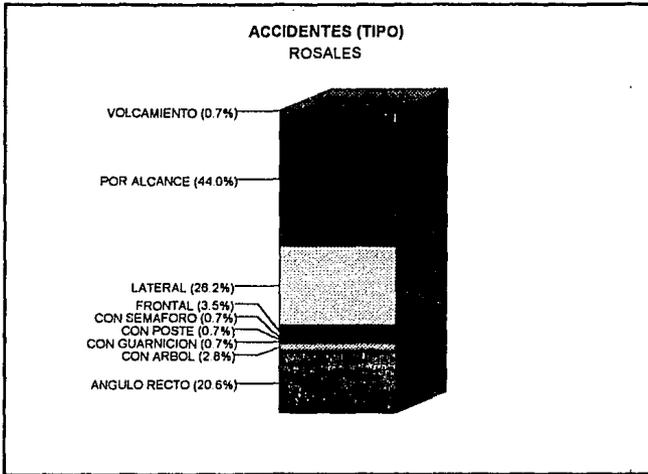


FIG. 2.8 TIPOS DE COLISION REGISTRADOS EN LA CALLE DE ROSALES

Las siguientes dos gráficas (figs. 2.9 y 2.10) muestran una comparación de los tipos y causas de los accidentes registrados en las dos vialidades analizadas. Las conclusiones con respecto a este análisis se dan en el último capítulo.

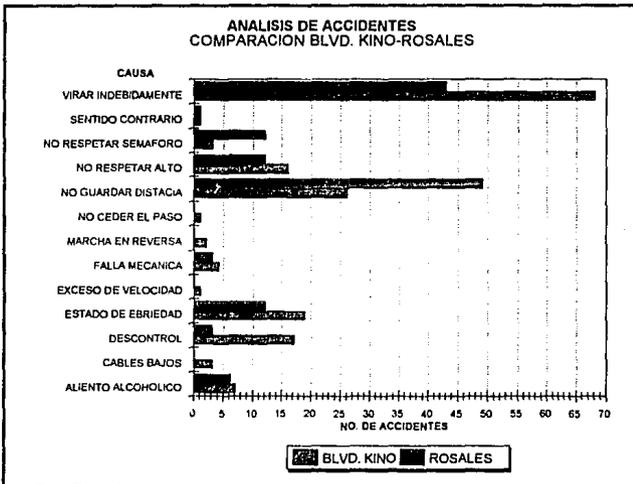


FIG. 2.9 COMPARACION DE LAS CAUSAS DE PERCANCES ENTRE BLVD. KINO Y ROSALES

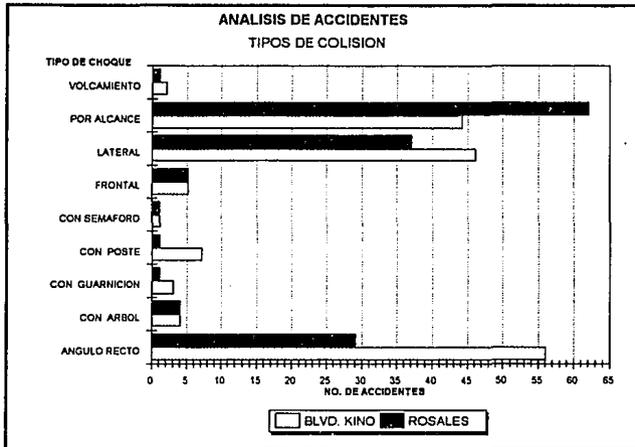


FIG. 2.10 COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE COLISION REGISTRADOS EN EL BLVD.KINO Y ROSALES

Como último aspecto referente a este apartado sobre el análisis de accidentes, se trazó el plano 2.3, en donde se aislaron los dos larguillos (largo total de la vialidad) analizados y mostrando las intersecciones más conflictivas con su correspondiente número de percances registrados; este plano se realizó con la finalidad de conocer los puntos más conflictivos en cuanto al número de accidentes registrados.

## 2.4 ESTUDIO DE VELOCIDADES DE RECORRIDO Y DEMORAS

### 2.4.1 TIEMPO DE RECORRIDO Y DEMORAS

Con frecuencia, se evalúa la eficiencia de los sistemas de tránsito, en términos de velocidad vehicular, ya que ésta es un factor muy importante en todo proyecto y además es un factor definitivo para calificar la calidad del flujo vehicular. Se dispone de dos tipos de velocidad promedio para medir la calidad del movimiento del tránsito o de un tipo específico de vehículos. Una categoría de la velocidad promedio, es la velocidad mediana con base en el tiempo o velocidad media del punto, relacionado con la velocidad de punto.

Una segunda expresión de la velocidad promedio sobre un camino, es la velocidad media con base en la distancia o velocidad media de recorrido, que se calcula como la distancia recorrida, entre el tiempo medio de recorrido de varios viajes, sobre un tramo determinado de calle o camino. Este último método fue el que se utilizó en este trabajo.



La velocidad media, con base en el tiempo, es siempre mayor que la velocidad media con base en la distancia, para una muestra dada del flujo del tránsito, excepto cuando todos los vehículos están viajando a la misma velocidad. La velocidad media de recorrido o la velocidad media con base en la distancia, es determinada por medio de los estudios de tiempos de recorrido y demoras. El análisis de las demoras vehiculares permite el desarrollo de proyectos y mejoras operacionales.

Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son: evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito. La calidad del flujo se mide por las velocidades del recorrido y de marcha. En el momento del estudio, los tiempos de recorrido y de marcha son observados y convertidos posteriormente a medidas de velocidad.

La información de las demoras se registra cuando el flujo del tránsito es detenido o forzado. La duración de las demoras del tránsito se mide en unidades de tiempo, anotando el lugar en que ocurren, causa y frecuencia de las mismas, para un recorrido. Las demoras pueden ser determinadas, para recorridos a lo largo de la ruta, durante un día y hora de la semana específicos, así como en lugares seleccionados, donde existan serios problemas de tránsito.

Las demoras en una ruta se miden por medio del estudio de tiempos de recorrido y demoras, en tanto que el estudio por demoras en intersecciones, permite la evaluación de las demoras por tiempo de parada en lugares específicos de congestiónamiento del tránsito.

## 2.4.2 APLICACIONES DEL ESTUDIO

Los resultados de los estudios de tiempo de recorrido y demoras, son útiles en la evaluación general del movimiento del tránsito, dentro de un área o a lo largo de rutas específicas. Los datos de las demoras permiten al ingeniero de tránsito definir los lugares conflictivos, donde el proyecto y la mejoras operacionales pueden ser esenciales para incrementar la seguridad y la movilidad.

Una relación general de las aplicaciones de la información del tiempo de recorrido y demoras se describe a continuación:

1. Determinación de la eficiencia de una ruta, en términos del movimiento del tránsito carretero.
2. Identificación de las zonas congestionadas en el sistema vial principal.
3. Definición del congestionamiento, de acuerdo con el lugar, tipo de la demora, duración y frecuencia de las fricciones de tránsito.
4. Evaluación de la efectividad de las mejoras viales, usando estudios de "antes y después".
5. Cálculo de los costos usuario-vía para análisis económicos de las mejoras viales y de tránsito.
6. Establecimiento de las tendencias de la velocidad del recorrido, por muestreos periódicos de las rutas principales.
7. Desarrollo de rangos de suficiencia, índices de congestionamiento u otras medidas de eficiencia de rutas, para emplearlos en los programas de mejoras viales.
8. Cálculo de capacidad y volúmenes de servicio, para flujos de tránsito continuo.
9. Establecimiento de arcos de tiempo de recorrido o velocidad, para la aplicación de modelos de distribución de viajes y/o de asignación de viajes, en la planeación del transporte.
10. Realización de estudios de investigación, que involucren características de recorrido, en distancias razonables.

## DEFINICIONES

A continuación, se presentan una serie de definiciones de los conceptos que se tratarán en este análisis:

1. *Tiempo de recorrido.*- tiempo total empleado por un vehículo, para recorrer un tramo de calzada, medido en minutos.
2. *Tiempo de marcha.*- tiempo durante el cual un vehículo permanece en movimiento.
3. *Velocidad.*- relación del movimiento de un vehículo, en distancia por unidad de tiempo, como millas por hora o kilómetros por hora.
4. *Velocidad de recorrido o velocidad global.*- distancia dividida entre el tiempo total de recorrido que incluye tiempos de marcha y demoras.
5. *Velocidad de marcha.*- distancia recorrida entre el tiempo de marcha.
6. *Velocidad media con base en la distancia o velocidad media de recorrido.*- es la distancia entre el tiempo medio de recorrido de varios viajes, sobre un tramo de calzada.
7. *Velocidad media de marcha.*- es la distancia recorrida entre el tiempo medio de marcha, de varios viajes sobre un tramo de calzada.
8. *Demora.*- tiempo perdido durante un recorrido, debido a las fricciones del tránsito y a los dispositivos para el control de tránsito, expresada usualmente en minutos.
9. *Demora fija.*- componente de la demora, causada por los dispositivos para el control del tránsito sin tomar en cuenta el volumen vehicular, ni las interferencias presentes.
10. *Demora operacional.*- componente de la demora que es causada por la presencia o interferencia del tránsito y ocurre como consecuencia de fricciones laterales o fricciones internas.
11. *Demora por tiempo de parada.*- componente de la demora durante la cual el vehículo está detenido.
12. *Demora por el tiempo de recorrido.*- diferencia entre el tiempo de recorrido total y el tiempo calculado en base a recorridos de la ruta, a una velocidad promedio, correspondiente a flujos de tránsito sin congestionamiento.

### 2.4.3 ASPECTOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO

#### SELECCION DE LA RUTA DE ESTUDIO

Cualquier ruta, de longitud considerable, es apropiada para llevar a cabo un estudio de tiempos de recorrido y demoras. En general el tramo en estudio deberá tener una longitud mínima de 1.6 km (1 milla) para asegurar la recopilación de cualquier dato significativo.

Los estudios de tiempos de recorrido y demoras, a nivel urbano, se llevan a cabo, en todas las rutas principales con altos volúmenes de tránsito y que se conectan con el centro de la ciudad. Los estudios de esta naturaleza permiten la elaboración de mapas de curvas isócronas, que resumen gráficamente, la eficiencia de las principales rutas del área urbana.

En el caso de la ciudad en estudio, se seleccionó el Blvd. Luis Encinas por las siguientes consideraciones:

- ✓ Es una vialidad primaria de alto flujo vehicular.
- ✓ Presenta en los últimos años, un alto incremento en el índice de accidentes.
- ✓ Es un arteria que conecta el extremo poniente de la ciudad con el oriente, pasando por el centro de la misma.

- ✓ La longitud total del recorrido fue de 7 km.

### **HORARIO PARA EL ESTUDIO**

Este estudio es diseñado, frecuentemente, para reflejar las condiciones de recorrido durante las horas de máxima demanda y en las direcciones de movimientos de mayor tránsito. Los recorridos también pueden ser comparados entre los periodos de máxima y condiciones fuera de esas horas. Los tiempos siguientes se sugieren para llevar a cabo un estudio de tiempos de recorrido y demoras que refleje la variación de las condiciones de recorrido, tanto para los periodos de máxima, como para los periodos fuera de estas horas; sin embargo, no siempre serán necesarios todos estos intervalos<sup>3</sup>:

- 07:00 a 09:00 (periodo de máxima)
- 09:30 a 11:30 (periodo fuera de máxima)
- 11:30 a 15:30 (periodo fuera de máxima)
- 16:00 a 18:00 (periodo de máxima)
- 19:00 a 22:00 (periodo fuera de máxima)

Los cambios de turno en las principales zonas industriales y comerciales pueden hacer necesarios algunos ajustes en los periodos sugeridos.

Los estudios de tiempos de recorrido y demoras se realizan, comúnmente, bajo buenas condiciones atmosféricas. Sin embargo, se efectúan observaciones bajo malas condiciones atmosféricas, cuando se desea tener información bajo esta situación de operación. Para un estudio de "antes y después", deberán existir condiciones similares en las horas utilizadas para recopilar los datos; de tal manera que los resultados sean comparables.

Se determinó realizar en el estudio de Hermosillo, 4 recorridos durante los siguientes horarios: dos recorridos en el periodo de máxima de la mañana (entre 8 y 9 horas), un recorrido en el periodo fuera de máxima entre 11 y 12 horas, y un último recorrido en el periodo de máxima de la tarde entre las 17 y 18 horas.

### **PERSONAL Y EQUIPO**

Los estudios de tiempos de recorridos y demoras pueden ser realizadas por medio de las técnicas de registro de las placas de los vehículos o del vehículo de prueba. En este último procedimiento se pueden emplear métodos automáticos o manuales. La selección del procedimiento de estudio depende del personal y equipo de que se disponga.

La técnica del registro de placas, normalmente requiere de dos personas: un observador y un anotador, para cada dirección del recorrido, ambos al inicio y final de la ruta en estudio. Las rutas con volúmenes bajos, pueden requerir sólo de una persona. En las intersecciones principales, con volúmenes de tránsito significativos, pueden requerirse de una o dos personas, para cada dirección de recorrido, de la ruta en estudio.

En el método del vehículo de prueba, es necesario un vehículo para recopilar los datos de tiempo de recorrido y demoras. El procedimiento manual requiere de un conductor, un anotador y dos cronómetros, para cada vehículo de prueba en operación, siendo éste el equipo que se empleó para el recorrido.

<sup>3</sup> Institute of Traffic Engineers. "Traffic Engineering Handbook", 1992.

Si se usa un dispositivo de registro automático en el vehículo de prueba, entonces sólo se necesita al conductor. Generalmente, una persona es capaz de conducir el vehículo y de operar los diferentes botones de control del dispositivo automático, que codifica la información del recorrido y las demoras. Existen dispositivos de registro automático que pueden anotar distancias de recorrido, tiempos de recorrido, ubicación de las demoras y otros puntos significativos, por medio de un sistema de claves numéricas que se imprimen sobre un papel de lectura continua.

## 2.4.4 METODO DEL ESTUDIO

El método para llevar a cabo un estudio de tiempos recorrido y demoras se selecciona de acuerdo con la disponibilidad de personal, vehículos y equipo especial de registro. Sin embargo, la técnica de registro de placas de vehículos es probablemente el procedimiento más económico, aunque la información recopilada no incluye ubicación, duración y causa de las demoras de tránsito, a lo largo de una ruta en estudio. La técnica del vehículo de prueba es la indicada si los datos de las demoras son esenciales para el estudio.

### METODO DEL VEHICULO DE PRUEBA

Este método de recopilación de los datos de tiempos recorridos y demoras, proporciona una gran flexibilidad en la evaluación de la calidad del flujo de tránsito. El vehículo de prueba es conocido, a lo largo de la ruta en estudio, de acuerdo con alguna de las siguientes condiciones de operación:

*Técnica del vehículo flotante:* el conductor "flota" en el tránsito, rebasando tantos vehículos como lo rebasan a él.

*Técnica del automóvil - promedio:* el vehículo viaja de acuerdo con la velocidad que a juicio del conductor considera como promedio de la corriente de tránsito.

*Técnica del automóvil - máximo:* el vehículo es conducido a la velocidad límite, indicada en las señales restrictivas; al menos que se lo impidan las condiciones prevaeciente del tránsito.

En la técnica del automóvil - máximo se puede mantener un nivel de operación vehicular seguro, si se conservan las distancias entre los vehículos y de visibilidad de rebase, adecuadas y por cambios de la velocidad en tasas razonables de aceleración y desaceleración. Se da preferencia a la técnica del vehículo - máximo por ser la que proporciona la mejor base para medir las condiciones del tránsito. Para el análisis de este trabajo, se realizó la técnica del vehículo flotante.

Antes de iniciar los recorridos de prueba, se identificaron los puntos inicial y final; de modo que el vehículo de prueba pudiera ser conducido a través de estos lugares, de acuerdo con las condiciones de operación seleccionadas. Adicionalmente, se seleccionaron las intersecciones principales como lugares de referencia. Se tomaron lecturas de tiempo en estos puntos, para obtener la velocidad de recorrido, por tramos, a lo largo de la ruta en estudio. Los puntos de control localizados sobre el Blvd. Luis Encinas fueron:

- Calle No. 8 (inicio).
- Periférico Poniente.
- Dr. Olivares.
- Francisco Monteverde.
- Rosales.
- Matamoros.
- Central Camionera (final).

El vehículo de prueba fue manejado hasta un punto ubicado un poco antes del inicio del tramo en estudio. En este punto el anotador llenó la información de identificación sobre la hoja de campo. Al conducir el vehículo y pasar por el punto de inicio, el anotador accionó en forma manual el primer cronómetro. El vehículo fue conducido a lo largo de la ruta en estudio, de acuerdo con el criterio de operación señalado anteriormente. Las lecturas de tiempo se tomaron en los puntos de control predeterminados.

Cuando el vehículo de prueba se detuvo o fue forzado a viajar lentamente, el anotador usó el segundo cronómetro para medir la duración de cada demora. La ubicación, duración y causa de cada demora se anotaron en los lugares adecuados de la hoja de campo. Para indicar el tipo de demora, se emplea una clave numérica o algún otro procedimiento de identificación.

Cuando el vehículo de prueba pasó por el final de la ruta en estudio, el anotador detuvo el primer cronómetro y anotó el tiempo total empleado en el recorrido.

El formato utilizado para realizar este estudio de velocidades de recorrido se muestra en la figura 2.11, mientras que en la figura 2.12 se tiene un ejemplo del llenado del formato, realizado en campo.

## 2.4.5 RESUMEN Y PRESENTACION DE LOS DATOS

En el análisis de los datos de tiempo de recorrido, las medidas de tiempo son convertidas a velocidades medias con base en la distancia. Pueden desarrollarse diferentes tipos de resúmenes estadísticos, de acuerdo con la terminología de la velocidad de recorrido y demoras, que se presentaron en la sección de Definiciones. Los resúmenes empleados dependen del propósito del estudio.

Para nuestro caso, se utilizó el análisis recomendado por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del I.P.N.<sup>4</sup>, el cual consistió en tabular los datos de los recorridos realizados (4 en este caso), con los respectivos tiempos de recorrido obtenidos para cada tramo, distancia de cada tramo, así como el tiempo total de recorrido por viaje; acto seguido se procedió a determinar el valor del tiempo medio de recorrido por tramo y tiempo medio de todo el recorrido.

Una vez obtenidos los tiempos medios, en gabinete se calcularon los valores de la velocidad media por tramo y velocidad media del recorrido total, para después obtener la razón de movimiento por tramo (tiempo necesario en minutos para recorrer el tramo, a la velocidad media) y compararla con la razón de movimiento normal (1.5 min/km para el caso de vialidades primarias<sup>5</sup>). Si la diferencia entre la razón de movimiento en campo menos la razón de movimiento normal (razón de demoras) es menor o igual a cero, este tramo no presenta problemas por demoras, pero si la razón de demoras resulta mayor que cero, ese o esos tramos detectados se analizan por separado.

Para terminar el análisis, se calcula la demora por tramo (longitud del tramo multiplicada por la razón de demoras, y convertido a segundos); el tiempo de marcha es la diferencia entre el tiempo total de recorrido menos el tiempo de demora, para finalmente obtener la velocidad de marcha en el tramo, que es la distancia del tramo entre el tiempo de marcha del mismo. El cálculo numérico se muestra en la tabla 2.4.

Se puede deducir de este análisis, que los tramos más afectados por problemas de demoras son:

- Tramo 1 (Calle No. 8 a Periférico Poniente), con el 55 % del tiempo detenido o parado del tiempo medio de recorrido. Este tramo presenta dos semáforos en calles contiguas, los cuales no se encuentran sincronizados, puesto que al tener el primero de ellos luz verde, en el siguiente se pone la luz roja, provocando que los automóviles se tengan que detener más tiempo.

<sup>4</sup> Seminario de Titulación. "Vialidad Urbana". E.S.I.A., 1993.

<sup>5</sup> Cal y Mayor, Rafael. "Ingeniería de Tránsito", 1978.





**FORMATO DE CAMPO PARA ESTUDIOS  
DE VELOCIDADES DE RECORRIDO Y RETARDOS**

RECORRIDO EN: BLVD. LUIS ENCINAS  
 PRINCIPIA EN: CALLE No. 8 TERMINA EN: C. CAMIONERA  
 CIUDAD: HERMOSILLO SON. FECHA: 18/OCT/91 HORA: 8:20  
 Kilometraje inicial: 65127 Kilometraje final: 65134

CIRCULANDO EN (nombre de la calle)	CRUZANDO (nombre de la calle)	TIEMPO AL CRUZAR	INICIA PARO	TERMINA PARO	CAUSA DEL RETARDO
<i>BLVD. L. ENCINAS</i>	<i>CALLE No. 8</i>	<i>0:00</i>	<i>0:37</i>	<i>1:46</i>	<i>S-PER. PTE.</i>
	<i>PERIFERICO PTE.</i>	<i>1:46</i>	<i>3:04</i>	<i>3:10</i>	<i>S-CASTILLO</i>
			<i>3:29</i>	<i>4:02</i>	<i>S-OLIVARES</i>
	<i>DR. OLIVARES</i>	<i>4:10</i>	<i>4:35</i>	<i>5:52</i>	<i>S-AMERICAS</i>
			<i>6:21</i>	<i>7:05</i>	<i>S-MONTEVE.</i>
	<i>AV. REFORMA</i>	<i>7:28</i>	<i>8:43</i>	<i>9:55</i>	<i>S-ROSALES</i>
	<i>ROSALES</i>	<i>10:01</i>			
	<i>MATAMOROS</i>	<i>11:07</i>	<i>11:18</i>	<i>11:54</i>	<i>S-BJUAREZ</i>
	<i>C. CAMIONERA</i>	<i>14:26</i>			

ESTADO DEL TIEMPO: SOLEADO CONDUCTOR: F.J.G.V. CAPTURISTA: A.C.M.

OBSERVACIONES: S - SEMAFORO

FIG. 2.12 FORMATO LLENADO EN EL PRIMER RECORRIDO DE LA MAÑANA

- Tramo 3 (Dr. Olivares a Av. Reforma), con 56 % de tiempo detenido en el tramo. El semáforo de Av. Reforma presenta un ciclo muy largo, lo que origina que se vayan acumulando automóviles en el cruce, lo que después se traduce en demoras para desalojarlos.
- Tramo 4 (Av. Reforma a Rosales), con el 53 % de tiempo detenido. En este tramo el principal problema lo constituyen las paradas de autobuses, provocando que los automóviles que circulan detrás de ellos experimenten tiempos largos de espera.
- Tramo 5 (Rosales a Matamoros), con el 32 % de tiempo detenido. Este tramo constituye la frontera norte de la zona centro, el cual se ve más transitado por el acceso que se tiene a éste. Otra causa es que se reduce el número de carriles, lo que repercute en la velocidad de circulación.

Las principales causas de demora en estos tramos como ya se vió, es debido a que los semáforos presentan ciclos muy largos, o que existen demasiados ascensos y descensos de pasajeros, lo que origina grandes demoras en estos tramos. Las recomendaciones para minimizar estos efectos se presentan al final de este trabajo.

TRAMO	1	2	3	4	5	6	TOTAL
LONGITUD (km)	0.50	1.55	1.20	0.75	0.60	2.40	7.00
TIEMPO DE RECORRIDO (seg)							
VIAJE 1 8:20	106	144	198	153	66	199	866
VIAJE 2 8:50	113	144	274	146	58	201	936
VIAJE 3 11:10	109	133	277	136	130	198	983
VIAJE 4 18:20	115	137	250	142	69	202	915
CALCULOS DE GABINETE							
TIEMPO MEDIO DE RECORR. (seg)	111	140	250	144	81	200	926
VELOCIDAD MEDIA (km/hr)	16.25	40.00	17.30	18.72	26.75	43.20	27.24
RAZON DE MOVIMIENTO (min/km)	3.69	1.50	3.47	3.21	2.24	1.39	2.20
RAZON DE MOV. NORMAL (min/km)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
RAZON DE DEMORAS (min/km)	2.19	BIEN	1.97	1.71	0.74	BIEN	0.70
DEMORA (seg)	65	-	141	77	26	-	309
TIEMPO EN MARCHA (seg)	46	140	109	67	55	200	616
VELOCIDAD EN MARCHA (km/hr)	39.13	40.00	39.63	40.30	39.27	43.2	40.90

TABLA 2.4 RESUMEN DEL CALCULO DE VELOCIDADES DE RECORRIDO Y DEMORAS

Como complemento, se realizaron las representaciones gráficas del estudio de velocidades de recorrido y demoras (figs. 2.13 y 2.14, respectivamente); en la primera de ellas se tiene la velocidad media alcanzada en cada uno de los tramos, localizándose los ya descritos tramos conflictivos que se encuentran por debajo de la velocidad media de recorrido total.

En la segunda de ellas, se graficaron los tiempos de marcha por cada tramo con sus respectivas demoras representadas por las líneas verticales; esta gráfica también nos permite definir los tramos conflictivos, siendo éstos los que presentan un tiempo de demoras alto.

Finalmente, para terminar este estudio de velocidades de recorrido y demoras, se elaboró el plano 2.4, en el cual se representa la longitud total del tramo analizado sobre el Blvd. Luis Encinas con sus respectivos puntos de control; así mismo en este plano se representaron los cruces semaforizados más importantes durante el recorrido, que de alguna manera fueron determinantes para que el tiempo de recorrido aumentara, al alcanzar el vehículo de prueba la señal de alto en éstos.

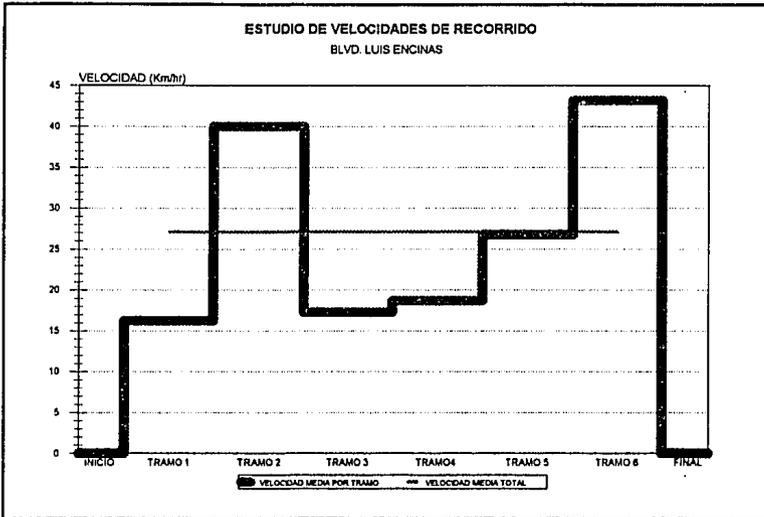


FIG. 2.13 COMPARACION DE LAS VELOCIDADES DE RECORRIDO EN CADA TRAMO

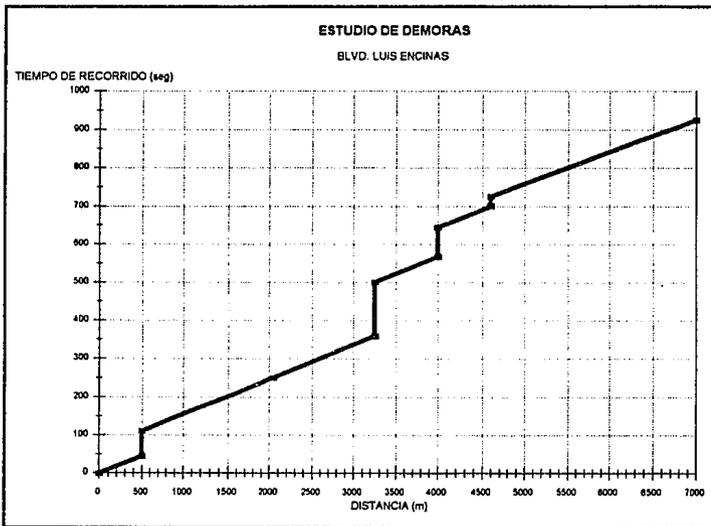
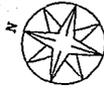


FIG. 2.14 TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS POR TRAMO



BLVD. LUIS ENCINAS

CENTRAL CAMIONERA

B. JUAREZ

REVOLUCION

MATAMOROS

GRAL. YANEZ

ROSALES

AV. REFORMA

FCO. MONTEVERDE

AMERICAS

BLVD. ANABRETE

LOPEZ DEL CASTILLO

DR. OLIVARES

PERIFERICO PONIENTE  
CALLE No. 8

SIMBOLOGIA



TRAMO RECORRIDO



CRUCERO SEMAFORIZADO



DIRECCION DEL RECORRIDO



PUNTO DE CONTROL



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

ESTUDIO DE VELOCIDADES DE RECORRIDO

ESCALA: 1:30000  
TESIS PROFESIONAL  
FARMACEO JAVIER CRANADOS VILLALUENTE  
FECHA: ENERO 1994

PLANO No.

2.4



## 2.5 AFOROS VEHICULARES

El volumen y la intensidad de circulación son dos medidas que cuantifican la cantidad de tráfico que pasa a través de un perfil de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo predeterminado. Se definen de la siguiente forma:

*Volumen.*- El número total de vehículos que pasa por un perfil determinado o sección de carril durante un intervalo de tiempo determinado; los volúmenes se pueden expresar en relación a periodos anuales, diarios, horarios o subhorarios.

*Intensidad de circulación.*- La intensidad horaria equivalente al número de vehículos que pasan por un perfil dado durante un intervalo de tiempo determinado inferior a una hora, que normalmente es de 15 minutos.

Los estudios de monitoreo del tránsito ó de volúmenes de tránsito se realizan siempre que se desea conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Estos estudios varían desde los muy amplios en un sistema de caminos hasta recuentos en lugares específicos tales como puentes, túneles o intersecciones con semáforos. Las razones para efectuar estos recuentos son tan variadas como los lugares en donde se realizan. Por ejemplo, los aforos se realizan para determinar la composición y el volumen del tránsito en un sistema de carreteras, para determinar el número de vehículos que viajan en cierta zona o a través de ella, para evaluar índices de accidentes, para servir como base en la clasificación de caminos, como datos útiles para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos, para proyectar sistemas de control del tránsito, para elaborar programas de conservación, para determinar el tránsito futuro y muchas otras aplicaciones.

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual; este último es que se utilizó en el presente estudio, y que consiste en el recuento manual para obtener volúmenes de tránsito a través del uso de personal de campo conocidos como aforadores de tránsito. El método manual permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes, registro de movimiento de vueltas y otros movimientos, tanto vehiculares como de peatones. El procedimiento utilizado para el recuento manual de cada uno de los tipos de aforos realizados, se explica a continuación.

### 2.5.1 AFOROS EN ESTACIONES MAESTRAS

Las Estaciones Maestras son puntos estratégicos, donde se mide el volumen de tránsito en cierto camino, entendiéndose por volumen de tránsito la cantidad de vehículos de motor que transitan por éste en un determinado tiempo. Las unidades de medida mas comúnmente usadas en los volúmenes de tránsito son "vehículos por día" o "vehículos por hora".

Las llamadas Estaciones Maestras o de Control, cumplen una función importante sobre el esquema de aforos, ya que sirven para determinar el comportamiento vehicular tanto en volumen como en tipo de vehículos, así mismo, sirven para determinar las variaciones o rangos de incertidumbre para la hora de máxima demanda (hora pico).

Tanto los análisis de capacidad como otros estudios de tráfico hacen hincapié en la hora punta (llamada también hora pico, o bien en inglés, peak hour) de volumen de tráfico, debido a que es el período más crítico de la circulación y el que presenta mayores demandas de capacidad<sup>6</sup>. Puesto que las vías urbanas a diferencia de las vías rurales y turísticas, presentan una escasa variación en el tráfico, la hora pico también varía poco de un día a otro entre semana; la mayoría de los que utilizan las vías urbanas son trabajadores que realizan el mismo itinerario diariamente o usuarios habituales, y por ello tienen un tráfico ocasional, o producido por acontecimientos singulares, mínimo.

Por ello, el estudio de aforos vehiculares de las estaciones maestras se realizó con el objetivo único de conocer la hora de máxima demanda u hora pico, para que con este dato se pueda entrar al análisis de capacidad vial de intersecciones semaforizadas, en el cual el Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD) es primordial.

La selección de las Estaciones Maestras responde a puntos intermedios en arterias colectoras, del tránsito promedio del área a muestrear. Estos lugares sirven de base general para verificar el comportamiento del tránsito y se debe aforar en intervalos de 15 minutos<sup>7</sup>, durante un período suficientemente largo para captar al menos el 80 % del tránsito total diario, que es normalmente entre 14 y 16 horas<sup>8</sup>; para el caso de Hermosillo, se realizaron los aforos de las 6:00 a las 21:00 horas cubriendo un total de 15 horas.

Los puntos de aforo seleccionados en Hermosillo, representan sitios importantes (Periféricos y Boulevares), en los cuales se puede captar el mayor número de flujo vehicular, debido a que unen a la ciudad diametral y radialmente. Tales puntos fueron:

- 1) Periférico Poniente (sección sur).
- 2) Periférico Poniente (sección norte).
- 3) Blvd. Luis Encinas (entre Clemente Alvaro y Enrique Quijada).
- 4) Lázaro Cárdenas.
- 5) Blvd. Rosales (entre Zaragoza y Comonfort).
- 6) Blvd. Luis Encinas (entre Guerrero y Matamoros).
- 7) Blvd. Abelardo L. Rodríguez.

En el plano 2.5 se muestra la ubicación de cada una de las Estaciones Maestras.

## DETERMINACION DEL AFORO EN CAMPO

El personal de trabajo registró los datos en cédulas de campo (para el caso de Hermosillo fueron diseñadas cédulas específicas para el aforo de Estaciones Maestras). La figura 2.15 es un ejemplo de la cédula para aforo de tránsito usada para registrar el movimiento vehicular en ellas. En la cédula aparece la fecha del levantamiento, así como la hora y minutos en corte de 15 minutos cada una, el nombre del aforador y el número de la estación muestreada.

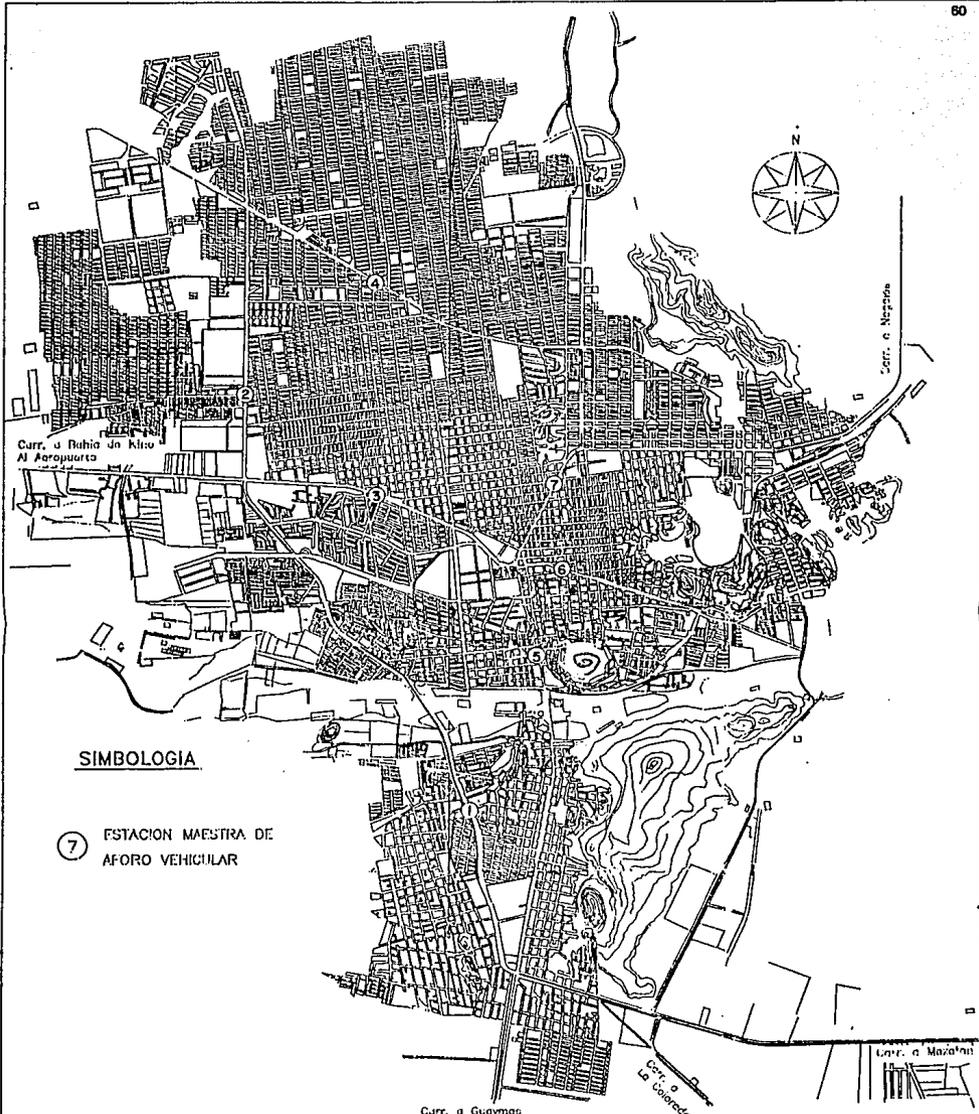
Cada hoja de registro se cambió cada 15 minutos, por lo que durante los tiempos de aforo de 15 horas se tuvieron 60 hojas de registro por cada sentido; esto es, por cada punto de Estación Maestra se recopilaron 120 hojas de registro por día, que en Hermosillo fueron durante 5 días en 7 puntos de control.

El levantamiento de campo consistió en realizar el conteo de los vehículos que transitaban por el lugar de aforo, dependiendo del sentido (ya fuera N/S, S/N y E/W, W/E) registrando en la cédula la cantidad de ellos, y que se clasificaron para el presente estudio con la siguiente tipología:

<sup>6</sup> Ministerio de Obras Públicas y Urbanas (MOPU). "Manual de Capacidad de Carreteras"; Barcelona, España. 1985.

<sup>7</sup> Es el tiempo que recomiendan la mayoría de los manuales de Ingeniería de Tránsito, pues consideran que las intensidades de 5 minutos estadísticamente son inestables.

<sup>8</sup> Términos de Referencia Genéricos para Estudios de Vialidad y Transporte, SEDESOL, 1992.



**SIMBOLOGIA**

⑦ ESTACION MAESTRA DE AFORO VEHICULAR



**ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.**

**LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES MAESTRAS**

ESCALA: 1:57500

PLANO No.

TESIS PROFESIONAL

**2.5**

FRANCISCO JAVIER CANAVIOS VELLAFUERTE

FECHA: ENERO 1994



**AFOROS DE ESTACIONES MAESTRAS**

HOJA No. \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
 SENTIDO P-0 \_\_\_\_\_



N/S Calle \_\_\_\_\_  
 O/P Calle BLVD. LUIS ENCINAS (E.M.7) De las 8:00 a las 8:15  
 Afarador P.J.R. Fecha Lunes 25/FEB/93

	A	B1	B2	C1	C2	C3
 FLUJO	# # # # # # # # # # # # # # # # # # # #	# #				

A1,B1,C1,C2,C3  
 A1=Automoviles, B1=Microbus, B2=Autobus, C1=Camion, C2=Trailers, C3=Trailers con remolque

FIG 2.15 CEDULA DE CAMPO PARA EL AFORO DE ESTACIONES MAESTRAS

**CLASE:**

- A**
  - A1 = Automóviles particulares y de pasajeros (incluye taxis y pick ups).
- B**
  - B1 = Microbús.
  - B2 = Autobús urbano de pasajeros.
- C**
  - C1 = Camión de carga (de 2 a 4 ejes).
  - C2 = Traileres (de 5 a 9 ejes).
  - C3 = Traileres con remolque (doble caja).

El total de tipo de vehículos identificados fueron de 6 clases, características lo suficientemente confiables como para los estudios de flujo y capacidad<sup>9</sup>.

Usualmente se instruye a los aforadores para la identificación de los vehículos, considerando como principales características el número de ejes y/o peso. En el estudio para la Ciudad de Hermosillo, las pick up se incluyeron en los tipo A, ya que en muchas ciudades medias, este tipo de vehículos son utilizados comúnmente como automóvil de transporte familiar. Para el tipo B se realizó la separación entre los microbuses (B1) y los camiones de pasajeros (B2). Por último, el tipo C se distinguieron 3 tipos de camiones pesados dependiendo el número de ejes que presentaran. En la figura 2.16 se muestra la representación gráfica de la clasificación vehicular utilizada en el formato de campo.

**OBTENCION DEL FACTOR DE HORA DE MAXIMA DEMANDA (FHDM)**

Llamado también Factor de Hora Punta (FHP), se define como la relación entre el volumen horario máximo y 4 veces el volumen máximo en el periodo de 15 minutos, de esa hora máxima:

$$FHDM = \frac{VOLUMEN \ HORARIO \ MAX.}{4 (VOLUMEN_{MAX} \ DE \ 15 \ min)}$$

Donde:

- FHDM = Factor de Hora de Máxima Demanda.
- Volumen Horario Máximo en veh/hora.
- Volumen Máximo en los 15 min. máximos en veh/15 min.

El factor varía de 0.25 a 1.0 de acuerdo con la distribución del tránsito en la hora máxima. En zonas urbanas este factor está comprendido entre 0.80 y 0.98, los valores más bajos indican una mayor variabilidad del flujo en la hora en cuestión, y los altos una variación más atenuada.

Para efectos de explicación del como se obtuvo el FHDM en cada una de las Estaciones Maestras, se tomó como ejemplo ilustrativo la Estación Maestra No. 5 localizada en la calle de Rosales (entre Comonfort y Zaragoza, cerca de la zona administrativa); en la figura 2.17 se muestra el comportamiento del flujo vehicular en este punto de control durante toda una semana, pudiéndose apreciar la poca variación del mismo, a excepción del viernes que presentó un flujo por arriba del promedio, pero esto es normal dentro de ciudades medias. Se seleccionó dentro de toda la semana para este análisis, el día miércoles ya que estadísticamente no presenta problemas en la variación del comportamiento vehicular de la semana por ser el día intermedio de la misma.

<sup>9</sup> Box, C. Paul. Joseph C. Oppenlander. "Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito"; 1985, p. 20.

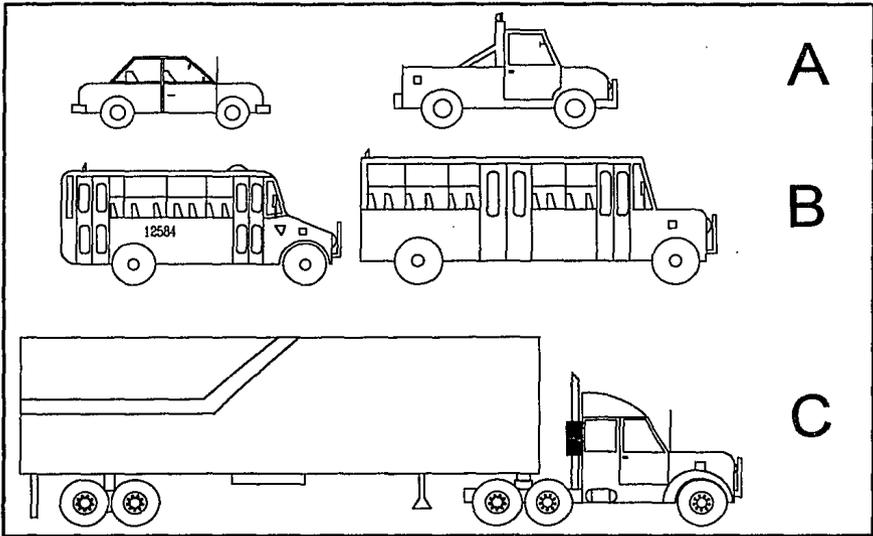


FIG. 2.16 CLASIFICACION VEHICULAR ADOPTADA PARA LOS AFOROS EN ESTACIONES MAESTRAS

Para obtener el periodo de 15 minutos de máxima demanda y el volumen horario máximo, se tabularon y se graficaron los datos obtenidos en campo y capturados por intervalos de 15 minutos, durante las 15 horas que duró el recuento, con sus respectivas categorías vehiculares. El siguiente, es el listado completo del aforo capturado en hoja de cálculo, en el que se distinguen:

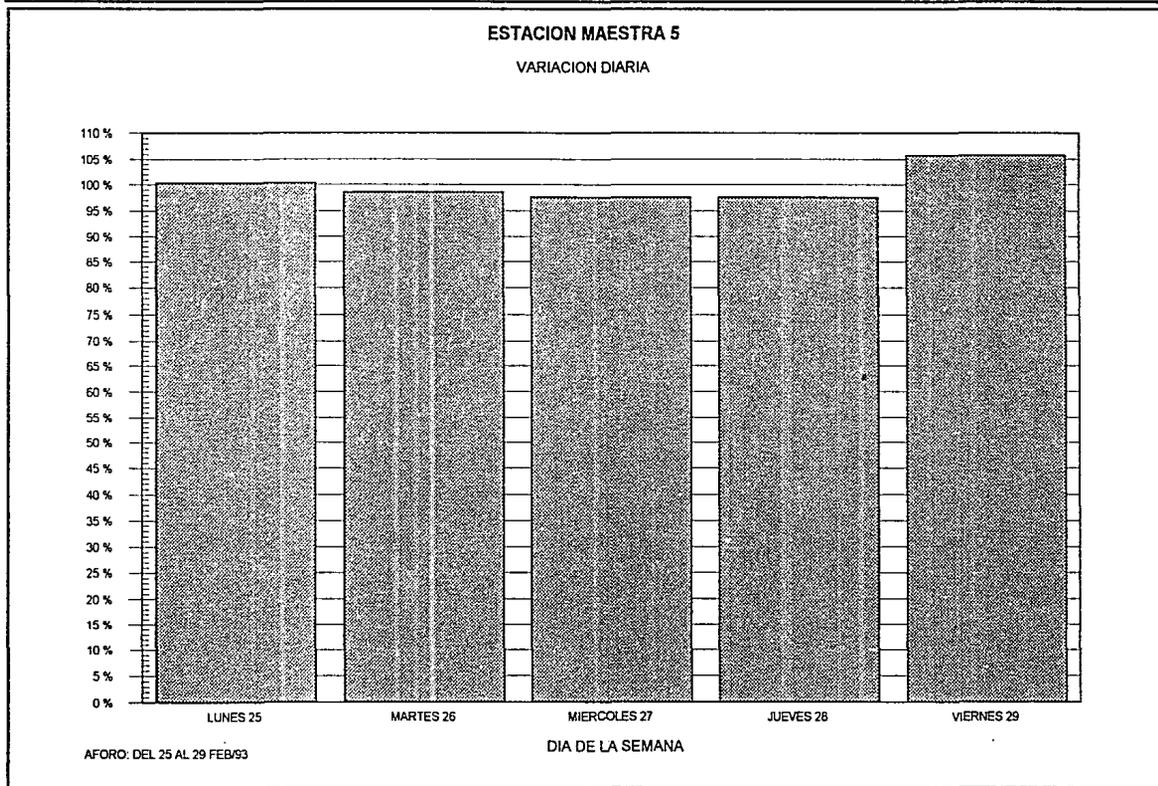
- Hora de aforo.
- Deseglose de categorías vehiculares.
- Número de vehículos registrados para cada intervalo de tiempo.
- Totales por categoría.
- Total general.
- Acumulados de una hora.
- Periodo pico de 15 min. y hora de máxima demanda.

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.											
ESTACION MAESTRA 5 - ROSALES (ENTRE ZARAGOZA Y COMONFORT)											
MIERCOLES 27 DE FEBRERO DE 1993											
Hora (comienza)	a1	b1	b2	c1	c2	c3	Total b	Total c	Total de veh.	Periodo 1 hr.	Vol. acum.
06:00	48	5	10	3	0	0	15	3	66		
06:15	60	10	9	6	0	0	19	6	85		

06:30	65	8	8	2	2	0	18	4	85		
06:45	205	10	8	11	0	0	18	11	234	6-7	470
07:00	150	6	6	8	1	0	12	9	171		575
07:15	155	8	10	5	1	0	18	6	179		669
07:30	235	8	6	9	4	0	14	13	262		846
07:45	289	9	8	19	0	0	17	19	325	7-8	937
08:00	315	6	9	9	0	0	15	9	339		1105
08:15	310	10	5	16	2	0	15	18	343		1269
08:30	280	7	9	13	1	0	16	14	310		1317
08:45	272	9	8	13	1	0	17	14	303	8-9	1295
09:00	245	9	7	19	0	0	18	19	280		1238
09:15	295	8	10	18	2	0	18	20	333		1226
09:30	175	7	8	10	3	0	15	13	203		1119
09:45	235	8	7	19	1	0	15	20	270	9-10	1086
10:00	230	8	7	15	0	0	15	15	260		1066
10:15	205	7	9	14	2	0	16	16	237		970
10:30	210	9	9	19	0	0	18	19	247		1014
10:45	180	7	4	16	0	0	11	16	207	10-11	951
11:00	205	12	8	12	0	0	20	12	237		928
11:15	145	5	6	11	0	0	11	11	167		858
11:30	180	10	10	16	1	0	20	17	217		828
11:45	205	7	8	11	1	0	15	12	232	11-12	853
12:00	145	6	7	4	0	0	13	4	162		778
12:15	170	12	5	8	0	0	17	8	195		806
12:30	170	10	9	12	0	0	19	12	201		790
12:45	196	9	7	7	0	0	16	7	219	12-13	777
13:00	190	8	7	14	0	0	15	14	219		834
13:15	168	8	11	6	0	0	19	6	193		832
13:30	160	8	7	8	0	0	15	8	183		814
13:45	173	7	10	12	0	0	17	12	202	13-14	797
14:00	153	8	6	10	0	0	14	10	177		755
14:15	190	13	6	9	0	0	19	9	218		780
14:30	120	8	10	16	0	0	18	16	154		751
14:45	250	11	7	11	0	0	18	11	279	14-15	828
15:00	270	8	7	9	0	0	15	9	294		945
15:15	230	10	8	5	0	0	18	5	253		980
15:30	248	8	8	6	0	0	16	6	268		1094
15:45	240	11	9	11	1	0	20	12	272	15-16	1087
16:00	240	12	7	9	0	0	19	9	268		1061
16:15	167	9	7	5	0	0	16	5	188		996
16:30	223	8	3	8	0	0	9	8	240		968
16:45	211	5	6	11	0	1	11	12	234	16-17	930
17:00	243	7	8	16	0	0	15	16	274		936
17:15	212	8	9	18	1	0	17	19	248		996
17:30	253	7	8	13	0	0	15	13	281		1037
17:45	244	7	4	13	0	0	11	13	268	17-18	1071
18:00	257	11	9	10	0	0	20	10	287		1084
18:15	251	6	8	11	0	1	14	12	277		1113
18:30	197	7	6	9	0	0	13	9	219		1051
18:45	193	6	6	3	0	0	12	3	208	18-19	991
19:00	183	6	8	5	0	0	14	5	202		906
19:15	202	10	8	6	0	0	18	6	226		855
19:30	171	5	5	5	0	0	10	5	186		822
19:45	156	4	6	1	0	0	10	1	167	19-20	781
20:00	170	8	7	2	0	0	15	2	187		766
20:15	139	5	6	5	0	0	11	5	155		695
20:30	114	6	5	3	1	0	11	4	129		638
20:45	81	4	5	1	0	0	9	1	91	20-21	562
									TOTAL		13416

PERIODO DE HORA PICO : 7:45 - 8:45 VOL = 1317  
PERIODO PICO DE 15 min: 8:15 - 8:30 VOL = 343

Con la ayuda del listado anterior, se determinó el volumen en la hora de máxima demanda y el volumen máximo en el periodo de 15 minutos dentro de esa hora de máxima demanda.



**FIG. 2.17 VARIACION DIARIA EN EL VOLUMEN DEL TRANSITO  
REGISTRADO EN LA ESTACION MAESTRA 5**

**ESTACION MAESTRA 5**  
VARIACION HORARIA

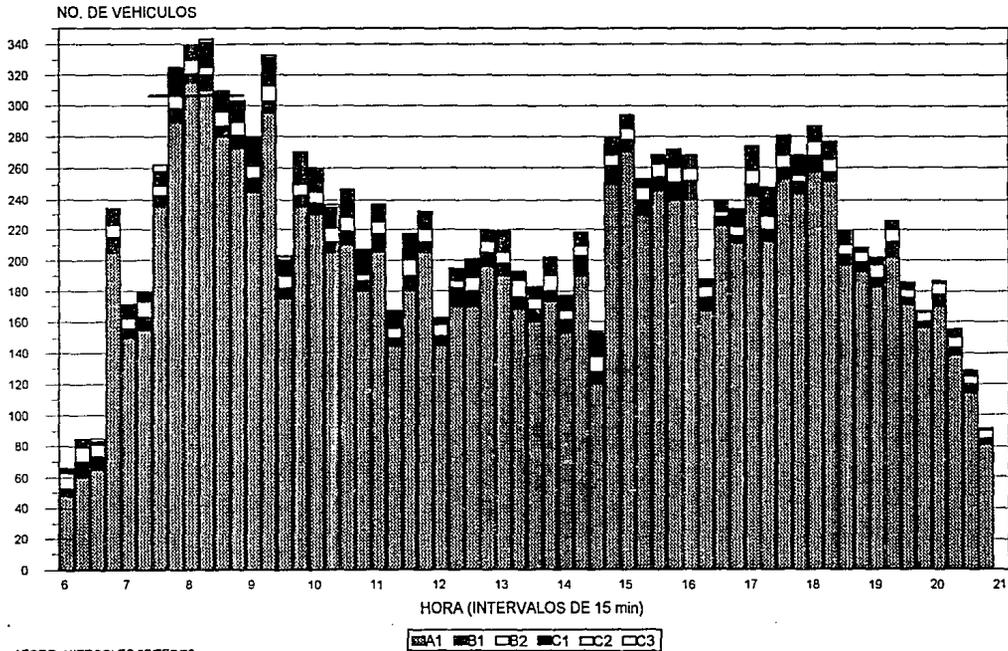


FIG 2.18 VARIACION HORARIA DEL 27/FEB/93 EN LA ESTACION MAESTRA 5

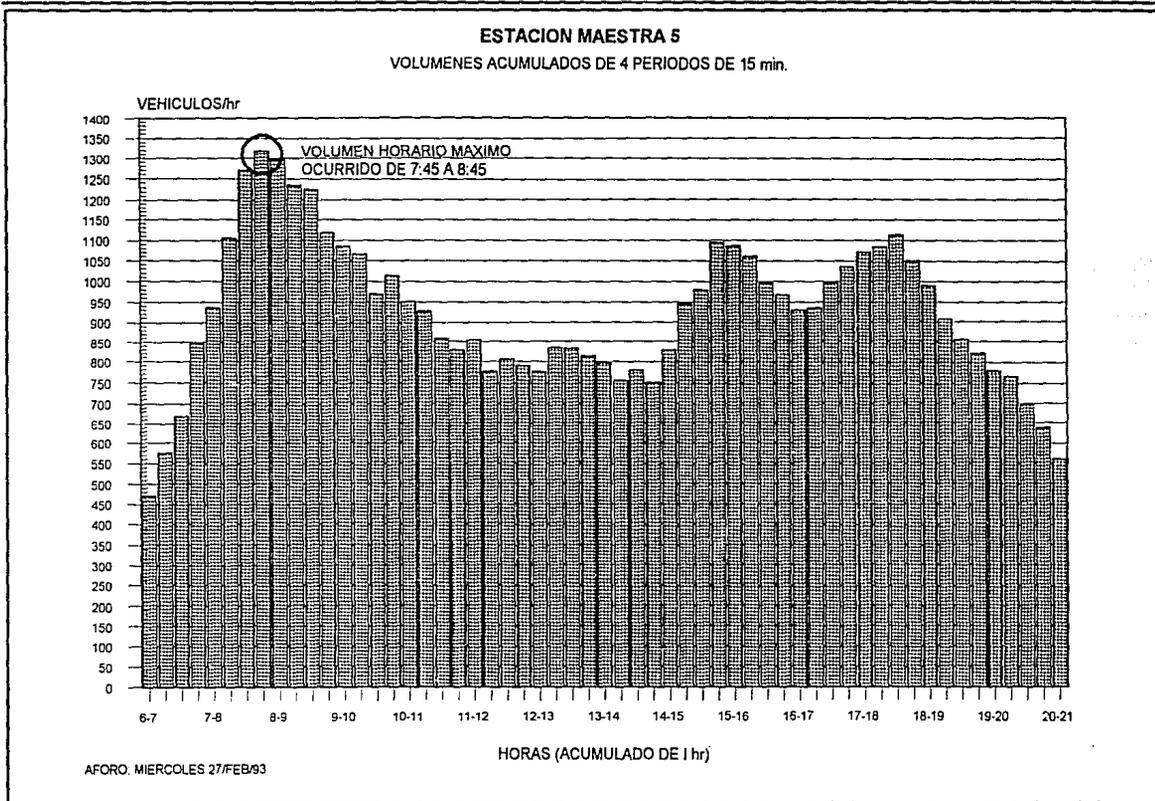


FIG 2.19 DETERMINACION GRAFICA DEL PERIODO DE MAXIMA DEMANDA  
Y SU CORRESPONDIENTE VOLUMEN VEHICULAR

Gráficamente también se pudieron determinar los valores anteriores, tal y como se muestra en las figuras 2.18 y 2.19, en donde lo único que se tiene que observar, son las barras más altas. En la primera de las figuras (2.18) se puede apreciar que el pico máximo para un periodo de 15 minutos, es la barra de las 8:15 a las 8:30, mientras que en la segunda figura (2.19) también se determina la barra más alta para un volumen acumulado de una hora, que corresponde a la de 7:45 a 8:45.

Ya obtenidos los valores numéricos, éstos se sustituyen en la ecuación anterior, dando como resultado para la Estación Maestra 5:

$$FHMD = \frac{1317}{4 (343)} = 0.96$$

De este modo, se obtuvo el FHMD para cada una de las restantes Estaciones Maestras con los siguientes resultados resumidos, los cuales fueron de gran ayuda para el análisis de capacidad y servicio de crueros semaforizados:

ESTACION	FHMD	HORA PICO
Estación Maestra 1	0.94	8:30-9:30
Estación Maestra 2	0.92	7:30-8:30
Estación Maestra 3	0.95	7:45-8:45
Estación Maestra 4	0.90	8:00-9:00
Estación Maestra 5	0.96	7:45-8:45
Estación Maestra 6	0.92	7:15-8:15
Estación Maestra 7	0.94	7:30-8:30

## 2.5.2 AFOROS DIRECCIONALES

Los aforos direccionales son determinados en intersecciones para conocer los movimientos vehiculares que se registran en ellas. Los requerimientos y tipo de dispositivos para el control, la programación de los semáforos, los elementos básicos para proyectos de reconstrucción y mejoras tales como cambios en las marcas sobre el pavimento requieren información detallada de los movimientos direccionales.

Este tipo de aforos se realizaron con el objeto de proveer el volumen vehicular registrado en intersecciones durante la hora de máxima demanda calculada en el apartado anterior; los aforos direccionales se realizaron durante un periodo de dos horas<sup>10</sup> para de este modo abarcar la totalidad de la hora pico, y extenderse media hora antes y media después de la misma, para captar el flujo de la hora pico con mayor grado de seguridad.

El recuento se realizó de manera similar a los aforos en las Estaciones Maestras, pues fue un recuento manual en donde se especificó la cantidad de vehículos que pasaban por la intersección así como los movimientos que registraban al entrar en ella; de este modo se anotaron los vehículos que seguían de frente, los que viraban a la izquierda y los que daban vuelta a la derecha. Con el volumen de cada categoría, se alimentó el modelo de análisis de intersecciones semaforizadas descrito en el siguiente apartado.

<sup>10</sup> "Los aforos direccionales se realizarán con duración de 2 horas en los periodos seleccionados de máxima demanda vehicular, con base en los resultados de las Estaciones Maestras". Términos de Referencia Generales para Estudios Integrales de Vialidad y Transporte Urbano. SEDESOL, 1992.

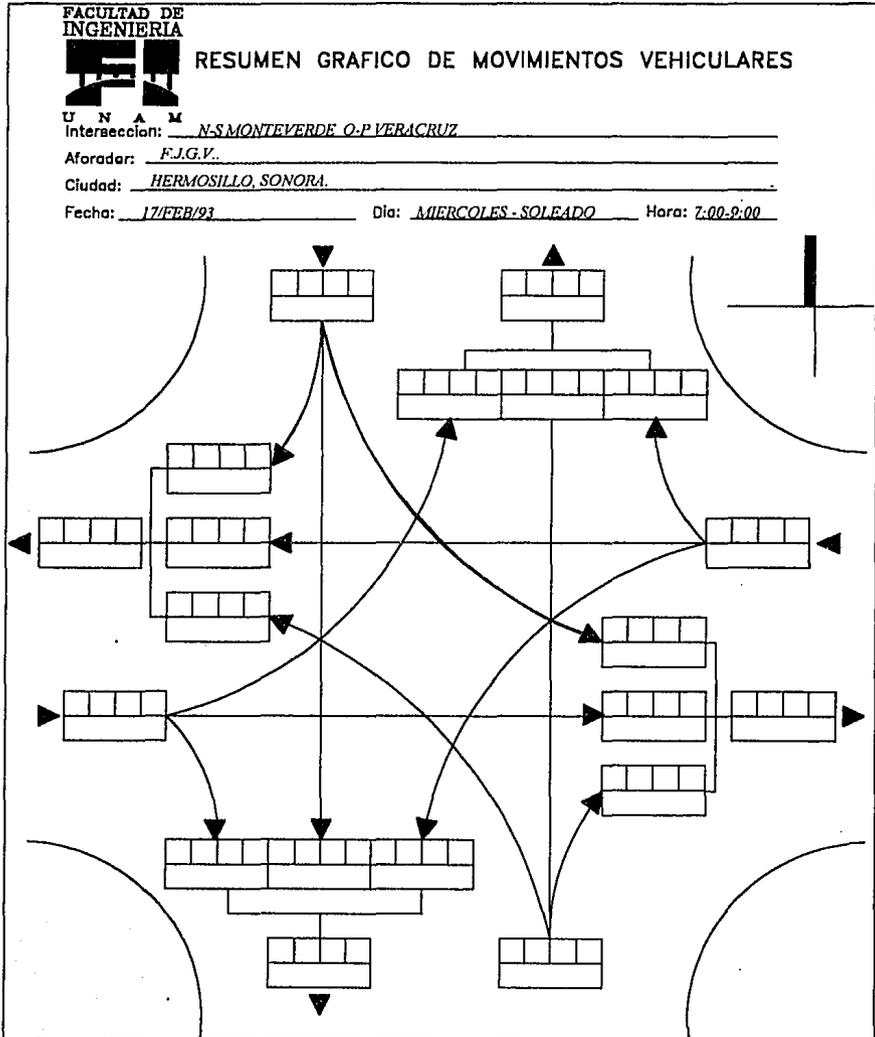


FIG. 2.20 EJEMPLO DE UNA HOJA RESUMEN UTILIZADA PARA UN CRUCERO DE CUATRO RAMAS.

La hoja de campo utilizada fue similar a la utilizada en las Estaciones Maestras, a diferencia que la hoja del resumen de los movimientos registrados, especifica la categoría de cada vehículo, así como el comportamiento que registró al entrar en la intersección. En la figura 2.20 se presenta la hoja del resumen gráfico utilizada para cada uno de los cruceos aforados. En ella se muestran los diferentes tipos de movimientos que pudieron registrarse (vuelta izquierda, de frente o vuelta a la derecha), así como 4 subdivisiones para cada una de las categorías ya descritas con anterioridad.

Los aforos direccionales se realizaron en siete de los cruceos semaforizados más conflictivos de la ciudad, para con este dato de volúmenes, entrar al análisis de capacidad e índice de servicio. Los resultados de los cruceos aforados se tratan con detalle en la siguiente sección.

## 2.6 ANALISIS DE CAPACIDAD VIAL EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

La capacidad vial es la parte de la Ingeniería de Tránsito cuya finalidad es la de adaptar el tránsito vehicular en las calles y carreteras tanto para la planeación, como para el proyecto y operación de las mismas. La capacidad vial nos proporciona los elementos necesarios para calcular la anchura o número de carriles en el proyecto de la carretera o calle de acuerdo con el tránsito futuro, o bien cual es la capacidad de una vía ya construida cuya ampliación no es factible. En la planeación de una calle o carretera .

Las técnicas y metodología básicas utilizadas en este análisis, se tomaron íntegramente del Highway Capacity Manual<sup>11</sup>, en su capítulo correspondiente a intersecciones reguladas por semáforos; puesto que está fuera del alcance de este trabajo el abordar todo un capítulo del mencionado manual, se extrajo lo más importante y relevante del mismo como base y sustento, para realizar este estudio de capacidad vial, referenciando en su momento las páginas utilizadas, así como las tablas y gráficas aquí mencionadas.

### 2.6.1 DEFINICIONES

Capacidad es el número máximo de vehículos que pueden circular por un carril o por una sección de una carretera o calle, en un sentido (o en ambos sentidos, si es una vía de dos o tres carriles) durante un periodo de tiempo determinado y bajo las condiciones prevalecientes tanto de la vía como en el tránsito. Generalmente, la intensidad de la circulación se mide o proyecta para un periodo de 15 minutos y la capacidad se mide en vehículos por hora.

El periodo de tiempo empleado generalmente es la hora o la capacidad no puede excederse sin cambiar una o más de las condiciones prevalecientes. Al expresar la capacidad es esencial indicar cuales son las condiciones prevalecientes de la vía y la naturaleza del tránsito que circula por dicha vía.

<sup>11</sup> Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras)", Special Report 209, Cap. 9 "Intersecciones Reguladas por Semáforos", pp. 311-414. Versión al español del Ministerio de Obras Públicas de España en conjunción con la Asociación de Carreteras de España. Barcelona, España 1985.

## 2.6.2 CAPACIDAD, NIVELES Y VOLUMENES DE SERVICIO

### CAPACIDAD PARA CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA

Los volúmenes máximo de tránsito observados en varios tipos de vías de los E.U.A., han sido usados como guía en el establecimiento de los valores numéricos de la capacidad, bajo condiciones ideales.

Las condiciones ideales se definen como sigue:

1. Circulación continua, libre de interferencias laterales de vehículos y peatones.
2. En la corriente de tránsito solamente automóviles.
3. Anchura de los carriles de circulación de 3.60m , con acotamientos adecuados y sin obstrucciones laterales a 1.80m de la orilla de la superficie de rodamiento.
4. Para vías rurales el alineamiento horizontal y vertical debe ser satisfactorio para velocidades promedio de proyecto de 110 km/h o mayor sin restricciones en la distancia de visibilidad para rebasar en la vía de dos y tres carriles.

Es evidente, que hay pocas vías que reúnan todas esas condiciones "ideales" de operación. Para carreteras de varios carriles, el mayor número de vehículos registrados en un sólo carril, bajo condiciones ideales fue un promedio de 1900 a 2200 automóviles por hora; considerándose para el cálculo 2000 automóviles por carril.

Para vías de dos carriles y dos sentidos de circulación, en donde el rebase tiene que efectuarse por el carril de sentido contrario; los estudios han demostrado que con tránsito igualmente dividido en los dos sentidos, bajo condiciones ideales, es de 1000 automóviles por hora, por carril o sea 2000 automóviles por hora en los dos sentidos.

### CAPACIDAD PARA CONDICIONES DE CIRCULACION DISCONTINUA

A diferencia de la circulación continua, criterios poco amplios pueden describirse para la circulación discontinua. La circulación discontinua depende de los elementos que producen las interrupciones.

En términos generales pueden establecerse dos limitaciones:

- (1) Arterias urbanas, con progresión uniforme a ideal de los semáforos, raramente alcanzan a pasar 2000 automóviles por hora de la luz verde, por carril.
- (2) Una hilera de vehículos que se encuentran detenidos por una interrupción, solamente en raras ocasiones alcanzan a pasar 1,500 automóviles por hora de luz verde, por carril, cuando cesa la interrupción.

Es esencial hacer notar que los valores anteriores son relaciones, no volúmenes reales por hora continua, los cuales por lo regular son considerablemente menores.

## NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO

Nivel de servicio es una medida cualitativa del resultado de un número de factores que incluyen la velocidad de operación, la relación volumen-capacidad y además, tiempos de recorrido, interrupciones de tránsito, libertad de maniobra, seguridad, comodidad, facilidad de manejar y los costos de operación. El nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforo se define en términos de demora. La demora consiste en una medida de molestia, la frustración, el consumo de combustible y el tiempo de viaje perdido por el conductor. Específicamente los criterios del nivel de servicio se establecen en términos de la demora media de parada por vehículo para un periodo de análisis de 15 min. La demora puede medirse directamente en la calle o bien ser estimada utilizando los procedimientos señalados en este capítulo.

Para que una vía suministre un nivel de servicio aceptable para uso vial, es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad de la vía (flujo de saturación). Cuando el volumen de tránsito iguala a la capacidad de la vía (punto de saturación), las condiciones de operación son deficientes, las velocidades son bajas, con frecuencia paros y demoras prolongadas.

La velocidad de recorrido puede ser una velocidad de operación o un promedio de la velocidad de recorrido total; depende del tipo de vía. La velocidad de operación, se emplea en aquellos tipos de vías en las que la circulación es continua; esto es característico de las zonas rurales. El promedio de velocidad de recorrido total se emplea en arterias y calles de zonas urbanas, en las que por lo general la circulación es discontinua. La figura 2.21 muestra la relación entre la velocidad y el flujo de saturación (volumen que se presenta en una intersección entre la capacidad que acepta tal intersección), en dicha figura se puede observar que entre mayor velocidad y una relación de saturación baja, se tiene un nivel de servicio excelente; por el contrario, a bajas velocidades de operación y flujos cerca del límite de saturación de la intersección (volumen cerca de la capacidad), se presenta un nivel de servicio deficiente.

Seis niveles de servicio han sido seleccionados para la identificación de la operación de tránsito en una carretera o calle, bajo varias condiciones de velocidad y volumen. Estos niveles de servicio son designados con las letras A, B, C, D, E y F, del mejor al peor.

El nivel de servicio A, describe una condición de circulación libre, con volúmenes bajos y altas velocidades (velocidades controladas por el deseo de conductores, por los límites marcados de velocidad y por las condiciones físicas de la vía).

El nivel de servicio B, las velocidades de operación comienzan a restringirse, los conductores tienen aún libertad de seleccionar su velocidad y carril de operación.

El nivel de servicio C, está todavía en la zona de circulación estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están más rígidamente controladas por los mayores volúmenes. La velocidad de operación es satisfactoria todavía y los volúmenes de servicio para la práctica de un proyecto urbano.

El nivel de servicio D, se acerca a la circulación inestable, con velocidad de operación tolerables con ciertas variaciones. Los conductores tienen pequeña libertad para maniobrar.

El nivel de servicio E, la circulación es inestable y puede haber interrupciones de duración momentánea, los volúmenes que se alcanzan son iguales o cercanos a la capacidad de la vía.

El nivel de servicio F, la circulación es inestable y las velocidades bajas, las interrupciones pueden ocurrir en periodos cortos o largos por causas de congestión.

CONCEPTO GENERAL DE LOS NIVELES DE SERVICIO  
CON RESPECTO A LA RELACION VOLUMEN/CAPACIDAD

VELOCIDAD DE OPERACION

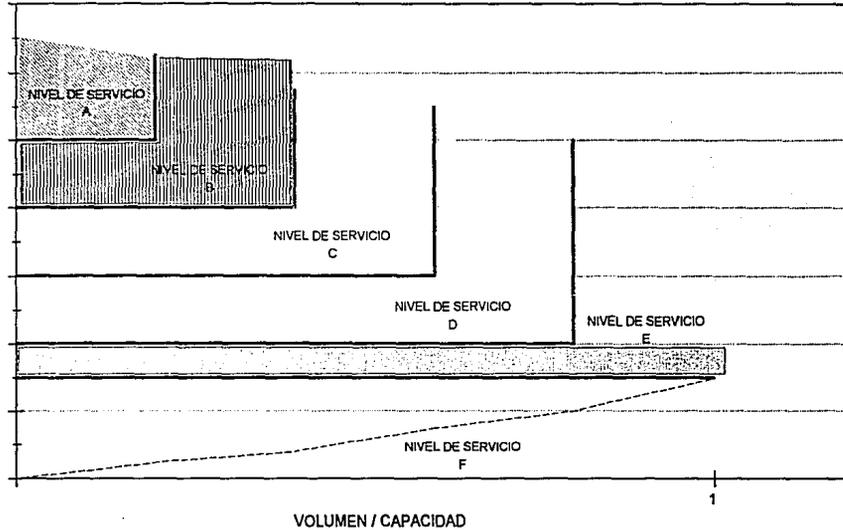


FIG 2.21 CONCEPTO DE LOS NIVELES DE SERVICIO EN FUNCION DE LA VELOCIDAD Y EL FLUJO DE SATURACION

Los volúmenes de servicio son equivalentes de los niveles de servicio en su forma cuantitativa y son los volúmenes máximos de vehículos en un sentido (o en ambos sentidos en carreteras o calles de dos o tres carriles) durante un periodo de tiempo especificado, mientras las condiciones de operación estén mantenidas al nivel de servicio escogido. Los volúmenes de servicio generalmente son volúmenes horarios.

La tabla 2.5 muestra los criterios del nivel de servicio en base a la demora media de parada por vehículo.

<u>NIVEL DE SERVICIO</u>	<u>DEMORA POR PARADA POR VEHICULO (seg)</u>
A	≤ 5.0
B	5.1 a 15.0
C	15.1 a 25.0
D	25.1 a 40.0
E	40.1 a 60.0
F	> 60.0

TABLA 2.5 CRITERIOS DE NIVEL DE SERVICIO PARA INTERSECCIONES  
REGULADAS POR SEMAFOROS

## FACTORES QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD Y A LOS NIVELES DE SERVICIO

Los factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio, se dividen en dos categorías: factores de la carretera y factores del tránsito.

### 1. FACTORES DE LA CARRETERA.

Los factores de la carretera son :

a) Anchura de los carriles: Los carriles angostos tienen una capacidad más baja que los carriles de 3.60m que son aceptados como ideales. Por investigaciones se ha encontrado que un vehículo que rebasa, ocupa mayor tiempo para llevar a cabo esta operación cuando los carriles angostos que cuando son amplios.

b) Distancia libre lateral a obstáculos: Se ha encontrado que obstáculos laterales (tales como muros de retención, parapetos, postes de señales, arbustos y vehículos estacionados) situados a distancias menores de 1.80m de la orilla de un carril, reduce el ancho efectivo del carril, reduciendo por lo tanto la capacidad de la vía. Por ejemplo, una sección transversal de 7.30m de carpeta, con una armadura de puente en la orilla, tiene la misma anchura efectiva que una sección transversal de 5.20m de carpeta con distancia libre lateral de 1.80m.

c) Alineamiento: El alineamiento y perfil de una carretera son factores importantes que efectúan su capacidad. Para tramos relativamente largos dos son las características que se deben tomar en cuenta: la velocidad promedio de proyecto y la distancia de visibilidad de rebase. La velocidad promedio de proyecto es definida como un promedio pesado en las velocidades de proyecto dentro de un tramo de la carretera, cuando a cada uno de los subtramos se le considera una velocidad de proyecto individual.

La distancia de visibilidad de rebase se define como la distancia que es necesaria para pasar a otro vehículo con seguridad y comodidad sin afectar la velocidad de un vehículo que viene en sentido contrario si éste se presenta a la vista después de iniciada la maniobra de rebase. Para el cálculo, esta distancia se estableció de 4.50 m. Por lo tanto, del total de curvas verticales y horizontales del tramo analizado de una vía, se obtiene el porcentaje de dichas carreteras de dos y tres carriles, en dos sentidos de circulación.

d) Otros factores de carreteras son: Los acotamientos, carriles auxiliares, carriles para estacionamiento y condiciones de la superficie de rodamiento.

## 2. FACTORES DE TRÁNSITO.

Los factores de tránsito son:

a) Camiones: Los camiones (definidos para propósitos de capacidad como vehículos transportadores de carga con llantas dobles en uno o más ejes) reducen la capacidad de la vía. En efecto, cada camión equivale a un cierto número de automóviles, bajo condiciones específicas; denominándose "automóviles equivalentes".

Se ha encontrado, que un camión en terreno a nivel es equivalente a 2 automóviles en carreteras de varios carriles y a 2 a 3 automóviles en carreteras de dos carriles. En pendientes en subida, los "automóviles equivalentes" de un camión, pueden variar ampliamente dependiendo de la inclinación y la longitud de la pendiente y número de carriles.

b) Autobuses: Los autobuses en la corriente vehicular afectan también a la capacidad de una manera semejante a los camiones, pero en grado menor. En carreteras de varios carriles, en terrenos a nivel o ligeramente ondulados, un autobús tiene un equivalente a 1.6 automóviles.

c) Distribución del tránsito en los carriles: En vías de varios carriles no todos los carriles llevan el mismo volumen de tránsito. Los carriles en condiciones ideales, llevan mayores volúmenes debido a que los conductores veloces tienden a evitar el carril 1 en el cual permanecen el mayor número de conductores lentos y además evitar las "turbulencias" causadas por las entradas y salidas, La mayor de las cuales están a la derecha del sentido de circulación.

d) Variaciones en la corriente de tránsito: El volumen horario de proyecto está determinado como un porcentaje del volumen promedio diario anual. Para ciertos tipos de carreteras como las autopistas y para las intersecciones a nivel controladas con semáforos además, es necesario conocer dentro de la hora de máxima demanda las variaciones máximas que existen en periodos de 5 y 15 min. respectivamente. Esta variación máxima se denomina "factor horario máximo (FHM)".

### 2.6.3 METODOLOGIA DEL ANALISIS

Existen dos niveles de análisis utilizables<sup>12</sup>. La metodología básica es para el análisis de la circulación. En este nivel debe proporcionarse una información pormenorizada sobre las condiciones prevaletientes del tráfico, la vía y las condiciones de señalización. El método permite un análisis completo de la capacidad y nivel de servicio, y puede ser utilizado para evaluar distintos trazos alternativos y/o planes semaforicos.

<sup>12</sup> Ibid, p. 317

Para el análisis de planificación se tiene un segundo método. A este nivel, sólo se hace referencia a la capacidad debido a que no se dispone de la información necesaria para estimar la demora. El método proporciona unos resultados globalizados que permiten calcular si es probable o no que la intersección se sobresature.

La metodología del análisis de la circulación aquí proporcionado tiene en cuenta todos los detalles de cada uno de los cuatro componentes siguientes: las intensidades de demanda o servicio de la intersección, la semaforización de la intersección, el diseño o características geométricas de la intersección y la demora o el nivel del servicio resultante de estos componentes. La metodología es capaz de tratar cualquiera de estos cuatro componentes como "incógnitas" a ser despejadas a partir de los detalles de las otras tres.

Dado que el análisis de la circulación es complejo, se divide en cinco módulos distintos:

- **Módulo de entrada** - Este módulo de análisis se centra en la definición de toda la información necesaria sobre la que estarán basados los cálculos siguientes. Incluye todos los datos necesarios de la geometría de la intersección, los volúmenes y condiciones del tráfico, y la semaforización. Se utiliza para conseguir un resumen conveniente para su utilización en el resto del análisis.
- **Módulo de ajuste de volúmenes** - Los volúmenes de la demanda viene dados, en general, en vehículos por hora para una hora pico. El módulo de ajuste de volúmenes convierte éstos en intensidades de un periodo de análisis de 15 min., y tiene en cuenta los efectos del reparto por carril. La definición de los grupos de carril a analizar también se realiza dentro de este módulo.
- **Modulo de intensidades de saturación** - En este módulo se calcula la intensidad de saturación de cada uno de los grupos de carriles a analizar. Esta basado en el ajuste de la intensidad de saturación "ideal" de forma que queden reflejadas las condiciones prevalecientes.
- **Modulo de análisis de capacidad** - Aquí se opera sobre los volúmenes y las intensidades de saturación para calcular la capacidad y las relaciones  $I/C$  de cada grupo de carriles, y la relación  $I/C$  de la intersección.
- **Módulo de nivel de servicio** - Se estima aquí la demora de cada grupo de carriles definido para el análisis. Las demoras se agregan por accesos y para la intersección en general, determinándose el nivel de servicio en función de ésta.

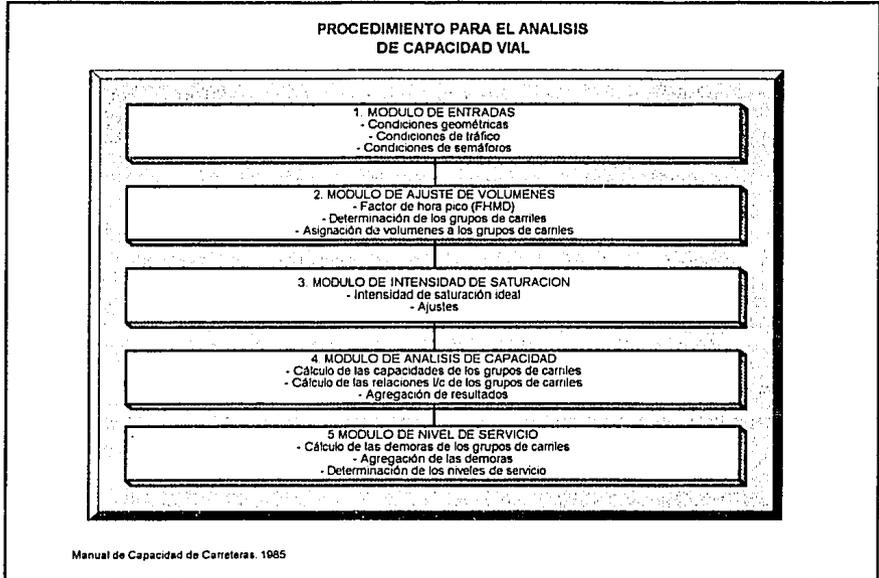
El análisis de la circulación fue el que se llevó a cabo en la Ciudad de Hermosillo por considerarlo el más completo.

Existen a su vez dos maneras de realizar el análisis de la circulación:

- ✓ Por el método manual, sugerido por el Highway Capacity Manual, y/o
- ☒ Por el método informático, realizado con ayuda del Highway Capacity Software™<sup>©</sup>

#### ANALISIS DE LA CIRCULACION (METODO MANUAL)

La secuencia recomendada para el análisis de circulación se presenta en la figura 2.22, los cálculos de cada uno de los módulos se hacen y/o se resumen en el formulario apropiado, tal y como se indica aquí. Las siguientes secciones proporcionan las instrucciones de cada módulo de análisis. Las tablas y formularios mencionados en esta metodología se reproducen en el Anexo A, conservando el número original con el que aparecen en el Highway Capacity Manual, proporcionado además, la página en donde se pueden localizar dentro del mismo manual, para futuras referencias del lector.



*FIG. 2.22 SECUENCIA RECOMENDADA PARA EL ANALISIS DE CIRCULACION*

### MÓDULO DE ENTRADA

El módulo de entrada constituye en esencia un resumen de las características de la geometría, el tráfico y la semaforización, necesarias para llevar a cabo el resto de los cálculos. Cuando se estudia un caso real, estos datos provendrán de datos de campo. Cuando se esté estudiando una situación futura, los datos de tráfico serán unas previsiones, mientras que la geometría y el diseño de la semaforización estará basado en las condiciones existentes, o será objeto de una propuesta. La Figura 9-6<sup>13</sup> muestra el formulario para el módulo de entrada.

La parte superior del formulario contiene un dibujo esquemático de la intersección sobre el que quedan registrados los datos geométricos y el volumen básicos:

#### Paso 1 - Registro de los Volúmenes de Tráfico

Se introducen en los casilleros apropiados, que aparecen en cada esquina del diagrama de la intersección, los volúmenes de hora completa. Los volúmenes de giros a la izquierda, movimientos de frente, y giros a la derecha se ponen debajo de estos casilleros, en la punta de la flecha apropiada. La suma de estos tres movimientos en cada acceso debe coincidir con la cifra que aparece en el casillero.

<sup>13</sup> Ibid, pp. 342,405

### Paso 2 - Registro de la Geometría

Los detalles de la geometría de los carriles deben indicarse en el diagrama de la intersección. Los aspectos a detallar son:

1. Número de carriles.
2. Anchura de carriles.
3. Movimientos de tráfico que usan cada carril (indicados por las flechas).
4. Existencia y situación de carriles de estacionamiento junto al bordillo.
5. Existencia y longitud de los carriles de almacenamiento de movimientos de giro.
6. Existencia de isletas.
7. Existencia y situación de las paradas de autobús.

Cuando no se conozcan las características geométricas, se debe proponer un diseño basado en la práctica estatal o local existente. Como herramienta auxiliar en la definición de este diseño de análisis se puede utilizar el Apéndice I<sup>14</sup>. Los procedimientos asumen que los carriles de giro a la izquierda tienen, cuando existen, longitudes adecuadas. Debe comprobarse esto comparando con los criterios del Apéndice I<sup>15</sup>.

La parte central del formulario es una tabulación de otros datos geométricos y de tráfico adicionales de cada acceso.

### Paso 3 - Registro de las Condiciones Geométricas y de la Circulación

En la parte central del formulario se introducen los siguientes parámetros. Para cada acceso se realizan las siguientes anotaciones individuales:

1. En la primera columna se pone el porcentaje de inclinación; "+" indica rampas, y "-" indica pendientes.
2. En la segunda columna se pone el porcentaje de vehículos pesados. Normalmente se pone la medida del acceso completo. Cuando el número de vehículos pesados varía significativamente entre los distintos movimientos, se pueden utilizar porcentajes distintos para los movimientos MI, MR, y MD. Un "vehículo pesado" es aquél que tiene más de cuatro neumáticos en contacto con el pavimento.
3. Las columnas 3 y 4 describen las características del estacionamiento en el acceso. La tercera columna indica la presencia de un carril de estacionamiento adyacente a la intersección; se pone una "S" o una "N" según sea el caso (sí o no). La cuarta columna indica el número de maniobras de entrada o salida del carril de estacionamiento a una distancia igual o inferior a 75 m de la intersección.
4. En la quinta columna se pone el número de autobuses locales que paran para recoger o dejar pasajeros dentro del entorno de la intersección, a la hora. Por entorno de la intersección se entiende la zona dentro de un radio de 75 m de la intersección.
5. En la sexta columna se pone el factor de hora punta.
6. En la séptima columna se pone el número de peatones a la hora que utilizan el paso peatonal que entre en conflicto con los giros a la derecha desde el acceso estudiado. Para el acceso en sentido hacia el Norte, será el paso peatonal del Este; para el acceso en sentido hacia el Sur, será el paso peatonal del Oeste; para el acceso en sentido hacia el Este, será el paso peatonal del Sur; y para el acceso en sentido hacia el Oeste, será el paso peatonal del Norte.

<sup>14</sup> Ibid. pp. 391-392

<sup>15</sup> Ibid.

7. Las columnas 7 y 8 describen los controles peatonales existentes en la intersección. La octava columna indica la existencia de un detector de peatones del tipo pulsador en el acceso estudiado, mediante una anotación "S" o "N". La novena columna registra el mínimo tiempo de verde requerido para que un peatón cruce la calle, calculado mediante al Ec. 9-5:

$$G_p = 7.0 + W/1.2 - Y$$

8. La columna décima se utiliza para identificar el tipo de llegadas, lo cual describe de una forma general las características de las columnas y de la progresión. Los tipos de llegada se identifican por un número del 1 al 5, según la numeración de la sección de "Metodología"<sup>16</sup>.

Quando no se disponga de datos para estas variables, o cuando no se puedan hacer previsiones adecuadas, se pueden utilizar valores sustitutivos por omisión como aproximación. El calculista utilizará su juicio para la determinación de los mismos, aunque puede utilizar los valores sustitutivos por omisión recomendados por la Tabla 9-3<sup>17</sup>.

La parte inferior del formulario se utiliza para indicar esquemáticamente el diseño semafórico de la intersección.

#### Paso 4 - Diseño semafórico

Mediante las ocho casillas que aparecen en la parte inferior del Formulario del Módulo de Entrada se indica esquemáticamente la secuencia de fases. Puede definirse así un semáforo de hasta ocho fases. Cada casilla se utiliza para definir una fase o subfase durante la cual los movimientos permitidos permanecen constantes.

1. En cada fase se muestran los movimientos posibles mediante flechas. Los movimientos permitidos se indican mediante flechas a trazos, mientras que los giros protegidos se muestran con flechas de líneas continua. Los flujos peatonales conflictivos deben indicarse por medio de líneas a trazos.
2. En la línea denominada "tiempos" debe indicarse para cada fase el tipo real de verde, y el tiempo real de ámbar + el de rojo (en segundos).
3. Cada fase se debe identificar como predeterminada o de tiempos fijos (P), o actuada (A).

Quando el diseño del semáforo sea desconocido, deben tomarse en este momento dos decisiones básica: Cuál es el tipo de control que se asumirá en el análisis, y cuál es la secuencia de fases a utilizar. Estas son dos importantes cuestiones, puesto que influirán en la determinación de los grupos de carriles a analizar. Esta parte del diseño semafórico debe proyectarse en base a la práctica habitual estatal o local. Cuando se requieran sugerencias adicionales para prefijar el tipo de control y secuencia de fases se puede consultar el Apéndice II<sup>18</sup>.

Quando sea preciso definir el tipo de diseño semafórico también será desconocido el reglaje del semáforo. Puede que se sepa, o no, si existen semáforos actuados, dependiendo de si se han observado los tiempos medios de cada fase en el campo. El Apéndice II<sup>19</sup> proporciona unas recomendaciones para fijar los tiempos de cada fase en base aun tipo de semáforo y secuencia asumidos, y para la estimación de las duraciones medias de cada fase de los semáforos actuados para cuando no se disponga de observaciones de campo. Estas estimaciones sin embargo, no pueden calcularse hasta que se haya completado la primera mitad del módulo de análisis de capacidad. El resto de los módulos se puede realizar sin esta información.

<sup>16</sup> Ibid, p. 320

<sup>17</sup> Ibid, p. 322

<sup>18</sup> Ibid, pp. 393-400

<sup>19</sup> Ibid.

### MÓDULO DE AJUSTES DE VOLUMENES

El segundo módulo de análisis se centra en (1) la transformación de los volúmenes horarios de los movimientos en intensidades para el periodo de los 15-min punta de la hora, (2) la determinación de los grupos de carriles a analizar y (3) el ajuste de los flujos de demanda para reflejar la distribución entre carriles.

La Figura 9-7<sup>20</sup> muestra un formulario para los cálculos para los ajustes de los volúmenes.

#### Paso 1 - Registro de los volúmenes horarios

Se ponen los volúmenes horarios de los movimientos en la columna 3 del formulario. Estos se toman directamente del diagrama de la intersección del formulario de entrada.

#### Paso 2 - Conversión de los volúmenes horarios en intensidades punta

Se pone el factor de hora punta de cada movimiento en la columna 4 del formulario. Se dividen los volúmenes horarios entre el FHP para calcular las intensidades punta:

$$I_p = Q/FHP$$

siendo  $I_p$  la intensidad para el periodo punta de 15-min analizado. El resultado se apunta en la columna 5 del formulario.

#### Paso 3 - Determinación de los grupos de carriles a analizar

Se deben determinar los grupos de carriles a analizar en base a las recomendaciones mencionadas en la sección "Metodología"<sup>21</sup>. Los carriles de giro exclusivo siempre se consideran como grupos de carriles aparte. Cuando existan carriles compartidos para MI-MR en un acceso, deben analizarse para determinar si funcionan en el modo compartido equilibrado, o como carriles de giro a la izquierda efectivos. En el último caso se deben definir como grupo de carriles aparte. Si funciona en equilibrio, se considerará todo el acceso como un grupo de carriles unitario.

Se definen los grupos de carriles en la columna 6 del formulario mediante flechas que ilustren los carriles y movimientos incluidos dentro de cada grupo. Los movimientos de giro permitido se indican mediante flechas a trazos, mientras que los movimientos que los movimientos de giro protegidos se muestran con flechas de línea continua. Cuando un giro tenga una fase protegida y permitida, las flechas deben dibujarse como se indica a continuación:

#### Paso 4 - Registro de la intensidad del grupo de carriles

Una vez determinados los grupos de carriles, se deben de sumar las intensidades de los movimientos incluidos, y su resultado se anota en la columna 7 del formulario como intensidad del grupo de carriles  $I_g$ .

#### Paso 5 - Registro del número de carriles en el grupo de carriles

Se apunta en la columna 8 el número de carriles pertenecientes a cada grupo de carriles.

<sup>20</sup> Ibid, pp. 344, 406

<sup>21</sup> Ibid, pp. 323-324

**Paso 6 - Registro del factor de utilización de carril**

Se puede obtener el factor de utilización de carril de la Tabla 9-4<sup>22</sup> y se mete en la columna 9 del formulario para tener en cuenta el uso desigual que los vehículos hacen de los carriles disponibles. En el resto de los casos, utilícese el valor 1.0 .

**Paso 7 - Cálculo de la intensidad de grupo de carriles ajustada**

Se calcula la intensidad de grupo de carriles ajustada mediante al fórmula:

$$I = I_g \times U$$

en donde  $I$  es la intensidad ajustada del grupo de carriles. El resultado se introduce en la columna 10 del formulario.

**Paso 8 - Registro de la proporción de giros a la izquierda y/o de giros a la derecha del grupo de carriles**

Se anota la proporción de giros a la izquierda y/o a la derecha de la demanda del grupo de carriles en la columna 11 del formulario. Estos valores se pueden calcular como sigue:

$$P_{MI} = I_{MI} / I_G$$

$$P_{MD} = I_{MD} / I_G$$

siendo  $P_{MI}$  y  $P_{MD}$  las proporciones de vehículos que giran a la izquierda y a la derecha que utilizan el grupo de carriles, expresadas en decimales. Las intensidades de giro a la derecha y a la izquierda se obtienen de la columna 5 del formulario, y la intensidad total del grupo de carriles,  $I_g$ , viene en la columna 7 del formulario.

El módulo de ajustes de volúmenes presenta los flujos de demanda en una forma agradable para el análisis posterior, a la vez que proporciona valores que se utilizarán después en los siguientes módulos de análisis.

**MÓDULO DE INTENSIDADES DE SATURACIÓN**

En este módulo se calcula la intensidad total de saturación de cada grupo de carriles en las condiciones prevalecientes. La Figura 9-8<sup>23</sup> proporciona un formulario para este módulo.

**Paso 1 - Registro de la descripción de los grupos de carriles**

La columna 2 del formulario se utiliza para identificar los carriles y movimientos incluidos dentro de cada grupo de carriles. Estos son los mismos que los anotados en la columna 6 del Formulario de Ajustes de Volúmenes, que fue donde estos grupos quedaron determinados.

**Paso 2 - Registro de la intensidad de saturación ideal**

Se pone la intensidad de saturación ideal por carril en la columna 3 del formulario. En la mayoría de los cálculos este valor será 1,800 v/hv/c, a no ser que los datos locales indiquen otro valor más idóneo. El Apéndice IV<sup>24</sup> contiene ciertas directrices para la realización de estos estudios para calibrar la intensidad de saturación.

<sup>22</sup> Ibid, p. 325

<sup>23</sup> Ibid, pp. 346, 407

<sup>24</sup> Ibid, pp. 402-404

### Paso 3 - Registro de los factores de ajuste

La intensidad de saturación ideal se multiplica por el número de carriles del grupo de carriles y por ocho factores de ajuste, como se indica a continuación:

1. Se anota el número de carriles del grupo de carriles en la columna 4 del formulario.
2. Se pone el factor de anchura de carril,  $f_A$ , en la columna 5 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-5<sup>25</sup>.
3. Se pone el factor de vehículos pesados,  $f_{VP}$ , en la columna 6 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-6<sup>26</sup>.
4. Se pone el factor de inclinación de la rasante,  $f_g$ , en la columna 7 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-7<sup>27</sup>.
5. Se pone el factor de estacionamiento,  $f_i$ , en la columna 8 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-8<sup>28</sup>.
6. Se pone el factor de bloqueo de autobús,  $f_{bb}$ , en la columna 9 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-9<sup>29</sup>.
7. Se pone el factor de tipo de área,  $f_a$ , en la columna 10 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-10<sup>30</sup>.
8. Se pone el factor de giro a la derecha,  $f_{MD}$ , en la columna 11 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-11<sup>31</sup>.
9. Se pone el factor de giro a la izquierda,  $f_{MI}$ , en la columna 12 del formulario. Este se obtiene de la Tabla 9-12<sup>32</sup>.

Se determinan, separadamente para cada grupo de carriles, sus factores de ajuste a las condiciones prevaletientes. La información para la realización de estas determinaciones se toma del Formulario del Módulo de Entrada. Las proporciones de giros a la derecha y a la izquierda se toman de la última columna del Formulario del Módulo para Ajustes de Volúmenes. La determinación de los factores por giros a la derecha de las fases protegidas y permitidas obligan a asumir la proporción de vehículos que giran a la derecha que utilizan la parte protegida de cada fase. Este es un juicio subjetivo y debe estar basado, en lo posible, en observaciones de campo.

### Paso 4 - Procedimiento especial para los factores de ajuste de giros a la izquierda permitidos

Como se ha dicho anteriormente, el factor de ajuste por giros a la izquierda en giros a la izquierda permitidos se debe calcular utilizando la metodología antes descrita. Como el proceso de cálculo es bastante complejo, proporciona el formulario especial para estos cálculos mostrado en la Figura 9-9<sup>33</sup>.

<sup>25</sup> Ibid, p. 327

<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> Ibid.

<sup>28</sup> Ibid.

<sup>29</sup> Ibid.

<sup>30</sup> Ibid.

<sup>31</sup> Ibid, pp. 328-330

<sup>32</sup> Ibid, pp. 330-331

<sup>33</sup> Ibid, pp. 347, 408

1. Introducción de las variables de estrada - Las primeras 11 filas del formulario se utilizan para resumir los datos de entrada necesarios para la estimación del factor de giro a la izquierda. Este una columna para cada acceso, aunque sólo se utilizan aquéllos que tienen giros a la izquierda permitidos. Se introducen las siguientes variables de entrada:

- a. Duración del Ciclo, *C*. Como el reglaje semafórico es desconocido, se toma un valor de 90 seg para este parámetro al objeto de calcular el factor.
- b. Tiempo de Verde Efectivo, *g*. Se pone el tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles estudiados. Cuando sea todavía desconocido, se estima en base a los volúmenes de carril medios de los movimientos críticos de la intersección. Por lo tanto, si se trata de un semáforo de dos fases y el flujo mayor por carril de la calle N-S es de 500 v/h/c y el flujo mayor por carril de la calle E-O es de 300 v/h/c, se estimarán los siguientes tiempos de verde (en base a la duración del ciclo asumida de 90 seg):

$$g_{N-S} = (90 - 6)(500/800) = 52.5 \text{ seg}$$

$$g_{E-O} = (90 - 6)(300/800) = 31.5 \text{ seg}$$

- c. En donde los 6 seg nacen de asumir un tiempo perdido de 3 seg por cada fase. Aunque el resultado total del análisis debe tener en cuenta el reglaje del semáforo, esta estimación grosera hecha en este momento es suficiente para el cálculo de un factor de ajuste apropiado para los giros a la izquierda.
- d. Número de carriles, *N*. Se pone el número de carriles del grupo de carriles.
- e. Intensidad total *g*/ del acceso, *I<sub>a</sub>*. Se pone la intensidad total del acceso estudiado. Esto incluye el flujo tanto en los carriles de giro exclusivos como en los de movimiento de frente, o en recto.
- f. Intensidad de la vía principal, *I<sub>p</sub>*. La intensidad de la vía principal es la intensidad total del acceso, *I<sub>a</sub>*, menos la intensidad de giro a la izquierda realizado desde un carril exclusivo o desde un acceso de un único carril.
- g. Intensidad de giro a la izquierda, *I<sub>MI</sub>*. Se pone la intensidad de giro a la izquierda del acceso estudiado.
- h. Proporción de giros a la izquierda en el grupo de carriles, *P<sub>MI</sub>*. Se pone la proporción de giros a la izquierda del grupo de carriles estudiado. Estas se obtienen de la columna 11 del Formulario de Ajustes de Volúmenes. Cuando se trate de carriles exclusivos *MI*, el valor es 1,00.
- i. Número de carriles en sentido opuesto, *N<sub>o</sub>*. Se pone el número de carriles de acceso en sentido opuesto. Este no incluye los carriles exclusivos de giro del acceso en sentido opuesto.
- j. Intensidad en sentido opuesto, *I<sub>o</sub>*. La intensidad de la vía principal, *I<sub>p</sub>*, del acceso en sentido opuesto se pone en este casillero.
- k. Proporción de giros a la izquierda en el flujo en sentido opuesto, *P<sub>MI<sub>o</sub></sub>*. Se pone la proporción de giros a la izquierda del valor *I<sub>o</sub>*. Este valor será 0,0 cuando los giros a la izquierda en sentido opuesto provengan de un carril exclusivo.

2. Cálculos - El formulario produce las ecuaciones 9-7 a 9-17, que se utilizan para calcular el factor de ajuste de giros a la izquierda a partir de los datos de entrada anteriores. Se calculan las siguientes variables secuencialmente.

- a. Intensidad de saturación del flujo en sentido opuesto. Esta es la intensidad de saturación aproximada del flujo en sentido opuesto. Cuando no existen giros a la izquierda en el flujo en sentido opuesto, este valor es  $1,800 \times N_o$ .
- b. Relación de intensidades en sentido opuesto,  $Y_o$ . Se calcula como se indica en el formulario.
- c. Tiempo de verde no saturado,  $g_u$ . Esta es la porción de la fase verde que no queda bloqueada por el paso de una cola en sentido opuesto. Se calcula como indica el formulario.
- d. Factor de saturación de giros a la izquierda,  $f_s$ . Se calcula como indica el formulario. Se puede saltar este paso cuando se haya considerado un factor de giro a la izquierda para un grupo de carriles de Mi exclusivo.
- e. Proporción de giros a la izquierda en carril compartido,  $Pl$ . Se calcula como indica el formulario. Cuando se esté estudiando un carril de Mi exclusivo, este valor es 1,00.
- f. Tiempo de verde saturado,  $g_q$ . Esta es la porción de la fase verde que queda bloqueada por el paso de una cola en sentido opuesto. Se calcula como indique el formulario.
- g. Proporción de vehículos en movimiento de frente en un carril compartido,  $PR$ . Se calcula como indica en formulario. Cuando exista un carril de MI exclusivo, este valor es 0,00.
- h. Tiempo inicial de verde,  $g_f$ . Esta es la porción del tiempo de verde de un carril compartido durante el cual los vehículos con movimiento de frente están en movimiento hasta que llega el primer vehículo que desea girar a la izquierda. Se calcula como indica el formulario. Para carriles de MI exclusivos este valor es 0,0.
- i. Equivalente en vehículos con movimiento de frente de los giros a la izquierda,  $EL$ . Se calcula como muestra el formulario.
- j. Factor de giro a la izquierda para el carril  $fm$ . Este es el factor de giro a la izquierda que se aplica al carril único (bien sea compartido o exclusivo) desde el que se hacen los giros a la izquierda. Se calcula como muestra el formulario.
- k. Factor de giro a la izquierda para el grupo de carriles,  $f_{MI}$ . Este es el factor de giro a la izquierda para el grupo de carriles considerado. Cuando el grupo de carriles sea de un solo carril  $f_{MI} = fm$ .

Después de rellenar todo este formulario, se meten los factores apropiados de giro a la izquierda en la columna 12 del Formulario de Intensidades de Saturación mostrado en la Figura 9-8:

#### Paso 5 - Cálculo de las intensidades de saturación ajustadas

La intensidad de saturación ajustada para cada grupo de carriles se calcula multiplicando la intensidad de saturación ideal por el número de carriles del grupo de carriles, y por cada uno de los ocho factores de ajuste determinados en el paso 3. Esto se hace de acuerdo con la Ec. 9-8:

$$s = s_o N_f A f_{sp} f_{fs} f_{fb} f_a f_{MD} f_{MI}$$

Cuando no exista información suficiente para permitir una determinación detallada de los factores de ajuste, se puede llevar a cabo un análisis aproximado utilizando una intensidad de saturación ajustada de  $1.600 \times N$  v/vh. Debe recordarse, sin embargo, que la utilización de este valor sustitutivo por omisión reduce enormemente la exactitud del análisis.

## MÓDULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD

En este módulo se combinan la información y los cálculos resultantes de los tres módulos anteriores, para calcular la capacidad de cada acceso, y las relaciones  $I/c$  de cada grupo de carriles y de la intersección completa. La Figura 9-10<sup>34</sup> muestra un formulario para realizar estos cálculos.

### Paso 1 - Introducción de la descripción del grupo de carriles

Nuevamente se utiliza la columna 2 del formulario para describir los grupos de carriles. Al igual que en el Formulario de Intensidades de Saturación se ponen aquí los carriles y movimientos pertenecientes a cada grupo de carriles. En este formulario, sin embargo, se dividen los grupos de carriles para giros a la izquierda exclusivos que tienen fases para giros a la izquierda protegidos y permitidos, utilizando líneas separadas por las partes protegida y permitida de la fase. Con esto se pretende que este caso pueda ser examinado de forma iterativa, como se indica más adelante. Inicialmente, se asume que el volumen total de giro a la izquierda se produce durante la parte protegida de la fase.

### Paso 2 - Introducción de la intensidad ajustada para cada grupo de carriles

La intensidad ajustada para cada grupo de carriles se obtiene del Formulario del Módulo de Ajustes de Volúmenes y se anota en la columna 3 de este formulario. Como se ha dicho anteriormente, cuando un grupo de carriles de giro a la izquierda protegido y permitido haya sido separado, inicialmente se asume que el flujo completo utiliza la parte protegida de la fase.

### Paso 3 - Registro de la intensidad de saturación ajustada para cada grupo de carriles

La intensidad de saturación ajustada para cada grupo de carriles se obtiene del Formulario de Intensidades de Saturación y se anota en la columna 4 del formulario. Cuando un grupo de carriles de giro a la izquierda permitido y protegido haya sido separado, la intensidad de saturación se anota en la parte de la fase que es protegida. No aparece intensidad de saturación alguna para la parte permitida de esta fase.

### Paso 4 - Cálculo de la relación de intensidades para cada grupo de carriles

Se calcula la relación de intensidades de cada grupo de carriles mediante la fórmula  $I/s$  y se anota en la columna 5 del formulario.

### Paso 5 - Identificación de los grupos de carriles críticos

En esta fase de cálculo, se pueden identificar los grupos de carriles críticos de acuerdo con las directrices comentadas en la sección de "Metodología" de este capítulo. Se define un grupo de carriles críticos como aquel grupo de carriles que tiene la mayor relación de intensidades en cada fase o conjunto de fases. Cuando existan fases solapadas, se deben examinar todas las posibles combinaciones de grupos de carriles críticos seleccionando la combinación que arroje la mayor suma de relaciones de intensidades, tal y como se ha comentado anteriormente. Los grupos de carriles críticos se identifican mediante una marca anotada en la última columna del formulario.

Se suman las relaciones de intensidad de los grupos de carriles críticos. El resultado se anota en el espacio apropiado al final de la cuarta columna del formulario.

<sup>34</sup> Ibid, pp. 349, 409

**Paso 6 - Introducción de relación de tiempos de verde para cada grupo de carriles**

Se calcula y anota en la columna 6 del formulario la relación  $g/C$  de cada grupo de carriles. La relación  $g/C$  es el tiempo efectivo de verde dividido entre la duración del ciclo. Los tiempos de verde reales y la duración del ciclo se obtienen del Formulario del Módulo de Entrada. Cuando los Intervalos de cambio sean de 3 a 5 seg, se puede asumir que el tiempo de verde efectivo sea igual al tiempo de verde real.

Cuando existan intervalos de cambio mayores, se puede utilizar como tiempo de verde efectivo los tiempos de verde reales más el intervalo de cambio menos los tiempos perdidos en arranque y en despeje de la intersección por cada fase. Normalmente se asume que estos tiempos de verde oscilen entre 3 y 5 seg por fase.

Para aquellos casos en los que el reglaje del semáforo no haya sido todavía determinado se dispone ya de suficiente información para poder estimar este reglaje. Para obtener los valores  $g/C$  a anotar en el formulario, se puede consultar las directrices de estimación del reglaje contenidas en el Apéndice II ya mencionado.

**Paso 7 - Cálculo de la capacidad de cada grupo de carriles**

Se calcula la capacidad de cada grupo de carriles como el producto de la intensidad de saturación por la relación de verde:  $c_i = s_i \times (g/C)_i$ . El resultado de este cálculo se anota en la columna 7 del formulario.

**Paso 8 - Cálculo de las relaciones  $l/c$  de cada grupo de carriles**

La relación  $l/c$  de cada grupo de carriles es la relación entre la intensidad ajustada y la capacidad:  $X_i = l/c_i$ . Se calculan estos valores y se anotan en la columna 8 del formulario.

**Paso 9 - Cálculo de la relación  $l/c$  crítica**

La relación crítica  $l/c$ ,  $X_c$ , se calcula de acuerdo con la Ec. 9-3.

$$X_c = \frac{\sum (l/s)_c C}{C - L}$$

Se realiza este cálculo y se anota el resultado en el lugar apropiado o al final del formulario.

La duración del ciclo utilizada en estos cálculos se obtiene del Formulario del Módulos de Entrada. El tiempo perdido total por ciclo debe ser consistente con los tiempos de verde efectivo asumidos anteriormente. El tiempo perdido por ciclo es la duración del ciclo menos la suma de los tiempos de verde efectivos que no se solapan. Su valor suele estar entre la cifra resultante de multiplicar el número de fases discretas por 3 o 5, en seg.

**Paso 10 - Iteración de los grupos de carriles de giros a la izquierda protegidos y permitidos**

En este módulo se separan los grupos de carriles de giro a la izquierda exclusivo con fases protegidas/permitidas, suponiendo que todo el flujo se produce en la fase protegida. Esta hipótesis puede producir una relación  $l/c$  crítica o una relación  $l/c$  de fase protegida que puede llegar a considerarse excesiva. En lugar de pensar en cambios sustanciales de la geometría o de la semaforización en esta etapa, es aconsejable asignar una parte del movimiento de giro a la izquierda a la porción permitida de la fase. La intensidad máxima que pueda asignarse a esta porción de la fase permitida es la capacidad de la fase permitida, que se calcula como el máximo de:

$$c_{MI} = (1400 - I_n)(g/C)_{MI}$$

El analista puede asignar un valor igual o inferior a esta intensidad a la fase permitida, deduciendo una cantidad similar a la fase protegida. Todos los demás cálculos deben de rehacerse ahora, utilizando la nueva intensidad. Variarán la intensidad y las relaciones  $I/c$  de la fase, así como la relación crítica  $I/c$  de la intersección. Si el reglaje semafórico se estimó en base a las relaciones  $I/c$ , como recomienda el Apéndice II, Se deberán recalcular las relaciones  $g/C$  quedando afectadas todas las capacidades de grupo de carriles y las relaciones  $I/c$ .

Al finalizar este módulo, quedan definidas las características de capacidad de la intersección. Estas características deben evaluarse por su valor intrínseco, así como en combinación con las demoras y niveles de servicio que se obtendrán en el módulo siguiente. Aunque en la sección de "Metodología" de este capítulo se ha comentado ya la interpretación de los resultados de capacidad, resumidos aquí algunos de los puntos principales mencionados:

1. La existencia de una relación crítica  $I/c$  superior a 1,00 indica que el diseño geométrico y semafórico no puede dar servicio a la combinación de flujos críticos existentes en la intersección. La demanda existente, o prevista, de estos movimientos excede la capacidad de la intersección. Esta situación puede paliarse mediante alguna combinación de alargamiento de la duración del ciclo, cambio en el plan de fases y/o cambios básicos en la geometría de la intersección.

Debe de tenerse en cuenta, sin embargo, que los cálculos deben haberse realizado utilizando volúmenes de llegada. Cuando las relaciones  $I/c$  son inferiores a 1,00, los volúmenes de llegada y salida son iguales. Cuando las relaciones  $I/c$  son superiores a 1,00, bien para una fase individual o para la intersección completa, los volúmenes de salida son inferiores a los volúmenes de llegada. Las previsiones de volúmenes futuros también son volúmenes de llegada, por definición. Cuando se utilizan en el análisis volúmenes de salida reales, la relación  $I/c$  no puede ser superior a 1,00. Los volúmenes de demanda observados no pueden ser superiores a la capacidad. En estos casos se deben revisar los cálculos para evitar errores. Si todavía persisten relaciones  $I/c$  superiores a 1,00, será un indicador de que la intersección funciona más eficientemente que lo que estas técnicas de cálculo presumen.

2. Cuando la relación crítica  $I/c$  es aceptable, pero las relaciones  $I/c$  de grupos de carriles críticos varían ampliamente, se debe reexaminar la asignación de los tiempos de verde, puesto que esto indica una distribución desproporcionada del tiempo de verde disponible.
3. Si los giros a la izquierda permitidos producen reducciones extremas en la intensidad de saturación de los grupos de carriles a las que son aplicables, pudiera considerarse la utilización de fases protegidas.
4. Si la suma de las relaciones de flujo de los grupos de carriles críticos excede de un valor entre 0,90 y 0,95, es poco probable que el diseño geométrico y semafórico existente pueda dar servicio a la demanda. Por lo tanto, debe considerarse la realización de cambios en alguno o en ambos apartados del diseño.
5. Cuando las relaciones  $I/c$  sean inaceptables, y el plan de fases semafórico incluya ya fases protegidas en los movimientos de giro significativos, es probable que se requieran cambios geométricos para paliar la situación existente.

La capacidad de una intersección es una variable compleja que depende de muchos aspectos relativos al estado prevaleciente del tráfico, la plataforma y la semaforización. Las sugerencias dadas sobre la interpretación de los resultados no pretenden ser ni exhaustivas ni completas, sino que únicamente indican algunos de los problemas más comunes que se pueden identificar mediante los resultados del módulo de análisis de la capacidad.

### MÓDULO DE NIVEL DE SERVICIO

El módulo del nivel de servicio combina los resultados de los módulos de ajustes de volúmenes, de intensidades de saturación y de análisis de la capacidad, para obtener la demora media en parada por vehículo de cada grupo de carriles. El nivel de servicio está directamente relacionado con la demora, y se obtiene de la Tabla 9-1. La Figura 9-11<sup>35</sup> muestra el formulario para este módulo.

La demora se calcula mediante las Ecs. 9-18 y 9-19. Estas ecuaciones se repiten aquí para mayor comodidad:

$$d_1 = 0.38C \frac{[1 - (g/C)]^2}{[1 - (g/C)(X)]^2}$$

$$d_2 = 173X^2(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/C)}$$

$$d = d_1 + d_2$$

El formulario se ha diseñado para calcular los dos términos de la demora por separado. Su suma se multiplica por el factor de ajuste de progresión (FP) para tener en cuenta el impacto que la progresión tiene sobre la demora. Este factor se obtiene de la Tabla 9-13<sup>36</sup>.

#### Paso 1 - Registro de la descripción del grupo de carriles

Como en los formularios anteriores, se utiliza la columna 2 para anotar la descripción de los carriles y los movimientos incluidos dentro de cada grupo de carriles. Esta descripción será la misma que aparecía en el formulario de ajustes de volúmenes. En este formulario no es necesario separar los grupos de carriles con giros a la izquierda protegidos y permitidos.

#### Paso 2 - Obtención del primer término de la demora

El primer término de la ecuación de la demora (Ec. 9-18) refleja la "demora uniforme", es decir, la demora que se produciría en un grupo de carriles si las llegadas estuvieran uniformemente distribuidas, y si ningún ciclo entrara en sobresaturación. Depende de la relación  $l/c$ ,  $X$ , del grupo de carriles, de la relación de verdes,  $g/C$ , del grupo de carriles, y de la duración del ciclo,  $C$ . Se obtiene como se indica a continuación:

1. Se anota la relación  $l/c$  de cada grupo de carriles en la columna 3 del formulario. Estas pueden obtenerse del formulario de Análisis de Capacidad.
2. Se anota la relación de verdes de cada grupo de carriles en la columna 4 del formulario. Este valor se obtiene del Formulario de Análisis de Capacidad.
3. Se anota la relación del ciclo en la columna 5 del formulario. Este valor también se obtiene del Formulario de Análisis de Capacidad.
4. Se calcula el primer término de la demora mediante la Ec. 9-18. El resultado se anota en la columna 6 del formulario.

<sup>35</sup> Ibid, pp. 352, 410

<sup>36</sup> Ibid, p. 337

### Paso 3 - Obtención del segundo término de la demora

El segundo término de la demora refleja la "demora incremental", es decir, aquella demora por encima de la demora uniforme que se debe a que las llegadas son aleatorias en vez de uniformes, y debido también a los ciclos que se sobresaturan. Está basada en la relación  $l/c$ ,  $X$ , y en la capacidad,  $c$ , del grupo de carriles. Se calcula como sigue:

1. Se anota la capacidad de cada grupo de carriles en la columna 7 del formulario. Se obtiene ésta del Formulario de Análisis de Capacidad.
2. Se calcula el segundo término de la demora de la Ec. 9-18. El resultado se anota en la columna 8 del formulario.

### Paso 4 - Obtención de la demora y del nivel de servicio de cada grupo de carriles

La demora de cada grupo de carriles es la suma de los dos términos de demora multiplicados por el factor de progresión. Para la obtención de la demora y del nivel de servicio se siguen los siguientes pasos:

1. Se obtiene el factor de progresión FP de cada grupo de carriles por medio de la Tabla 9-13. Se anota este valor en la columna 9 del formulario.
2. Se calcula la demora media de parada por vehículo para cada grupo de carriles de la siguiente forma: Demora =  $(d_1 + d_2) \times FP$ . Se anota el resultado en la columna 10 del formulario.
3. De la Tabla 9-1 se obtiene el nivel de servicio para cada grupo de carriles. El resultado se anota en la columna 11 del formulario.

### Paso 5 - Obtención de la demora y del nivel de servicio de cada acceso

Se obtiene la demora media por vehículo para cada acceso sumando el producto de la intensidad de cada grupo de carril del acceso por su demora y dividiendo la suma por la intensidad total del acceso. Se anota en la columna 12 del formulario la demora media ponderada para cada acceso. Mediante la Tabla 9-1 se determina el nivel de servicio y se anota en la columna 13 del formulario.

### Paso 6 - Obtención de la demora y del nivel de servicio de la intersección

Se calcula la demora media por vehículo de la intersección considerada en su conjunto sumando el producto de las intensidades de cada acceso por su demora para todos los accesos y dividiendo la suma entre la intensidad total de la intersección. Esta demora media ponderada se anota en el espacio apropiado reservado para ello en la parte interior del formulario. El nivel de servicio para la intersección en general se obtiene por medio de la Tabla 9-1, y se anota en el espacio apropiado al final de formulario.

El resultado de este módulo es una estimación de la demora media en parada por vehículo para cada grupo de carriles así como los valores medios para cada acceso y para la intersección completa. El nivel de servicio está directamente relacionado con los valores de la demora y se asigna en función de la misma.

Es mejor analizar los valores del nivel de servicio y la demora en combinación con los resultados del módulo de análisis de capacidad. Aunque no se pretende que sea un análisis exhaustivo, a continuación se comentan algunas de las situaciones más comunes:

1. El nivel de servicio es una indicación de la aceptación general de la demora por los conductores. Debe destacarse que esto es hasta cierto punto subjetivo: lo que es "acceptable" en una zona céntrica comercial no es necesariamente "acceptable" en un entorno menos denso.

2. Cuando los niveles de demora sean aceptables para la intersección considerada en conjunto, pero sea inaceptable para ciertos grupos de carriles, se puede examinar el plan de fases y/o la distribución de tiempos de verde para permitir mejorar el servicio de estos movimientos peor tratados.
3. Cuando los niveles de demora sean inaceptables, pero las relaciones  $I/c$  sean relativamente bajas (módulo de análisis de capacidad), puede suceder que la duración del ciclo sea demasiado larga para las condiciones prevalecientes y/o que el plan de fases sea ineficiente. Debe destacarse, sin embargo, que cuando los semáforos sean una parte de un sistema coordinado, la duración del ciclo de las intersecciones individuales viene determinado por consideraciones del sistema general, y puede que no sea práctico realizar alteraciones en puntos aislados.
4. Cuando tanto los niveles de demora como las relaciones  $I/c$  sean inaceptables, la situación es de lo más crítico. La demora ya es alta, y la demanda está cerca o por encima de la capacidad. En estos casos la demora puede incrementarse rápidamente con pequeñas variaciones en la demanda. Debe considerarse en este caso todas las posibles mejoras en el diseño geométrico y semaforico con objeto de paliar la situación.

La demora y el nivel de servicio, al igual que la capacidad, son unas variables complejas que dependen de una amplia gama de condiciones del tráfico, la plataforma y la semaforización. Las técnicas de análisis de la circulación presentadas aquí son útiles para la estimación de las características del comportamiento de una intersección, y para proporcionar una profunda visión sobre los factores causales más probables.

Estos procedimientos no tienen en cuenta, sin embargo, todas las posibles condiciones. Esta metodología no hace ninguna referencia a la influencia de aspectos tales como los radios específicos de los bordillos de las esquinas, del ángulo de intersección, la combinación de inclinaciones en los distintos accesos, las singularidades geométricas (intersecciones desfasadas, estrechamiento de los carriles de salida, etc.), y otras condiciones raras de los lugares concretos. En estos casos se pueden realizar estudios de campo que sirvan para determinar la demora directamente (véase el Apéndice II), y/o para calibrar la intensidad de la saturación prevaleciente (ver el apéndice IV). Se pueden producir demoras extraordinarias como resultado de bloqueos, tales como los que se producen por estacionamientos ilegales o vehículos parados, u otras razones. El analista puede mejorar su conocimiento del caso concreto mediante observaciones del mismo en el campo, además de hacer los análisis analíticos prescritos anteriormente.

#### ANALISIS DE LA CIRCULACION (METODO INFORMATICO)

Debido a que los cálculos para determinar los niveles de servicio y las demoras son en ocasiones largos y tediosos (máxime si se tienen que analizar una gran cantidad de cruceiros), se implementó un paquete computacional (software) que minimiza el trabajo en los cálculos y proporciona rapidez en los mismos. Este paquete es el *Highway Capacity Software*<sup>TM</sup>© (HCS 1985), el cual fue desarrollado por la Universidad de Florida, y que sigue todos las recomendaciones y los lineamientos establecidos por el Highway Capacity Manual.

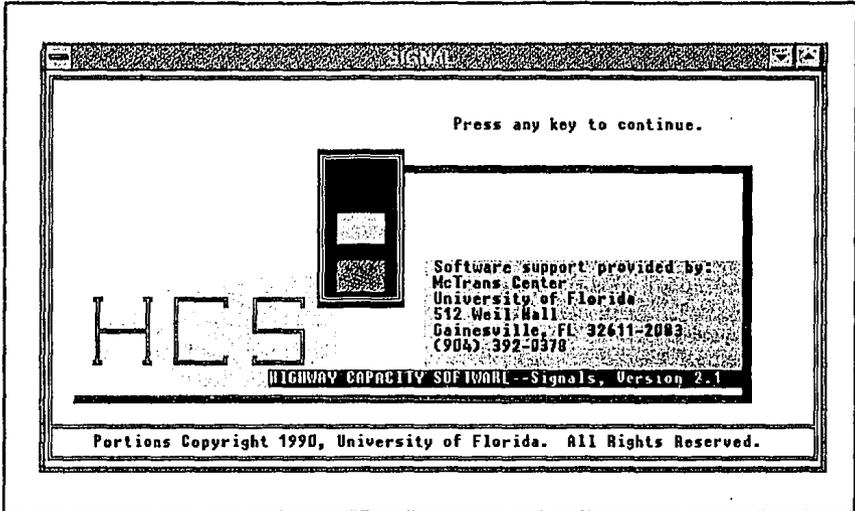


FIG. 2.23 PANTALLA INICIAL DEL HCS

La figura 2.23 nos muestra la pantalla inicial del programa, en el módulo de intersecciones semaforizadas (SIGNAL).

Se mostró en el apartado anterior la metodología que se sigue de manera manual con el objeto de comprender los conceptos fundamentales, y para entender los resultados que nos arroja este método informático. Con este método se realiza el análisis de la circulación de manera más rápida y eficiente, pues lo único que se tiene que introducir a éste son los datos de entrada (Módulo de Entradas en el método manual), ya que los demás cálculos (ajuste de volúmenes, Intensidades de saturación, capacidad y niveles de servicio con sus respectivas relaciones de demoras) se realizan de manera automática, conforme a las fórmulas, tablas y secuencias de trabajo utilizadas en el método manual.

La función que realiza este programa es la de proporcionar al ingeniero de tránsito información rápida y confiable, ahorrando tiempo en los cálculos, pues los valores de las tablas que se tienen que consultar de manera manual en el método del mismo nombre, se realizan de manera automática en este método dependiendo de los datos con que se alimentó el módulo de entradas. El uso de este programa es además el exigido por la SEDESOL para los estudios de análisis de capacidad<sup>37</sup>.

La figura 2.24 presenta los cuatro módulos que calcula el HCS, dentro de su opción RUN (calcular), de abajo hacia arriba:

<sup>37</sup> "Para el Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio el consultor hará uso del HCM 1995 Implementado en software, el cual será proporcionado por la SEDESOL". Términos de Referencia Genéricos para Estudios Integrales de Vialidad y Transporte Urbano. SEDESOL, 1992. p. 36

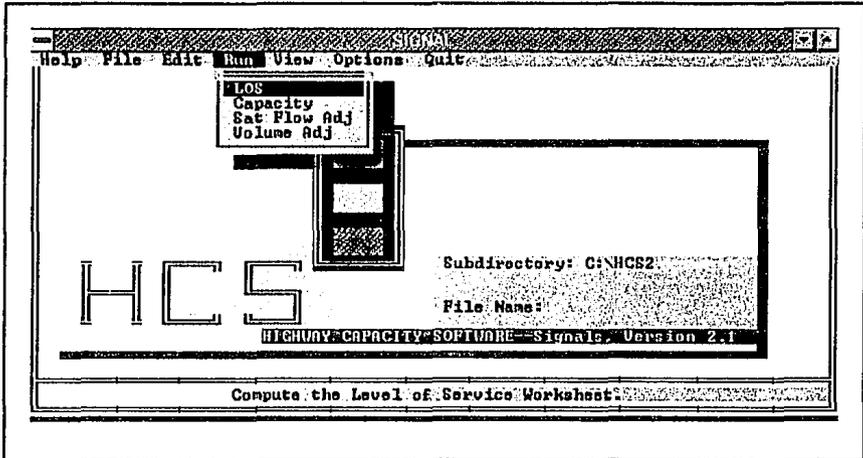


FIG. 2.24 MODULOS QUE REALIZA EL HCS 1995

- Volume adj. (ajuste de volúmenes)
- Sat. flow adj. (ajuste de flujos de saturación)
- Capacity (capacidad)
- Level of Service-LOS (niveles de servicio)

que son los mismos módulos que hace referencia el método manual. El modulo de entradas se realiza aparte en la función EDIT (editar) dentro del cual hay dos submenues: TRAFFIC (datos de tráfico) y TIMMING (fases de semáforo). Una vez introducidos los datos dentro del editor, lo único que se tiene que hacer es "correr" los módulos mencionados.

Una vez explicado el funcionamiento del programa, se procederá a mostrar los resultados obtenidos para las diferentes intersecciones semaforizadas evaluadas dentro de la Ciudad de Hermosillo, por medio del método informático.

## 2.6.4 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

A manera de ejemplificar el como se llegó a obtener los resultados del nivel del servicio por medio del programa de cómputo para los diferentes cruces analizados, se mostrará el procedimiento de como se fueron introduciendo los datos básicos por medio de un cruceo ejemplo. El cruceo que se desarrollará paso a paso corresponde a la intersección formada por el Blvd. Luis Encinas y la calle de Benito Juárez; esta esquina presenta un ciclo semafórico de 100 seg con tres fases que controla los tres accesos (o-p, p-o s-n).

Como primer paso para realizar el análisis de cruces semaforizados, se requiere conocer la geometría y los factores de tránsito de la intersección, entre los que destacan:

- No. de carriles.
- Ancho de carriles.
- Sentidos de circulación.
- Paradas de autobuses.
- Estacionamientos.

Para conocer estos detalles, se requiere realizar un levantamiento físico-geométrico del crucero. El plano 2.6 presenta el levantamiento físico realizado en nuestro crucero ejemplo. También se muestra el levantamiento físico-geométrico de un crucero sencillo (plano 2.7) con dos accesos directos.

Una vez obtenidos los datos geométricos, se procede a medir el ciclo del semáforo con sus diferentes fases. El crucero Encinas-Juárez presenta un ciclo de 100 seg dividido en tres fases con el reglaje siguiente:

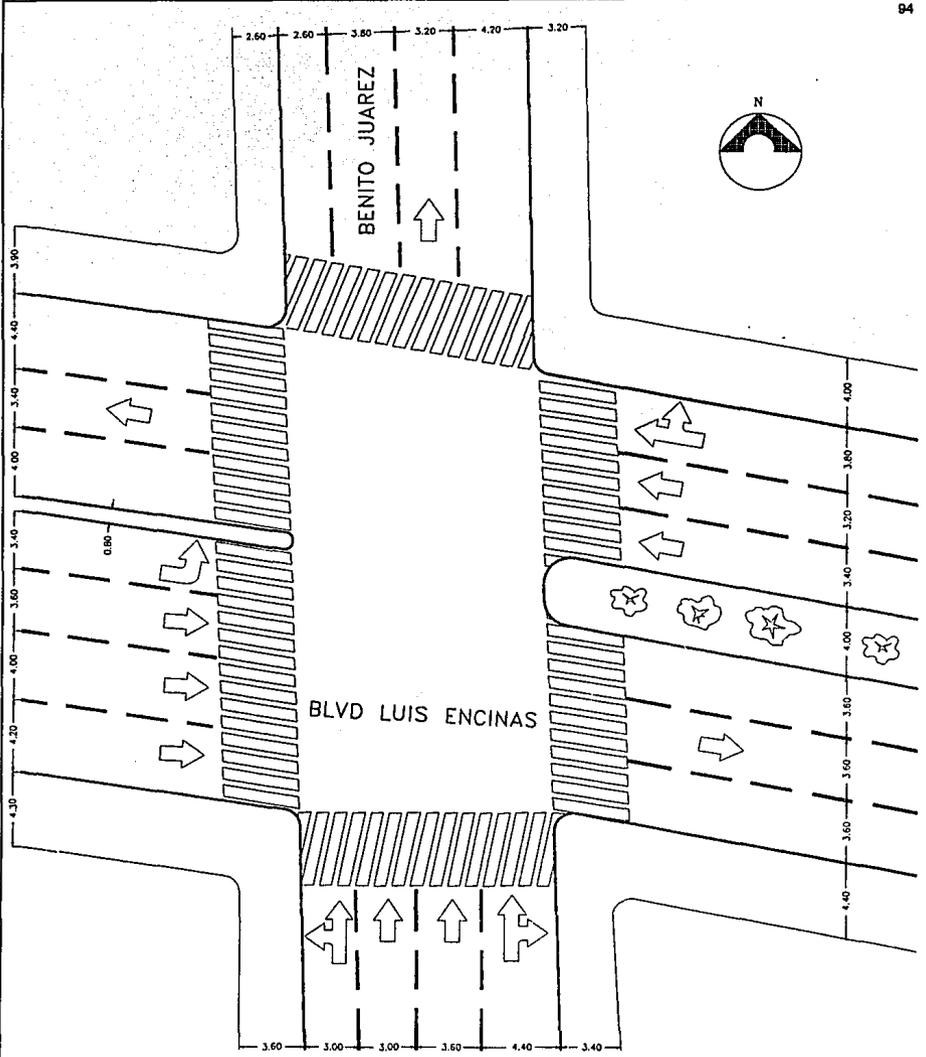
FASE	MOVIMIENTOS PERMITIDOS	DESCRIPCION	DURACION DEL PERIODO (seg)			TOTAL (V + A)
			VERDE	AMARILLO	ROJO	
1	↔ ↔ ↻	P-O: F O-P: F,D	41	4	55	45
2	↻	P-O: I	20	4	32	24
3	↻ ↑ ↻	S-N: I, F, D	27	4	69	31
F= FRENTE, D=DERECHA, I=IZQUIERDA					CICLO=	100 seg

Es necesario a su vez, conocer los volúmenes direccionales obtenidos en la hora de máxima demanda (determinados éstos con la metodología señalada en el apartado de volúmenes direccionales); para esta intersección se llegó a los siguientes resultados en el aforo, tomando los totales de las diferentes clasificaciones:

DIRECCION	MOVIMIENTO	VOLUMEN TOTAL
P - O	↻	199
	↔	899
	↻	0
O - P	↻	166
	↔	834
	↻	0
S - N	↻	228
	↑	469
	↻	15

Los datos adicionales conocidos y que son necesarios para el análisis son:

- Pendiente del terreno: 0 %
- Estacionamientos adyacentes: No, porque esta intersección es de una vialidad primaria (Blvd. Encinas) con una secundaria (B. Juárez), en donde esta prohibido realizar aparcamientos.
- El volumen de vehículos pesados se toma del aforo direccional, en el cual se registraron las diferentes categorías vehiculares, por lo que este dato corresponde al número de vehículos clase C1 y C2 entre el total de vehículos.
- No existen semáforos para peatones.
- Se trata de un CBD (zona central de negocios), localizada en la periferia del centro histórico.

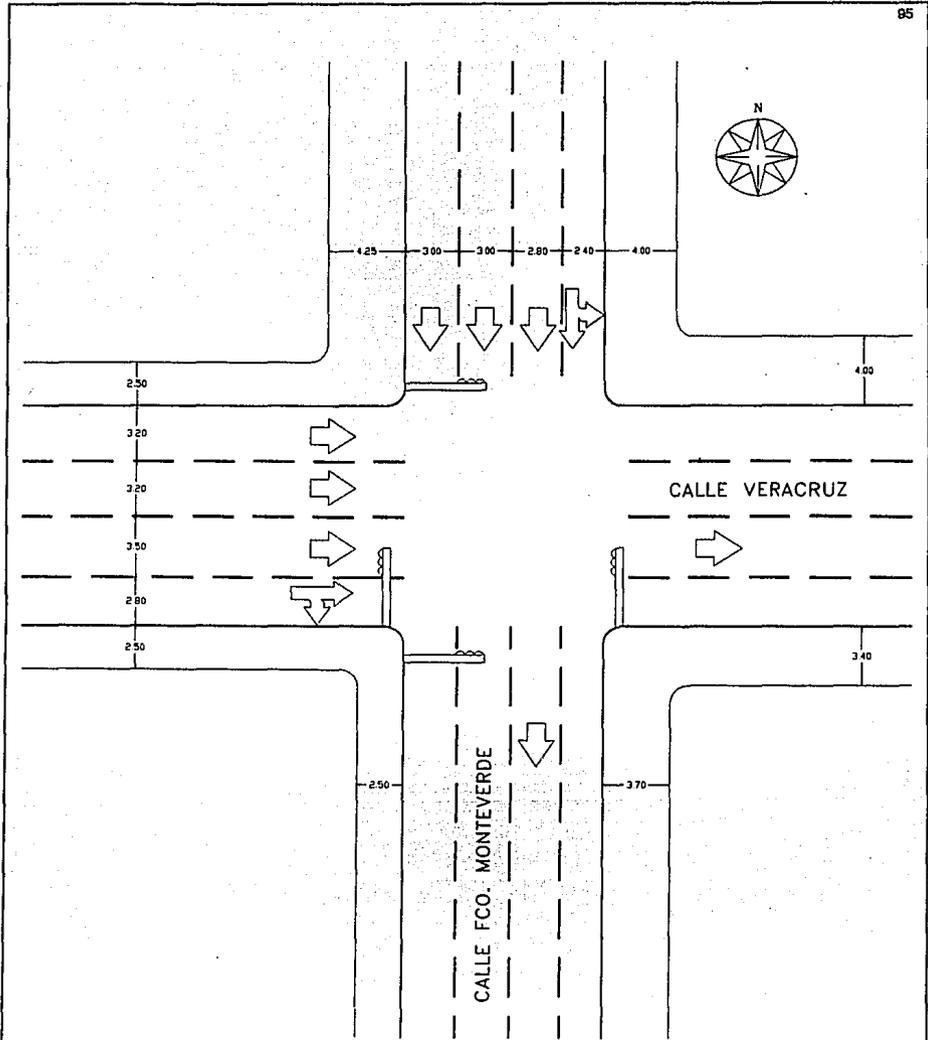


ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.  
CRUCERO ANALIZADO POR CAPACIDAD VIAL

ESCALA 1:255  
TITULO PROFESIONAL  
FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLALBA  
FECHA: DICIEMBRE 1994

PLANO No.  
**2.6**





ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO  
EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

CRUCERO ANALIZADO POR CAPACIDAD VIAL

ESCALA: 1:250  
TESIS PROFESIONAL  
FRANCISCO JAVIER  
GRAMOS MONTAÑERTE

PLANO No.  
**2.7**

FECHA: ENERO 1994



Conocidos los datos de la geometría, el plan semafórico y los volúmenes vehiculares, se introducen éstos en la sección EDIT del HCS, y se proceden a ejecutar los módulos del programa. Los datos complementarios como son el número de movimientos peatonales, número de paradas del transporte y tipo de arribo a la intersección, no se tienen registrados, por lo que se adoptaran los valores que por defecto aplica el HCS en base a las recomendaciones del HCM.

Los reportes que entrega el programa se reproducen a continuación, para mostrar los resultados obtenidos en la intersección que forman el Blvd. Luis Encinas y Benito Juárez; la secuencia de los reportes es la siguiente:

- ④ Un reporte resumen de una hoja, en donde se presentan: los datos básicos de la geometría, el reglaje semafórico y los niveles de servicio de los accesos de la intersección.
- ④ Un reporte completo del análisis de la intersección que comprende:
  - ④ Hoja 1: Todos los datos referentes a la geometría y a factores de tránsito, así como el reglaje semafórico con sus respectivas fases.
  - ④ Hoja 2: El formato detallado tanto de Ajuste de Volúmenes como de Intensidades de Saturación.
  - ④ Hoja 3: Los resultados del Análisis de Capacidad, y del Nivel de Servicio.
- ④ Un croquis de la intersección con los volúmenes vehiculares, accesos y niveles de servicio de cada uno de ellos, y de la intersección en general.

El resultado sobre el Nivel de Servicio de la intersección (que es el dato que más nos interesa en este análisis) refleja que el acceso que tiene el nivel más bajo es el que corresponde al giro a la izquierda protegido en la dirección poniente-oriente, pues presenta un nivel de servicio D, el cual esta por debajo del nivel de proyecto (en este caso B).

Si bien la intersección en general muestra un nivel de servicio C, se podría aumentar su nivel redistribuyendo el reglaje semafórico y así elevar el nivel del acceso poniente-oriente en su giro a la izquierda. Se presenta en el Anexo B una propuesta para incrementar el nivel del servicio de esta intersección.

## HCM: SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SON.

-----  
 Streets: (E-W) BLVD. LUIS ENCINAS (N-S) B. JUAREZ  
 Analyst: FCO. GRANADOS VILLAFUERTE File Name: JUA-ENCI.HCS  
 Area Type: CBD 1-19-94 Time period: 7:00-9:00  
 Comment: ANALISIS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA  
 -----

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	1	3			3	<		>	4	<		
Volumes	199	899			834	166	228	469	15			
Lane Width	3.4	3.9			3.7			3.5				
RTOR Vols			0			0					0	

Phase combination	Signal Operations							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left		*			NB Left	*		
Thru		*			Thru	*		
Right					Right	*		
Peds					Peds			
WB Left					SB Left			
Thru		*			Thru			
Right		*			Right			
Peds					Peds			
NB Right					EB Right			
SB Right					WB Right			
Green		41P	20P		Green	27P		
Yellow/A-R		4	4		Yellow/A-R	4		
Lost Time		3.0	3.0		Lost Time	3.0		

Cycle Length: 100 secs Phase combination order: #1 #2 #5

Intersection Performance Summary									
	Lane Group	Adj Sat	v/c	g/c	Delay	LOS	Approach:		
							Delay	LOS	
Mvmts	Cap	Flow	Ratio	Ratio					
EB	L	1470	309	0.69	0.21	32.0	D	19.1	C
T		4890	2054	0.51	0.42	16.5	C		
WB	TR	4666	1960	0.60	0.42	17.4	C	17.4	C
NB	LTR	5868	1643	0.51	0.28	23.2	C	23.2	C

Intersection Delay = 19.5 (sec/veh) Intersection LOS = C

-----  
 REPORTE RESUMEN DEL HCS  
 -----

-----  
 ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.  
 -----

HCS: Signalized Intersection Version 2.1 1

-----  
 ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO  
 HERMOSILLO, SONORA.

-----  
 Streets: (E-W) BLVD. LUIS ENCINAS (N-S) B. JUAREZ  
 Analyst: FCO. GRANADOS VILLAFUERTE File Name: JUA-ENCI.HC9  
 Area Type: CBD 1-19-94 Time period: 7:00-9:00  
 Comment: ANALISIS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA  
 -----

Traffic and Roadway Conditions

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	1	3		3	<		>	4	<			
Volumes	199	899		834	166		228	469	15			
PHF or PK15	0.94	0.94		0.94	0.94		0.94	0.94	0.94			
Lane Width	3.4	3.9		3.7			3.5					
Grade		0		0			0					
% Heavy Veh	4	4		3	3		2	2	2			
Parking	(Y/N)	N		(Y/N)	N		(Y/N)	N				
Bus Stops			0			0			0			
Con. Peds			0			100			0			100
Ped Button	(Y/N)	N		(Y/N)	N		(Y/N)	N				
Arr Type	3	3		3	3		3	3	3			
RTOR Vols			0			0			0			

Signal Operations

Phase combination	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left		*			NB Left	*		
Thru		*			Thru	*		
Right					Right	*		
Peds					Peds			
WB Left					SB Left			
Thru		*			Thru			
Right		*			Right			
Peds					Peds			
NB Right					EB Right			
SB Right					WB Right			
Green		41P	20P		Green	27P		
Yellow/A-R		4	4		Yellow/A-R	4		
Lost Time		3.0	3.0		Lost Time	3.0		

Cycle Length: 100 secs Phase combination order: #1 #2 #5

REPORTE DETALLADO DEL ANALISIS (HOJA 1)

HCS: Signalized Intersection Version 2.1 2

-----  
 Streets: (E-W) BLVD. LUIS ENCINAS (N-S) B. JUAREZ  
 Analyst: FCO. GRANADOS VILLAFUERTE File Name: JUA-ENCI.HC9  
 Area Type: CBD 1-19-94 Time period: 7:00-9:00  
 Comment: ANALISIS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA  
 -----

Volume Adjustment Worksheet

-----  

Direc-	Mvt	Adj	Lane	Grp	No.	Util	Growth	Grp	Prop	Prop	
Mvt	Vol	PHF	Vol	Grp	Vol	Ln	Fact	Fact	Vol	LT	RT
EB											
Left	199	0.94	212	L	212	1	1.000	1.000	212	1.00	0.00
Thru	899	0.94	956	T	956	3	1.100	1.000	1052	0.00	0.00
WB											
Thru	834	0.94	887	TR	1064	3	1.100	1.000	1170	0.00	0.17
Right	166	0.94	177								
NB											
Left	228	0.94	243								
Thru	469	0.94	499	**LTR	758	4	1.100	1.000	834	0.32	0.02
Right	15	0.94	16								
SB											

\*\* HCS determination of Defacto Left-Turn Lane has been overridden.

Saturation Flow Adjustment Worksheet

-----  

Direc-	Ideal	No.	f	f	f	f	f	f	f	f	Adj	
LnGrp	Sat	Flow	Lns	W	HV	G	p	BB	A	RT	LT	Sat
EB												
L	1800	1	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.95	1470	
T	1800	3	1.03	0.98	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	4890	
WB												
TR	1800	3	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	0.97	1.00	4666	
NB												
LTR	1800	4	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.94	5868	
SB												

REPORTE DETALLADO DEL ANALISIS (HOJA 2)

HCS: Signalized Intersection Version 2.1 3  
 =====  
 Streets: (E-W) BLVD. LUIS ENCINAS (N-S) B. JUAREZ -  
 Analyst: FCO. GRANADOS VILLAFUERTE File Name: JUA-ENCI.HC9  
 Area Type: CBD 1-19-94 Time period: 7:00-9:00  
 Comment: ANALISIS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA  
 =====

## Capacity Analysis Worksheet

Direction/ LnGrp	Adj Flow Rate (v)	Adj Sat Flow Rate (s)	Flow Ratio (v/s)	Green Ratio (g/C)	Lane Group Capacity (c)	v/c Ratio
EB						
L	212	1470	0.144	0.210	309	0.687 *
T	1052	4890	0.215	0.420	2054	0.512
NB						
TR	1170	4666	0.251	0.420	1960	0.597 *
NB						
LTR	834	5868	0.142	0.280	1643	0.508 *
SB						
Cycle Length, C = 100.0 sec.				Sum (v/s) critical = 0.537		
Lost Time Per Cycle, L = 9.0 sec.				X critical = 0.590		

## Level of Service Worksheet

Direction/ LnGrp	v/c Ratio	g/C Ratio	Cycle Len	Delay d	Lane Group 1 Cap	Delay d	Prog Fact	Lane Grp Delay	Lane Grp LOS	Delay By App	LOS By App
EB											
L	0.69	0.210	100.0	27.7	309	4.3	1.00	32.0	D	19.1	C
T	0.51	0.420	100.0	16.3	2054	0.2	1.00	16.5	C		
NB											
TR	0.60	0.420	100.0	17.1	1960	0.4	1.00	17.4	C	17.4	C
NB											
LTR	0.51	0.280	100.0	23.0	1643	0.2	1.00	23.2	C	23.2	C
SB											
Intersection Delay = 19.5 (sec/veh)						Intersection LOS = C					

REPORTE DETALLADO DEL ANALISIS (HOJA 3)



## ¿POR QUE ANALIZAR LA VIALIDAD Y EL TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO ?



(82) 18-15-14

# Diálogo directo

18/A EL IMPARCIAL

HERMOSILLO, SONORA, MIERCOLES 18 DE AGOSTO DE 1993



Transito

\* Los autos que estacionan en batería frente a un centro comercial ubicado en el Periférico Poniente y Yucatán, invaden un carril de circulación.



problema.

\* En la esquina de las calles Zacatecas y 16 de Septiembre, ya colocaron el alto que hacía falta.



Transito

\* Hace falta un alto en la esquina de las calles Domingo del Castillo y Leandro P. Gaxiola.

\* En los semáforos Olivares y Yucatán, y Olivares y Luis Encinas, que tienen cuatro cruces de tráfico, proponen que pongan la vuelta y el siga al mismo tiempo, en ambos sentidos.

\* Convierten en par vial la calle Morelia con la Doctor Noriega, pero entre Jesús García y Carbó dejaron cinco topos que entorpecen la circulación.

Ministerio Federal IMPARCIAL

El agente de la Policía Preventiva, asignado al área del parque de la colonia Pitic, vigila que no sea destruido el tope, recién reparado y que fuera destrozado por unos vándalos la tarde del miércoles.

# CAPITULO 3

## TRANSPORTE PUBLICO

---

### 3.1 SITUACION ACTUAL DEL TRANSPORTE PUBLICO EN HERMOSILLO

#### 3.1.1 OFERTA DE TRANSPORTE PUBLICO

La Ciudad de Hermosillo es una capital moderna en cuanto a equipamiento urbano, se destacan entre sus centros de reunión más importantes, el Lienzo Charro, el Campo de Golf, el Parque Ecológico, el Seminario Conciliar, la Unidad Deportiva, la Casa de la Cultura y el mirador en el Cerro de la Campana, además de contar con instalaciones de salud entre los que destacan los Centros regionales de diagnóstico; en lo relativo a educación la comunidad de Hermosillo tiene acceso a Institutos Tecnológicos y Universidades, en áreas de Humanidades y Ciencias, así como de Ingeniería y Ciencias de la Tierra, precisamente en el centro de la ciudad se encuentra la Universidad de Sonora y el Museo. Este panorama de puntos generadores de viajes, muestra la importancia del uso de Transporte Público.

En Hermosillo hay sitios de automóviles de alquiler y servicio de taxis en hoteles de cinco estrellas; se cuenta actualmente con el servicio de transporte urbano con tarifa de 800 viejos pesos en microbuses con uso de diesel centrifugado, existiendo una ruta de éstos con aire acondicionado para viajar cómodamente (el cual esta teniendo mucha demanda y esta siendo muy bien aceptado por los usuarios) y evitar temperaturas extremas del medio ambiente de hasta 45° centígrados en los meses de julio y agosto.

Con respecto a este último aspecto, la introducción de este tipo de servicio se dio a raíz de lo previsto en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano en el año de 1987, mencionando lo siguiente en su apartado vialidad y transporte urbano:

".... Con respecto al transporte urbano, se observó que con relación a las rutas de autobuses, éstas (las vialidades) acuden en toda el área urbana; no obstante el problema radica en las unidades de transporte, las cuales no están debidamente adecuadas para proporcionar un servicio cómodo que el clima imperante exige y la eficiencia en cuanto a la dotación de servicio".

En una visita técnica realizada a la ciudad, se constató que la reestructuración de rutas y el cambio de unidades se está efectuando, reflejando la preocupación de las autoridades del Gobierno del Estado a cuyo cargo está el transporte en la capital de Sonora, siendo encargada directa la Delegación de Autotransporte dependiente de la Secretaría de Gobierno del Estado. En la primera etapa del programa de modernización de la flotilla de transporte urbano en Hermosillo, fueron otorgados créditos para adquirir 211 unidades<sup>1</sup> (Fig. 3.1).

En octubre de 1993, las líneas establecidas de transporte se constituyen por:

- Camiones de 40 pasajeros, unidades antiguas , cuya tarifa es de 600 viejos pesos y
- Microbuses de 24 pasajeros, unidades nuevas, cuya tarifa es de 800 viejos pesos.

---

<sup>1</sup> El Financiero. Suplemento Especial "Sonora, por más progreso", p.26. Abril de 1994, D.F.



FIG. 3.1 MODERNAS UNIDADES DE TRANSPORTE FINANCIADAS POR BANOBRAS, MEDIANTE EL OTORGAMIENTO DE CREDITOS

El transporte público en Hermosillo, tiene casetas de espera con asientos para 5 personas, la frecuencia de las unidades por las calles del centro varía, pues la espera es en algunas rutas de entre 5 y 10 minutos, mientras que en otras es hasta de 30 minutos.

La asignación de paradas es estudiada por parte de las autoridades de la Dirección de Ingeniería Vial del Municipio y por la Delegación de Autotransporte, por lo que en la fecha del estudio estaban por instalar 607 casetas de espera, teniendo como propósito agilizar los recorridos y mejorar el servicio.

Complementariamente a las rutas de autobuses, el transporte a través de microbuses define algunas áreas sin servir que corresponden en buena medida con zonas de vivienda precaria y popular (ver plano 3.1), lo que sugiere que no se significan como una población para este medio de transporte.

### 3.1.2 RUTAS EXISTENTES

En Hermosillo existen 11 rutas de camión, 9 de minibuses (1 ruta de servicio express con aire acondicionado) y 1 de combi, correspondiendo un 43.6% a los minibuses y el 56.4% de autobuses. Los camiones son de tipo "trompudo", unidades en su mayoría antiguas que usan combustible diesel.

#### RUTAS DE CAMION

1. ZAPATA-LEY 57
2. PALO VERDE-SIMON BLEY
3. ISABELES
4. MULTIRUTAS
5. GRAL. PIÑA
6. CONASUPO- LUIS ORCI
7. REFORMA
8. PALO VERDE- SEGURO SOCIAL
9. CIRCUITO NORTE
10. FUENTES-MODELO
11. CHOYAL

### **RUTAS DE MINIBUSES**

Los minibuses son unidades que utilizan diesel (no centrifugado), con modelos recientes de 1990 a la fecha; las rutas de minibuses son complementarias del servicio de camiones. Así se tienen:

- RUTA 1. MINIBUSES ROJOS.
- RUTA 2. MINIBUSES VERDES.
- RUTA 3. MINIBUSES AMARILLOS.
- RUTA 4. LAZARO CARDENAS.
- RUTA 5. 12 DE OCTUBRE- ESTACION.
- RUTA 6. L. CASTILLO-PENI.
- RUTA 7. SERVICIO EXPRESS.
- RUTA 8. COLOSO (COMBIS).
- RUTA 9. AMAPOLAS.
- RUTA 10. SAHUARO-OLIVARES.

El plano 3.1 nos presenta la superposición de los recorridos de todas las rutas analizadas, formando lo que se conoce como la "red de transporte público de pasajeros", así como las áreas de la ciudad que carecen de este servicio. En éste se puede apreciar la sobreoferta y saturación de recorridos que existe en la zona centro, dando lugar a duplicidades de recorrido, mientras que en otras zonas no existe ningún recorrido. Esta concentración de rutas agrava la circulación de automóviles de manera especial en el centro histórico de Hermosillo y, en particular, en los siguientes tramos:

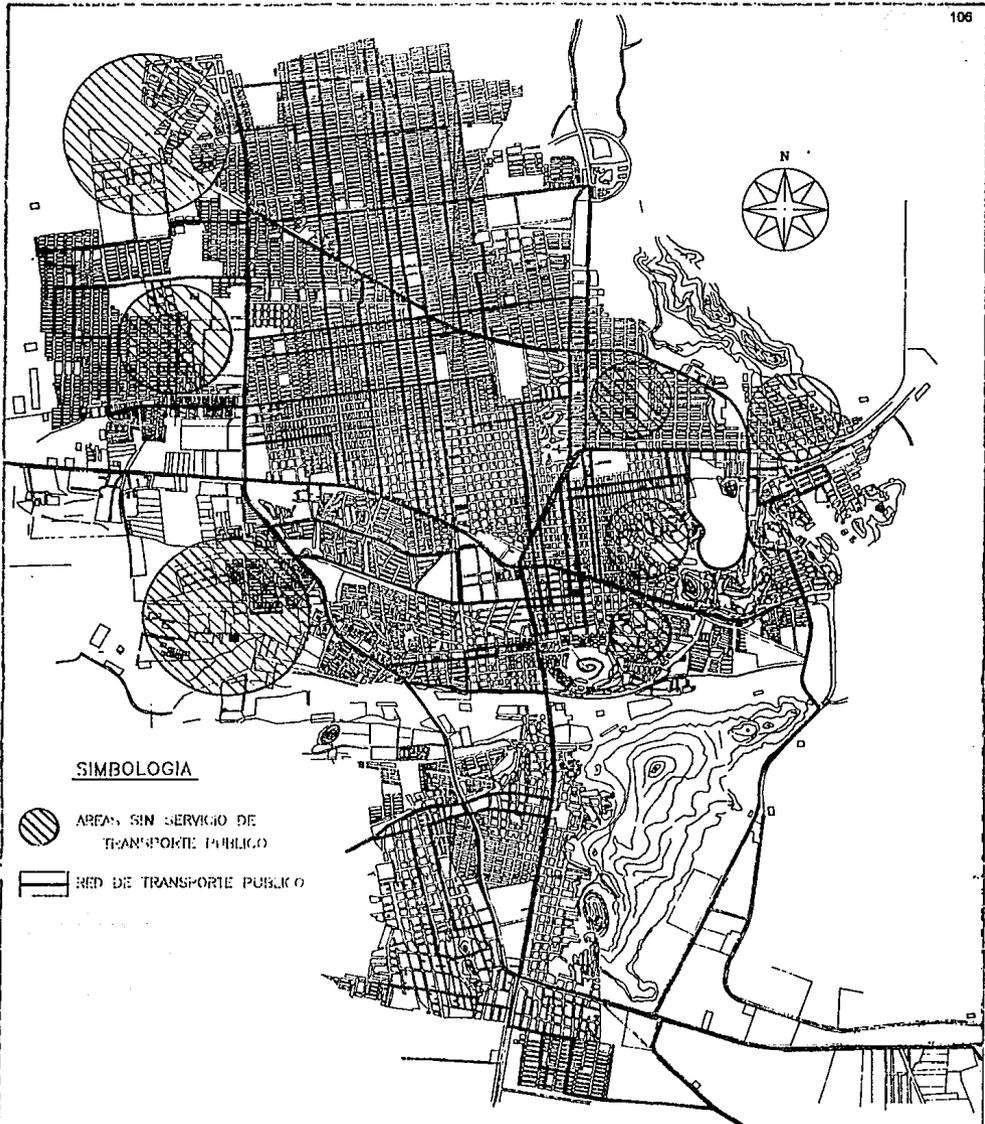
- Matamoros, entre Blvd. Encinas y Plutarco Elías Calles.
- Guerrero, entre Blvd. Encinas y Plutarco Elías Calles.
- Blvd. Encinas, entre Av. Reforma y Juárez.
- Rosales, entre Blvd. Encinas y Plutarco Elías Calles.

Las causas que originan problemas en estos tramos se deben principalmente:

- ✓ a la falta de capacidad en las bahías,
- ✓ a las prácticas operativas de utilizar las bahías como punto terminal,
- ✓ a la estructura radial de la red,
- ✓ a los fuertes movimientos peatonales, y
- ✓ a la indefinición de áreas específicas de ascenso-descenso, entre otros motivos.

La concentración de rutas permite dar un adecuado servicio a los usuarios cuyo origen o destino se ubica dentro de su cuenca de captación pero desatiende los tramos periféricos, en especial las porciones surponiente, norponiente y nororiente de la ciudad, dadas las condiciones de la superficie de rodamiento (terracerías).

Casi la totalidad de las rutas tiene su paso por el Blvd. Luis Encinas (en su tramo correspondiente al centro). Se observan además recorridos muy irregulares por las calles de la ciudad, formando vueltas alrededor de la zona centro, sin corredores de transporte que obedezcan a las líneas de deseo de viaje, este fenómeno se da por la búsqueda de pasajeros en esta zona. No existen bases de las rutas y los despachadores de las mismas trabajan sobre las vías en los puntos terminales de recorrido.



SIMBOLOGIA

-  AREAS SIN SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO
-  RED DE TRANSPORTE PUBLICO



FACULTAD DE INGENIERIA  
**ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.**  
**RED DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO**

ESCALA: 1:57500  
 TESIS PROFESIONAL  
 FECHA: ENERO 1964

PLANO No.  
**3.1**



### 3.1.3 ASPECTOS OPERATIVOS, ADMINISTRATIVOS Y DE ORGANIZACION

Los transportistas están organizados de acuerdo a la Ley 59 de Transporte del Estado, la cual indica que las concesiones son patrimonio familiar y únicamente se tiene a una por persona.

La C.T.M. agrupa a los transportistas del Estado, sin embargo también existen otras agrupaciones como U.N.E., pero es la C.T.M. la que maneja la mayoría de las empresas o rutas de transporte, pues maneja 12 rutas y las otras, en parte ellos y en parte la U.N.E..

Los concesionarios están tratando de crear sociedades anónimas; se está trabajando en este momento en la creación de sociedades por rutas, por ejemplo la ruta de Servicio Express, S.A.; Isabeles, S.A., que es la más avanzada en sus trámites, así como la 12 de Octubre-Estación, S.A.; se tiene también el apoyo del Gobierno del Estado. Además son muy convenientes las S.A. por los créditos, prestaciones y seguros tanto para la empresa como para los trabajadores.

La forma de controlar las rutas por parte de la C.T.M. es la de estar pendiente de las disposiciones de Ley, se les hacen sus pagos de impuestos, se gestionan inquietudes ante las dependencias involucradas en el ramo. La C.T.M. lleva a cabo cada mes juntas con el comité, y se comentan las inquietudes de los socios para resolverlas o comentarlas con los respectivos funcionarios.

Con respecto al servicio que prestan las rutas, se está proponiendo que se eliminen los checadores, ya que se ponen de acuerdo con los choferes y no cumplen con el tiempo de recorrido, además de que el servicio debe empezar a las 6:00 a.m. para todas las unidades y todas deben de trabajar todo el día sin excepción.

Actualmente se mantienen las mismas frecuencias en horas pico y en horas valle, todas las unidades deben de trabajar todo el día, independientemente de la hora, pero se está trabajando en que una vez establecidas las rutas en S.A. se aumente la frecuencia en horas pico y disminuyan en horas valle.

Cada concesionario no tiene un programa de mantenimiento de unidades, pues va a un taller particular cada vez que tiene una falla. Actualmente se está llevando a cabo un proyecto de abrir una refaccionaria con precios módicos para los concesionarios.

En condiciones actuales de prestación del servicio, se distinguió que a pesar de los diferentes períodos de la demanda, el servicio se presta con la misma frecuencia, sin tomar en cuenta esta variación; la baja velocidad con la que circulan las diferentes rutas origina recorridos algunas veces hasta de más de 2:00 hrs

La frecuencia entre unidades varía entre 0:10 hrs para algunas rutas y 0:30 hrs para otras. Además, el período de servicio de 6:00 a 20:00 hrs (durante los 7 días de la semana), no se respeta por parte de los choferes que empiezan a trabajar muy tarde y terminan sus recorridos muy temprano.

A su vez, se observan tiempos de terminal prolongados del 30% del tiempo de operación, mismos que superan los rangos recomendables del 12 al 18%. Si bien estos tiempos de terminal son necesarios ya que permiten al operador tener un descanso, o bien ajustar un horario preestablecido, su abuso es indicativo de la sobreoferta existente.

Es importante señalar que no existe una práctica o norma que señale (o que respete) la distancia y ubicación de las paradas, motivo por el cual el usuario hace su ascenso o descenso en el lugar que desea. A su vez, la práctica extendida de descender por la puerta delantera tiende hacer más lentos los tiempos de abordaje, llegando éstos a representar un promedio de 14 seg por usuario, contra un valor normativo de 3.5 seg<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> "Estudio Integral de Transporte Urbano de Irapuato", Urbanismo y Sistemas de Transporte S.A., 1993.

## 3.2 EVALUACION DEL TRANSPORTE PUBLICO

El servicio de transporte público, junto con la estructura vial y el estacionamiento, son parte importante del sistema de movilidad urbana. Un proyecto de mejoras al tránsito debe tomar en cuenta todos los elementos del transporte. Para tratar los problemas de movilidad urbana, es necesario un equilibrio adecuado entre las mejoras a las calles, al estacionamiento y los sistemas de transporte público.

El estudio del uso del transporte público se realiza para obtener información real sobre las características y número de pasajeros que suben y bajan en horas y lugares determinados, a lo largo de una ruta en estudio. Un muestreo de los recorridos del transporte público de pasajeros para diferentes rutas, es empleado además, para definir otras características del uso del transporte público por la comunidad. Aún cuando este estudio de tránsito está orientado al servicio de transporte superficial de pasajeros, como autobuses sobre calzadas existentes, es factible aplicarlo a otros modos de transporte público, incluso taxis y ferrocarriles.

La información del uso, es necesaria en la evaluación de la operación del servicio de transporte público de pasajeros. La programación de salidas, así como la ubicación de las paradas, se basan fundamentalmente en la demanda de los pasajeros. Otras decisiones en la operación del transporte público que involucran el ascenso de pasajeros, consiste en la evaluación de factibilidad de crear o cambiar rutas, incrementar o reducir los recorridos y seleccionar la ubicación de los cierres del circuito.

Una adecuada operación del transporte, consiste en dar a los usuarios un servicio que cumpla razonablemente con sus requerimientos de tiempo y distancia, sobre todo, para aquellos pasajeros que dependen o pueden usar el transporte público para sus actividades cotidianas. La reducción del servicio en horas y días seleccionados, puede generar una disminución considerable del número de usuarios durante otros periodos, porque puede darse el caso de que el servicio no sea suficiente.

### 3.2.1 APLICACIONES

Los datos del uso del transporte público de pasajeros se emplean en la planeación, diseño y operación de sistemas de transporte masivo, así como en la planeación e implantación de diversas mejoras a la red vial y al estacionamiento. Se garantiza una mayor coordinación entre los tres aspectos básicos de la movilidad urbana y la relación entre el transporte público, la red vial y el estacionamiento, se define mejor con la información de las características del uso del transporte público de pasajeros. Las aplicaciones específicas son:

- Determinación de requerimientos para horarios de servicio en tiempo y distancia.
- Evaluación de factibilidad de rutas existentes y propuestas.
- Determinación del tamaño (capacidad) y tipo de vehículo, para cada ruta.
- Análisis de las paradas, para establecer si se eliminan o reubican, con objeto de servir mejor a los usuarios o facilitar el tránsito en la calle.
- Establecer corridas especiales durante los periodos de mayor generación de tránsito, en escuelas, zonas comerciales, centros comerciales, áreas industriales, aeropuertos, etc.

- Evaluación de las decisiones operacionales específicas, tales como, cambio en la longitud de las rutas de autobuses, ofrecer un sistema alternativo de paradas para mejorar la eficiencia del transporte de pasajeros, ubicación de cierres de circuito, reubicación de rutas, rectificación de rutas, servicios rápidos y limitados, etc.
- Desarrollo de tendencias estadísticas relacionadas con el uso del transporte público de pasajeros.
- Cálculo del número de pasajeros transportados en el análisis económico de la operación y mejoras del transporte público.
- Realizar estudios de investigación que involucren las características de los usuarios, del transporte masivo y la planeación del tránsito en base a sistemas.

### 3.2.2 DEFINICIONES

*Uso.*- número de pasajeros y volúmenes de ascenso y descenso a diferentes horas y ubicaciones, a lo largo de una ruta de transporte público.

*Distribución de series en el tiempo.*- es la colección de datos que se observaron y tabularon con respecto a la hora exacta de la ocurrencia.

*Punto de carga máxima.*- lugar sobre una ruta donde es transportado el mayor número de pasajeros.

*Punto de carga intermedia.*- cualquier lugar significativo, como una intersección o cierre de circuito, donde son necesarios los volúmenes de pasajeros, para evaluar el servicio de transporte.

*Periodo de carga máxima.*- volumen de pasajeros por sentido, durante la hora de mayor demanda del servicio.

*Periodo de carga extrema.*- es el volumen de pasajeros por sentidos, durante un período dado, como los 15 min de mayor volumen, dentro de la hora de mayor demanda.

### 3.2.3 PERIODOS DE ESTUDIO

Los estudios se realizan en una ruta de transporte, para determinar los patrones de ocurrencia de los autobuses, así como las características del ascenso y descenso de pasajeros, para recorridos durante las horas dentro y fuera de la máxima demanda. Estas condiciones se identifican comúnmente con los periodos siguientes; aun cuando estas horas pueden variar para ajustarse a situaciones particulares que ocurran en una determinada comunidad, como los cambios de turno en los centros de trabajo:

- ⓪ 00:00 a 05:00 (madrugada)
- ⓪ 05:00 a 07:00 (temprano)
- ⓪ 07:00 a 09:00 (máxima demanda)
- ⓪ 09:00 a 16:00 (base)
- ⓪ 16:00 a 18:00 (máxima demanda)
- ⓪ 18:00 a 24:00 (nocturno)

Este estudio se hace en días de tránsito normal y bajo buenas condiciones atmosféricas. Sin embargo, hay ocasiones en que se desea obtener características del uso bajo condiciones adversas y por lo tanto, se efectúa el aforo en malas condiciones atmosféricas. Si los resultados son para comparar un análisis de antes y después, entonces deben existir condiciones similares en ambas fases de la recopilación de datos.

### 3.2.4 PARAMETROS DE OPERACION

Puesto que el servicio de transporte público cumple una función importante en la movilización diaria de las personas de la Ciudad de Hermosillo, para determinar las características de operación de este servicio se realizaron los siguientes trabajos:

- Estudio de ascenso-descenso de pasajeros.
- Estudio de tiempos de recorrido y demoras.
- Estudio de frecuencia de paso, en cinco puntos de control.
- Estudio de origen-destino y encuestas de opinión a usuarios del transporte público

Con respecto al padrón vehicular, se realizó un estudio de oferta de autotransporte el cual muestra la relación de unidades por tipo de concesión, tipo de vehículo, modelo, marca, número de asientos y número de unidades por ruta; el resultado de este estudio se presenta conjuntamente con el resultado del estudio de ascenso-descenso.

La metodología de desarrollo y los principales resultados obtenidos en cada uno de estos estudios, se describe a continuación.

## 3.3 ESTUDIO DE ASCENSO-DESCENSO

El estudio de ascenso-descenso de pasajeros en transportes públicos consiste en el recuento de los pasajeros que suben y bajan de un vehículo de transporte, clasificados por lugares y por tiempo.

Los resultados son empleados tanto en trabajos de planeación básica, como en verificaciones rutinarias de operación de una línea de transporte público. Este estudio nos proporciona una gráfica de capacidad del transporte colectivo, muy útil para localizar las horas y los puntos de mayor movimiento, presentándose la oportunidad de corregir el servicio, omisiones de paradas o acortamientos del recorrido.

Este estudio se realizó durante cinco días hábiles para cada una de las rutas de transporte público, con duración de 14 horas diarias, durante el periodo de servicio que prestan la mayoría de éstas (de 6 a.m. a 8 p.m.).

### 3.3.1 PERSONAL Y EQUIPO

El aforo de pasajeros que viajan y el número de los que suben y bajan de un vehículo de transporte público se realiza de forma manual. El operador del vehículo puede recabar información empleando un contador o aforador especial de mano o una hoja de conteo. Alternativamente, se puede asignar un observador en un autobús determinado, para que obtenga los datos deseados. Si el vehículo es largo o si el volumen de pasajeros que entran y salen es mayor de lo que una persona puede observar y anotar, entonces se asigna un observador que se encargue de la puerta delantera, en tanto que, un segundo observador se encargará de la puerta trasera. Los datos de ambos observadores representarán las características del pasaje a lo largo de la ruta en estudio para ese autobús.

### 3.3.2 TAMAÑO NECESARIO DE LA MUESTRA

Los datos del pasaje de transporte público son recopilados de acuerdo con la hora de ocurrencia y representan series de información en el tiempo. Para cada periodo de recopilación de datos, se requiere de una descripción detallada de las actividades requeridas. En otras palabras, todos los ocupantes del autobús, así como los que suben y bajan, deben ser contados dentro del tiempo de ocurrencia. Cada uno de esos tiempos se define como el periodo en el que el autobús se detiene en una parada, para subir y/o bajar pasajeros.

### 3.3.3 PROCEDIMIENTOS

Un investigador aborda el autobús que se le ha asignado en la terminal de la ruta y selecciona un asiento desde el cual pueda ver con facilidad, cuántos pasajeros suben y bajan del vehículo. Si el tamaño del autobús o el volumen de pasajeros requiere de dos observadores, entonces se colocará uno cerca de la puerta delantera y otro en la puerta trasera.

Después de llenar la información de identificación de la hoja, el investigador procede a acotar y anotar el número de pasajeros en el autobús al inicio del recorrido. Un ejemplo de forma de campo para un recorrido de una ruta en estudio, se muestra en la figura 3.2. En cada renglón de la hoja de campo se anotan los siguientes datos: hora de llegada, ubicación de la parada inicial, número de pasajeros que suben y bajan, y número de ocupantes en el autobús.

En cada parada el investigador registra la información siguiente hasta que el recorrido del autobús termine o se complete el tiempo establecido para el estudio de varios recorridos sobre la misma ruta:

- ✓ Hora de llegada a la parada del autobús.
- ✓ Hora de salida de la parada del autobús.
- ✓ Localización de la parada del autobús.
- ✓ Número de pasajeros que suben.
- ✓ Número de pasajeros que bajan.
- ✓ Cualquier observación adicional (i.e. causas de demoras).

Durante los periodos de máxima demanda, solamente las horas de llegada y número de pasajeros que suben y bajan pueden ser registrados adecuadamente. Adicionalmente se puede identificar y anotar en la hoja de campo, la ubicación de las paradas, antes de que se inicie el recorrido.



Las horas de llegada y salida pueden medirse con aproximación al minuto, mediante un reloj ordinario. La columna de ocupantes se llenará al terminar el recorrido con la suma de los pasajeros que suben y restando el número de los que bajan, del número de pasajeros que salieron del autobús de la parada anterior. La columna de ocupantes (total) representa el número de pasajeros que hay en un autobús cuando éste sale de una parada. Debe emplearse una hoja de campo diferente para cada recorrido de autobuses.

Los estudios de recorrido se programan para obtener los datos que se requieren en el desarrollo de patrones diarios, semanales, mensuales y anuales. Todas las rutas de transporte de pasajeros deben ser investigadas, para estudiar el total de los usuarios del transporte masivo para una comunidad.

Para tener un mejor conocimiento de ascenso-descenso de pasajeros y de la ocupación de las unidades en distintas horas del día y sentidos de circulación, se pretendió que mientras un aforador circuló en un sentido de una ruta, otro lo hizo en la misma ruta y a la misma hora en sentido contrario para determinar las tendencias de los flujos dominantes en diferentes horas del día.

Los aforadores permanecieron también en las terminales durante todo el tiempo que el vehículo aforado esperó su turno de salida para contabilizar los tiempos parados durante horas pico y horas valle.

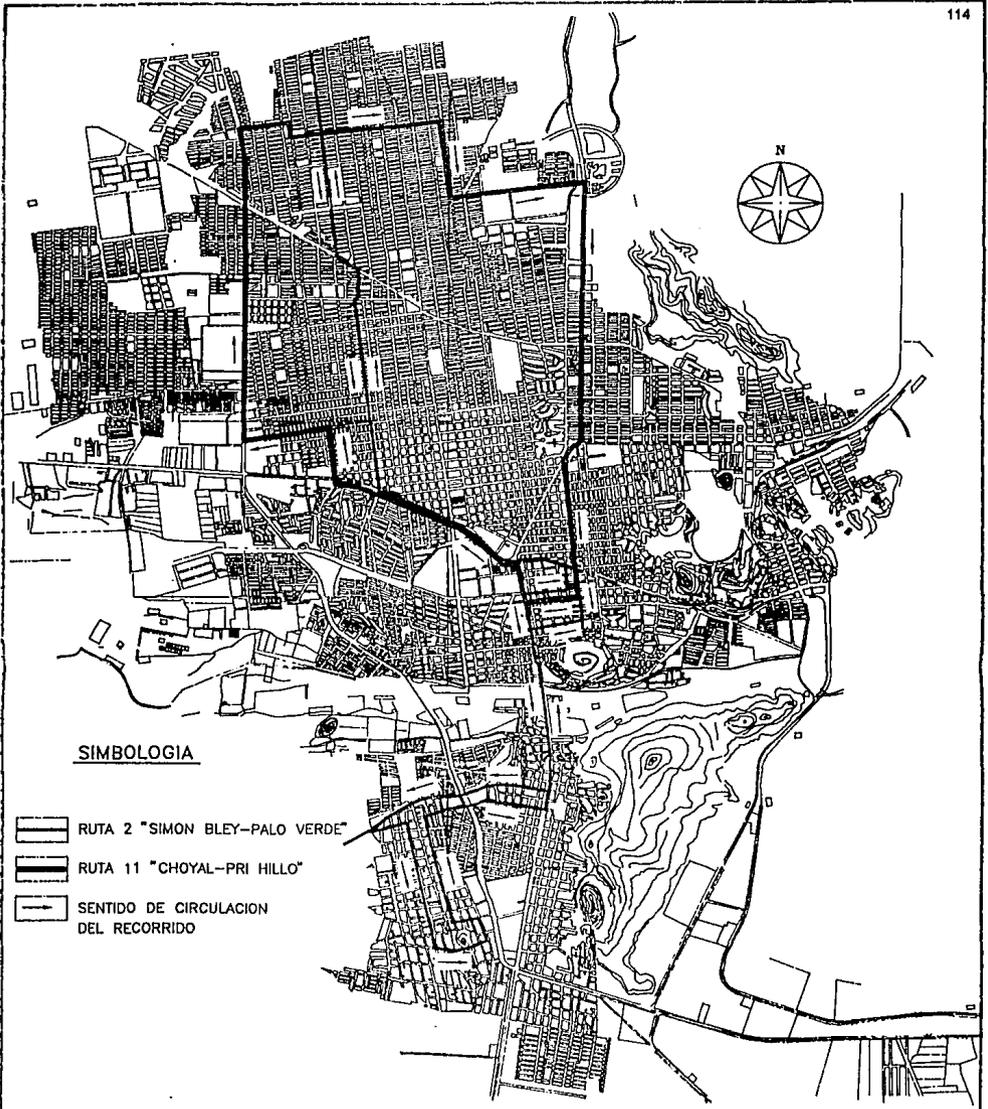
Para la codificación de la información se seleccionaron tramos de parada en las diferentes rutas. Tal procedimiento responde a la gran variabilidad de los puntos de parada en la mayor parte de la ciudad, pues a pesar de que se tienen paradas oficiales asignadas, los conductores realizan paradas en donde les pide el usuario. El corte de los tramos correspondió en casi todos los casos al cruce con vialidades primarias y/o con otras rutas de transporte urbano. En el centro de la ciudad los tramos son de menor longitud debido a que las paradas son fácilmente reconocibles, hacia la periferia estos tienen mayor longitud (no mayor de 400 metros).

### 3.3.4 ANALISIS Y RESUMEN DE DATOS

El número de pasajeros en un autobús sobre cada sección de transporte, y el número de pasajeros que suben y bajan en una parada, se obtienen directamente de la hoja de campo para cada recorrido estudiado. Estos volúmenes se suman entonces, para cada periodo seleccionado.

Con el mismo criterio que el aplicado en el capítulo anterior, se seleccionaron un par de rutas para ejemplificar el procedimiento seguido para obtener y analizar los resultados del transporte urbano de pasajeros; tales rutas seleccionadas corresponden a las número 2 y 11 de autobuses denominadas "Simón Bley-Palo Verde" y "Choyal" respectivamente, y cuyos derroteros o itinerarios se muestran en el plano 3.2. Los resultados obtenidos para las rutas restantes se muestran como un resumen, pues el proceso seguido para su análisis, es repetitivo.

Del resumen de datos, se obtienen varias medidas y descripciones gráficas del uso del transporte de pasajeros. Primeramente se realiza un listado completo de todas las hojas de campo reunidas, pues en el caso de la Ciudad de Hermosillo no se realizó el estudio de ascenso-descenso en un periodo determinado, sino que se llevó a cabo durante todo el día (desde que empezó la primera corrida hasta que terminó el servicio), debido a esto se tuvieron varios formatos, los cuales fueron capturados y reunidos en un archivo único. Una parte del listado obtenido en una de las rutas de nuestro ejemplo, se presenta a continuación conteniendo las tres primeras vueltas (entre ellas de la máxima demanda); en él se señalan la hora que se detuvo el autobús, el lugar donde se realizó la parada, el número de ascensos, el número de descensos, la ocupación en ese momento, y la distancia y tiempo elaborado entre paradas. El fin de cada recorrido se señala por una línea horizontal, para mostrar que comienza un nuevo recorrido, y para determinar cuanto tiempo realizó la unidad en recorrer una vuelta completa. Con la suma de los ascensos de todo el día se obtiene el número de pasajeros transportados, y con la suma de las distancias entre paradas se obtiene el recorrido total de la unidad en el periodo de servicio.



### SIMBOLOGIA

-  RUTA 2 "SIMON BLEY-PALO VERDE"
-  RUTA 11 "CHOYAL-PRI HILLO"
-  SENTIDO DE CIRCULACION DEL RECORRIDO

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

RUTAS DEL ESTUDIO ASCENSO-DESCENSO

ESCALA: 1:37500

TESIS PROFESIONAL

FRANCISCO JAVIER

GRAMADO VILLAFUERTE

FECHA: ENERO 1994

PLANO No.

3.2



**RUTA 11 CHOYAL**

<b>HORA LLEGADA</b>	<b>NOMBRE PARADA</b>	<b>ASC.</b>	<b>DESC.</b>	<b>OCUP.</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>	<b>TIEMPO (hr:min)</b>
06:27	GUERRERO	2	0	2		00:00
06:39	QUINTANA ROO	2	0	4	3400	00:12
06:40	OBREGON	0	1	3	800	00:01
06:42	PERIF. PONIENTE	1	1	3	750	00:02
06:45	PERIF. NORTE	4	0	7	1150	00:03
06:47	DIAZ ORDAZ	1	0	8	900	00:02
06:49	L. CARDENAS	0	2	6	700	00:02
06:51	LUCAS ALAMAN	0	1	5	350	00:02
06:52	SN PEDRO	0	1	4	350	00:01
06:53	YECORA	0	4	0	200	00:01
07:01	NACORI GRANDE	5	0	5		
07:05	YECORA	15	0	20	330	00:04
07:09	YECORA	3	3	20	1130	00:04
07:10	OLIVARES	2	0	22	350	00:01
07:13	AMERICAS	4	1	25	450	00:03
07:14	MONTEVERDE	5	8	22	200	00:01
07:15	REFORMA	1	2	21	200	00:01
07:16	PIÑA	3	1	23	400	00:01
07:17	MAZATAN	1	0	24	150	00:01
07:19	BACUACHI	5	1	28	700	00:02
07:20	HUEPAC	1	2	27	150	00:01
07:21	REYES	7	0	34	350	00:01
07:23	PERIMETRAL OESTE	0	1	33	400	00:02
07:25	CALLE DOS	5	3	35	300	00:02
07:27	MORELOS	3	7	31	800	00:02
07:30	CÉCYT	0	3	28	1380	00:03
07:31	ABURTO	2	1	29	250	00:01
07:32	JESUS SIQUEIROS	0	1	28	200	00:01
07:33	PERIF. NORTE	0	5	23	200	00:01
07:34	JUSTO SIERRA	0	4	19	400	00:01
07:35	SEGURO SOCIAL	1	0	20	200	00:01
07:36	TABASCO	0	3	17	200	00:01
07:36	BLVD. KINO	2	5	14	480	00:00
07:38	ZACATECAS	0	2	12	650	00:02
07:40	JALISCO	0	5	7	800	00:02
07:42	YUCATAN	0	2	5	400	00:02
07:44	GUERRERO	2	0	7	200	00:02
07:47	SONORA	1	0	8	550	00:03
07:50	V.H. CENTRO	0	4	4	1000	00:03
07:51	MONTEVERDE	1	2	3	450	00:01
07:54	L. DEL CASTILLO	1	1	3	1100	00:03
07:57	MICHOACAN	3	1	5	600	00:03
07:58	J. CARMELO	1	1	5	200	00:01
07:58	OBREGON	0	2	3	300	00:00
08:00	PERIF. PONIENTE	3	0	6	750	00:02
08:01	J. MENDOZA	1	1	6	350	00:01
08:04	PERIF. NORTE	1	2	5	800	00:03

08:04	V.H. PLAZA	3	2	6	200	00:00
08:06	MANZANILLO	2	1	7	500	00:02
08:09	L. CARDENAS	0	1	6	900	00:03
08:12	SN. PEDRO	2	0	8	700	00:03
08:13	YECORA	2	2	8	200	00:01
08:16	NACORI GRANDE	0	8	0	330	00:03
08:19	NACORI GRANDE	11	0	11		
08:25	YECORA	5	0	16	330	00:06
08:28	AMERICAS	0	6	10	1600	00:03
08:31	MONTEVERDE	6	2	14	200	00:03
08:33	REFORMA	8	1	21	200	00:00
08:34	PIÑA	2	3	20	400	00:01
08:37	OPUTO	5	7	18	600	00:03
08:41	REYES	0	2	16	750	00:04
08:42	PERIMETRAL OESTE	2	4	14	400	00:01
08:43	CALLE DOS	3	7	10	300	00:01
08:45	MORELOS	4	3	11	800	00:02
08:48	CECYT	0	4	7	1380	00:03
08:50	ABURTO	5	4	8	250	00:02
08:51	SIQUEIROS	2	2	8	200	00:01
08:52	PERIF. NORTE	4	5	7	200	00:01
08:53	JUSTO SIERRA	5	3	9	400	00:01
08:55	BLVD. KINO	0	4	5	880	00:02
08:56	VERACRUZ	0	1	4	400	00:01
08:58	ZACATECAS	0	1	3	250	00:02
08:59	NVO LEON	3	2	4	320	00:01
09:00	GASTON MADRID	4	4	4	280	00:01
09:03	YUCATAN	6	0	10	600	00:03
09:05	GUERRERO	4	5	9	200	00:02
09:09	H. GENERAL	0	1	8	1350	00:04
09:10	V.H. CENTRO	4	0	12	200	00:01
09:12	MONTEVERDE	4	1	15	450	00:02
09:14	OLIVARES	0	1	14	900	00:02
09:14	QUINTANA ROO	0	4	10	500	00:00
09:16	CAMPECHE	0	2	8	100	00:02
09:17	HEALY	0	1	7	300	00:01
09:19	SOYOPA	0	1	6	950	00:02
09:19	PERIF. PONIENTE	4	2	8	200	00:00
09:21	J. MENDOZA	1	2	7	350	00:02
09:23	PERIF. NORTE	1	0	8	800	00:02
09:24	V.H. PLAZA	2	1	9	200	00:01
09:29	L. CARDENAS	1	0	10	1400	00:05
09:30	ALEJANDRO GARCIA	2	1	11	500	00:01
09:31	SN PEDRO	0	1	10	200	00:01
09:32	YECORA	0	1	9	200	00:01
09:37	NACORI GRANDE	0	9	0	330	00:05
09:39	NACORI GRANDE	2	0	2		
09:44	GRANADOS	6	0	8	150	00:05
09:45	GAXIOLA	4	1	11	680	00:01
09:47	YECORA	5	3	13	300	00:02

Un diagrama del número de pasajeros transportados para cada ruta analizada se muestra en la figuras 3.3 y 3.6, que indican la ocupación en la unidad para los diferentes recorridos, en todo el período de servicio. Este diagrama (llamado también Polígono de carga) se prepara tomando como ordenadas el número de pasajeros en el interior u ocupación (escala vertical), con las horas del día como abscisa, en la escala horizontal; en estas gráficas se puede determinar el período de máxima demanda (hora pico del transporte<sup>3</sup>) para cada ruta, siendo éste, el recorrido en donde se presenta la ocupación máxima. Para ilustrar el movimiento de pasajeros en la hora de máxima demanda, se gráfica el número de ascensos y descensos por unidad de tiempo para determinar la hora (conociendo la hora, se va al listado y se conoce el lugar) donde ocurre el mayor flujo de ascensos-descensos (ver figs. 3.4 y 3.7), para después graficar el ascenso y descenso acumulado (el comportamiento de la demanda del servicio), donde la diferencia de éstos en cada punto nos proporciona la ocupación. (Ver figs. 3.5 y 3.8)

*Pasajeros-milla o pasajeros-kilómetro transportados.* Estos se calculan por la suma de los productos de los pasajeros de un autobús para cada sección y la longitud de esa sección, para todas la secciones sobre diferentes rutas de transporte. Esta información y otros resúmenes tabulares para estudio de viajes de transporte público, pueden ser usados para calcular los siguientes promedios por ruta - milla o kilómetro:

- ✓ Pasajeros transportados.
- ✓ Número de ascensos.
- ✓ Número de descensos.
- ✓ Número de ascensos y descensos.

Se analizaron para todas las rutas, cada uno de los siguientes indicadores necesarios para estudios de ascenso-descenso<sup>4</sup>:

- a) Longitud de la ruta en kilómetros.
- b) Kilómetros recorridos por unidad, por día.
- c) Período del servicio (horas por día).
- d) Ascensos promedio (pasajeros por unidad/vuelta).
- e) Tiempo de recorridos promedio para diversos recorridos.
- f) Velocidad de recorrido
- g) Número de unidades por ruta.

A continuación se presenta la descripción de los resultados obtenidos en 18 de las 21 rutas analizadas en el estudio de ascenso-descenso<sup>5</sup> y en el estudio de oferta del transporte:

#### **ZAPATA - LEY 57**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 37.5 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 180.95 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:00 - 20:00 hrs (14 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 145 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 2:23 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: DE 25 A 30 Km/hr
- 20 UNIDADES FAMSA MOD. 1984, CON 40 ASIENTOS

<sup>3</sup> No confundir con la hora pico del tránsito vehicular, el cual no necesariamente debe ser igual a la hora pico del transporte.

<sup>4</sup> Términos de Referencia Generales para Estudios Integrales de Vialidad y Transporte Urbano. SEDESOL, 1992.

<sup>5</sup> Si bien los kilómetros recorridos, el período de servicio, los ascensos por vuelta y los tiempos de recorrido promedio, son los resultados particulares del estudio de ascenso-descenso realizado durante un día, se puede inferir que éstos se presentan de forma general pues el estudio realizó en un día normal, y por lo tanto los resultados no podrían diferir de un día a otro. Por lo tanto estos datos se pueden adoptar como generales.

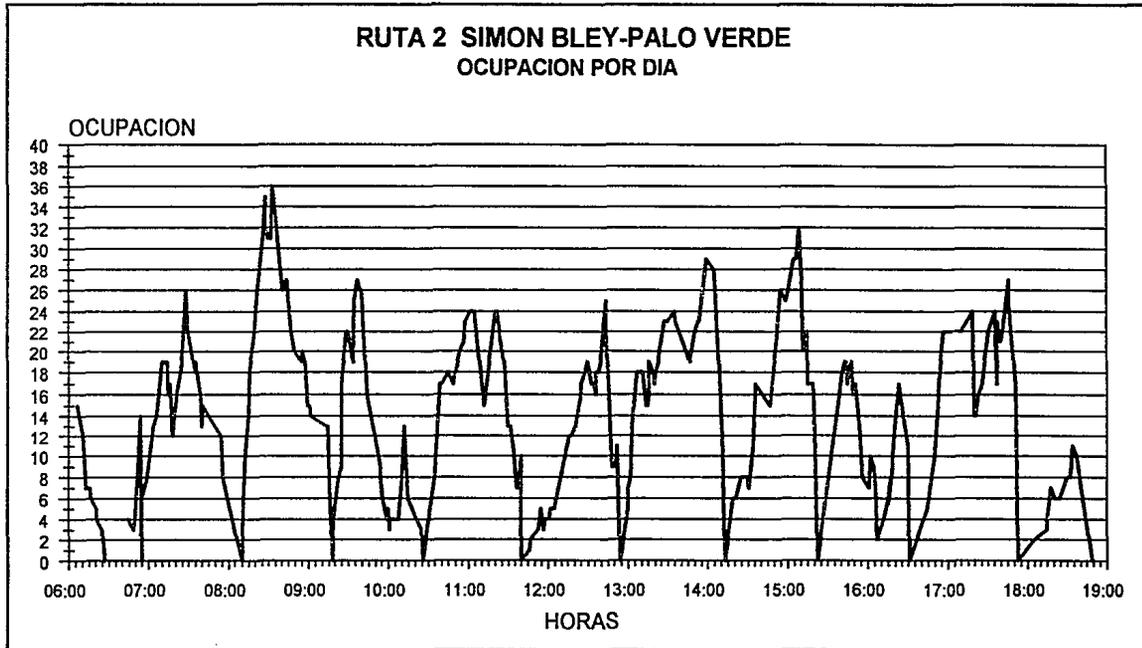


FIG. 3.3 OCUPACION REGISTRADA DURANTE TODO EL PERIODO DE  
SERVICIO DE LA RUTA 2 "SIMON BLEY-PALO VERDE"

**RUTA 2 SIMON BLEY-PALO VERDE**  
**ASCENSOS-DESCENSOS**

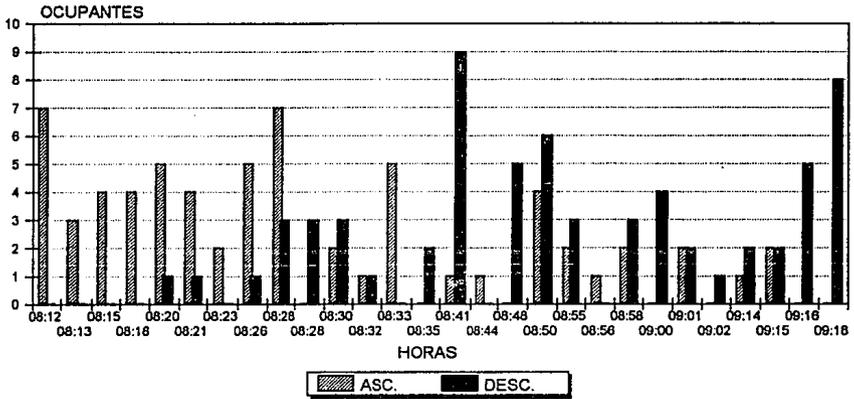


FIG. 3.4 DISTRIBUCION DE ASCENSOS Y DESCENSOS DURANTE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA EN LA RUTA 2 "SIMON BLEY-PALO VERDE"

**RUTA 2 SIMON BLEY-PALO VERDE**  
**ASCENSOS-DESCENSOS ACUMULADOS**

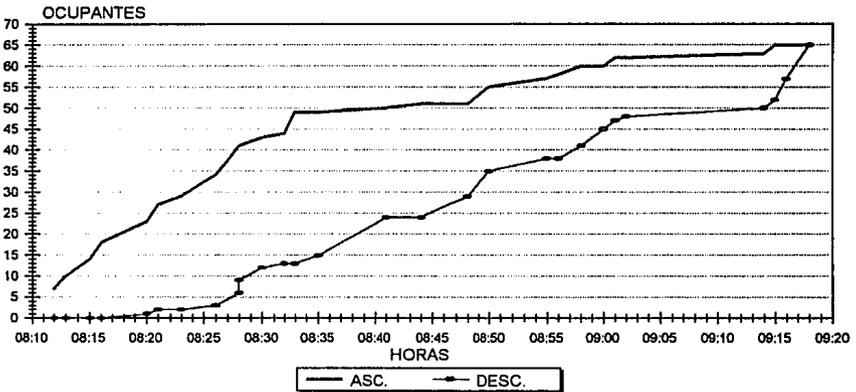


FIG. 3.5 ASCENSOS Y DESCENSOS ACUMULADOS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA DE LA RUTA 2 "SIMON BLEY-PALO VERDE"

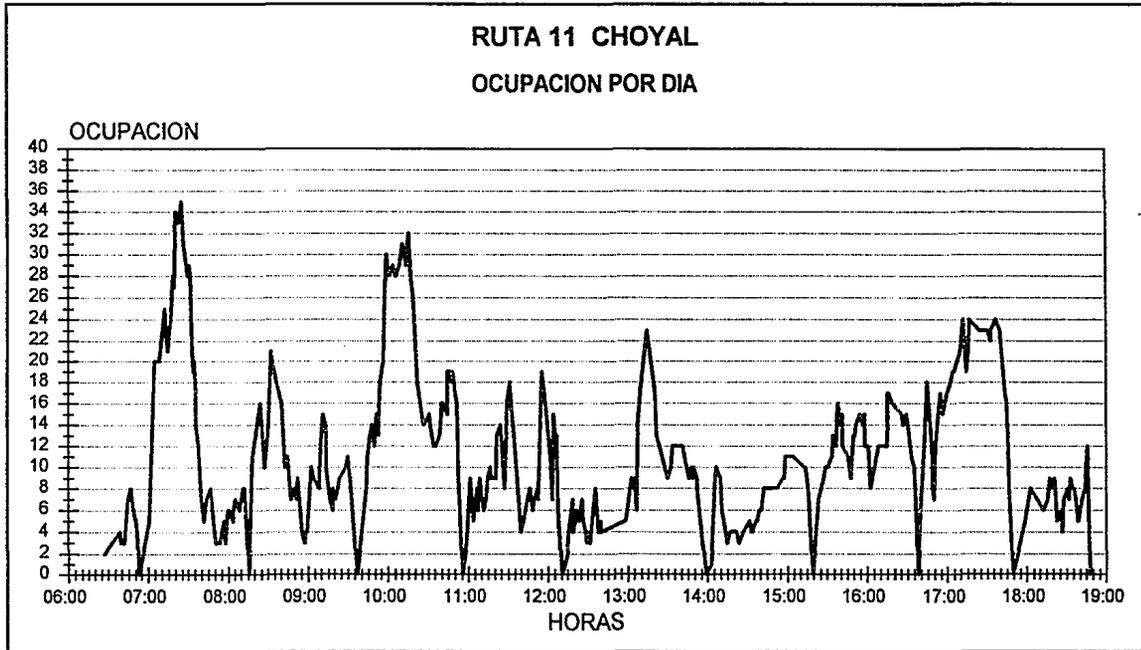


FIG. 3.6 OCUPACION REGISTRADA DURANTE TODO EL PERIODO DE SERVICIO DE LA RUTA 11 "CHOYAL"

**RUTA 11 CHOYAL  
ASCENSOS-DESCENSOS**

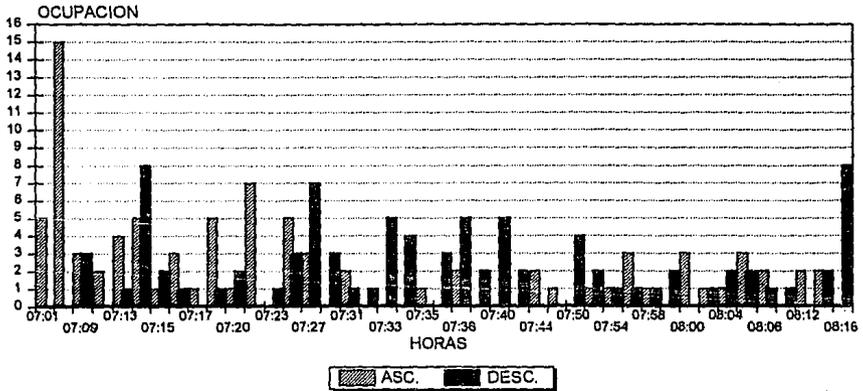


FIG. 3.7 DISTRIBUCION DE ASCENSOS Y DESCENSOS DURANTE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA EN LA RUTA 11 "CHOYAL"

**RUTA 11 CHOYAL  
ASCENSOS-DESCENSOS ACUMULADOS**

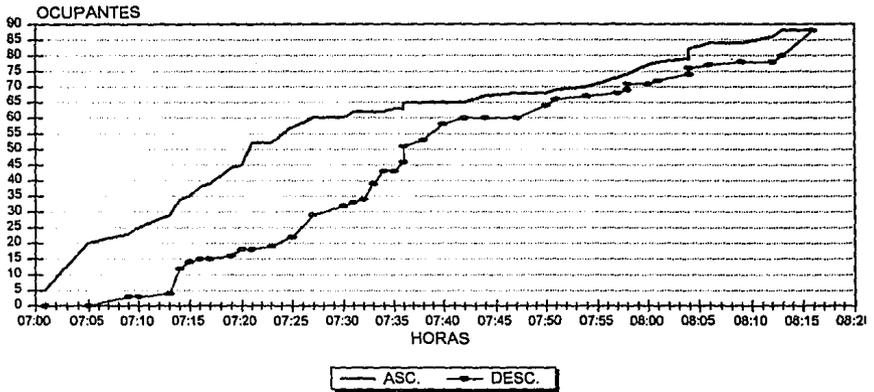


FIG. 3.8 ASCENSOS Y DESCENSOS ACUMULADOS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA DE LA RUTA 11 "CHOYAL"

**12 DE OCTUBRE - ESTACION**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 14.3 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 158.56 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 6:30 - 20:30 hrs ( 14 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 57 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 0:57 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: DE 20 A 30 Km/hr
- 18 UNIDADES FORD MOD. 1992, MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**SIMON BLEY - PALO VERDE**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 14.5 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 152.26 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:00 A 19:00 hrs (13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 60 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:10 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: DE 25 A 35 Km/hr
- 20 UNIDADES FAMSА MOD. 1984, AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**ISABELES**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 8.8 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 125.82 Km.
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:30 A 18:30 hrs ( 13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 45 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 0:40 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: 30 Km/hr PROM.
- 18 UNIDADES DINA MOD. 1992
- AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**MULTIRUTAS**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 33.3 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 237.25 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 6:30 A 20:00 hrs (13:30 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 114 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:40 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: 35 Km/hr .
- NUMERO DE UNIDADES: 45 UNIDADES DINA MOD. 1992
- AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**LAZARO CARDENAS**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 36 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 317.99 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 6:30 A 21:00 (15:30 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 63 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:00 hr
- VELOCIDAD COMERCIAL DE 25 A 30 Km/hr
- NUMERO DE UNIDADES 24 UNIDADES FORD MOD. 1992
- MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**MINIBUS AMARILLA**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 15 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 153.09 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 6:45 A 19:45 hrs (13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 55 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 0:56 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: 30 Km/hr PROM.
- NUMERO DE UNIDADES: 20 UNIDADES FORD MOD. 1992
- MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**GRAL. PIÑA**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 17 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 147.27 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 7:00 A 19:00 hrs (12 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 84 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:10 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: DE 35 Km/hr PROM.

**COLOSO**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 13 Km
- KILOMETROS DE RECORRIDO POR DIA: 172.62 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 7:00 A 19:30 hrs (12:30 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 21 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 0:45 hrs
- VELOCIDAD COMERCIAL: DE 35 A 40 Km/hr
- COMBI CON 11 ASIENTOS

**CONASUPO - LUIS ORCI**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 19.2 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 186.3 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:00 A 19:00 hrs (13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 110 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:15 hrs
- NUMERO DE UNIDADES: 24 UNIDADES DINA MOD. 1992
- AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**AMAPOLAS**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 17 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 128.82 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:15 A 20:00 (13:45 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 28 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 0:45 hrs (13:45 hrs)
- VELOCIDAD PROMEDIO: 30 A 35 Km/hr
- NUMERO DE UNIDADES: 10 UNIDADES FORD MOD. 1992
- MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**REFORMA**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 16.8 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 156.703 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: 7:30 A 20:00 hrs (12:30 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 87 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:10 hrs
- VELOCIDAD PROMEDIO: 25 A 30 Km/hr PROM.
- NUMERO DE UNIDADES: 20 UNIDADES DINA 1992
- AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**L. DEL CASTILLO - PENI**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 24.85 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 253.5 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:15 A 19.00 hrs (12:45 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 68 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:00 hr
- VELOCIDAD PROMEDIO: 30 Km/hr
- NUMERO DE UNIDADES: 18 UNIDADES FORD MOD. 1992
- MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**MINIBUSES VERDES**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 34 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 241.95 Km
- PERIODO DE SERVICIO: DE 7:00 A 20:00 hrs (13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 101 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:35 hrs
- NUMERO DE UNIDADES: 26 UNIDADES FORD MOD. 1992
- MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**CIRCUITO NORTE**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 34.65 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 210 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:00 A 19:00 hrs (13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 140 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:51 hrs
- NUMERO DE UNIDADES: 42 UNIDADES DINA MOD. 1992
- AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**FUENTES - MODELO**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 23.6 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 161.62 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:30 A 19:30 hrs (13 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 91 PASAJEROS/VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:45 hrs
- NUMERO DE UNIDADES: 16 UNIDADES FAMSA MOD. 1984
- AUTOBUS CON 30 ASIENTOS

**CHOYAL**

- LONGITUD DE RECORRIDO: 22.6 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR DIA: 178.18 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:30 A 19:00 hrs (12:30 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 73 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- TIEMPO DE RECORRIDO PROMEDIO POR VUELTA: 1:10 hrs
- NUMERO DE UNIDADES: 24 UNIDADES DINA 1992
- AUTOBUS CON 40 ASIENTOS

**SERVICIO EXPRESS**

- LONGITUD DE LA RUTA: 30 Km
- KILOMETROS RECORRIDOS POR UN DIA: 180 Km
- PERIODO DEL SERVICIO: DE 6:30 A 21:30 hrs (15 hrs)
- ASCENSOS POR VUELTA: 80 PASAJEROS/ VUELTA PROM.
- NUMERO DE UNIDADES, 30 UNIDADES FORD MOD. 1992
- MINIBUS CON 24 ASIENTOS

**NOTA:** LAS RUTAS QUE CARECEN DE ALGUNO DE LOS DATOS, ES DEBIDO A QUE FUE IMPOSIBLE OBTENER INFORMACIÓN.

Con los resultados arriba señalados se desprende lo siguiente:

- ✓ La ruta "Zapata-Ley 57" es la que mayor longitud de recorrido presenta (37.5 Km); por su parte la de menor recorrido es "Isabeles" con sólo 8.8 Km.
- ✓ La ruta "Lázaro Cárdenas", fue la que más kilómetros recorrió durante el periodo de servicio (317.99 Km).
- ✓ Se presentó un periodo generalizado del servicio (salvo el de la ruta de "Servicio Express") de las 6:00 a las 20:00, hora en que la mayoría de las rutas suspenden el mismo.
- ✓ La ruta que tuvo el mayor número de ascensos promedio por vuelta fue la de "Zapata-Ley 57" con 145, y el menor número lo presentó la ruta "Coloso" con 21.
- ✓ La ruta con el menor tiempo de recorrido por vuelta fue la de "Isabeles" con 0:40 hrs, mientras que la que realizó el mayor tiempo de recorrido (2:23 hrs). fue "Zapata-Ley 57". Estos resultados concuerdan con respecto al primer punto señalado.
- ✓ El mayor número de unidades en servicio corre a cargo de la ruta "Multirutas", con 45.
- ✓ Que la ruta que transporta el mayor número de pasajeros por kilómetro por vuelta fue "Conasupo-Luis Orci" con 5.73; el menor número de pasajeros/Km por vuelta se localizó en la ruta "Coloso", con 1.61, esto debido a que la ruta solo cuenta con combis, lo que origina que se transporten menos pasajeros por vuelta.

## 3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS

El Estudio de Tiempos de Recorrido y Demoras se planea para evaluar la calidad del servicio a lo largo de una ruta de transporte público, para determinar la ubicación, tipo y duración de las demoras en los vehículos del transporte de pasajeros. A pesar de que este estudio está orientado al servicio de transporte de superficie, como son los autobuses que circulan por las calzadas existentes; el procedimiento se puede adaptar para cualquier modo de transporte público.

La eficiencia del servicio de transporte público de pasajeros se mide en términos de velocidad de recorrido, velocidad de marcha, factores de carga y apego al horario. En el estudio de campo se obtiene el tiempo total de recorrido y de marcha para luego convertirlos a sus velocidades correspondientes. La información de las demoras se registra cuando un vehículo de pasajeros está detenido o bloqueado. La duración de las demoras se mide en segundos, anotando la localización y causa de las mismas a lo largo de la ruta. Y se miden desde el momento en que se detiene el vehículo hasta que empieza a moverse otra vez.

### 3.4.1 APLICACIONES

Los resultados del estudio de velocidad y demoras del transporte público, permiten evaluar la eficiencia del servicio de transporte de pasajeros para cada ruta. Estos datos facilitan al ingeniero de tránsito la definición de los lugares conflictivos, en donde el proyecto y las mejoras operacionales pueden reducir las demoras.

Las aplicaciones específicas de los estudios de velocidad y demoras del transporte por autobús son:

- 1) Establecimiento de horarios que se ajusten a las condiciones de operación de la ruta.
- 2) Definición de los congestionamientos a los vehículos del transporte de pasajeros, de acuerdo con la ubicación, tipo y duración de la demora.
- 3) Cálculo de los costos operacionales del transporte en el análisis económico de las mejoras que afectan el servicio.
- 4) Establecimiento de las tendencias de la velocidad del transporte, mediante muestreos periódicos en rutas de autobuses.
- 5) Evaluación de los cambios operacionales específicos, tales como: localización de los cierres de circuito, selección de los puntos donde se deban omitir los altos, reubicación de rutas para librar áreas congestionadas, establecer rutas, ramificaciones, etc.
- 6) Evaluación mediante el análisis de antes y después de la efectividad de las mejoras al tránsito en el servicio de transporte.
- 7) Ejecución de estudios de investigación, que involucren las características de recorrido, en los vehículos del transporte público de pasajeros.

### 3.4.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Los detalles de las demoras del transporte se proporcionan mediante la representación gráfica de la figura 3.9. La duración promedio de las demoras, por su tipo, se muestra por el ancho de cada sector. Estas gráficas de sectores se dibujan para resumir los resultados del estudio en ambas horas, de máxima y mínima demanda.

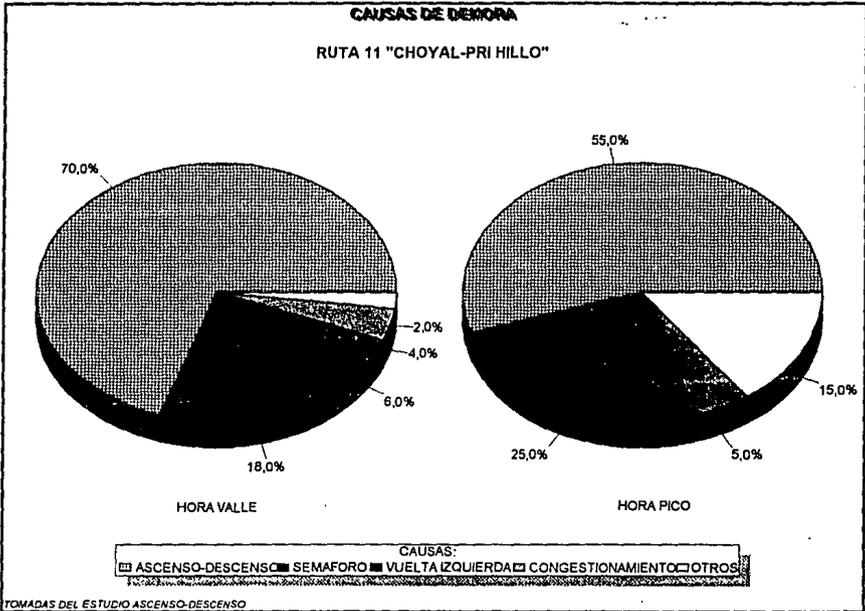


FIG. 3.9 CAUSAS DE DEMORA EN HORAS PICO Y VALLE  
PARA LA RUTA 11 "CHOYAL"

Este estudio se realizó conjuntamente con el estudio de ascenso-descenso de pasajeros. La codificación es similar a la del estudio de ascenso-descenso, es decir, se utilizaron los mismos tramos de parada.

La captura se realizó en la misma base de datos (y en los mismos archivos por ruta/sentido/camión) que contienen los datos del estudio de ascenso-descenso. De hecho los dos últimos campos de esos archivos corresponden a la información del estudio de demoras, pues este estudio se realizó con la misma hoja de campo que en el estudio anterior.

Las principales causas de demora que se pudieron presentar durante el recorrido de las unidades del transporte público, y con las que se codificó la hoja de campo fueron:

<u>CLAVE</u>	<u>CAUSA DE DEMORA</u>
S	SEMAFORO
SA	SEÑAL DE ALTO
VI	VUELTA IZQUIERDA
DF	DOBLE FILA
PE	PEATONES
A	ASCENSO-DESCENSO
C	CONGESTIONAMIENTO

La principal causa en general de retraso en las unidades del transporte público en horas pico corresponde al ascenso y descenso de pasajeros, reflejándose esto en que, del tiempo total de recorrido, el 15% se pierde en este tipo de movimientos; el promedio de demora por esta causa alcanza el 60% de la demora total. En horas de poca demanda, la demora por ascenso y descenso de pasajeros se reduce al 37% de la demora total. Invariablemente, el permitir que el usuario descienda por la puerta delantera, interrumpiendo o retardando el movimiento de ascenso, trae demoras que pudieran reducirse. Asimismo, se señala que la entrega de cambio al momento de pagar la tarifa, repercute en que las demoras debidas al ascenso sean de tal magnitud. Las demoras por semáforo en horas de poca demanda aumentan en relación al porcentaje obtenido en horas pico (van del 30 al 38%).

La figura 3.9 nos muestra la distribución porcentual de los diferentes tipos de demoras presentadas en la ruta 11 "Choyal", durante las horas de máxima demanda (pico) y mínima demanda (valle).

Otra causa importante de demoras en algunas rutas (no contemplada dentro de las causas principales, pero registrada en el espacio de observaciones de la hoja de campo como causa O=Otros), es el originado por tiempos muertos intencionales del conductor, sobre todo en periodos de poca demanda (hora valle). En las rutas donde se registró este tipo de demora, alcanzó un promedio del 30% de la demora total. Este comportamiento se debe principalmente a la espera que hace el conductor en un parada ante un posible ascenso de pasajeros.

Por lo que respecta a las velocidades de recorrido de cada una de las rutas analizadas, éstas se pueden consultar en los resultados obtenidos en el apartado anterior "Estudio de Ascenso-descenso", pues como ya se mencionó, al utilizar la misma hoja de campo, la velocidad se determinó en ese momento.

De igual manera, en el apartado anterior se determinaron los tiempos de recorrido, por lo que éstos también se pueden consultar en el estudio previo.

## 3.5 ESTUDIO DE FRECUENCIA DE PASO

### 3.5.1 DESCRIPCION Y USO

La verificación de la carga del transporte colectivo consiste en el recuento del número de unidades de transporte y de usuarios en puntos seleccionados en una ruta. Esto es útil, tanto para verificaciones rutinarias de operación en los puntos de mayor movimiento de ascenso y descenso, como para obtener datos básicos de planeación.

### 3.5.2 APLICACIONES

Algunas de las aplicaciones más importantes de estos estudios son:

1. Revisar la operación real, con respecto a la operación programada inicialmente, comparando los recorridos de los vehículos, así como los índices de ocupación de pasajeros.
2. Descubrir sobrecupos y otras anomalías.
3. Como ayuda en la planeación de mejoras en el transporte público. (Los recuentos de volúmenes son empleados en rutas existentes para facilitar estimaciones de demanda probable en rutas modificadas o en la fusión de varias rutas de transporte público).
4. Proporcionar datos para contestar las quejas sobre exceso de pasajeros, frecuencias de paso, etc.
5. Como parte integrante del estudio que se hace a las horas de entrada y salida de trabajadores. (Estos estudios permiten desarrollar planes tendientes a fijar horarios escalonados de trabajo para que se reduzcan los valores máximos de demanda del servicio).
6. Estudio de las tendencias de la demanda del transporte público. (Mediante recuentos mensuales podemos enterarnos, por ejemplo, de la tendencia de la demanda de pasajeros por asiento, del total de pasajeros que entran y salen de la zona comercial, así como del porcentaje de empleados que van a cierto destino en los vehículos de transporte colectivo).
7. Para proporcionar datos a las comisiones de servicios públicos o a algún otro cuerpo regulador.

### 3.5.3 DONDE HACER EL ESTUDIO

Estos estudios se hacen generalmente en aquellos lugares donde ocurre el mayor movimiento de ascenso y descenso de pasajeros. También pueden hacerse verificaciones en otros puntos, para tener un cuadro general de subidas y bajadas en diferentes sitios a lo largo de la ruta.

Cuando el estudio se hace en conexión con los recuentos en cordón, conviene fijar los puntos en el cordón mismo. Para estudiar el servicio a ciertos establecimientos particulares, como plantas industriales, por ejemplo, deben hacerse recuentos en todos los lugares importantes donde haya ascenso y descenso de empleados de ese establecimiento.

En el caso de Hermosillo, se determinaron en este estudio, cinco sitios estratégicos dentro de la zona centro, por ser el lugar donde se presenta la mayor concentración de recorridos y por ende, se logra captar la mayor frecuencia de paso de las unidades de la mayoría de las rutas. Cabe señalar que, por el empalme de las líneas de transporte en el centro, la frecuencia de algunas rutas aparecen en más de uno de los puntos. Los puntos de observación (ver plano 3.3) se instalaron en:

- 1) Blvd. Luis Encinas y Navarrete (frente al Hospital General y junto a la UniSon, acceso principal a la zona centro por el noroeste).
- 2) Plutarco Elías Calles y Matamoros (límite sur de la zona centro).
- 3) Dr. Noriega y Guerrero.
- 4) Norberto Aguirre y Matamoros.
- 5) Rosales y Plutarco Elías Calles (límite poniente de la zona centro y acceso principal a la zona administrativa por el noreste).

### 3.5.4 PERSONAL Y EQUIPO

Generalmente se requiere una persona por cada punto de observación. Sin embargo, en los lugares donde sucede con frecuencia que dos o más vehículos de transporte público simultáneamente suben y bajan pasajeros, serán necesarios mas observadores. Las hojas de campo, lápices y un reloj común y corriente, constituirán el equipo necesario de cada observador.

### 3.5.5 HORAS Y DURACION DEL ESTUDIO

Este estudio debe ser hecho regularmente (por lo menos una vez al mes en cada punto) por las empresas de transporte público, con objeto de mantener al día la información sobre la demanda del servicio. Ocasionalmente se verifica un día entero de operación. En la mayoría de los casos basta con tomar datos en los períodos de mayor movimiento, en la mañana y en la tarde, además de un valor promedio para el periodo fuera de las horas de máxima demanda. Un recuento de un día en un punto, generalmente es suficiente, a menos que se noten discrepancias con estudios previos, en cuyo caso es conveniente realizar un recuento confirmativo en algún día posterior.

Para el estudio del servicio a un establecimiento, los recuentos deben hacerse a la hora del cambio de turno principal y en un periodo suficiente para incluir todos los vehículos que transporten empleados, del mencionado establecimiento. Generalmente, bastan 45 minutos antes y 45 minutos después de la hora del cambio.

Para un estudio de planeación, tal como el recuento en cordón, el estudio se alarga a 12 horas, entre las 7 y las 19 hrs

El período de observación en este caso fue de las 8:00 a las 20:00 (12 horas), tiempo en el cual se pudo captar la frecuencia del servicio de las diferentes rutas del transporte público, logrando un mejor resultado en el análisis.



SIMBOLOGIA



PUNTO DE CONTROL DEL ESTUDIO DE FRECUENCIA DE PASO

--- LIMITES ZONA CENTRO

— LIMITES ZONA ADMINISTRATIVA



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

PUNTOS DE CONTROL DEL ESTUDIO DE FRECUENCIA DE PASO

ESCALA 1:37500  
TITULO PROFESIONAL  
FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLANUEVA  
FECHA ENERO 1984

PLANO No.  
**3.3**





### 3.5.6 METODO DE ANALISIS

En el sitio a estudiar, el observador recopila los datos requeridos, según las hojas de campo, de cada vehículo de transporte público que llega y sale del punto de observación.

El número de pasajeros de un vehículo de transporte público puede ser estimado, o bien el observador puede hacer un recuento rápido. En ambos casos resulta más expedito contar o estimar el número de asientos vacíos y restarlo al total de asientos (conocido) del vehículo. Cuando hay pasajeros de pie, el método usual es el de contar a éstos y agregar esta cifra al número conocido de asientos.

**HOJAS DE CAMPO.** En la fig. 3.10 se ilustra una de las formas típicas usadas por empresas de transporte público, adaptada a nuestro estudio. En cada una de ellas el observador anota el número económico del vehículo, la hora de llegada o de salida, así como el número de pasajeros que llegan (también se anota el número de pasajeros que parte, si se desea). En otras de las formas típicas, se tienen dos secciones separadas, una para los vehículos que entran y otra para los que salen (de la zona o distrito comercial). En el caso de la otra forma se usan hojas separadas para el tránsito de entrada y salida.

**HOJAS DE RESUMEN.** Las hojas de campo pueden usarse como hojas de resumen, indicando bajo la columna de "tiempo", periodos de 15 o 20 minutos, anotando en las otras columnas los totales de los vehículos de transporte público y de pasajeros correspondientes a ese lapso. Pueden llevarse a cabo resúmenes más elaborados, mostrando comparaciones varias y los totales de los datos recabados.

La captura de la información se realizó de la misma manera que en las hojas de campo que se utilizaron en este estudio, lo que permitió generar una base de datos con los siguientes componentes:

- La hora y los minutos en que pasó el vehículo por el punto de control.
- El destino del vehículo (que en casi todos los casos coincide con el nombre de la ruta).
- El número de la ruta.
- El número económico de las unidades. Con este dato se puede conocer el número de vueltas que dieron durante el día cada uno de los vehículos.
- El número de pasajeros a bordo. (Estimado visualmente).
- El tipo de vehículo. En este caso el número 1 corresponde al camión (40 a 45 pasajeros), el 2 al minibus (24 pasajeros) y el número 3 a la combi (11 pasajeros).

A continuación se presenta un ejemplo de las hojas-resumen obtenidas durante las 2 primeras horas en el punto de control no. 4, localizado en el corazón de la zona centro y en el cual se pudieron captar hasta 9 diferentes rutas del transporte público, tanto de autobuses como de microbuses.

**PUNTO DE OBSERVACION No. 4:  
N. AGUIRRE (YUCATAN) Y MATAMOROS**

HR.	MIN.	DESTINO	RUTA	NO ECO.	NO. PAS.	VEHI-CULO
8	4	MICROBUS AMARILLA	3	6	23	2
8	5	LORCI-CONASUPO	6	PO2324	16	1
8	9	COLOSO	8	6	7	3

8	11	LEYS7/ZAPATA	1	8	24	1
8	12	MICROBUS AMARILLA	3	9	33	2
8	13	L. DEL CASTILLO-PENI	6	16	11	2
8	13	AMAPOLAS	9	4	6	2
8	16	LEYS7/ZAPATA	1	1	9	1
8	16	MICROBUS AMARILLA	3	12	28	2
8	17	L.ORCI-CONASUPO	6	PO2141	20	1
8	17	FUENTES-MODELO	10	295	26	1
8	20	CHOYAL	11	297	5	1
8	22	COLOSO	8	5	11	3
8	23	AMAPOLAS	9	3	27	2
8	23	MICROBUS AMARILLA	3	15	8	2
8	26	L.ORCI-CONASUPO	6	PO2 06	15	1
8	26	L. DEL CASTILLO-PENI	6	1	26	2
8	27	MICROBUS AMARILLA	3	18	15	2
8	27	CHOYAL	11	PO2 343	5	1
8	28	L. DEL CASTILLO-PENI	6	14	14	2
8	29	LEYS7/ZAPATA	1	3	19	1
8	30	L.ORCI-CONASUPO	6	PO2 137	6	1
8	31	MICROBUS AMARILLA	3	1	25	2
8	32	COLOSO	8	4	7	3
8	33	AMAPOLAS	9	2	4	2
8	35	L.ORCI-CONASUPO	6	309	6	1
8	35	MICROBUS AMARILLA	3	7	22	2
8	37	FUENTES-MODELO	10	134	24	1
8	40	LEYS7/ZAPATA	1	12	19	1
8	40	MICROBUS AMARILLA	3	4	29	2
8	40	L. DEL CASTILLO-PENI	6	5	263	2
8	43	AMAPOLAS	9	1	12	2
8	44	L.ORCI-CONASUPO	6	PO2 211	24	1
8	44	S.BLEY/PALO VERDE	2	PO2 259	28	1
8	44	CHOYAL	11	239	18	1
8	48	LEYS7/ZAPATA	1	5	25	1
8	49	L.ORCI-CONASUPO	6	22	40	1
8	50	MICROBUS AMARILLA	3	17	36	2
8	50	L. DEL CASTILLO-PENI	6	10	16	2
8	51	S.BLEY/PALO VERDE	2	329	31	1
8	53	COLOSO	8	O2 E	10	3
8	54	MICROBUS AMARILLA	3	10	25	2
8	54	LEYS7/ZAPATA	1	4	26	1
8	54	AMAPOLAS	9	9	3	2
8	54	L. DEL CASTILLO-PENI	6	2	11	2
8	56	S.BLEY/PALO VERDE	2	261	15	1
8	56	MICROBUS AMARILLA	3	13	7	2
8	57	L.ORCI-CONASUPO	6	345	14	1
8	57	S.BLEY/PALO VERDE	2	201	0	1
9	0	L. DEL CASTILLO-PENI	6	18	14	2
9	1	CHOYAL	11	238	12	1
9	1	FUENTES-MODELO	10	133	25	1
9	1	LEYS7/ZAPATA	1	16	22	1
9	2	L.ORCI-CONASUPO	6	176	6	1
9	5	AMAPOLAS	9	8	12	2
9	6	S.BLEY/PALO VERDE	2	325	13	1
9	8	L.ORCI-CONASUPO	6	236	8	1
9	11	MICROBUS AMARILLA	3	16	29	2
9	11	LEYS7/ZAPATA	1	9	18	1
9	12	AMAPOLAS	9	7	6	2
9	13	COLOSO	8	10	11	3
9	14	CHOYAL	11	O7 E	15	1
9	14	L. DEL CASTILLO-PENI	6	12	28	2
9	14	MICROBUS AMARILLA	3	20	27	2
9	14	S.BLEY/PALO VERDE	2	254	13	1
9	16	L.ORCI-CONASUPO	6	19	139	1
9	16	S.BLEY/PALO VERDE	2	25	18	1
9	16	L. DEL CASTILLO-PENI	6	15	16	2
9	16	CHOYAL	11	234	1	1
9	16	CHOYAL	11	211	8	1
9	19	FUENTES-MODELO	10	2E	15	1
9	20	COLOSO	8	9	4	3

9	20	LEYS7/ZAPATA	1	18	12	1
9	22	L. DEL CASTILLO-PENI	6	13	21	2
9	22	MICROBUS AMARILLA	3	5	20	2
9	25	S.BLEY/PALO VERDE	2	327	26	1
9	26	AMAPOLAS	9	5	3	2
9	28	LEYS7/ZAPATA	1	11	28	1
9	29	MICROBUS AMARILLA	3	11	17	2
9	30	L. DEL CASTILLO-PENI	6	17	17	2
9	30	COLOSO	8	8	5	3
9	32	LORCI-CONASUPO	6	205	21	1
9	34	AMAPOLAS	9	5	16	2
9	34	MICROBUS AMARILLA	3	8	25	2
9	34	CHOYAL	11	157	18	1
9	37	LORCI-CONASUPO	6	199	10	1
9	37	L. DEL CASTILLO-PENI	6	8	27	2
9	38	LEYS7/ZAPATA	1	23	16	1
9	38	LEYS7/ZAPATA	1	20	29	1
9	40	COLOSO	8	7	1	3
9	40	MICROBUS AMARILLA	3	14	18	2
9	40	AMAPOLAS	9	4	4	2
9	41	CHOYAL	11	343	7	1
9	41	LORCI-CONASUPO	6	198	9	1

TIPO DE VEHICULO: 1=AUTOBUS, 2=MICROBUS, 3=COMBI

Una vez realizada la captura, se elaboran diagramas de frecuencia de paso por cada punto de control, como el mostrado en la figura 3.11, en donde se aprecia gráficamente el número de unidades por hora de cada ruta que circulan por el sitio en cuestión.

La tabla anexa muestra un resumen de las frecuencias medias, máximas y mínimas a lo largo del día, para las diferentes rutas en los distintos puestos de encuesta de frecuencia de paso.

TABLA 3.1 FRECUENCIA DE PASO DE TRANSPORTE PUBLICO  
(UNIDADES POR HORA)

RUTA AUTOBUSES	PUNTO	FRECUENCIAS DE PASO		
		MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO
1. ZAPATA-LEY 57	2	5	10	9.00
	4	2	8	6.00
2. PALO VERDE-SIMON BLEY	1	3	5	4.30
	2	2	10	6.00
	3	3	11	6.40
	4	3	11	6.30
	5	3	6	4.00
3. ISABELES	1	4	7	5.30
	2	2	10	5.80
4. MULTIRUTAS	1	7	10	9.00
	5	6	9	7.80
5. GRAL. PINA	1	5	7	6.17
6. CONASUPO-LUIS ORCI	2	1	8	4.80
	3	3	9	6.40
	4	3	9	6.42
	5	6	9	6.80
7. REFORMA	1	5	6	5.17
8. PALO VERDE-SEGURO SOCIAL	2	0	3	2.00
	3	0	5	2.17
	5	1	4	2.30
9. CIRCUITO NORTE	3	0	9	4.00

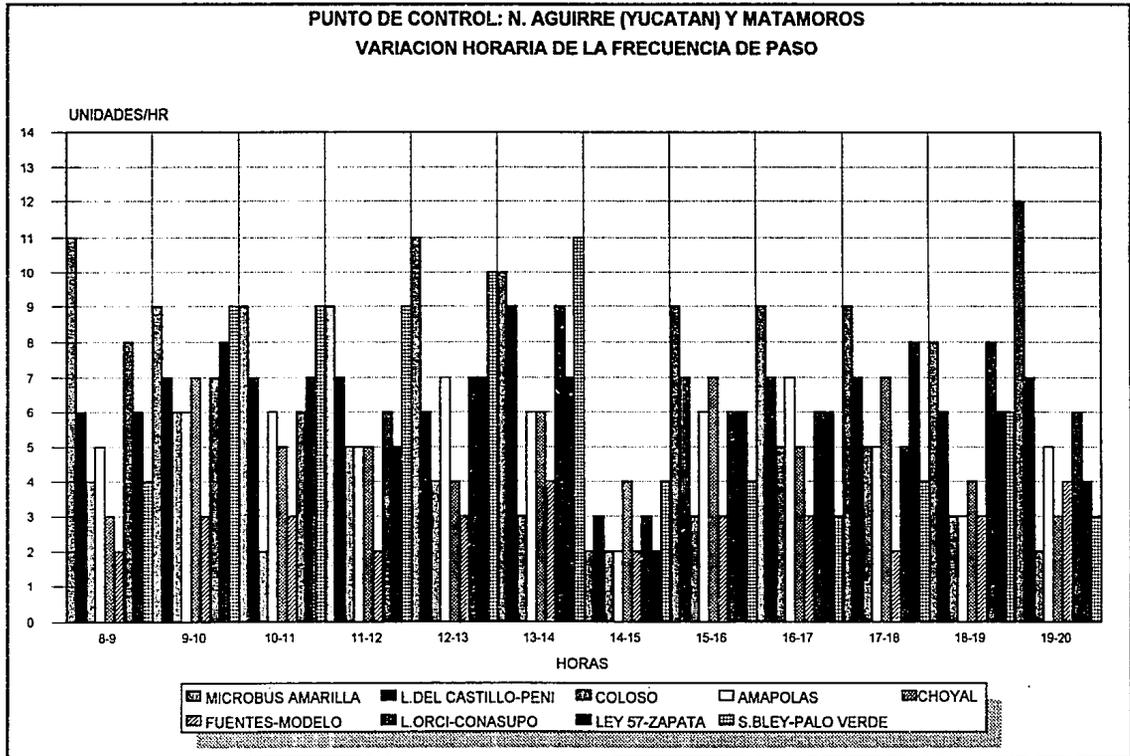


FIG. 3.11 VARIACION HORARIA DE LA FRECUENCIA DE PASO  
DEL TRANSPORTE PUBLICO EN EL PUNTO DE CONTROL NO. 4

TABLA 3.1 FRECUENCIA DE PASO DE TRANSPORTE PUBLICO (continuación)  
(UNIDADES POR HORA)

RUTA	PUNTO	FRECUENCIAS DE PASO		
		MINIMA	MAXIMA	PROMEDIO
10. FUENTES-MODELO	2	0	4	2.20
	3	2	4	2.80
	4	2	4	2.83
	5	2	3	2.30
11. CHOYAL	1	4	6	4.80
	3	3	7	5.30
	4	3	7	5.00
<b>MICROBUSES</b>				
RUTA 1. MINIBUSES ROJOS	1	6	8	6.60
	2	1	0	0.25
RUTA 2. MINIBUSES VERDES	5	8	11	9.80
RUTA 3. MINIBUSES AMARILLOS	3	2	12	9.10
	4	2	12	9.00
	5	8	10	8.80
RUTA 4. LAZARO CARDENAS	1	6	8	7.30
	5	6	9	7.00
RUTA 5. 12 OCTUBRE- ESTACION	1	6	9	7.50
	2	0	5	1.50
	3	0	9	4.75
RUTA 6. L.DEL CASTILLO- PENI	2	3	8	5.40
	3	3	9	5.60
	4	3	9	6.58
	5	5	8	6.00
RUTA 7. SERVICIO EXPRESS	1	8	10	9.00
RUTA 8. COLOSO (COMBIS)	1	3	6	4.00
	2	2	5	3.80
	3	2	6	3.60
	4	2	6	3.67
RUTA 9. AMAPOLAS	2	1	6	4.40
	3	2	7	5.30
	4	2	7	5.25
	5	5	6	5.50
RUTA 10. SAHUARO-OLIVARES	1	5	9	8.10

Se pudo observar que algunas rutas no despachan ninguna unidad a determinadas horas (frecuencia cero). La ruta que registró el mayor número de unidades por hora en la zona centro fue la de Minibuses Amarillos, con 12 unidades por hora (intervalos medios de 5 min), mientras que la ruta que más unidades promedio por hora despachó, fue la de Minibuses Verdes con 9.8 unidades/hora (intervalos medios de 6 min).

Por otro lado, con la menor frecuencia media de despacho, se situó la ruta "Coloso" con solo 2.3 unidades/hr (con intervalos medios de 26 minutos).

No se da un comportamiento normal de los despachos por hora de las rutas, esto debido a que los conductores tratan de ajustarse a la variación horaria de la demanda, ocasionando comportamientos irregulares. Por ejemplo, sobre el Blvd. Luis Encinas (frente al Hospital General y junto a la UniSon), se acumulan las unidades buscando pasajeros en las horas pico. Esto se hace en las bahías diseñadas como paraderos no funcionen adecuadamente, que haya vehículos en doble fila y se saturen las paradas.

Adicionalmente al estudio de frecuencia de paso, se registró además la ocupación visual en las unidades durante la pesquisa. La ocupación media se reportó como normal, a excepción de las siguientes rutas, en las que se presentaron problemas de saturación en la hora de máxima demanda:

<i>Ruta</i>	<i>Tipo</i>	<i>Ocupación máxima</i>	<i>Frecuencia prom. máxima</i>	<i>Frecuencia de proyecto</i>
12 de Octubre-Estac. Gral. Piña	microbus	35	7.50	9
Minibuses Amarillos	autobus	65	6.17	8
Conasupo- L.Orci	microbus	40	12.0	12
Amapolas	autobus	60	6.80	8
L.del Castillo Peni	microbus	42	5.50	7
Minibuses Verdes	microbus	45	6.58	8
	microbus	50	9.80	12

En la tabla anterior se muestran las ocupaciones máximas registradas durante la hora pico, observándose que las unidades llevan pasajeros de pie y en algunos casos colgando de las puertas. Para solucionar este problema, se sugieren frecuencias de despacho más continuas, para absorber esa sobredemanda de pasaje.

### 3.6 ESTUDIO DE ORIGEN-DESTINO Y ENCUESTAS DE OPINION EN LOS USUARIOS DEL TRANSPORTE PUBLICO

#### 3.6.1 ESTUDIO DE ORIGEN-DESTINO

En pocas palabras, este estudio sirve para conocer del usuario, su punto de partida y su destino inmediato. La evaluación del sistema de transporte desde la perspectiva del usuario se determinó a través de encuestas origen-destino a bordo de las unidades de transporte público. La encuesta permitió conocer las principales zonas generadoras y atractoras de viajes, los motivos del viaje de las personas y los tiempos medios de espera y de viaje a bordo de unidades de transporte de ruta fija en la Ciudad de Hermosillo. Un ejemplo de como se entera al público usuario de la realización del estudio (en este caso en el área metropolitana de la Cd. de México), se presenta en la figura 3.12.

A continuación se presentan las preguntas realizadas a los usuarios, para la elaboración del estudio de origen-destino:

- 1) ¿Qué origen tiene (De dónde viene)?
- 2) ¿Qué destino final tiene (A dónde va)?
- 3) ¿Qué rutas o rutas tiene que tomar para llegar a su destino?
- 4) ¿Cuánto se desplaza para tomar su transporte?
- 5) ¿Cuánto tiempo tarda en llegar a su destino?
- 6) ¿Cuál es el motivo de su viaje (escuela, trabajo, compras, diversión, otros)?

De las encuestas a usuarios de transporte público, se llegó a los siguientes resultados:

- Se determinaron los principales pares origen-destino de los viajes que se realizan por este modo. La siguiente relación presenta los viajes entre pares origen-destino más importantes.

- ZONA NORTE - CENTRO
- ZONA NORTE - ZONA ADMINISTRATIVA
- ZONA NORPONIENTE - CENTRO
- ZONA SUR - ZONA ADMINISTRATIVA
- ZONA SUR - CENTRO
- ZONA NORPONIENTE - ZONA ADMINISTRATIVA
- ZONA SURPONIENTE - ZONA CENTRO

**PLANIFIQUEMOS JUNTOS EL TRANSPORTE**

**APOYA CON TUS RESPUESTAS LA**

**ENCUESTA ORIGEN - DESTINO**

Del  
**Area Metropolitana de la Ciudad de México.**  
Durante mayo y junio de 1994

**Qué**

**Cuánto**

viajes haces  
motiva tus viajes  
transportes utilizas

tiempo utilizas  
dinero gastas

**?**

**EN  
TRANSPORTE**

**?**

**GRACIAS POR TU PARTICIPACION**

CIUDAD DE MEXICO D D F		GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES			INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA	
---------------------------	---	---	---	---	---	--

FIG. 3.12 ANUNCIO EN PERIODICO DE CIRCULACION RECONOCIDA, SOBRE LA REALIZACION DE UN ESTUDIO DE ORIGEN-DESTINO EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CD. DE MEXICO

- ZONA SURPONIENTE - ZONA ADMINISTRATIVA
- ZONA NORTE - UNISON

- Los principales motivos de viajes en transporte público son: trabajo (42%), compras (25%), estudio (22%), diversión (2%) y otros (9%). (Ver fig. 3.13).

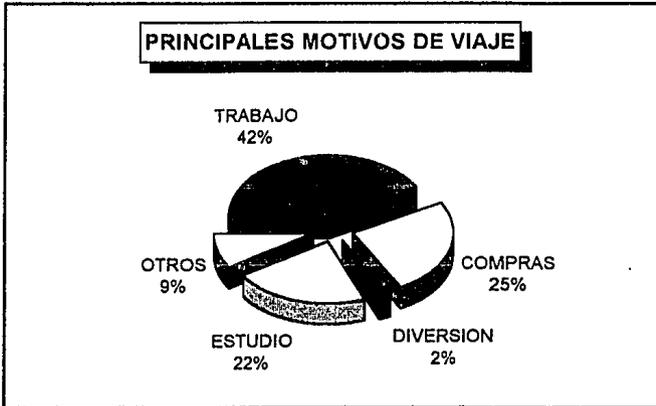


FIG. 3.13 PRINCIPALES MOTIVOS DE VIAJE DENTRO DE HERMOSILLO, SON.

En promedio se obtuvo que las personas realizan tres viajes en transporte público al día con 0.32 transbordos.

- En promedio en el transporte público, se determinó que el tiempo del origen a la parada es de 5.73 min incluyendo el tiempo de espera de las unidades, el tiempo a bordo de 19.41 min, el tiempo de transbordo cuando éste se da es de 1.09 min, y el tiempo de la parada al destino de 6.09 min. Por lo anterior, se tiene que el tiempo promedio de viaje en el transporte público es de 32.32 min por viaje. (Fig. 3.14),

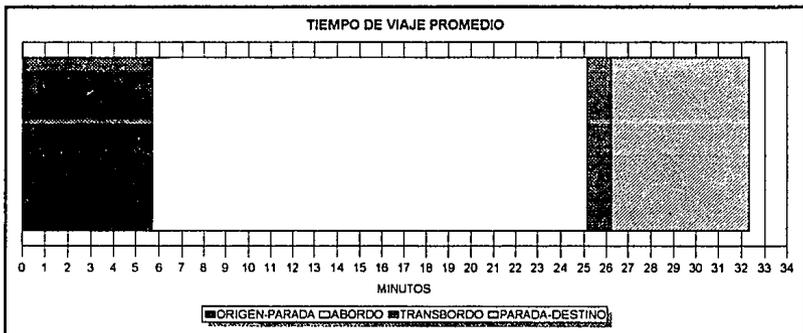


FIG. 3.14 TIEMPO PROMEDIO PARA UN VIAJE EN TRANSPORTE PUBLICO

- En Hermosillo, en especial en la zona norte, parece haber una excesiva dispersión de rutas, como si una calle fuera propiedad exclusiva de una empresa. En el norte de la ciudad, dadas las circunstancias de frecuencia de las rutas que ahí sirven, nos indica que la distancia entre corredores de transporte ideal debe ser de 730 metros, mientras que en este sector encontramos corredores paralelos a una cuadra de distancia (cerca de 100m). Aunque considerásemos que por las condiciones climáticas de Hermosillo, especialmente en verano, caminar sea 2 veces mas' costoso que esperar, la distancia no debería ser inferior a 500 metros. En la situación actual, con una ruta a cada 2 cuadras, el usuario gasta en promedio 1 minuto en caminar (transversalmente a la dirección de las rutas) y 8 minutos en espera (total= 9 minutos), mientras que si la distancia fuera de 4 cuadras entre dos corredores de transporte (cada cual con dos rutas en promedio) el tiempo a pie sería de 2 minutos, y la espera de 4, con un total de 6 minutos, y una consecuente reducción de 3 minutos en relación a la situación actual.

### 3.6.2 ENCUESTAS DE OPINION Y DEMANDA INSATISFECHA

Se realizaron 2523 encuestas (con ocho preguntas cerradas cada una) en puntos estratégicos donde se pudo obtener la opinión sobre condiciones del servicio y grado de satisfacción de la oferta en todas las rutas que circulan en la ciudad.

Las ocho preguntas realizadas en los cuestionarios fueron:

1. ¿Qué ruta de transporte tiene que tomar ahora para llegar a su destino?
2. ¿Qué tipo de vehículo toma?
  - a) autobús
  - b) microbus
  - c) combi
3. ¿Por qué escoge este tipo de vehículo?
  - a) Porque no hay otra opción
  - b) Porque es más cómodo
  - c) Porque es más económico
  - d) Otra razón (especifique)
4. ¿Cuánto tiempo en promedio tiene que esperar el autobús en la parada (min.)?
5. ¿Tiene problemas para abordar el vehículo por exceso de pasajeros en horas pico?
  - a) Si
  - b) No
6. (En caso de contestar la pregunta anterior afirmativamente) ¿Cómo se manifiesta este problema?
  - a) Viaje incómodo
  - b) Esperar a que pase otro vehículo
  - c) Otro (especifique)
7. ¿Qué opinión tiene del servicio de transporte urbano en la ciudad?
  - a) Bueno
  - b) Malo
  - c) Regular
8. ¿A qué se debe su opinión?
  - a) Al estado de las unidades
  - b) Falta de vehículos

- c) Congestionamiento vial
- d) Negligencia de los choferes
- e) Otro (especifique)

De la encuesta de opinión a usuarios del transporte público (2523 encuestas) se determinó que el 54% lo califican como un servicio bueno, el 37% como regular y el 9% lo considera un servicio malo. (Fig. 3.15)

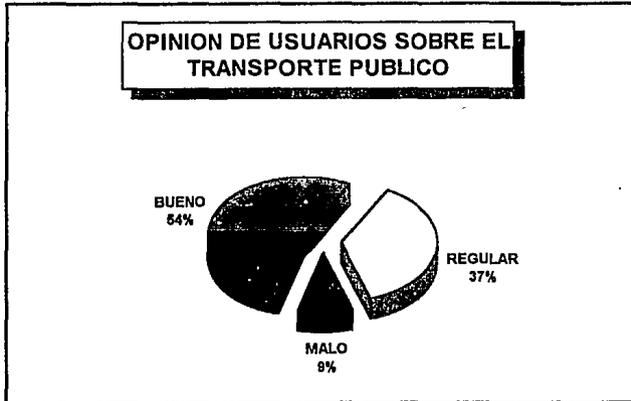


FIG. 3.15 OPINION DE LOS USUARIOS SOBRE EL TRANSPORTE PUBLICO

Los principales argumentos utilizados por los usuarios del transporte público urbano para calificar al servicio como bueno, regular o malo son los que aparecen en la tabla 3.2.

TABLA 3.2 OPINIONES DE LOS USUARIOS DE TRANSPORTE PUBLICO DE RUTA FIJA

RAZON POR LA QUE OPINAN QUE EL SERVICIO ES:		
Bueno	Regular	Malo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es rápido</li> <li>• Dan buen servicio</li> <li>• Hay muchos colectivos</li> <li>• No tardan mucho</li> <li>• Son cómodos</li> <li>• Cubren mucha distancia</li> <li>• Son constantes (frecuencia alta)</li> <li>• Pasan por su casa</li> <li>• Conductores amables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Van muy despacio</li> <li>• No hay paradas específicas</li> <li>• Es caro</li> <li>• Es lento en las paradas</li> <li>• Hay choferes imprudentes</li> <li>• Suben a mucha gente</li> <li>• Las calles por donde pasan son muy malas</li> <li>• Son lentos o a veces demasiado rápidos</li> <li>• A veces pierden el tiempo esperando pasaje</li> <li>• Tardan bastante en pasar</li> <li>• Juegan carreras</li> <li>• Falta limpieza a las unidades</li> <li>• No son tan frecuentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se paran a cada rato y se tardan más</li> <li>• Tardan mucho en pasar</li> <li>• Los choferes son descorteses y van muy rápido</li> <li>• Exceso de pasajeros</li> <li>• No traen limpias las unidades</li> <li>• Conductores desafiados</li> </ul>

De las opiniones vertidas por el usuario, llaman la atención tres aspectos principales:

- El 50% de los usuarios opinan que cuentan con un servicio satisfactorio.
- La sugerencia del público de que se les brinde mejor atención como usuarios, en aspectos como la seguridad, el respeto y educación de los conductores (11%).
- La poca importancia que el usuario le confiere al nivel de la tarifa actual. Sólo el 1.3% de las personas entrevistadas lo mencionan, pudiendo ser un indicativo de que el usuario podría soportar una tarifa mayor, con un mejor servicio.

## ¿ POR QUE ANALIZAR EL TRANSPORTE PUBLICO EN LA CD. DE HERMOSILLO ?



(82) 18-15-14

# Diálogo directo

D/A EL IMPARCIAL

HERMOSILLO, SONORA, SABADO 21 DE AGOSTO DE 1993

\* Estudiante de Derecho de la Unison se queja del pésimo servicio nocturno que prestan las unidades del transporte urbano en la ciudad, especialmente las cobijas de la ruta 8 Amapolas-Catuhé-moc, que dejan de circular a las 20.00 horas, lo que le ocasiona trastornos al tener que caminar largas distancias. Asegura que no es un problema único de esa ruta sino que en general, en todas sucede lo mismo.

\* Por el rumbo del Parque Industrial, ubicado en la carretera a Sahuaripa, después de las 17.00 horas es difícil tomar un microbús del transporte urbano, color naranja, de la ruta Castro, porque tardan mucho en pasar o no levantan pasajero, se queja una empleada que el lunes pasado esperó dos horas una unidad.

\* Piden a Tránsito Municipal que prohíban a los operadores de los camiones urbanos que se detengan a bajar pasaje en la calle Camino del Serri, inmediatamente en cuanto bajan del Periférico Poniente, porque detienen totalmente la circulación ya que por un lado está el canal y por el otro las casas del Fovissate.

#### RECUERDOS.

\* Algunos chequeadores de los camiones urbanos provocan embotellamientos de tráfico al detenerse a platicar con los operadores de las unidades, en la esquina de la calle Veracruz y 5 de Febrero, en la colonia 5 de Mayo.

\* Dices a Tránsito Municipal que ordena al día.

\* Empleada del Parque Industrial pide a Daniel Ocobachi Romero, director de Autotransporte Urbano, que ordene que entre a ese sector la ruta de microbuses verdes porque las de color naranja no dan buen servicio.

# CAPITULO 4

## MANTENIMIENTO VIAL

---

### 4.1 OBJETIVOS

En materia de Mantenimiento Vial, el Programa de Vialidad y Transporte Urbano de las Cien Ciudades Medias señala la necesidad de preservar en condiciones óptimas de operación la infraestructura vial, para proveer tanto de seguridad al automovilista, como de funcionalidad a la vía.

Los objetivos específicos de éste son: mejorar y/o restituir los pavimentos del sistema vial y de la infraestructura para el transporte con el fin de lograr que la superficie de rodamiento permanezca en óptimas condiciones, acordes a las exigencias del tránsito vehicular; conservar el equipamiento del sistema vial y de transporte, preservando las obras de vialidad y transporte a través de implementación de programas tendientes a la reducción de los costos de operación y mantenimiento del sistema. Un objetivo fundamental estriba en la necesidad de lograr la integración de regiones de bajo nivel económico a la vida productiva de las ciudades, por medio de programas tendientes a la pavimentación de los accesos principales a éstas.

El mantenimiento vial trata lo referente a la conservación de todo aquello que permite operar a las vías en condiciones de máxima eficiencia, entre los cuales, se tiene:

- Evaluación de la capacidad estructural de los pavimentos.
- Mantenimiento físico de los caminos (bacheo, llenado de juntas, segado, etc.).
- Pintura en guarniciones y banquetas.
- Implementación y conservación de dispositivos para el control del tránsito (semáforos; señalizaciones restrictivas, informativas y preventivas; marcas sobre el pavimento).
- Control de paraderos y casetas de espera del transporte público.
- Alumbrado público.
- Condiciones de los drenes, alcantarillas y rejillas en las calles.

El campo del mantenimiento de todo lo relacionado a la vialidad es amplio, pero el espíritu de este capítulo se fundamenta en mostrar los estudios realizados para determinar la capacidad estructural de los pavimentos, cuando sea el caso, o bien al diseño de éstos cuando así se requiera. No se tratarán aquí a fondo, los aspectos referentes al mantenimiento de señalizaciones, o pintura en guarniciones y banquetas, ya que si existe un adecuado programa periódico de mantenimiento preventivo y correctivo, estos rubros no tienen mayor problema. Se mencionarán únicamente algunos conceptos fundamentales sobre los tipos de señalizaciones, sus características, tipo de mantenimiento requerido y su uso principal.

Para determinar la capacidad estructural de los pavimentos y los factores que la determinan, se realizaron los siguientes trabajos:

- Levantamiento de los tipos de pavimento del sistema vial.
- Trabajos de campo y laboratorio que consistieron de:
  - Asignación del Índice de Servicio Actual.
  - Levantamiento de daños.
  - Ensayes destructivos de laboratorio (sondeos de pozo a cielo abierto), y no destructivos (Viga Benkelman) en campo.

Una vez recolectada la información necesaria por medio de los trabajos anteriores, se procedió a realizar el análisis estructural de pavimentos, para dar las recomendaciones convenientes. Una secuencia lógica del ciclo de un pavimento se muestra en la figura 4.1, en el cual se tienen los aspectos más sobresalientes para el análisis que se le realiza al mismo.

## 4.2 SEÑALAMIENTOS

No se puede concebir el buen funcionamiento de un camino o carretera si no cuentan con el señalamiento necesario que le impartan seguridad al usuario de las mismas. Se dará a continuación una idea general de los diferentes tipos de señalamiento, y su adecuada colocación y conservación.

Las señales son placas, fijadas en postes o estructuras, con símbolos, leyendas o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de peligros y su naturaleza, la existencia de determinadas restricciones y prohibiciones que limiten sus movimientos sobre la calle o el camino, y proporcionar la información necesaria para facilitar sus desplazamientos.

Las señales, en general, serán aplicables a toda la anchura de la calzada. No obstante, su aplicación podrá limitarse a uno o más carriles, determinados con precisión mediante marcas longitudinales en el pavimento.

La conservación del señalamiento es importante y deberá ser física y funcional, de tal manera que las señales deberán colocarse o quitarse tan pronto como se vea la necesidad de ello; por eso es conveniente realizar un inventario sobre la existencia y estado físico del señalamiento, ya que esto nos da un conocimiento pleno de la situación en que éste se encuentra. Al no encontrarse físicamente en buen estado, estar mal ubicado o cualquier otra situación en que no se cumpla con los requisitos fundamentales de cualquier dispositivo de control, impedirá que cumpla con los objetivos para los que fue creado<sup>1</sup>.

Las señales se usarán únicamente en donde están apoyadas por hechos y estudios de campo, y son esenciales en donde se apliquen restricciones especiales para lugares específicos, para lapsos de tiempo determinados donde los peligros no sean evidentes por sí solos. También proporcionan información, como los números de las rutas en caminos, direcciones de tránsito, destinos y puntos de interés.

En cuanto a su función, las señales se clasifican en:

- Preventivas,
- Restrictivas,
- Informativas,
- Marcas sobre el pavimento.

<sup>1</sup> S.C.T., Dirección General de Servicios Técnicos. "Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras". Quinta edición. México, abril de 1986.

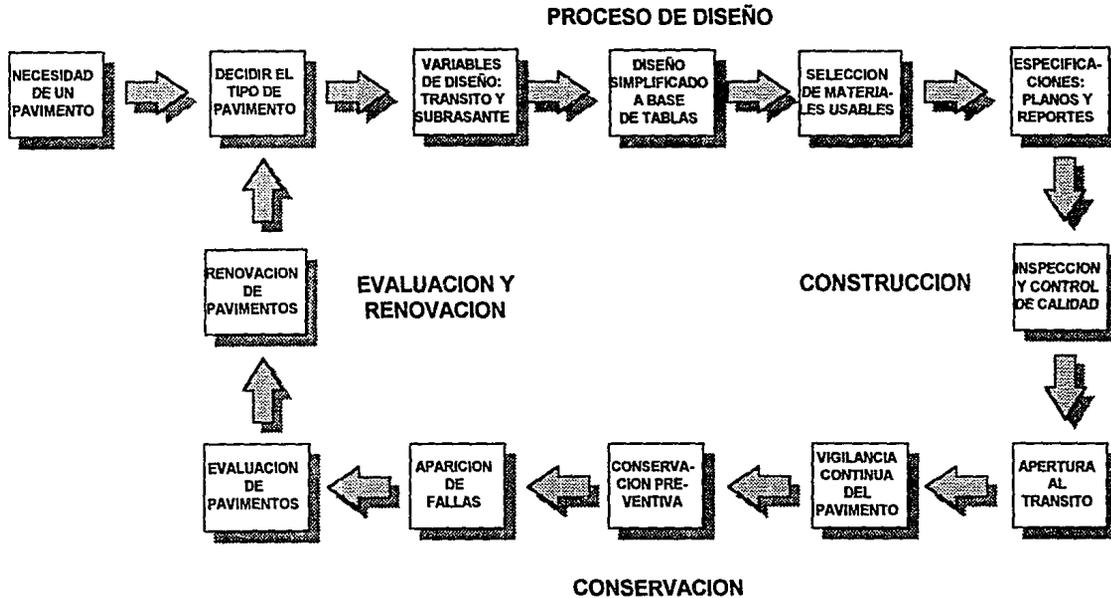


FIG. 4.1 CICLO SIMPLIFICADO DE UN PAVIMENTO

### 4.2.1 SEÑALES PREVENTIVAS

Estas señales son aquellas que tiene por objeto advertir al usuario del camino de la existencia de un peligro potencial y la naturaleza del mismo (figura 4.2). Las señales preventivas tienen forma de un cuadrado con una diagonal en posición vertical. Su fondo es amarillo con letras y ribete de color negro. El largo del cuadrado es de 60 cm como mínimo, pudiéndose emplear dimensiones mayores de 75 y 90 cm. Solo en zonas urbanas se permiten dimensiones algo menores.

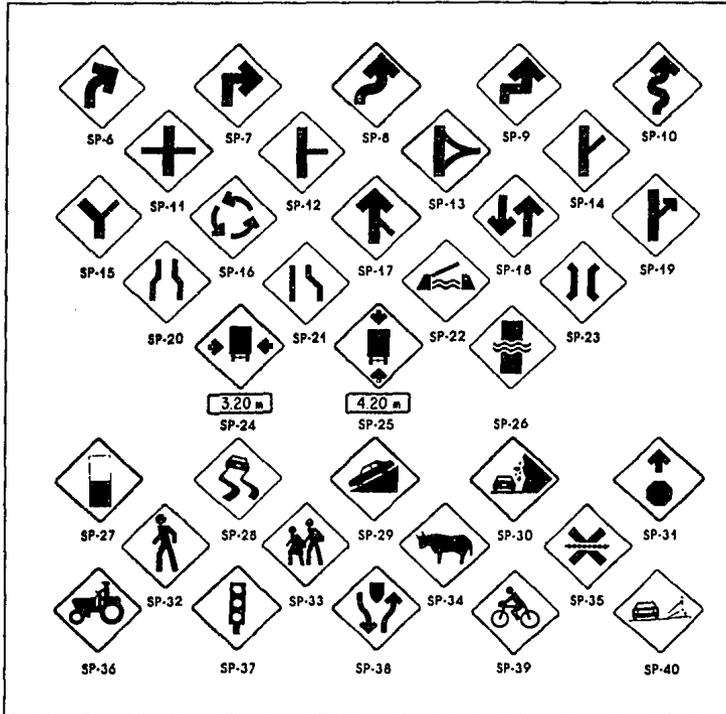


FIG. 4.2 SEÑALES PREVENTIVAS MAS COMUNES

La distancia hasta el lugar del peligro a la que deberán colocarse las señales, debe ser determinada de manera que asegure su mayor eficiencia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta el tipo de camino y los vehículos que lo usarán. Sin embargo, se aconseja que la distancia no sea inferior a 90 m ni mayor a 25 m, salvo que circunstancias especiales impongan otras distancias.

Las señales preventivas deben colocarse en el lado derecho de la carretera, correspondiente a la dirección de la circulación y frente a ella. Si las circunstancias lo aconsejan, las señales podrán ser repetidas a diferentes distancias y en el lado opuesto. Las señales preventivas deben colocarse a una distancia apropiada del borde de la carpeta asfáltica, distancia que será como mínimo de 1.50 m y como máximo de 2.40 m.

Se aconseja que la altura de las señales sobre la calzada sea uniforme especialmente a lo largo de una ruta. La altura de las señales preventivas no será mayor de 2.10 m ni menor de 80 cm, salvo en las zonas donde las circunstancias aconsejen otra cosa. Se aconseja que la altura sea de 1.50 m.

Cuando se usen barreras para desviar la circulación, con motivo de obras que se ejecutan en el camino, tales barreras deben ser blancas y negras, y en caso necesario, provistas de dispositivos reflejantes. Todos los límites de las obras deben ser claramente señalados durante el día y la noche por medio de barreras o luces, o ambas.

Cuando haya una obra en ejecución, se debe indicar la proximidad de la misma mediante la señal correspondiente, o sea, poniendo *Hombres trabajando* o solamente *En obra* (ver fig. 4.3).

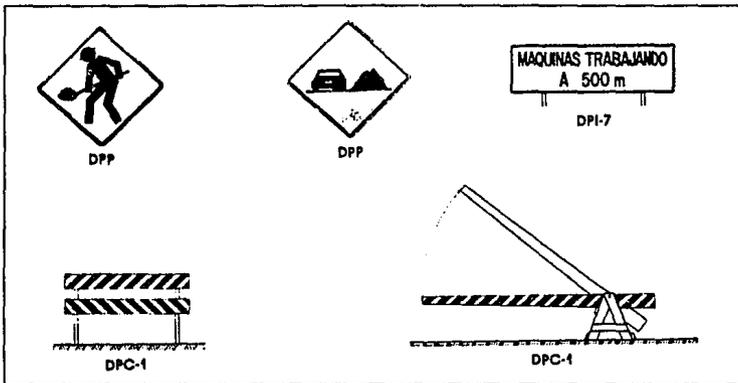


FIG. 4.3 DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DE OBRAS

## 4.2.2 SEÑALES RESTRICTIVAS

Las señales restrictivas son aquellas que tienen por objeto expresar en la misma, alguna fase del Reglamento de Tránsito, con el fin de que el usuario de la carretera la cumpla, o la existencia de limitaciones físicas del camino. Estas señales, generalmente, tienden a restringir algún movimiento del vehículo, recordándole al conductor la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada, para estas señales se usa la forma rectangular, y debe colocarse con la dimensión mayor en posición vertical. Estas señales estarán formadas por un símbolo negro inscrito en un círculo rojo sobre fondo blanco, con un letrero negro debajo del círculo. La figura 4.4 presenta las señales restrictivas de uso más común dentro del área urbana.

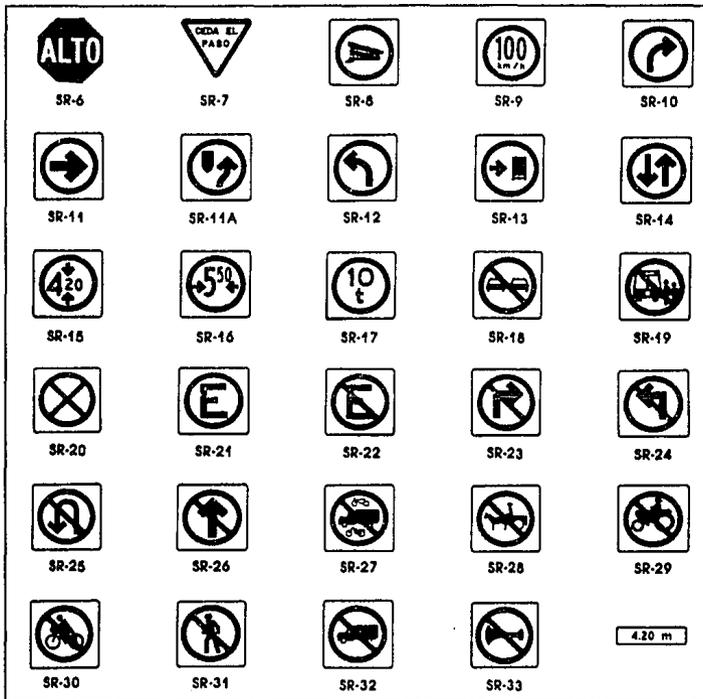


FIG. 4.4 SEÑALES RESTRINGIDAS MAS COMUNES EN ZONAS URBANAS

En cuanto a la colocación de las señales restrictivas también, lo mismo que a las señales preventivas, deben colocarse en el lado derecho de la carretera y correspondiendo a la dirección de la circulación y frente a ella. Se deben colocar en el punto donde comience la reglamentación, y de ser necesario, en otros puntos donde continúe la reglamentación. Sin embargo aquellas señales restrictivas que prohíben virar o indiquen una dirección obligatorio, deberán colocarse a suficiente distancia antes del punto considerado.

La altura de estas señales no excederá de 2.20 m, ni será inferior a 0.60 m. Las dimensiones normales de la placa rectangular serán, de 70 cm de alto por 42.5 cm de ancho para las señales en las zonas rurales, y de 50 cm de alto por 30 cm de ancho para las zonas edificadas.

### 4.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS

Estas señales corresponden a aquellas que tienen como finalidad el proporcionar al usuario alguna información que le ayude en su viaje por las calles y carreteras, e informarle sobre nombres y ubicación de las poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Estas señales son rectangulares y deben colocarse en posición horizontal, con excepción de algunas que se colocan verticalmente.

Este tipo de señales se clasifican en cinco grupos (fig. 4.5):

- De identificación (para identificar calles y carreteras).
- De destino (ubicación de destinos a lo largo de una ruta).
- De recomendación (para recordar determinadas disposiciones o recomendaciones de seguridad).
- De información general (información general de carácter poblacional y geográfico).
- De servicios y turísticas (para informar la existencia de un servicio o lugar de interés).

Sus colores serán: fondo blanco, con letras y ribete blanco. A diferencia de las señales preventivas y restrictivas, las señales informativas no tienen dimensiones fijas. El tamaño de estas señales se ajusta a las necesidades, pero sí es aconsejable que no tengan más de tres renglones de leyenda.

### 4.2.4 MARCAS SOBRE EL PAVIMENTO

Las marcas sobre el pavimento están formadas por marcas longitudinales, marcas transversales y otras marcas (fig. 4.6).

Las marcas longitudinales pueden ser de línea continua o de línea discontinua. cuando se emplea una línea continua, ella restringe la circulación de tal manera que ningún vehículo puede cruzar esta línea o circular sobre ella. Las líneas discontinuas que son líneas directrices, tienen como objeto el guiar y facilitar la circulación en las diferentes vías; pueden, pues, ser cruzadas, siempre que ello se efectúe dentro de las condiciones normales de seguridad.

Las líneas continuas tienen como fin el prohibir a un vehículo el adelantar o rebasar a otro, a que pase de una vía a otra en puntos peligrosos (como en curvas, cambios de rasante, pasos a desnivel, etc.), o delimitar los carriles de circulación. Una línea continua puede ser trazada junto a una línea discontinua; en estos casos los vehículos no deben cruzar la línea discontinua trazada a la derecha de una discontinua. Sin embargo, la línea continua puede ser cruzada por los vehículos si ella esta colocada a la izquierda de las discontinuas.

Las marcas transversales en el pavimento deben emplearse como indicaciones de paradas, o bien para delimitar fajas destinadas al cruce de peatones.

El grupo de otras marcas corresponde a aquellas que indican restricciones al estacionamiento y a las marcas que indican la presencia de obstáculos materiales en la calzada o cerca de ella.

Se recomienda que todas las marcas sobre el pavimento sean de color blanco.

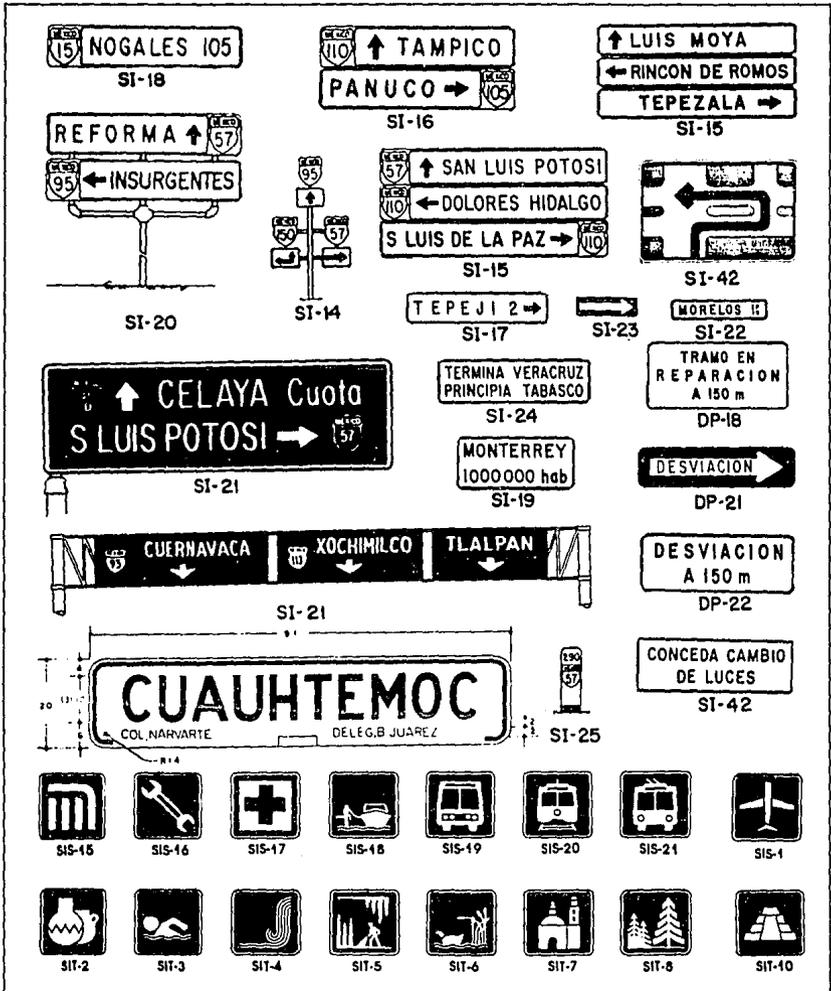


FIG. 4.5 DIFERENTES TIPOS DE SEÑALES INFORMATIVAS

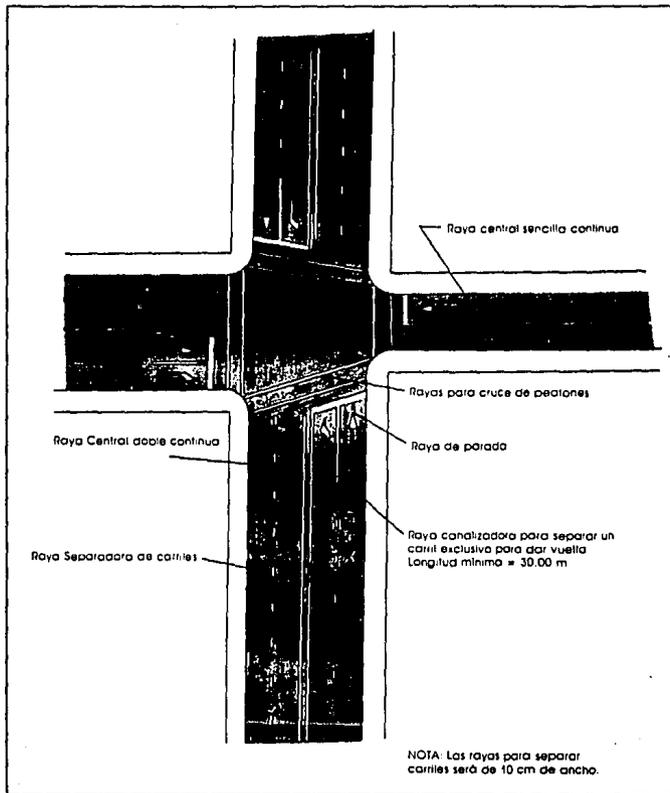


FIG. 4.6 DIVERSOS TIPOS DE RAYAS Y MARCAS EN EL PAVIMENTO EN APROXIMACIONES A UNA INTERSECCION

### 4.3 CONSERVACION DE VIALIDADES

A semejanza de cualquier esfuerzo que el hombre desarrolla para conservar su salud, asimismo la Conservación de Vialidades viene siendo la mejor inversión posible, ya que una conservación adecuada no solo garantiza la inversión inicial de construcción, sino que disminuye el costo de explotación alargando la vida tanto del camino como de los vehículos que lo usan.

Es necesario entender claramente que la conservación más que un problema de economía es un problema de muy alta técnica de Ingeniería y por lo tanto los trabajos deben ejecutarse oportunamente ya que de ello depende el que los gastos que se hagan sean mínimos. Sin embargo, para ello es necesario contar con personal con experiencia, ya que sin ella o con personal negligente, todos los sistemas, materiales y equipo que se empleen, por buenos que sean, tendrán como resultado despilfarros y trabajos defectuosos.

Se denomina *Conservación Normal* al conjunto de trabajos constantes o periódicos que se ejecutan para evitar el deterioro o destrucción prematuros de una obra y que la mantienen en su calidad y valor.

El programa de trabajos de conservación normal es generalmente rutinario y debe tender a ejecutarse en forma de ciclos, estudiando para formularlo los intervalos de periodicidad adecuados a la intensidad del tránsito para algunas obras, como rastreos y bacheos, y de acuerdo con las estaciones meteorológicas del año si se trata de efectos atmosféricos.

La ejecución de los trabajos de conservación normal en forma de ciclos oportunos necesita de la formación previa de un calendario de operaciones. En dicho calendario deben aparecer los siguientes tópicos:

- a) Programas y presupuestos anuales de conservación y mejoramientos.
- b) Limpia y drenajes.
- c) Limpia y derrumbes.
- d) Desyerbes y podas.
- e) Rastreos y re conformaciones.
- f) Inspección y reparación de estructuras.
- g) Bacheos, riegos asfálticos y renivelaciones de superficies de rodamiento.
- h) Pintura de rayas y señales de tránsito.
- i) Reparación de equipo.
- j) Informe de costos.

#### 4.3.1 TRABAJOS DE CONSERVACION EN TERRACERIAS

Los trabajos de conservación de caminos con superficies de rodamiento provisional, están orientados principalmente al mantenimiento de una superficie lisa, firme y libre de material suelto en exceso; a la conservación de un perfil transversal apropiado para facilitar el drenaje superficial; al mantenimiento del área de subrasante; y donde sea factible, a aplacar el polvo, para reducir al mínimo la pérdida de material y las incomodidades ocasionadas al tránsito.

Los trabajos de conservación de caminos en superficies sin asfaltos consisten ordinariamente en:

- a) Nivelado y rastreado.
- b) Bacheo y reparación de zonas inestables.
- c) Escarificado, re conformación y reposición de materiales perdidos.
- d) Aplicación de mata-polvos.
- e) Tratamientos asfálticos superficiales.

a) *Nivelado y rastreado.* Una de las operaciones más importantes en la conservación de caminos con superficies sin asfaltar, se refiere al rastreado y nivelado de la superficie de rodamiento, acrecentándose la frecuencia de su ejecución con la intensidad del tránsito hasta que se proteja con una carpeta asfáltica.

El rastreo y nivelado de las superficies sin asfaltar se llevan a cabo con motoconformadoras, pudiendo ejecutarse este trabajo tanto en épocas de secas como en épocas de lluvia, pero siempre que en ambos casos se haga el trabajo en la mejor forma posible.

*b) Bacheo y reparación de zonas inestables.* En un camino con superficie de rodamiento temporal formada por materiales granulares compactados eficientemente, y con comportamiento satisfactorio durante la mayor parte del año, pueden aparecer zonas blandas o inestables de reducida extensión. Estas zonas serán objeto de un previo y cuidadoso examen para indagar la causa de la falla y con ello determinar los medios para remediarla. Generalmente el desperfecto tiene su causa en un drenaje superficial defectuoso, en una subrasante inadecuada o en una granulometría del material de revestimiento provisional, inapropiada.

Si en primavera o después de un largo periodo de lluvias, la subrasante se satura de agua y pierde estabilidad, es de presumir la existencia de una infiltración de agua libre o capilar debido a la elevación del nivel freático.

Cuando la causa de la falla se encuentre en el material granular de la superficie de rodamiento temporal, será necesario disponer la remoción del material granular, regularizar los bordes del bache cortándolo normalmente a la superficie y reemplazar el material granular por otro del mismo tipo pero de características físicas dentro de especificaciones.

Cuando la falla es por subrasante inadecuada es necesario llevar a cabo un buen estudio de laboratorio para ver qué camino debe seguirse en cada caso particular.

*c) Escarificado, reconformación y reposición de materiales perdidos.* Cuando las zonas defectuosas son de extensión considerable o el desgaste general de la superficie es apreciable, conviene recurrir al esкарificado de la superficie, agregar y mezclar materiales adicionales, conformar la superficie y compactarla nuevamente.

El corrugado superficial es un defecto común en los caminos con superficie de rodamiento formada por materiales granulares redondeados. Generalmente es originado por los saltos de las ruedas motrices de los vehículos sobre la superficie. Una vez iniciado el proceso de su formación, la magnitud de las ondulaciones se acrecienta.

*d) Aplicación de mata-polvos.* La aplicación de mata-polvos es una práctica que muchas veces se sigue en los caminos de superficie de rodamiento que desprenden mucho polvo a fin de reducir la molestia ocasionada por el mismo, tanto a personas como a las propiedades cercanas.

Además, con ello se conserva más el material de la superficie de rodamiento temporal. Algunos tipos de materiales bituminosos son apropiados para aplacar el polvo en los caminos.

En algunos lugares se emplea con tal fin el cloruro de calcio o el de sodio. La dosificación usada comúnmente es de 150 gramos de cloruro sódico por metro cuadrado y por centímetro de espesor del revestimiento. No se suelen contar más de 8 cm superiores del revestimiento cuando éste sea mayor. De cloruro cálcico se emplean de 1100 gr a 1400 gr por metro cuadrado independiente del espesor del revestimiento.

La influencia beneficiosa de estas sales en la conservación de los revestimientos que sirven de superficie de rodamiento ha sido reconocida mundialmente.

El cloruro de sodio suele mezclarse en polvo incorporándolo al revestimiento. En este caso se suele mezclar el producto químico preciso para el total del revestimiento, solamente con la capa superior de 5 cm, ya que las lluvias posteriormente se encargan de uniformar la distribución.

Con el cloruro de calcio solamente una parte del cloruro se mezcla con el revestimiento; el resto se deposita simplemente sobre él ya que el cloruro de calcio absorbe la humedad de la atmósfera y penetra poco a poco en el espesor del revestimiento.

e) *Tratamientos asfálticos superficiales.* En muchas ocasiones la intensidad del tránsito sobre las superficies de cubiertas las desintegran con mucha rapidez y ninguna de las operaciones mencionadas con anterioridad son eficaces para asegurar la permanencia de una superficie lisa y libre de frecuentes deterioros. En este caso es necesario recurrir a un tratamiento bituminoso superficial que, en la forma más económica, imparta a la superficie de rodadura mayor resistencia. La operación consiste en proporcionar a la Base un riego de impregnación y luego un tratamiento superficial simple o de un riego.

### 4.3.2 TRABAJOS DE CONSERVACION DE PAVIMENTO FLEXIBLE COMPLETO

Para sistematizar los diferentes procedimientos de conservación y reparación de los pavimentos con superficie de rodadura asfáltica, los clasificaremos en tres tipos: inferior, intermedio y superior, definidos en la forma que sigue:

a) Pavimentos asfálticos de tipo inferior son aquellos obtenidos por *tratamientos superficiales* colocados sobre Bases de materiales granulares de dos centímetros y medio.

b) Pavimentos asfálticos de tipo intermedio son aquellos formados por mezcla en el camino o mezcla en plantas portátiles, donde los materiales que los integran poseen una estabilidad inherente, suministrada por su graduación granulométrica.

La Base puede ser del mismo tipo que en el caso anterior.

c) Pavimentos asfálticos de tipo superior son normalmente ejecutados con mezclas preparadas en planta fija. Estos tipos de carpetas se reservan generalmente para caminos de tránsito intenso. La Base generalmente se procura sea con materiales de la mejor calidad.

Una conservación eficiente de los pavimentos asfálticos comprende: la oportuna reparación de zonas relativamente poco extensas y la vigorización superficial por medio de aplicaciones de riegos asfálticos con o sin cubrimiento pétreo.

Los trabajos de conservación, en los pavimentos asfálticos, consisten generalmente de:

- a) Bacheo.
- b) Riegos de vigorización en zona.
- c) Tratamientos superficiales extensos.
- d) Tratamiento anti-resbaladizos.
- e) Reconstrucción.

a) *Bacheo.* El bacheo debe llevarse a cabo cuando la superficie del pavimento presente puntos deteriorados o deformados y de carácter aislado. Deberá prestársele especial atención a esta práctica en los comienzos de la primavera y del otoño.

Antes de iniciarse el bacheo es necesario, como práctica ingenieril, inspeccionar la zona afectada con el objeto de determinar la causa o causas originadoras de los deterioros y tomar entonces las providencias necesarias para evitar, o reducir al mínimo, la repetición de las fallas.

b) *Riegos de vigorización en zonas.* Estos riesgos encabezan la serie de trabajos de conservación de tipo preventivo, y consisten en la aplicación de un riego de asfalto para vigorizar y revivir zonas aisladas del pavimento donde se adviertan signos de desgaste, grietas o inminente desintegración de la superficie.

A esta práctica debe prestársele atención preferencial en los meses de otoño de cada año.

c) *Tratamientos superficiales extensos.* La gran mayoría de los pavimentos asfálticos deben ser objetos, periódicamente de tratamientos superficiales que, a la vez de asegurar la impermeabilización de la carpeta, eviten el secado completo de las substancias volátiles que comunican elasticidad a los productos asfálticos y la reviven cuando presente signos de oxidación o debilitamiento.

Estos tratamientos superficiales pueden consistir de riegos livianos de productos asfálticos solo o con materiales pétreos para darle mayor resistencia y durabilidad a la carpeta.

d) *Tratamientos anti-resbaladazos.* En muchos pavimentos asfálticos, ya sea por exceso de asfalto o por exceso de finos, la superficie de la carpeta se alisa hasta volverse resbaladiza y peligrosa, especialmente en tiempo húmedo. En estos casos es necesario recurrir a un tratamiento que subsane esa situación, que se agrava aún más, en las fuertes pendientes y en las curvas.

Un método a seguir puede ser el calentamiento de la superficie y el inmediato cubrimiento con el material pétreo clasifica entre las mallas de 1/4" y #10, el cual se plancha con rodillo liso liviano a fin de incrustar el material pétreo en el asfalto sobrante y sin dañar a la carpeta existente.

e) *Reconstrucción.* En muchas ocasiones los deterioros del pavimento pueden abarcar un área bastante grande y resultan entonces anti-económicos los métodos de bacheo ordinario. En la mayoría de los casos la falla en zonas grandes de pavimentos flexibles obedece a deficiente drenaje de la subrasante o a baja capacidad de soporte de la misma o de la Sub-Base o Base.

Cuando la falla es por deficiente valor de soporte de la Base, se hace necesario reemplazar el material de Base por otro de mejor, calidad, o estabilizarlo si es que con ello se puede corregir el mal.

Cuando los pavimentos de tratamientos superficiales exigen una reparación general sobre una extensión considerable de su superficie, generalmente deben ser escarificados y reconformados, resituyéndoles su perfil transversal y longitudinal, y la tersura superficial. Tendiendo la Base reconstruida, perfilada, compactada, barrida e impregnada, se le coloca finalmente la nueva carpeta asfáltica escogida.

En los pavimentos asfálticos de calidad intermedia y superior también puede seguirse el procedimiento anterior pero pulverizando la carpeta la cual puede formar parte la nueva Base que debe ser de buena calidad a final de cuentas.

### 4.3.3 TRABAJOS DE CONSERVACION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO

La conservación y reparación de los pavimentos de concreto hidráulico comprende generalmente los siguientes puntos:

- a) Sellado de juntas y grietas.
- b) Reparación de zonas resquebrajadas o descascaradas.
- c) Bacheo con concreto hidráulico.
- d) Sobre carpeta de concreto asfáltico.

El sellado de las juntas y grietas tiene como fin el de evitar las infiltraciones del agua superficial a través de dichas aberturas y además evitar la acumulación en ellas de materiales extraños que harías que las juntas no trabajasen en forma eficiente. La mejor época para la ejecución de estos trabajos es la de máxima contracción del pavimentos, pero recordando que, en caso necesario, puede ejecutarse en cualquier época del año siempre y cuando se tomen las precauciones necesarias para que la operación se haga sobre pavimento seco y a una temperatura arriba de los 10°C.

El trabajo debe ejecutarse mediante una previa limpieza de la junta o grieta, retirando todo material viejo de relleno, polvo y materias extrañas. La profundidad de la limpieza debe ser tal que asegure un sellado satisfactorio y permita la libre expansión de ésta.

Como productos más generalmente usados en el sellado de juntas se tiene el cemento asfáltico de penetración 30-40.

A veces suele mezclarse con un 10% de polvo impalpable de piedra. En juntas de regular anchura deberá emplearse un material de más cuerpo como mezcla fina, madera u otro producto semi-elástico similar. Cuando el material de relleno sea expulsado de la junta o grieta, por el movimiento de la losa, se removerá el sobrante hasta un centímetro por debajo del nivel del pavimento para permitir el sellado inmediato.

En cuanto a la conservación y reparación de los pavimentos descascarados no deben retardarse en su ejecución a fin de evitar una progresiva desintegración. El trabajo se ejecuta limpiando la zona a reparar, eliminando el concreto deteriorado y todo material suelto. Inmediatamente se le da una o varias aplicaciones de material bituminoso y se cubrirá con mezcla asfáltica.

Los pavimentos de concreto hidráulico con un porcentaje limitado de deterioros deben ser bacheados con concreto a fin de no desmejorar su aspecto.

En otros casos puede suceder que sea más conveniente utilizar el pavimentos existente como Base después de bachearlo con mezcla asfáltica y luego colocarle una capa total y uniforme de mezcla asfáltica de un espesor determinado, conociéndose a esto último como sobrecarpeta asfáltica sobre concreto hidráulico.

## 4.4 TIPOS DE PAVIMENTO DE LA RED VIAL

### 4.4.1 ESTADO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS

Antes de presentar los diferentes tipos de estructuras de pavimento que presenta nuestra red de estudio, se mencionarán algunos datos importantes respecto a la cantidad de superficies pavimentadas dentro de la Ciudad, y las que carecen de ella, para dar una idea clara de la magnitud de nuestro estudio.

En primera instancia mencionaremos que a finales de 1992, se tenían un total de 13 millones de m<sup>2</sup> de vialidades, de los cuales 5 millones correspondían a terracerías y 8 millones a calles pavimentadas. Es importante señalar que casi el 40% de total de vialidades con las que cuenta la Ciudad, se encuentran sin pavimentación (terracería), destacando la necesidad de poner especial interés a este aspecto. De las calles pavimentadas, 1,488 millones de m<sup>2</sup> estaban en buenas condiciones, 3.72 millones de m<sup>2</sup> en regulares condiciones, y el resto (2.792 millones de m<sup>2</sup>) en malas condiciones<sup>2</sup>. De esta información se desprende que un alto porcentaje de vialidades pavimentadas se encuentra en malas condiciones, mientras que las que se encuentran en buenas condiciones representan la menor proporción. (Ver figura 4.7).

<sup>2</sup> Dirección General de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, H. Ayuntamiento de Hermosillo, 1993.



Por último, mencionaremos que la antigüedad de los pavimentos existentes es en su mayoría de 0 a 10 años, puesto que en el último año (1992), se realizó un programa intensivo de pavimentación de calles por medio de PROURBE-Hermosillo (Programa de Urbanización Estatal). Los demás rangos de antigüedad de los pavimentos se presentan en la figura 4.9.

Si bien, aunque PROURBE realizó esta campaña de pavimentación, existe aún un rezago en cuanto a calles pavimentadas, pues todavía hace falta pavimentar una gran cantidad de vialidades de la Ciudad, especialmente las de la Zona norte por donde circulan los autobuses y microbuses del transporte público de pasajeros, lo que se refleja en mal servicio, velocidades bajas y largos tiempos de recorrido.

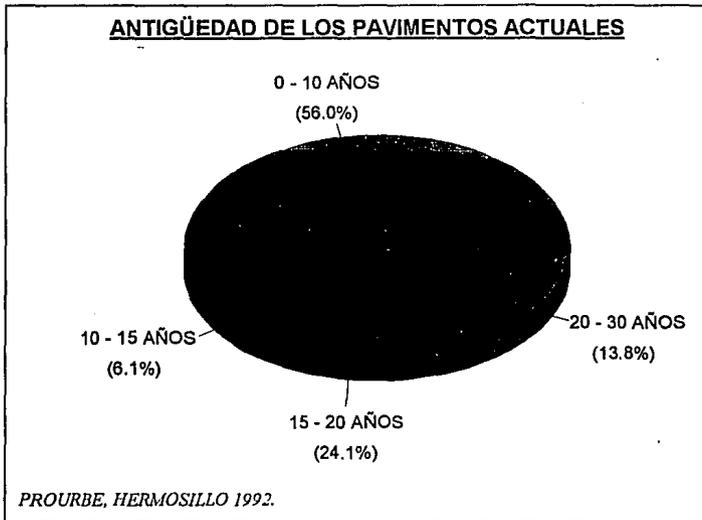


FIG. 4.9 ANTIGÜEDAD DE CONSTRUCCION EN LOS PAVIMENTOS ACTUALES

Una vez recabada la información esencial del estado en que se encontraban las vialidades de la Ciudad en estudio, se determinaron los principales tipos de pavimentos que presenta el sistema vial principal y de los principales accesos a colonias por parte del transporte público.

La red en estudio presenta fundamentalmente los siguientes tipos de pavimento:

1. Concreto Asfáltico.
2. Concreto Hidráulico.
3. Concreto Hidráulico recubierto por Concreto Asfáltico.
4. Sin pavimentación (Terracerías).

#### 4.4.2 CONCRETO ASFALTICO

Este tipo de pavimento se presenta casi en la totalidad de la red vial y es el que mayor predomina, tanto en la primaria como en la secundaria, esto debido a que gran parte de las principales vialidades son de reciente creación. Este tipo de pavimento se utiliza en gran medida por ser más económico que el hidráulico.

Las principales vialidades secundarias que muestran este tipo de pavimento son las conocidas como "pares viales", y que corresponden de norte a sur y sur a norte a las calles de Gral. Reyes, Gral. Piña, Francisco Monteverde, Av. de la Reforma, Dr. Olivares y López del Castillo. También presentan este tipo de pavimento los pares viales que corren de oriente-poniente y poniente-oriente, como son José Ma. Mendoza, Angel G. Aburto, José Carmelo, José Healy, Nayarit y Veracruz.

Otras vialidades que presentan concreto ásfaltico, son las primarias que se sitúan en centro de la Ciudad, y las que componen el Anillo Periférico, formado por los Periféricos Norte, Oriente, Sur y Poniente.

#### 4.4.3 CONCRETO HIDRAULICO

Este tipo de estructura se construye en vialidades donde se tiene un extenso volumen vehicular, pues se debe hacer un estudio minucioso de este aspecto para que el pavimento sea económico y factible de realizar.

En lo concerniente a este tipo de pavimento, son tres las únicas vialidades que lo presentan dentro de la Ciudad de Hermosillo. En primer término tenemos la Av. de la Reforma que representa la mayor extensión, desde su inicio en el Blvd. Encinas hasta su terminación en la Zona norte de la Ciudad. En segundo plano esta el Blvd. Encinas, en el tramo que corresponde del Periférico Poniente, hasta la Av. de la Reforma; el estado de conservación de este tramo es excelente. Por último tenemos al Blvd. Rodríguez y su continuación Rosales, desde el Blvd. Kino hasta el Blvd. Sema; el pavimento de esta vialidad difiere mucho del anterior, pues éste presenta fallas estructurales muy marcadas como son grietas y baches.

#### 4.4.4 CONCRETO HIDRAULICO RECUBIERTO POR CONCRETO ASFALTICO

Como ya se mencionó en el apartado de conservación de pavimentos hidráulicos, algunas veces se hace necesario realizar sobrecarpeteo de asfalto sobre pavimentos hidráulicos por cuestiones económicas, ya que volver a realizar un pavimento hidráulico es en algunas veces más costoso.

Es el principal boulevard de la Ciudad, el Blvd. Encinas, el que presenta concreto asfáltico sobre concreto hidráulico en mayor extensión, la cual se observa en el tramo correspondiente de Av. de la Reforma hasta su terminación en el Periférico Norte.

La calle de Revolución también presenta este tipo de pavimentación, desde Aquilés Serdán hasta el Blvd. Kino. Así mismo, algunos tramos aislados de los pares viales en su comienzo en la Zona norte fueron recubiertos con un riego de concreto asfáltico sobre la terracería directamente (llamado también mata-polvo), debido a que su pavimentación inicial mostraba indicios de perder sus características originales y para evitar en lo más posible las frecuentes tolveneras que ahí se registran, producto del polvo de las terracerías.

### 4.4.5 TERRACERIAS

La terracería se presenta principalmente en la Zona norte de la Ciudad, en las vialidades que utiliza el transporte público de pasajeros. De igual forma, pero en menor magnitud existen terracerías en las vialidades de penetración en la parte sur de la Ciudad, como son las vialidades de la colonia Nuevo Hermosillo (junto al Parque Industrial). También existen vialidades de penetración sin pavimento en el área poniente, específicamente la calle Ignacio Salazar que se conecta con el Camino al Panteón, que si bien no es una vialidad contemplada dentro del sistema vial principal, es una calle que sirve de comunicación a todas las colonias de este sector. Tal es la importancia de esta calle, que se desplegó la siguiente nota periodística en el diario *El Imparcial* de Hermosillo a finales de Septiembre de 93:

#### ***Cubre el polvo la Ignacio Salazar***

*Bernardo Ponce de León*

Un verdadero problema de salud se ha convertido actualmente la falta de pavimento en la calle Ignacio Salazar, al poniente de la Ciudad, mientras que las autoridades canalizan recursos hacia sectores menos prioritarios.

José de Jesús Higuera Serrano, representante del Partido Auténtico de la Revolución Mexicana (PARM), criticó el poco interés de las dependencias para poner fin a una situación ya caótica, provocada por nubes de polvo generadoras de enfermedades respiratorias.

Es el momento de que la Delegación de la Secretaría de Desarrollo Social en el Estado deje de andar gestionando la obtención de recursos para la compra de medidores de contaminación y empiece verdaderamente con la pavimentación de calles con terracería que se han convertido en el principal problema de contaminación.

Higuera Serrano indicó que su denuncia es con conocimiento de causa, pues el tiene su domicilio particular en el sector cercano a la calle Ignacio Salazar, la cual es la única arteria vial que comunica a 18 colonias del Norponiente de la Ciudad.



Ovidan las autoridades la contaminación por polvo que persiste en la calle Ignacio Salazar.

Ejemplificó que la recarpetización del Blvd. Navarrete y la pavimentación de colonias como Las Villas, obedecen más a intereses de imagen urbana y políticos que a contener la contaminación por polvo.

Apuntó que la Ignacio Salazar tiene un aforo vehicular diario de 11 mil vehículos, lo que genera durante todo el día el levantamiento de polvo que entra hasta el último rincón de las casas y afecta las vías respiratorias de quienes tienen que caminar por el lugar.

"Ahora nuevamente volverán a las escuelas cercanas, cientos de niños y adolescentes, que sin poder evitarlo absorben esa tierra 'finita' que llega hasta los pulmones", expresó, "creo que es el momento de que la Secretaría de Salud actúe en verdad y exija a quien corresponda la solución del problema".

A varios meses de haber circulado esta nota, lo único que hicieron las autoridades para solucionar el problema, fue mandando pipas con agua durante dos o tres veces al día, regando la terracería para aplacar el polvo durante unos minutos; la figura 4.10 muestra el momento en que una pipa riega la terracería para atenuar el polvo producido por el paso de los vehículos en la calle mencionada.

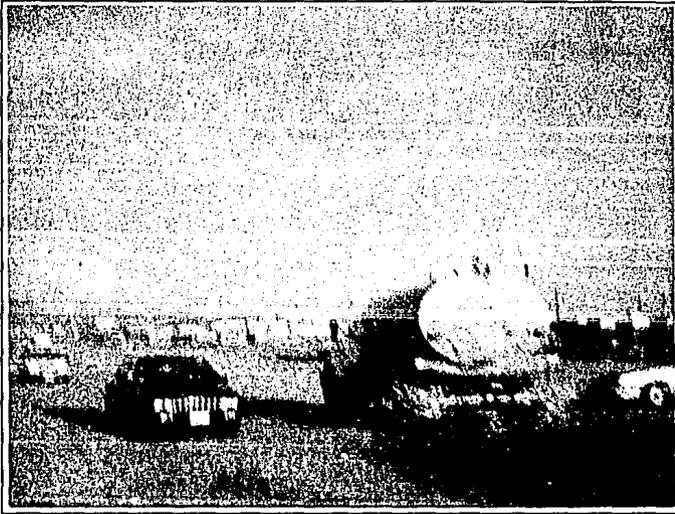


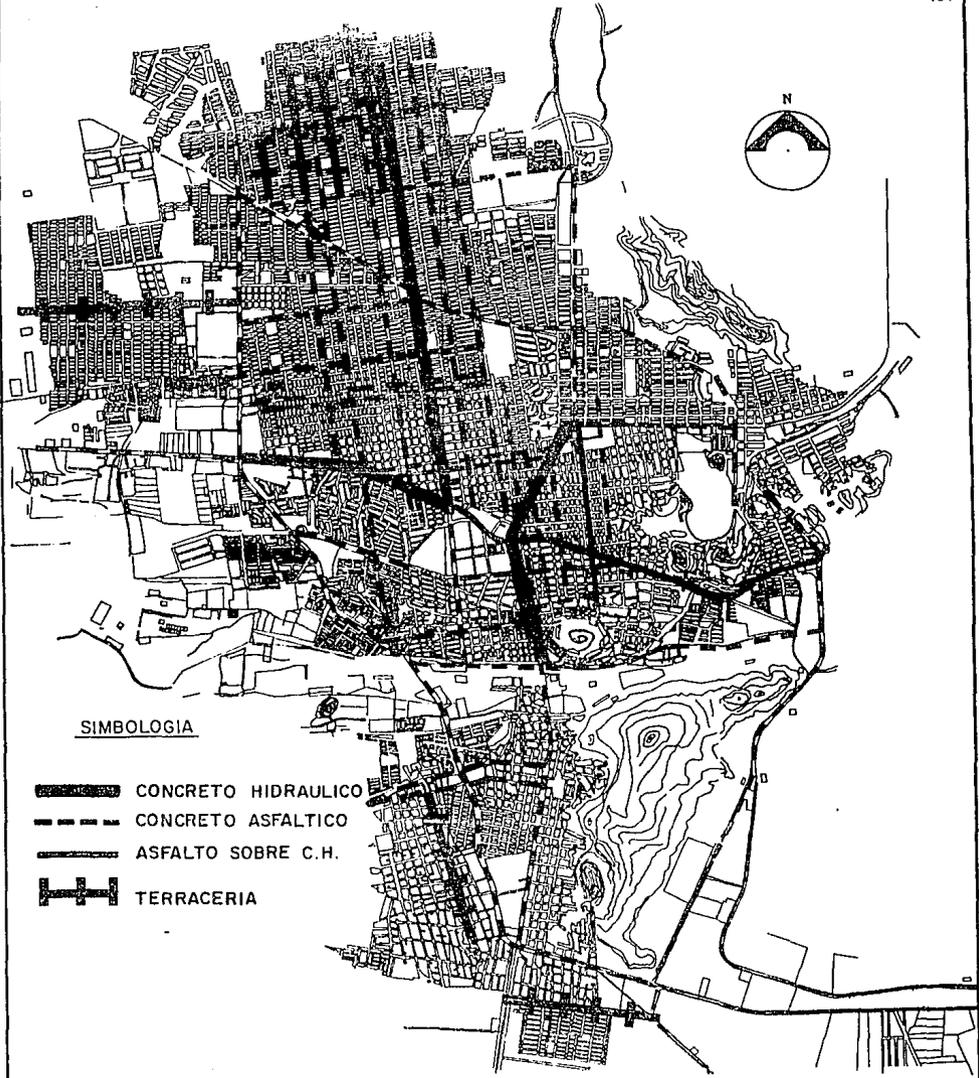
FIG. 4.10 RIEGO DE AGUA SOBRE LA TERRACERIA DE LA CALLE IGNACIO SALAZAR PARA ATENUAR EL POLVO PRODUCIDO POR EL PASO DE LOS VEHICULOS

Dentro de los accesos a colonias por parte del transporte público de pasajeros que presentan terracería, se tienen en resumen :

- En la parte norte las calles de Héroes de Caborca, Margarita Maza de Juárez, Arizona, 12 de Octubre; también el tramo inicial de López del Castillo.
- En la Zona poniente se tiene la calle de Ignacio Salazar.
- En la parte sur un tramo de terracería que una las colonias del sector Nuevo Hermosillo con la Zona Industrial.

Como ya se mencionó al principio de este apartado, cerca del 40% de total de la red vial carece de algún tipo de pavimento, lo que indica que es un problema serio que se debe de corregir lo más pronto posible, recordando que es una de las metas prioritarias del Programa de Vialidad y Transporte Urbano de las 100 Ciudades Medias.

El resumen de los tipos de pavimentos que se observaron en cada una de las vialidades inventariadas se presenta en el plano 4.1, además de aquellas vialidades que utiliza el transporte público que no presentan algún tipo de pavimento (terracerías).



SIMBOLOGIA

-  CONCRETO HIDRAULICO
-  CONCRETO ASFALTICO
-  ASFALTO SOBRE C.H.
-  TERRACERIA



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO  
EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

TIPOS DE PAVIMENTO DE LA RED VIAL

ESCALA 1:57500  
TESIS PROFESIONAL  
FRANCISCO JAVIER  
GARRANDOS VILLAMUENTE  
FECHA ENERO 1984

PLANO No.  
**4.1**



## 4.5 TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

### 4.5.1 INDICE DE SERVICIO ACTUAL

Dentro de los trabajos de campo llevados a cabo, se realizó la calificación del Índice de Servicio Actual (I.S.A.). Este parámetro levantado en campo, nos permite determinar la comodidad al manejo al transitar por las vialidades como una consecuencia de la calidad de la superficie de rodamiento.

Este concepto fue introducido por la American Association of State Highway Officials (AASHO) para evaluar objetivamente el estado del pavimento mediante la *calificación actual* con valores comprendidos entre 0 y 5 (Tabla 4.1).<sup>4</sup>

TABLA 4.1 CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO

<i>Calificación</i>	<i>Estado del pavimento</i>
0.0 - 0.9	Muy malo
1.0 - 1.9	Malo
2.0 - 2.9	Regular
3.0 - 3.9	Bueno
4.0 - 5.0	Excelente

Una clasificación más detallada y específica encontrada en estudios de laboratorio (tramos de prueba en pistas) arrojó los resultados mostrados en la tabla 4.2, en donde se muestran calificaciones más definidas para diferentes calidades de la superficie de rodamiento en las que se realizó la prueba.

TABLA 4.2 INDICE DE SERVICIO ACTUAL EN TRAMOS DE PRUBA DE LABORATORIO

<i>I.S.A. en la pista</i>	<i>Condición del pavimento</i>
5.0	Excelente
4.2	Buena
3.8	Adecuada
3.2	Regular
2.8	Aceptable
2.5	Rechazable
2.2	Dañado
2.0	Muy dañado
1.9	Parcialmente destruido

La calificación se basa exclusivamente en la apreciación personal del usuario del camino, respecto a la capacidad del camino para dar servicio de tránsito para el cual fue proyectado

Los estudios realizados durante la prueba AASHO y trabajos posteriores publicados por la Universidad de Purdue, demuestran los siguientes puntos fundamentales:

<sup>4</sup> Corro, Santiago. "Diseño de pavimentos flexibles para carreteras". Editado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, abril de 1965.

1. La calificación del estado de las carreteras, mediante un grupo de varias personas, es práctica.
2. Aún cuando la calificación individual varía ampliamente, el promedio es consistente y permite una estimación adecuada de la calificación del camino en el momento de la inspección.
3. La preparación y experiencia dentro del campo de ingeniería aplicada a carreteras no es de mucha importancia al elegir los miembros del grupo calificador. En los estudios se obtuvieron promedios consistentes, utilizando personas de preparaciones diversas.

Los resultados preliminares de investigaciones realizadas en México demuestran que el nivel de aceptación corresponde a pavimentos con calificaciones superiores a 2.5 y el nivel de rechazo a superficies de rodamiento con calificación igual o menor a 2.5; debe hacerse notar que estos niveles son idénticos a los obtenidos en investigaciones realizadas en los Estados Unidos.

La *calificación actual verdadera* es el promedio de las calificaciones de un grupo suficientemente grande de usuarios del camino en el momento de la inspección. La calificación actual no trata de predecir el estado del camino en una etapa futura. De acuerdo a estudios realizados, puede verse que el grupo calificador debe constar de cinco a diez personas para tener una estimación adecuada.

Siendo la calificación una evaluación subjetiva del estado del pavimento en lo referente a su capacidad de servicio para tránsito mezclado de diferentes tipos, en caminos principales o secundarios, es necesario que la apreciación se realice individualmente y con el mismo tipo de vehículo que normalmente utiliza la persona que califica.

El levantamiento en campo de la calificación del estado del pavimento se realiza de la siguiente manera:

En un automóvil circulando con una velocidad normal de operación, tres o cuatro personas asignan una calificación de comodidad al manejo que cada uno de ellos percibe al ir circulando por un tramo de la calle en cuestión. Una vez realizada la calificación, se procede a cotejar los valores entre las personas para determinar un valor promedio cuando los valores son semejantes o bien, el promedio de los que más se parezcan cuando algún valor sea diferente.

El rango del I.S.A. que se utilizó para levantamiento de las vialidades en la Ciudad de Hermosillo, fue siguiendo la recomendación de la tabla 4-1. Puesto que el I.S.A. se desarrolló solo para caminos pavimentados, para las vialidades que presentaron terracería, en nuestro levantamiento se acordó asignarles una calificación de 1.5, un valor que está por debajo de la calificación de parcialmente destruido, para así mostrar que la vialidad necesita una estructura nueva.

Las calificaciones del Índice de Servicio Actual levantadas en campo, se muestran en la tabla 4.3; en ella se distinguen las vialidades de la red vial ya descrita en el capítulo 2. Adicionalmente, en esta tabla se colocaron los tipos de pavimento de cada uno de los tramos de cada vialidad, con su correspondiente longitud, ancho de corona y área total de pavimento. En el campo denominado "Cuerpo", se consideró como cuerpo único a aquellas vialidades que no presentaban camellón, independientemente del número de sentidos; se tomó como cuerpos A y B a aquellas vialidades con dos sentidos, separadas por un camellón, y finalmente cuerpos A, B y C a las vialidades con un cuerpo central separado por dos camellones y con dos cuerpos laterales (como en el caso del Blvd. Kino, cuya configuración fue estudiada en el capítulo 2).

TABLA 4-3 RESUMEN DE CALIFICACIONES I.S.A. Y TIPOS DE PAVIMENTOS EN LA RED VIAL Y DE ACCESOS A COLONIA DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SON.

Nº	NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	CUERPO	LONG. (m)	ANCHO (m)	AREA (m²)	TIPO DE PAV.	I.S.A.
1	AV. NOROESTE Y PERIFERICO PONIENTE	REBEICO A BLVD. ENCINAS	UNICO	4,830	28.40	137,172.00	O	-
		BLVD. ENCINAS A DR. PALIZA	A	3,075	14.20	43,665.00	CA	2.9
		BLVD. ENCINAS A DR. PALIZA	B	3,075	13.95	42,896.25	CA	2.9
		DR. PALIZA A VILDOSOLA	A	4,380	14.20	62,196.00	CA	3.2
		DR. PALIZA A VILDOSOLA	B	4,380	13.95	61,101.00	CA	3.2
2	PERIFERICO NORTE	PERIF. PONIENTE A REFORMA	UNICO	2,115	13.10	27,706.50	CA	3.1
		REFORMA A BLVD. MORELOS	UNICO	1,965	13.10	25,741.50	CA	2.3
		BLVD. MORELOS A LAS AGUILAS	UNICO	2,025	12.60	25,515.00	CA	1.9
		LAS AGUILAS A LA PLANTA DE PEMEX	UNICO	1,072	13.10	14,043.20	CA	2.1
		PLANTA DE PEMEX A PRESA FALCON	UNICO	1,080	12.00	12,960.00	CA	2.8
		PRESA FALCON A IMPERIAL	UNICO	930	12.00	11,160.00	CA	2.4
		IMPERIAL A BLVD. SERNA	UNICO	540	12.00	6,480.00	CA	2.8
3	PERIFERICO ORIENTE	BLVD. SERNA A FAB. DE ASB. CEMENTO	UNICO	2,475	14.00	34,650.00	CA	2.4
		FAB. DE ASB. CEMENTO A PERIF. SUR	UNICO	2,610	14.00	36,540.00	CA	2.8
4	PERIFERICO SUR	VILDOSOLA A PERIF. PONIENTE	A	1,695	10.50	17,797.50	CA	2.6
		VILDOSOLA A PERIF. PONIENTE	B	1,695	10.00	16,950.00	CA	2.6
5	BLVD. GARCIA MORALES	CAM. AL PANTEON A PERIF. PONIENTE	A	2,970	14.00	41,580.00	CA	3.0
		CAM. AL PANTEON A PERIF. PONIENTE	B	2,970	14.00	41,580.00	CA	3.0
6	BLVD. ENCINAS	PERIF. PONIENTE A MONTEVERDE	A	2,370	14.00	33,180.00	CH	3.5
		PERIF. PONIENTE A MONTEVERDE	B	2,370	14.00	33,180.00	CH	3.5
		MONTEVERDE A MANUEL GONZALEZ	A	2,055	12.00	24,660.00	CA-CH	2.6
		MONTEVERDE A MANUEL GONZALEZ	B	2,055	12.00	24,660.00	CA-CH	2.6
		MANUEL GONZALEZ A C. CAMIONERA	A	1,920	11.50	22,080.00	CA-CH	2.5
		MANUEL GONZALEZ A C. CAMIONERA	B	1,920	11.50	22,080.00	CA-CH	2.5
		C. CAMIONERA A PERIF. NORTE	UNICO	885	18.00	15,930.00	CA-CH	2.6
7	BLVD. KINO	BENITO JUAREZ A PROFRA. ROMERO	A	570	7.00	3,990.00	CA	2.8
		BENITO JUAREZ A PROFRA. ROMERO	B	570	13.00	7,410.00	CA	2.8
		BENITO JUAREZ A PROFRA. ROMERO	C	570	7.00	3,990.00	CA	2.8
		PROFRA. ROMERO A PERIF. NORTE	A	1,710	7.00	11,970.00	CA	2.7
		PROFRA. ROMERO A PERIF. NORTE	B	1,710	13.00	22,230.00	CA	2.9
		PROFRA. ROMERO A PERIF. NORTE	C	1,710	7.00	11,970.00	CA	2.7
		PERIF. NORTE A CARR. A NOGALES	A	1,230	14.00	17,220.00	CA	3.0
		PERIF. NORTE A CARR. A NOGALES	B	1,230	14.00	17,220.00	CA	3.0
		BLVD. ENCINAS A ZACATECAS	A	870	12.00	10,440.00	CH	2.6
		8	BLVD. RODRIGUEZ					

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.

TABLA 4-3 RESUMEN DE CALIFICACIONES I.S.A. Y TIPOS DE PAVIMENTOS EN LA RED VIAL Y DE ACCESOS A COLONIA DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SON.  
(...continuación)

No.	NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	CUERPO	LONG (m)	ANCHO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	TIPO DE PAV.	I.S.A.
		BLVD. ENCINAS A ZACATECAS	B	870	12.00	10,440.00	CH	2.6
		ZACATECAS A BENITO JUAREZ	A	525	12.00	6,300.00	CH	2.5
		ZACATECAS A BENITO JUAREZ	B	525	12.00	6,300.00	CH	2.5
9	ROSALES	BLVD. ENCINAS A BLVD. SERNA	UNICO	2,000	14.00	28,000.00	CH	2.6
10	VILDOSOLA	BLVD. SERNA A BALDERRAMA	UNICO	1,410	14.00	19,740.00	CA	2.3
		BALDERRAMA A PERIF. SUR	A	2,280	7.00	15,960.00	CA	2.6
		BALDERRAMA A PERIF. SUR	B	2,280	13.00	29,640.00	CA	2.6
		BALDERRAMA A PERIF. SUR	C	2,280	7.00	15,960.00	CA	2.6
11	BLVD. NAVARRETE	PERIF. PONIENTE A BLVD. ENCINAS	A	2,587	12.00	31,044.00	CA	3.0
		PERIF. PONIENTE A BLVD. ENCINAS	B	2,587	12.00	31,044.00	CA	3.0
12	BLVD. MORELOS	LOPEZ PORTILLO A BLVD. KINO	A	2,010	14.00	28,140.00	CA	2.3
		LOPEZ PORTILLO A BLVD. KINO	B	2,010	14.00	28,140.00	CA	2.3
13	LAZARO CARDENAS	AV. NOROESTE A AV. DE LA REFORMA	UNICO	2,445	14.66	35,843.70	CA	2.6
14	LOPEZ PORTILLO	LAZARO CARDENAS A DR. OLIVARES	UNICO	826	13.00	10,738.00	CA	2.8
		DR. OLIVARES A 12 DE OCTUBRE	UNICO	585	13.00	7,605.00	CA	2.7
		12 DE OCTUBRE A BLVD. MORELOS	UNICO	482	13.00	6,266.00	CA	2.8
15	BLVD. SERNA	PERIF. PONIENTE A ROSALES	A	1,515	13.90	21,058.50	CA	2.5
		PERIF. PONIENTE A ROSALES	B	1,515	7.00	10,605.00	CA	2.5
		ROSALES A MANUEL BOBADILLA	UNICO	2,025	13.00	26,325.00	CA	2.6
		MANUEL BOBADILLA A PERIF. NORTE	UNICO	1,215	13.50	16,402.50	CA	2.7
16	GENERAL REYES	REBEICO A LOPEZ PORTILLO	UNICO	1,717	13.00	22,321.00	CA	2.8
		LOPEZ PORTILLO A AV. 7	UNICO	1,215	14.10	17,131.50	CA	2.5
		AV. 7 A LEOCADIO SAUCEDO	UNICO	465	14.10	6,556.50	CA	2.9
		LEOCADIO SAUCEDO A BLVD. ENCINAS	UNICO	3,120	10.40	32,448.00	CA	2.7
17	GENERAL PIÑA	REBEICO A LOPEZ PORTILLO	UNICO	1,717	13.00	22,321.00	CA	2.6
		LOPEZ PORTILLO A JOSE HEALY	UNICO	2,665	17.60	46,904.00	CA	2.8
		JOSE HEALY A QUINTANA ROO	UNICO	465	14.00	6,510.00	CA	2.9
		QUINTANA ROO A GASTON MADRID	UNICO	1,005	14.00	14,070.00	CA	2.7
18	AV. DE LA REFORMA	REBEICO A LOPEZ PORTILLO	UNICO	1,717	13.50	23,179.50	CH	2.6
		LOPEZ PORTILLO A MENDOZA	UNICO	2,197	14.80	32,515.60	CH	2.8
		JOSE MENDOZA A QUINTANA ROO	UNICO	922	14.20	13,092.40	CH	3.0
		QUINTANA ROO A BLVD. ENCINAS	UNICO	885	13.00	11,505.00	CH	2.9
		BLVD. ENCINAS A DR. NORIEGA	UNICO	1,072	13.20	14,150.40	CA	2.9
		DR. NORIEGA A BLVD. SERNA	UNICO	1,035	13.20	13,662.00	CA	3.0

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA

CAPITULO 4 MANTENIMIENTO VIAL

TABLA 4-3 RESUMEN DE CALIFICACIONES I.S.A. Y TIPOS DE PAVIMENTOS EN LA RED VIAL Y DE ACCESOS A COLONIA DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SON.  
(...continuación)

No.	NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	CUERPO	LONG. (m)	ANCHO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	TIPO DE PAV.	I.S.A
19	FRANCISCO MONTEVERDE	AV. ADIVINO A REBEICO	UNICO	577	13.50	7,789.50	T	1.5
		REBEICO A LOPEZ PORTILLO	UNICO	1,710	14.00	23,940.00	CA	2.9
		LOPEZ PORTILLO A MENDOZA	UNICO	2,197	14.20	31,197.40	CA	2.9
		MENDOZA A BLVD. ENCINAS	UNICO	1,680	11.00	18,480.00	CA	2.8
20	DR. OLIVARES	TECORIPA A REBEICO	UNICO	435	13.00	5,655.00	T	1.5
		REBEICO A AV. DIVISADEROS	UNICO	817	13.00	10,621.00	CA	2.6
		DIVISADEROS A JOSE HEALY	UNICO	3,547	11.00	39,017.00	CA	2.7
		JOSE HEALY A BLVD. ENCINAS	UNICO	750	11.00	8,250.00	CA	2.6
		BLVD. ENCINAS A FRAY T. MOTOLINIA	UNICO	1,065	10.00	10,650.00	CA	2.5
		FRAY T. MOTOLONIA A PERIF. PTE.	UNICO	570	10.00	5,700.00	CA	2.0
21	LOPEZ DEL CASTILLO	TECORIPA A REBEICO	UNICO	435	11.00	4,785.00	T	1.6
		REBEICO A MARTIRES DE CANANEA	UNICO	1,852	11.00	20,372.00	CA	2.6
		MARTINEZ DE CANANEA A J. AGUIRRE	UNICO	1,546	11.20	17,315.20	CA	2.8
		JUAN AGUIRRE A BLVD. ENCINAS	UNICO	1,672	13.00	21,736.00	CA	2.7
22	VERACRUZ	BLVD. ENCINAS A BLVD. RODRIGUEZ	UNICO	1,900	14.00	26,600.00	CA	2.9
23	NAYARIT	BLVD. ENCINAS A BLVD. RODRIGUEZ	UNICO	2,190	14.00	30,660.00	CA	2.9
24	JOSE S. HEALY	SOYOPA A GENERAL REYES	UNICO	2,450	14.20	34,790.00	CA	3.0
25	JOSE CARMELO	GRAL. REYES A PERIF. PONIENTE	UNICO	2,850	13.00	37,050.00	CA	2.9
26	JOSE M. MENDOZA	C. BALDERRAMA A PERIF. PONIENTE	UNICO	2,317	14.00	32,438.00	CA	2.1
		PERIF. PONIENTE A ARIZONA	UNICO	1,665	14.00	23,310.00	CA	2.6
		ARIZONA A GENERAL REYES	UNICO	1,252	14.00	17,528.00	CA	2.7
27	NORBERTO AGUIRRE	PERIF. PONIENTE A BLVD. ENCINAS	UNICO	2,800	11.00	30,800.00	CA	3.0
28	DR. NORIEGA	BLVD. ENCINAS A ROSALES	UNICO	3,700	13.50	49,950.00	CA	2.8
29	AQUILES SERDAN	ROSALES A PARQUÉ INFANTIL D.I.F.	UNICO	2,100	13.50	28,350.00	CA	2.9
30	DR. PALIZA	PERIF. PONIENTE A ROSALES	UNICO	1,695	13.00	22,035.00	CA	2.7
31	GENERAL YAÑEZ	A. OBREGON A BLVD. ENCINAS	UNICO	658	8.30	5,461.40	CA	2.9
		BLVD. ENCINAS A SEGURO SOCIAL	UNICO	2,017	12.00	24,204.00	CA	3.0
32	GERMEDIA	A. OBREGON A BLVD. ENCINAS	UNICO	660	8.00	5,280.00	CA	2.7
		BLVD. ENCINAS A SEGURO SOCIAL	UNICO	2,017	14.00	28,238.00	CA	3.1
33	MATAMOROS	BLVD. RODRIGUEZ A A. SERDAN	UNICO	1,822	14.00	25,508.00	CA	2.5
34	BENITO JUAREZ	A. SERDAN A BLVD. KIND	UNICO	2,050	14.00	28,700.00	CA	2.7
35	REVOLUCION	A. SERDAN A BLVD. KIND	UNICO	2,400	14.00	33,600.00	CA-CH	2.6
36	FRANCISCO VILLA	VILDOSOLA A LAZARO CARDENAS	UNICO	1,950	12.30	23,985.00	CA	3.1
37	JACARANDA	FRANCISCO VILLA A VILDOSOLA	UNICO	2,200	12.00	26,400.00	CA	3.0

TABLA 4-3 RESUMEN DE CALIFICACIONES I.S.A. Y TIPOS DE PAVIMENTOS EN LA RED VIAL Y DE ACCESOS A COLONIA DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SON.  
(...continuación)

Nº	NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	CUERPO	LONG. (m)	ANCHO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	TIPO DE PAV.	I.S.A.
*	12 DE OCTUBRE	AV. ADIVINO A LOPEZ PORTILLO	UNICO	2,272	13.50	30,672.00	T	1.5
*	ARIZONA	AV. ADIVINO A LOPEZ PORTILLO	UNICO	577	11.00	6,347.00	T	1.7
*	REBEICO	AV. NOROESTE A GENERAL REYES	UNICO	2,656	7.50	19,920.00	CA	2.6
*	YECORA	AV. NOROESTE A L. DEL CASTILLO	UNICO	783	7.00	5,481.00	T	1.5
		L. DEL CASTILLO A 12 DE OCTUBRE	UNICO	718	7.00	5,026.00	T	1.5
*	IGNACIO SALAZAR	PERIF. PTE. A REP. DE GUATEMALA	UNICO	772	11.00	8,492.00	T	1.5
		REP. DE GUATEMALA AL PANTEON	UNICO	2,272	14.00	31,808.00	T	1.5

**SIMBOLOGIA**

CH = CONCRETO HIDRAULICO

CA = CONCRETO ASFALTICO

CA-CH = CONCRETO ASFALTICO SOBRE CONCRETO HIDRAULICO

T = TERRACERIA

O = EN OBRA

\* = VIALIDAD DE PENETRACION DEL TRANSPORTE PUBLICO

## 4.5.2 LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

El levantamiento de daños se inventarió por medio de formatos de campo elaborados para este fin. En dichos formatos se realizaron además los levantamientos de las principales características físicas del tramo en estudio, como son: tipo de pavimento, número y longitud de carriles, número de sentidos, si presentan aceras o banquetas, señalizaciones verticales y horizontales, semáforos, comodidad al manejo (ISA), guarniciones, camellones, etc.

El calificador se limitó a determinar los elementos que exige el formato de campo recabando toda la información que ahí se pide y en el formato apropiado (por ejemplo cuando son semáforos, señalar el número de unidades, cuando se trate de baches u otros defectos del pavimento, señalar área afectada). Con estos formatos de campo, se llenan los formatos de gabinete que son proporcionados por SEDESOL con una metodología de llenado que se explicará en el siguiente apartado<sup>5</sup>.

Este levantamiento de daños de campo se realizó para determinar las posibles fallas que pudiera presentar el pavimento del tramo en estudio; las principales fallas estructurales que se levantaron fueron: fisuras transversales, diagonales y longitudinales, fisuras en bloque, piel de cocodrilo, agrietamientos, ondulaciones, desniveles y baches.

Para el levantamiento de la información de campo sobre el estado superficial de los pavimentos y de las deficiencias significativas de las obras viales, se requirieron inventariar los siguientes aspectos :

- Nombre del tramo o calle.
- Entre que calles.
- Tipo de pavimento:
  - Concreto asfáltico
  - concreto hidráulico
  - concreto hidráulico recubierto de concreto asfáltico
  - calafateo
  - terracería.
- Número de carriles
- Número de sentidos.
- Anchos de calle y banquetas (de camellones en su caso).
- Comodidad de manejo (ISA):
  - Excelente (4.1 - 5.0)
  - buena (3.1 - 4.0)
  - regular (2.1 - 3.0)
  - mala (1.1 - 2.0)
  - intransitable (0.0 - 1.0)
- Semáforos (verificar además si presentan vuelta izquierda).
- Señalización preventiva (tope, semáforo, vuelta, etc.).
- Señalización restrictiva (alto, ceda el paso, velocidad máxima, etc.).

<sup>5</sup> "... la calificación funcional de las vías de la red vial principal debe emplear el formato estándar proporcionado por SEDESOL para ese propósito". *Términos de Referencia Generales para Estudios Integrales de Viabilidad y Transporte Urbano, Componente de Mantenimiento Vial*. SEDESOL, 1992.

- Señalización informativa (nomenclatura, destino, paradas, etc.).
- Marcas en el pavimento.
- Tipo de guarniciones:
  - Concreto hidráulico
  - concreto prefabricado
  - adoquín
  - otro.
- Guarniciones defectuosas (% del tramo), inexistencia.
- Camellones defectuosos (% del tramo), inexistencia.
- Banquetas defectuosas (% del tramo), inexistencia.
- Deterioros significativos en pavimentos:
  - Fisuras: Longitudinal, transversal, diagonal (% del tramo)
  - ondulaciones (% del tramo)
  - desniveles
  - piel de cocodrilo
  - baches.
- Resbalamiento/superficie pulida: si o no.

El formato de campo para el inventario físico-funcional de la red vial de Hermosillo, se muestra en la figura 4.11, en donde se pueden apreciar las diferentes características requeridas para realizar la evaluación de las vialidades inventariadas.

### INSTRUCTIVO PARA PREPARAR HOJA DE INVENTARIO VIAL

Este instructivo permite capturar toda la información necesaria para cuantificar las fallas que presentan los pavimentos (o terracerías) del sistema vial, y dar una evaluación preliminar del estado de la vialidad, que sugiere un tratamiento a sugerir para el tipo de fallas que se presentan, dependiendo de las condiciones que más adelante se explican.

El formato se llena con la información recolectada durante el recorrido por campo, y se cuantifican para la sección de pavimentos, los siguientes elementos:

- ✓ Tipo de pavimento del tramo.
- ✓ No. de sentidos y no. de carriles.
- ✓ Baches → D(0).
- ✓ Fisuras:
  - en bloque → D(1).
  - piel de cocodrilo → D(2).
  - otras fisuras → D(3).
- ✓ Otras deformaciones → D(4).

INVENTARIO FISICO FUNCIONAL DE LA RED VIAL DE HERMOSILLO, SON.											
Ruta No.			Brigada:			Hoja Reg. No.					
Nombre calle:				Entre y							
Tipo de Pavimento:		C	A	C/A	T	D	No. Carriles		No. Sentidos		
nota: indicar ancho de arroyos y banquetas											
I											
II											
III											
nota: dibujar camellón en caso que lo haya											
INDICAR: (en croquis con su correspondiente clave) No. de Unidades											
A Semáforo A1 c/vuelta a la izquierda											
B1 Señalización preventiva (tope, semáforo, vuelta, etc.)											
B2 Señalización restrictiva (alto, ceda el paso, veloc.máx.)											
B3 Señalización informativa (nomenclaturas, destinos, paradas)											
Deteriores significativos: C1 Baches: prof. superf.											
C3 Piel de cocodrilo C4 Desniveles C5 Ondulación.											
C5 Fisura long. C6 Fisura transv. C7 Fisura diag.											
D1 Comodidad de manejo							E	B	R	M	I
Guarniciones: E1 no existen E2 defectuosas											
Banquetas: F1 no existen F2 defectuosas											
Camellones: G1 no existen G2 defectuosos											
H1 Tipo guarniciones							C	P/C	A	D	
Observaciones:											
Fecha:											

FIG. 4.11 FORMATO DE CAMPO PARA EL INVENTARIO FISICO FUNCIONAL DE LA RED VIAL

✓ Comodidad al manejo, ISA → D(5).

Para asignar el valor de los coeficientes D(0), D(1), ..., D(5), se mencionará el criterio de su calificación posteriormente.

Una vez llenado el formato de gabinete con la información necesaria, se realiza una evaluación preliminar que nos podría dar una idea de la severidad del daño, y de las vialidades que merecen un estudio especial; con esta evaluación se aconsejan además algunas posibles soluciones de mantenimiento basada en la combinación del resultado de los coeficientes y siendo el criterio de selección el señalado en el apartado "Posibles soluciones recomendadas"; la posible solución se coloca en el renglón "Evaluación" del formato de gabinete.

Para ejemplificar el uso del formato de gabinete, la figura 4.12 presenta el correcto llenado de la misma para el Blvd. Serna. En él se muestran los valores de los coeficientes que le correspondieron a cada tramo y las posibles soluciones de mantenimiento recomendadas.

#### DETERMINACION DEL VALOR DE LOS COEFICIENTES D(0), D(1), ..., D(5)

El coeficiente D(0) representa la incidencia porcentual y ponderada de baches abiertos. Para simplificar el cálculo se clasifican los baches por severidad y por área afectada como se explica a continuación:

- Según severidad
  - (S) - Superficiales      - Désintegración o pérdida de carpeta solamente
  - (P) - Profunda          - Pérdida de carpeta y base granular
- Según área
  - (A) - Área menor de 1.0 m<sup>2</sup>
  - (B) - Área mayor de 1.0 m<sup>2</sup>

En el campo, el calificador se limita a revelar el número de baches clasificados como arriba se señala, mientras el coeficiente D(0) se calcula en gabinete según la fórmula siguiente:

$$D(0) = \frac{[0.7SA + 2SB + (0.7PA + 2PB)]}{LC} \times 100$$

donde:

SA = Número de baches superficiales de área menor de 1 m<sup>2</sup>.

SB = Número de baches superficiales de área mayor de 1 m<sup>2</sup>.

PA = Número de baches profundos de área menor de 1 m<sup>2</sup>.

PB = Número de baches profundos de área mayor de 1 m<sup>2</sup>.

L = Longitud del tramo en metros.

C = Ancho promedio de la corona (guarnición a guarnición).

El resultado es el porcentaje ponderado del área defectuoso por baches en lo cual el área del bache profundo cuenta por dos baches superficiales.

22		NOMBRE DE LA CALLE: Blvd. Serna														
TRAMO		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
P A O	T Asfalto			X	X	X	X	X	X							
	P Concreto	X	X	X	X											
	O Otro															
V I	No. de secciones	2	2	2	2	2	2	2	2							
	No. de carriles	4	4	8	8	8	4	4	4							
M E F	BACHES D(0)	1	1	3	0	0	1	1	1							
	Bloque D(1)	0	0	0	0	0	0	0	0							
M I P	P de cocodrilo D(2)	1	0	0	0	0	0	0	0							
	Otros D(3)	0	0	0	0	0	0	0	0							
O S	Otros del PEADURAS/INDICACIONES D(4)	3	2	2	1	1	2	2	2							
	Comodidad al manejo D(5)	3	2	2	1	1	2	2	2							
EVALUACION		ME	MS	MS	MR	MR	MR	MR	MR							
O B R A S /	Defectos	si	X	X	X	X	X	X	X	X						
		no														
M U E B L E S	Defectos	%	10	10	50	40	10	0	0	0						
A C E R A	Defectos	si			X	X	X	X	X	X						
		no	X	X												
C A M. D E R E C H O	Defectos	%			50	35	10	0	0	0						
D E V I A	SEÑALAM HORIZONTAL	si	X	X	X				X	X						
		no				X	X	X								
	SEÑALAM VERTICAL	si	X	X	X	X	X	X	X	X						
		no														
EVALUACION																

FIG. 4.12 FORMATO DE GABINETE PARA INVENTARIO VIAL

Cuando se trata de calcular el D(0) utilizando datos de un inventario ya elaborado se utiliza el área calculada de baches superficiales más dos veces el área de baches profundos. La suma de las dos áreas ponderadas es dividido por el área total del pavimento en el tramo analizado y multiplicado por 100 para rendir el porcentaje ponderado.

El coeficiente D(2) representa el área afectada por fisuras tipo piel de cocodrilo. El coeficiente es también en función del área afectada, como se define a continuación:

<u>Área afectada</u>	<u>D(2)</u>
0%	0
hasta 5%	1
5 a 15%	2
15 a 25%	3
mayor de 25%	4

*Nota:* Para pavimentos rígidos se utiliza el mismo criterio para definir D(1), ya que las fisuras en bloque solo afectan a estos pavimentos.

D(3). Otras fisuras incluyen las fisuras longitudinales, transversales y diagonales en pavimentos flexibles y rígidos. En pavimentos rígidos los porcentajes se refieren al total del área de la sección, mientras que en pavimentos flexibles el área corresponde a huellas de canalización del tránsito. Se utiliza la tabla de D(2) con respecto al área afectada para definir D(3).

D(4). Otros defectos visibles que comprometen la integridad estructural del pavimento o que generan actividades de mantenimiento, tales como:

- Pavimentos Rígidos: Peladuras, fallas y desnivelación de juntas, pérdida de mortero de juntas, etc.
- Pavimentos Flexibles: Peladuras, desintegración de bordes, oxidación del asfalto, deformaciones, etc.

Se define D(4) usando la misma tabla referente al área afectada.

El D(5) es el más subjetivo y es deseable tener dos o tres calificadores que pueden discutir sus observaciones para lograr acuerdo común sobre la calificación general de un tramo; se toma aquí la calificación realizada en campo referente al I.S.A. (ya nombrado), guiándose por lo siguiente:

- 0.0 - 0.9 Muy malo o intransitable.
- 1.0 - 1.9 Malo.
- 2.0 - 2.9 Regular.
- 3.0 - 3.9 Bueno.
- 4.0 - 5.0 Excelente.

## POSIBLES SOLUCIONES RECOMENDADAS<sup>6</sup>

### RECONSTRUCCION / RECICLADO (RR)

Caso 1) D(2)=4 y D(4)≥3

Caso 2) D(2)=4 y D(5)≥3

<sup>6</sup> Nota del autor: Si bien estas soluciones sugeridas por SEDESOL son un tanto experimentales y no es recomendable adoptarlas sin un estudio posterior, sí podrían ser un indicativo que nos ayudaría a seleccionar el tratamiento a seguir, en un momento dado.

Caso 3)  $D(3)=4$  y  $D(3) \geq 3$

Caso 4)  $D(2)=2$

Caso 5)  $D(2) \geq 2$ ,  $D(3) \geq 3$  y  $D(4) \geq 3$

Caso 6)  $D(2) \geq 2$ ,  $D(3) \geq 3$  y  $D(5) \geq 3$

#### REHABILITACION / REFUERZO ESTRUCTURAL (RE)

Caso 1)  $D(2)=4$

Caso 2)  $[D(0)+D(2)] \geq 3$  ó  $[D(0)+D(1)] \geq 3$

Caso 3)  $[D(0)+D(1)+D(3)+D(4)+D(5)] \geq 8$

#### MANTENIMIENTO MAYOR/REFUERZO DELGADO (MR)

Caso 1)  $[D(1)+D(3)] \geq 4$  y  $[D(4)+D(5)] \geq 2$  ó  $[D(2)+D(3)] \geq 4$  y  $[D(4)+D(5)] \geq 2$

Caso 2)  $D(1) \geq 3$  y  $[D(4)+D(5)] \geq 2$  ó  $D(2) \geq 3$  y  $[D(4)+D(5)] \geq 2$

Caso 3)  $[D(0)+D(1)] \geq 4$  y  $[D(3)+D(4)+D(5)] \geq 2$  ó  $[D(1)+D(2)] \geq 4$  y  $[D(3)+D(4)+D(5)] \geq 2$

Caso 4)  $D(5) \geq 3$  y  $[D(0)+D(2)] < 3$  ó  $D(5) \geq 3$  y  $[D(0)+D(1)] < 3$

#### MANTENIMIENTO MAYOR-SELLADO (MS)

Caso 1)  $D(4) \geq 4$  y  $[D(1)+D(4)+D(5)] \geq 1$  ó  $D(4) \geq 4$  y  $[D(2)+D(3)+D(4)+D(5)] \geq 1$

Caso 2)  $[D(0)+D(1)] \geq 3$  ó  $[D(0)+D(2)] \geq 3$

Caso 3)  $[D(1)+D(3)] \geq 4$  ó  $[D(2)+D(3)] \geq 4$

### 4.5.3 ENSAYES DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

Una vez asignada la calificación I.S.A. y realizado el levantamiento de daños, se determinaron los lugares susceptibles a la realización de ensayos no destructivos (Viga Benkelman) y ensayos destructivos (sondeos de pozo a cielo abierto)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> "La evaluación estructural debe emplear el procedimiento de ensayos no destructivos (END), o sea, Índices de deflexiones por Viga Benkelman, y destructivos (calas) por muestreo aleatorio, con el fin de calibrar y validar los resultados END". Ibid, pp. 32.

La selección de los lugares de muestreo se realizó en base a los tramos en los cuales se conjugaron tanto las calificaciones I.S.A más bajas y consideradas dentro del nivel de rechazo (en el rango de 0 a 2.6<sup>8</sup>), así como en donde se tuvieron los daños de pavimento más severos, reportados por el levantamiento de campo. Así mismo se seleccionaron tramos en óptimas condiciones para verificar que su estado de conservación es realmente el que se percibe<sup>9</sup>.

Para llevar a cabo la determinación de los sondeos y pruebas no destructivas, se eligió un itinerario de trabajo por medio de rutas de recorrido, para facilitar el trabajo de campo. El plano 4.2 muestra los sitios en donde se realizaron los sondeos y los ensayos con Viga Benkelman, así como las rutas que se siguieron durante el muestreo.

## ENSAYES CON VIGA BENKELMAN

### EQUIPO

*Viga Benkelman.* Este instrumento opera basado en el principio sencillo de un brazo de palanca. Una pieza larga de 2.44 m (8 pies) se inserta entre las ruedas dual de un camión (11 x 22.5, 12 ply y presión de 70 lb/pulgada<sup>2</sup>). Este camión debe estar cargado con 6.8 ton (15,000 lb) de carga de eje sencillo. Como el pavimento es presionado, una parte de la viga pivotea alrededor de un punto de rotación que se encuentra en la otra parte de la viga y que sirve de referencia; esta segunda parte de la viga descansa en el pavimento, atrás del área de influencia, es de 1.22 m (4 pies) de largo y cuenta con un extensómetro del tipo Ames, el cual registra deflexiones con aproximación de 0.001 pulgadas.

Este aparato tiene ventajas muy importantes, como simplicidad en la prueba, versatilidad y rapidez de mediciones, ya que se pueden efectuar entre 300 y 400 en un día de trabajo, pero también tiene limitaciones, como por ejemplo, nos da el valor de la deflexión total, solamente para los vehículos de prueba operando a velocidades pequeñas.

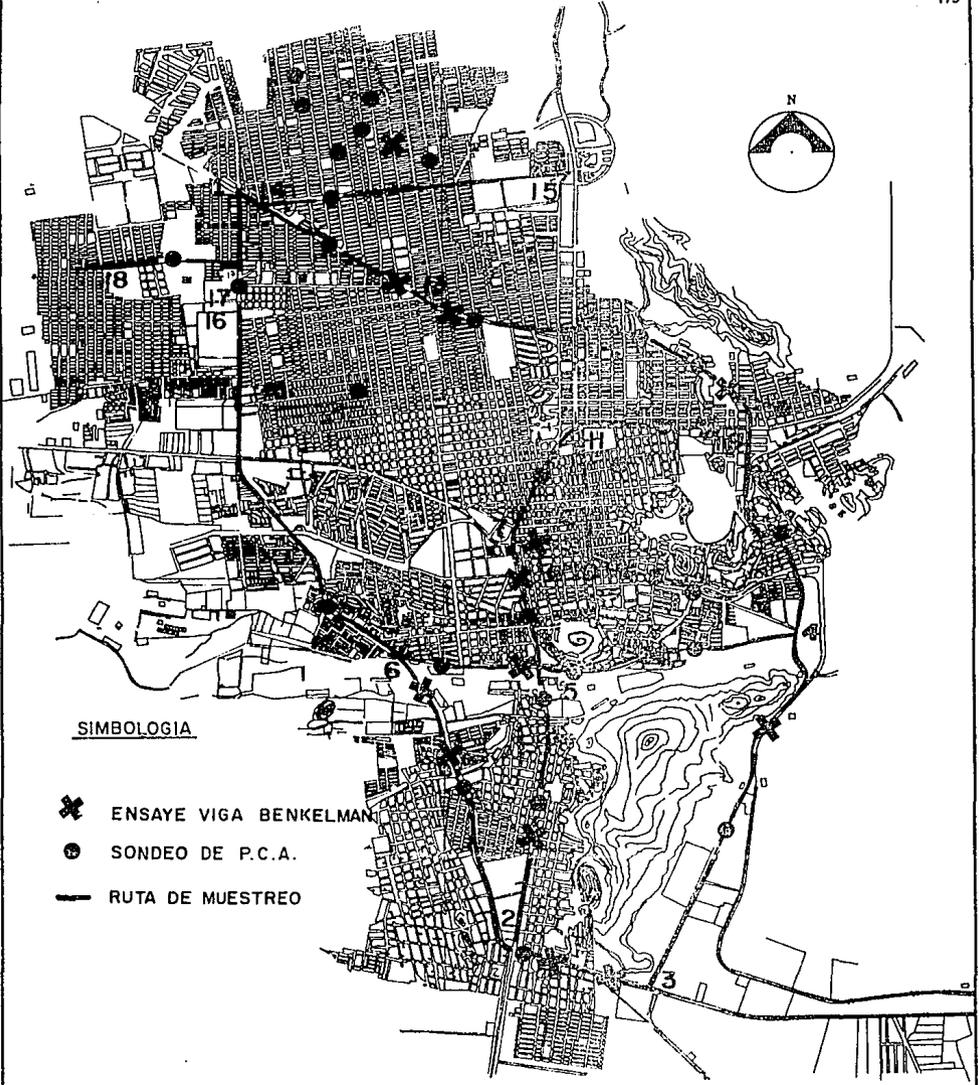
### RECOPIACION DE DATOS

*Método WASHO.* Para la obtención de deflexiones en el pavimento, de magnitudes menores de 0.50 pulgadas.

- a. Estacione el camión en el origen de la sección de prueba.
- b. Coloque la viga entre las ruedas dual, de tal manera que el extremo de la viga de prueba se localice a 1.37 m (4.5 pies) adelante de las ruedas traseras del vehículo, tal como se muestra en la figura 4.13.
- c. Active el vibrador y ajuste el extensómetro Ames a una lectura de 0.000 pulgadas.
- d. Póngase en movimiento el vehículo hacia adelante, aproximadamente 7.62 m (25 pies) de distancia, a una velocidad mínima y regístrese la máxima lectura en el extensómetro ( $D_p$ ) en milésimas de pulgada.
- e. Una vez que la aguja del marcador se ha estabilizado, regístrese la lectura final ( $D_f$ ).

<sup>8</sup> Se tomó el rango de rechazo hasta 2.6, a diferencia de lo sugerido por la AASHO que es hasta 2.5 en el nivel de rechazo, con el criterio de que las vialidades con calificación 2.6 se encuentran en la frontera en cuanto a calidad de pavimento, tomando este criterio como un factor de seguridad para las vialidades que se encuentran en este caso.

<sup>9</sup> Ibid, pp. 32.



SIMBOLOGIA

- ✕ ENSAYE VIGA BENKELMAN
- SONDEO DE P.C.A.
- RUTA DE MUESTREO



ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO  
 EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.

LOCALIZACION DE SONDEOS Y ENSAYES DE VIGA BENKELMAN

ESCALA 1:57500  
 LEGIS. PROFESIONAL  
 FRANCISCO JAVIER  
 GONZALEZ VELAZQUEZ  
 FECHA: DICIEMBRE 1994

PLANO No.  
 4.2



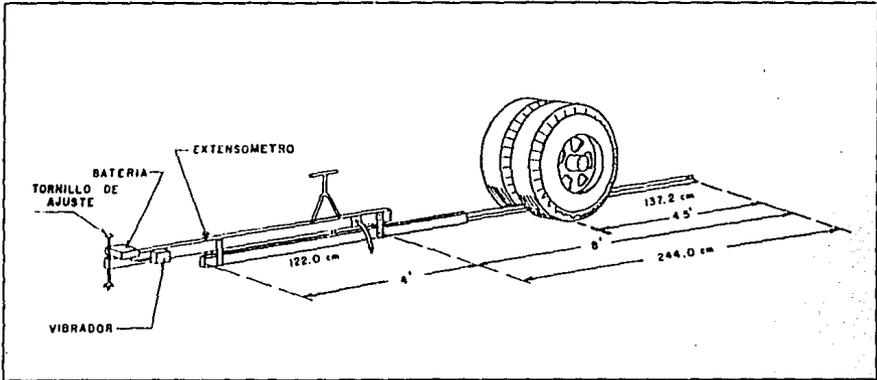


FIG. 4.13 POSICION DE ENSAYE PARA DETERMINAR DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

f. La deflexión del pavimento será igual a:

$$\delta = 2D_i - D_f$$

g. Repita este procedimiento en intervalos de 7.62 m (25 pies) longitudinalmente, alternando las mediciones entre las dos líneas de paso de las llantas de los vehículos, de tal manera que se obtengan dos mediciones en la línea exterior, por cada una de la línea interior, a lo ancho de la sección transversal de prueba; esto es para una carretera de dos carriles, pero se seguirá el mismo criterio cuando se tengan dos o más carriles.

h. Se reporta el promedio (media) de las deflexiones y se calcula el 80 percentil; es decir, el 20% de las mediciones son mayores que el valor calculado y el 80% son más bajas que éste, esto se hace para cada línea y para cada carril. La fórmula para calcular el 80 percentil es la siguiente:

$$80\text{Percentil} = \bar{x} + 0.84 \sigma$$

Una hoja de los resultados obtenidos en esta prueba se muestran en la figura 4.14, en donde se asientan: el número de muestra, lugar de muestreo, temperatura a la que se realizó la prueba, deflexión obtenida (en pulgadas  $\times 10^{-3}$ ), y el tipo de grieta que se presentó al realizar la medición.

#### SONDEOS DE POZO A CIELO ABIERTO

Los sondeos de pozo a cielo abierto (perforaciones) se realizaron para estimar la capacidad estructural de los pavimentos a ser rehabilitados, y validar los datos provenientes de los estudios de Viga Benkelman<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Ibid, pp. 33.



RESULTADOS DE PRUEBAS DE VIGA BENKELMAN REALIZADOS EN  
ALGUNAS CALLES DE LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.

CLAVE	UBICACION	OBSERVACIONES	TEMP. (°c)	DEFLEXION	TIPO DE GRIETA				
					N	L	R	F	
1 A	EJMD. EISEBIO KINO Y RAMON CORRAL	TIENE AGRIETAMIENTOS EN FORMA CALAVERADO Y FENDIDO A LAS GUARNICIONES. TIENE GRIETAS FUERTES.	35 °C	48				X	
				46					
				42			X		
				76			X		
				76				X	
				50					X
				64					X
				50					X
				48					X
				52					X
2 A	EJMD. EISEBIO KINO Y FREQUERAS.	TIENE CONCRETO.							
3 A	EJMD. ROSALES.	TIENE CONCRETO.							
4 A	EJMD. FRANCISCO SERNA Y COMFORT.	TIENE TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON UN RIBEO DE SELLO, CON LIGEROS AGRIETAMIENTOS.	35 °C	72				X	
				72				X	
				48				X	
				46				X	
				50				X	
				66				X	
				38				X	
				48				X	
				68				X	
				46				X	

NOTA: N = Normal  
L = leve  
R = Regular  
F = Fuerte.

FIG. 4.14 REPORTE ESCRITO DE ALGUNOS ENSAYES REALIZADOS CON VIGA BENKELMAN

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA.

Con el propósito de conocer las características físicas de los materiales que constituyen la estructuras de las vialidades existentes, así como la de los que integran el terreno natural en aquellas zonas donde se alojará una nueva estructura, se realizaron sondeos exploratorios del tipo de pozo a cielo abierto, hasta una profundidad tal que nos permitiera determinar los espesores de las capas detectadas, así como para tomar muestras representativas en estado alterado, las cuales posteriormente previa identificación fueron trasladadas al laboratorio para su análisis correspondiente.

Los trabajos de laboratorio consistieron en obtener parámetros índice, que permitieran clasificar los suelos a juzgar por su granulometría y plasticidad, así mismo se determinó su peso volumétrico seco máximo y el valor relativo de soporte standard como índices de resistencia.

Las muestras obtenidas se sometieron a las siguientes pruebas índice:

- Humedad natural.
- Límite líquido.
- Límite plástico.
- Granulometría.
- Grado de compactación.
- Peso volumétrico máximo.
- Humedad óptima.
- Contracción lineal.
- Valor Relativo de Soporte (VRS).

Si bien es importante informar de todos los parámetros ya mencionados anteriormente, en este estudio el parámetro más importante de conocer fue el último de la lista (el VRS), pues con este valor y ayudándonos por el método de diseño de pavimentos del Instituto de Ingeniería (que basa su método en este parámetro), se pudieron llegar a las recomendaciones pertinentes.

Con el objeto de mostrar los resultados del análisis de laboratorio, la figura 4.15 proporciona el reporte del laboratorio de mecánica de suelos de la calle del ejemplo del inventariado físico-funcional, con todos los parámetros índice señalados anteriormente

## **4.6 ANALISIS Y DISEÑO DE PAVIMENTOS**

### **4.6.1 TIPOS DE ANALISIS REALIZADOS**

Para determinar el tratamiento más apropiado y realizar el mantenimiento de los pavimentos de las vialidades a las que se les realizaron los estudios para determinar su capacidad estructural, se sugieren los dos métodos para el diseño y análisis de pavimentos más utilizados en nuestro país: el método California basado en los resultados de deflexión proporcionados por la Viga Benkelman, y el método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. basado en los resultados del Valor Relativo de Soporte (VRS) proporcionados por el análisis de laboratorio.

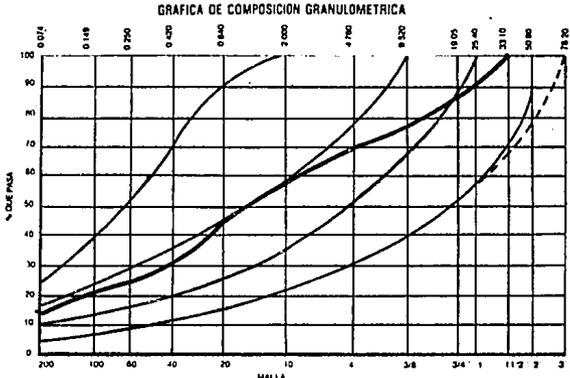
 <p><b>LABORATORIO</b> <b>LESPI</b> Laboratorio, Estudios y Servicios Profesionales de Ingeniería, S.A. de C.V.</p>	<p><b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS</b> <b>Y DISEÑO DE CIMENTACIONES</b></p>
Procedencia <b>ELVD. SIERNA FRENTE A COL. Mpio y Edo HILLO., SON.</b> Identificación de Lab _____ Banco _____ Pozo _____ Prof. _____ Muestra <b>25-B</b> Est. _____ Fecha <b>8-11-93</b>	
Paso Vol. Máximo Kg./m <sup>3</sup> <b>2106</b> Paso Vol. Suelto Kg/m <sup>3</sup> <b>1510</b> Humedad Optima <b>7.8%</b>	<p><b>GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA</b></p> 
3" _____ 2" _____ 1 1/2" <b>100</b> 1" <b>92</b> 3/4" <b>88</b> 3/8" <b>77</b> No. 4 <b>70</b> .. 10 <b>57</b> .. 20 <b>45</b> .. 40 <b>31</b> .. 60 <b>25</b> .. 100 <b>20</b> .. 200 <b>14</b>	
% Desperdicio en la Muestra: <b>3</b> V.R.S. (Estándar) % <b>103.5</b> % Expansión _____ Valor Cementante _____ Kgs /Cm <sup>2</sup> _____	
Pruebas en Mat Mayor 3/8	PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No 40
Absorción _____ Densidad _____ Equiv. Arena % _____	Limite Líquido <b>22</b> Limite Plástico <b>INAP.</b> Índice Plástico <b>INAP.</b>
	Equiv. Humedad Campo <b>19</b> Contracción Lineal <b>3.0</b>
PESO VOL. EN EL LUGAR _____ HUMEDAD EN EL LUGAR _____ GRADO DE COMPACTACION _____	CLASIFICACION PETROGRAFICO _____
ESTE INFORME NO DEBERA SER REPRODUCIDO PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACION DE ESTE LABORATORIO	
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:	
El Laboratorista _____	EL JEFE DE LABORATORIO  ING. JUAN CARLOS ROCHA ROMERO Y/O ING. PEDRO SELVAY DE JARAMA
GENERAL PPA No. 106	TEL. 15-58-87
HERMOSILLO, SONORA	RF-50

FIG. 4.15 REPORTE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CON LOS PARÁMETROS INDICE SOLICITADOS

Ya ambos métodos son complejos y muy extensos, sólo se mencionarán aquí los elementos esenciales para la aplicación de los mismos, dejando al lector interesado en el tema, la bibliografía en donde podrá adentrarse más en ellos. Debido a esto, al final de la breve explicación tanto del método California como el del Instituto de Ingeniería, se presentan las recomendaciones de mantenimiento de algunas vialidades en particular; la metodología utilizada para el análisis y diseño de pavimentos, fue desarrollada con los métodos anteriores. El primer método fue utilizado para al análisis-diseño, y el segundo, para corroborar los resultados del primero.

## **METODO CALIFORNIA<sup>11</sup>**

### **OBJETO DEL ESTUDIO**

Este método de prueba describe el uso de cuatro instrumentos (en el caso de la Ciudad de Hermosillo, se utilizó el de la Viga Benkelman) que miden deflexiones en el pavimento y los procedimientos para determinar las necesidades de refuerzo y mantenimiento para carreteras existentes, en las cuales se tiene concreto asfáltico, por medio del análisis de las deflexiones. Básicamente, el método consiste en la medición de la deflexión total en el pavimento, causada por la aplicación de una carga de 6.8 ton (15,000 lb) con un eje sencillo (7,500 lb de un eje dual). Las deflexiones medidas se comparan con límites permisibles, previamente determinados para una sección estructural similar en términos del volumen de tránsito equivalente de 2.27 ton (5,000 lb).

Se describe el tratamiento correctivo que se requiera para reducir las deflexiones, hasta un nivel en el cual la superficie no falle debido a fatiga. El espesor de pavimento de refuerzo necesario se expresa en grava equivalente y el espesor requerido realmente se deduce por medio de los factores de equivalencia, entre los materiales que se usarán y dicha grava equivalente.

### **ANALISIS DE LOS DATOS Y SELECCION DE LA SOBRECARPETA.**

Reparación o tratamiento de mantenimiento.

1.- Compare el 80 percentil calculado con las mediciones de campo, con el nivel de deflexión permisible, determinado éste último por medio de la figura 4.16, para el espesor del pavimento actual y el índice de tránsito de diseño (T). Se debe tener en cuenta que el límite máximo de deflexión permisible es de 0.040 pulgadas.

a.- Si el 80 percentil calculado es menor que la deflexión permisible, no se necesita ningún tratamiento o sobrecarpeta y será suficiente con un riego de sello o una capa delgada de concreto asfáltico, los cuales únicamente mejorarán la apariencia o sellarán las grietas del camino.

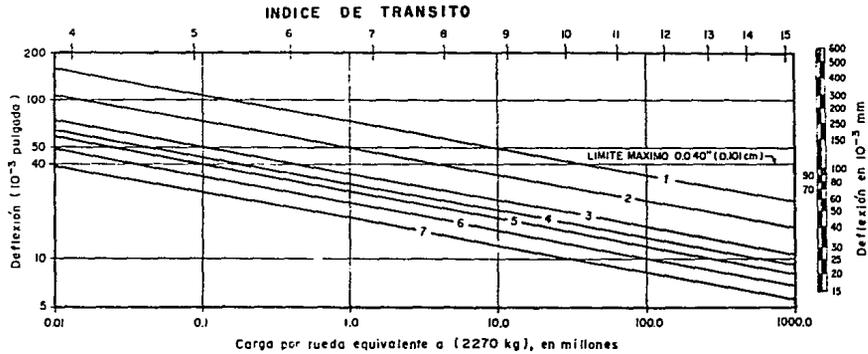
b.- Si el 80 percentil calculado es mayor que la deflexión permisible, síganse los pasos que se citan a continuación:

b1.- Con los datos de la deflexión permisible y el 80 percentil de la reflexión encontrada en el camino, se determina el porcentaje requerido de reducción de la deflexión, empleando la siguiente fórmula:

---

<sup>11</sup> S.O.P, Dirección General de Conservación. Departamento de Proyectos. Oficina de Geotécnica y Proyecto de Pavimentos. "Diseño de refuerzos para pavimentos de carreteras: Análisis mediante deflexiones (Método California)". Preparado por los Ings. Jaime Castañeda de Isla Puga y Jorge Albarrán, 1972.

VARIACION DE LAS DEFLEXIONES TOLERABLES  
(CRITERIO DEL DEPTO. DE CARRETERAS DE CALIFORNIA)



TIPOS DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO	Espesor: (cm)
1.- Tratamiento Superficial	1.2
2.- Concreto Asfáltico	3
3.- Concreto Asfáltico	6
4.- Concreto Asfáltico	7.5
5.- Concreto Asfáltico	9
6.- Concreto Asfáltico	10
7.- Concreto Asfáltico	15
7.- Base Tratada con Cemento	15

FIG. 4.16 VARIACION DE LAS DEFLEXIONES TOLERABLES  
(CRITERIO DEL DEPTO. DE CARRETERAS DE CALIFORNIA)

$$PRD = \frac{80\text{Percentil} - \text{Deflexión Permisible}}{80\text{Percentil}} \times 100$$

Donde:

PRD = Porcentaje de reducción de la deflexión.

- b2.- Entrando a la gráfica de la figura 4.17, con el porcentaje de reducción requerido se encuentra el espesor necesario de grava equivalente (G.E.); dicho espesor se puede estructurar de la manera más adecuada, utilizando los factores de conversión que están anotados en la misma gráfica.

### METODO DEL INSTITUTO DE INGENIERIA (U.N.A.M.)<sup>12</sup>

Este criterio teórico-experimental para el diseño de pavimentos flexibles de carretera, se fundamenta en las investigaciones realizadas en el Instituto de Ingeniería, UNAM (tramos de prueba, evaluación de carreteras existentes y pista circular), durante el periodo 1962-1973.

En el método empleado, se supone que la estructura de la carretera corresponde a un sólido de capas múltiples y resistencia relativa uniforme en el cual el logaritmo de la resistencia ( $VRS_z$ ) es proporcional al logaritmo del número acumulado de ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton ( $\Sigma L$ ). La correlación experimental obtenida es muy satisfactoria.

Las condiciones de falla bajo la acción del tránsito equivalente acumulado ( $\Sigma L$ ) se establecen en términos de ( $\sigma_z, z$ ), donde  $\sigma_z$  representa el esfuerzo vertical correspondiente a la carga última a esa profundidad ( $z$ ). Para fines de proyecto, la duración hasta la falla ( $\Sigma L$ ) se define por las condiciones ( $VRS_z, z$ ).

Se considera que el método es confiable y fácil de aplicar. A través de su empleo en la práctica y con ayuda de las investigaciones en desarrollo, se podrán hacer los ajustes necesarios.

Debe insistirse que las gráficas se han desarrollado con base en el valor relativo de soporte más desfavorable esperado en el lugar ( $VRS_z$ ), para lo cual debe elegirse un grado de confianza compatible con la importancia de la carretera. Por tanto, la fidelidad del método dependerá de la precisión con que puedan estimarse los valores relativos de soporte críticos.

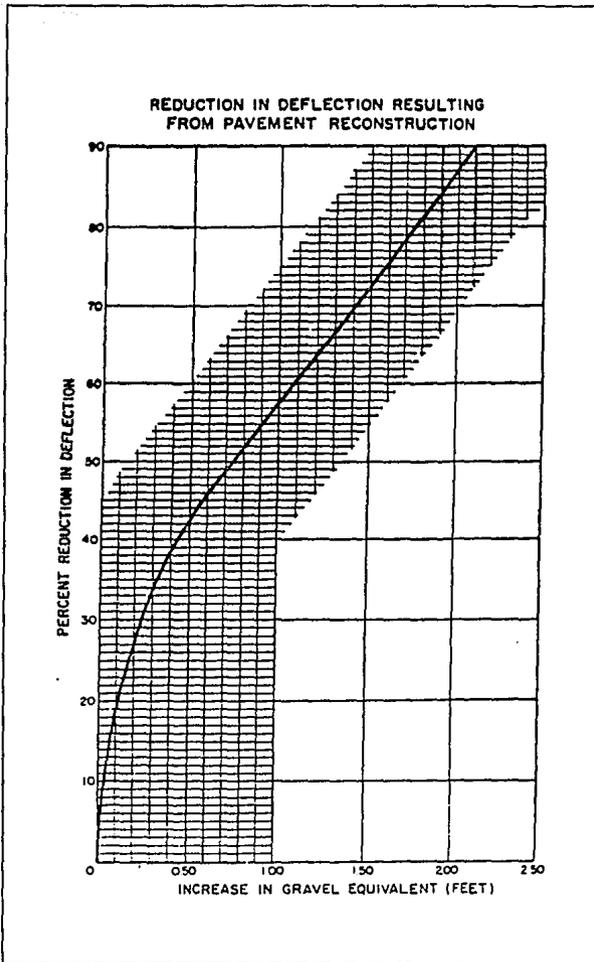
### EL VRS COMO PARAMETRO INDICADOR DE RESISTENCIA

Al iniciarse los estudios sobre pavimentos, uno de los puntos más importantes que se analizó fue el método de prueba a seguir. Se decidió conservar la técnica de valor relativo de soporte de California (CBR o VRS) refiriéndola directamente al valor más desfavorable estimado a través de pruebas de campo.

Algunas de las razones que fundamentaron la decisión son:

- a) La prueba VRS de campo es un indicador de resistencia última que es susceptible de análisis teórico, con limitaciones semejantes a las pruebas triaxiales o de placa en cuanto a su aplicación práctica.

<sup>12</sup> Corro, Santiago. "Diseño estructural de carreteras con pavimento flexible". Informe 325, Instituto de Ingeniería, UNAM: (Enero de 1974). Realizado bajo el patrocinio de la SAHOP.



**FIG. 4.17 PORCENTAJE DE REDUCCION EN LA DEFLEXION  
PARA EL ESPESOR REQUERIDO EN GRAVA EQUIVALENTE**

- b) El método CBR es de mayor difusión en el mundo y en muchos casos se ha utilizado con mayor éxito que los otros sistemas, sobre todo para la valuación de la resistencia de capas delgadas.
- c) La Secretaría de Obras Públicas tiene amplia experiencia en su aplicación.
- d) El equipo es barato y puede emplearse fácilmente en el campo.

#### VARIABLES DE DISEÑO

La adaptación del método para emplear procedimientos de análisis de sistemas es parte de la investigación en desarrollo, puesto que se requiere de extensa información experimental y estadística para implantar modelos de deterioro de las carreteras en condiciones normales de servicio, cuando se sujetan a diferentes niveles de conservación tránsito y clima.

Para la aplicación adecuada del método de diseño deben analizarse diferentes alternativas, eligiendo la más conveniente de acuerdo con los criterios de decisión establecidos. el número de variables de diseño es muy alto, según se describe a continuación:

- a) Coeficientes de daño estructural por eje o por vehículo, ya sean cargados o descargados. Para la asignación de coeficientes de daño a vehículos típicos, se tomaron en cuenta estudios de origen y destino realizados por la SOP.
- b) Composición del tránsito, tomando en cuenta tipo y peso de vehículos, así como el tránsito promedio anual (TDPA).
- c) Vida de proyecto de la carretera en años (n).
- d) Tasa de crecimiento anual del tránsito (r).
- e) Factores de equivalencia estructural ( $a_1$ ,  $a_2$ ) para el caso de carpetas asfálticas y bases estabilizadas con asfalto u otros materiales como cal y cemento. La determinación experimental de estos factores está en proceso, pero provisionalmente podrían emplearse valores provenientes de la prueba AASHO.
- f) Valores relativos de soporte mínimos requeridos para cada una de las diferentes capas.
- g) Coeficiente de variación del VRS en el campo para cada una de las diferentes capas.
- h) Nivel de confianza establecido para el análisis del VRS, para cada una de las diferentes capas.
- i) Dos gráficas del diseño de espesores con diferente coeficiente de seguridad a la falla funcional de la carretera.

Para simplificar el análisis, se utiliza el concepto de *carga equivalente*, transformando las solicitaciones de los diferentes tipos de ejes en cuanto a su intensidad de carga y disposición, a ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton (18,000 lb) de peso total, que es la unidad internacionalmente aceptada; la base de referencia para la conversión es el daño unitario que por definición produce el eje sencillo equivalente.

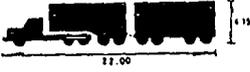
## CALCULO DE LOS ESPESORES PARA DISEÑO O RECONSTRUCCION

Este método permite calcular los espesores requeridos para diferentes niveles de confianza; para la mayoría de las situaciones se aconseja un nivel de confianza 0.8, cuando se desee diseñar con niveles de confianza diferentes, se pueden emplear ecuaciones obtenidas experimentalmente en las investigaciones realizadas.

El primer paso consiste en determinar y calcular el tránsito equivalente acumulado, conociendo los tipos de vehículos que circulan por el tramo en consideración y su composición en el año inicial; aquí también es necesario determinar los coeficientes de daño por tránsito de los diferentes tipo de ejes presentados en el tramo en análisis. Para obtener el valor de estos coeficientes de daño, se tienen tablas para los diferentes tipos de vehículos (ver figura 4.18); en éstas se señalan los valores de los coeficientes, desde el vehículo más ligero (automóviles -A2-) hasta el más pesado (tractor de tres ejes con semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes -T3 S2 R4-). Este coeficiente esta en función de la profundidad del estrato que se analizará, el tipo de camino a analizar (A, B, C) y de la distribución del peso (cargado o vacío). Una vez recolectada la información anterior, se vacía en una hoja de cálculo como la mostrada en el ejemplo de la figura 4.19, en donde después los cálculos que ahí se señalan, se obtiene el número de ejes sencillos acumulados por cada estrato ( $\Sigma L$ ).



**A2** Automóvil



**T3-S2-R4**  
Tractor de tres ejes con semirremolque  
de dos ejes y remolque de cuatro ejes

Componente	Peso, en ton		h, log/m <sup>2</sup>	d <sub>11</sub> = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d <sub>2</sub> = Coeficiente de daño vacío			
	Cargado	Vacío		± 0	± 15	± 30	± 60	± 0	± 15	± 30	± 60
1 <sup>a</sup>	1.0	0.8	2.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
2 <sup>a</sup>	1.0	0.8	2.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
Σ	2.0	1.6		0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000

Componente	Peso, en ton		h, log/m <sup>2</sup>	d <sub>11</sub> = Coeficiente de daño bajo carga máxima				d <sub>2</sub> = Coeficiente de daño vacío			
	Cargado	Vacío		± 0	± 15	± 30	± 60	± 0	± 15	± 30	± 60
1 <sup>a</sup>	3.5	4.0	5.8	1.000	0.349	0.167	0.119	1.000	0.126	0.036	0.021
2 <sup>a</sup>	18.0	4.0	5.8	2.900	2.468	2.290	2.821	2.000	0.017	0.007	0.001
3 <sup>a</sup>	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.009	0.001	0.000
4 <sup>a</sup>	18.0	3.5	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.007	0.001	0.000
5 <sup>a</sup>	18.0	3.2	5.8	2.000	2.468	2.290	2.821	2.000	0.006	0.001	0.000
Σ	77.5	18.0		9.000	10.223	9.327	11.403	9.000	0.165	0.041	0.022

† Cargas máximas de acuerdo con el "Proyecto de Actualización del Capítulo XI del Reglamento de Explotación de caminos de la Ley de Vías Generales de Comunicación, SCT", México, D F, 1978.

\*EJE SENCILLO  
\*\*EJE TANDEM  
\*\*\*EJE TRIPLE

FIG. 4.18 TABLA PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE DAÑO PARA DOS DIFERENTES TIPOS DE VEHICULOS.

FIG. 4.19 CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE ACUMULADO (ΣL)

CARRETERA: <i>Camino tipo B, con vehiculos a las cargas máximas legales</i>		HOJA: 1/1						
TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO ①	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS ②		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS ③-①-④	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
		CARGADOS	VACIOS		CARPETA Y BASE Z <sup>1</sup> 0	SUB-BASE Y TERRACERIAS Z <sup>2</sup> 30	CARPETA Y BASE ⑤ = ③ x ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS ⑦ = ③ x ⑤
A2	0.339	CARGADOS	1.0	0.339	0.004	0.000	0.001	0.000
		VACIOS	0.0	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
A'2	0.144	CARGADOS	0.6	0.086	0.536	0.023	0.046	0.002
		VACIOS	0.4	0.058	0.536	0.000	0.031	0.000
B2	0.097	CARGADOS	0.8	0.078	2.000	1.589	0.156	0.124
		VACIOS	0.2	0.019	2.000	0.360	0.038	0.007
C2	0.274	CARGADOS	0.7	0.192	2.000	1.589	0.384	0.305
		VACIOS	0.3	0.082	2.000	0.018	0.164	0.001
C3	0.072	CARGADOS	0.9	0.065	3.000	1.178	0.195	0.077
		VACIOS	0.1	0.007	3.000	0.030	0.021	0.000
T2-S1	0.025	CARGADOS	0.7	0.018	3.000	3.072	0.054	0.055
		VACIOS	0.3	0.007	3.000	0.027	0.021	0.000
T2-S2	0.049	CARGADOS	0.9	0.044	4.000	2.661	0.176	0.117
		VACIOS	0.1	0.005	4.000	0.033	0.020	0.000
SUMAS	1.000	—	7.0	1.000	EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO ⑧		1.307	0.688
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_T = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$					TDA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO ⑨		250	250
n = AÑOS DE SERVICIO = 9					C <sub>T</sub> ⑩		4463.89	4463.89
T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = 7.5 %					ΣL ⑪ = ⑧ x ⑨ x ⑩		1458.578	767.790
TDA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL = 500					CD CARRL. PROYECTO = 0.5			

Ejemplo: cálculo del tránsito equivalente acumulado (ΣL)

Con el valor del tránsito equivalente acumulado ( $\Sigma L$ ) y el del VRS (obtenido de las pruebas de laboratorio) de la capa en estudio, se entra en la gráfica de la figura 4.20, en donde la intersección del valor del VRS con la curva del tránsito acumulado, se determina el valor del espesor equivalente sobre la capa considerada. Esta gráfica representa el nivel de confianza 0.9, habiendo otras gráficas para los diferentes niveles de confianza requeridos.

#### **INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DE MANTENIMIENTO VIAL DE LA CD. DE HERMOSILLO, SONORA**

Los resultados y recomendaciones se dan en el orden del recorrido de las rutas, realizado por las brigadas de campo.

**RUTA 1-2 PERIFERICO PONIENTE:** Con un ancho de tres carriles por sección, con un volumen de tránsito mayor de 2000 vehículos por día; en un sentido, la estructura de pavimento consta de 15 cm de subrasante, 20 cm de base hidráulica con 5 cm de carpeta asfáltica en caliente.

La carpeta actualmente se observa en buen estado a excepción de pequeñas fallas de origen (Baches), este pavimento tiene una edad de construcción de un periodo entre 3 y 4 años.

**RUTA 2-3 PERIFERICO SUR:** Con un ancho de dos carriles por sección, y un volumen de tránsito mayor de 2000 vehículos por día, este tramo es parte de la ruta natural de la carretera México-Nogales, y es utilizada en mayor parte por los vehículos de carga.

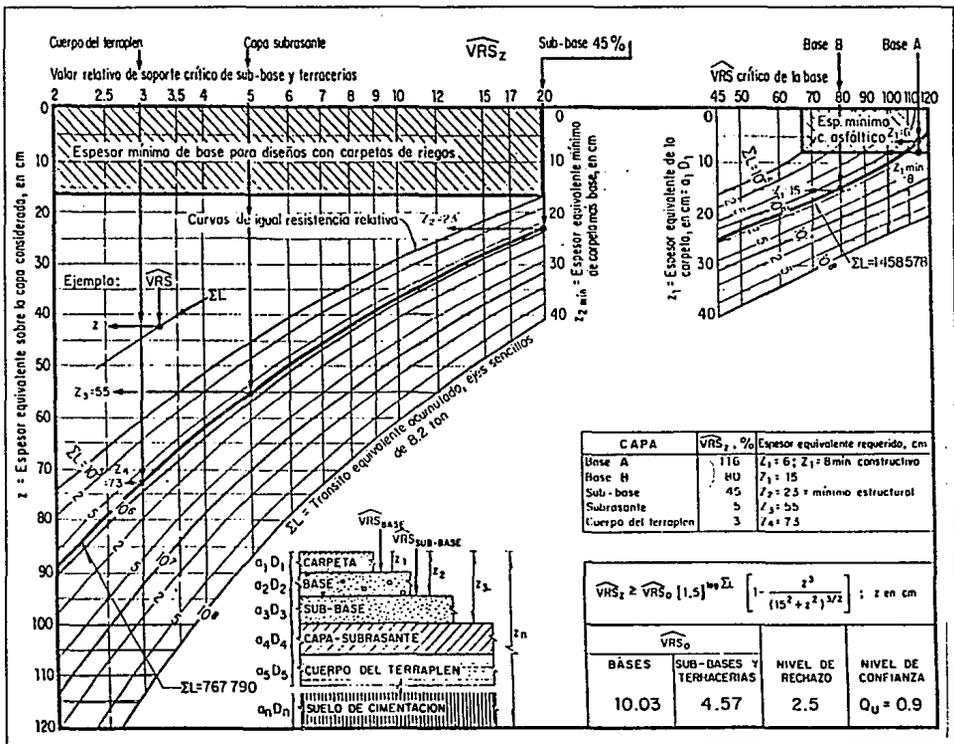
Actualmente la carpeta asfáltica en este tramo se encuentra en buenas condiciones, a excepción de pequeños desplazamientos de la carpeta del orden de 0-5 mm, en el sentido longitudinal. En la estructura del pavimento tenemos una sub-base de 20 cm, subyaciéndole una carpeta de espesor del rango de 10 a 12 cm; esta carpeta tiene una edad de 1.5 años de reconstruida a través de un tratamiento de reciclado con un procedimiento de desintegrar la carpeta (desmoronar) y posteriormente adicionarle un producto de emulsión asfáltica para posteriormente compactar con procedimientos tradicionales. Los pequeños desplazamientos detectados en la carpeta asfáltica son debido al alto tránsito de camiones de carga aunado a una estabilidad Marshall por debajo de 700 kg, con temperaturas ambientes de verano de 40-46°C a la sombra.

**RUTA 3-4 PERIFERICO ORIENTE:** Con un ancho de dos carriles por sección y con un volumen de tránsito mayor de 2000 vehículos por día, esta calle es utilizada para desviar el tráfico de vehículos pesados que transitan por la Carretera México-Nogales. Esta Ruta representa calaveros ocasionales en la carpeta a lo largo de este tramo; esta falla se comienza a presentar por oxidación de la carpeta (envejecimiento).

Se recomienda dar un sellado a los agrietamientos (Calafateos) para posteriormente dar un tratamiento de mantenimiento que pudiera consistir en un riego de taponamiento de producto asfáltico tipo FR y/o un riego de emulsión asfáltica; este último a tenido muy buen comportamiento en los tratamientos superficiales de carpeta de esta localidad.

**RUTA 4-5 BLVD. SERNA:** Este pavimento tiene una edad de 7 años aproximadamente; está formado en su totalidad en una sección de terraplén con una altura que varía de 2 a 5 m, con un espesor de 20 cm de base hidráulica y 5 cm de carpeta asfáltica. Con la construcción de esta ampliación del Blvd. le reduce el tráfico al Blvd. Luis Encinas, Ruta 7-8, funcionando como un par vial, atravesando la Ciudad de Oriente a Poniente.

FIG. 4.20 GRÁFICA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE CAMINOS CON PAVIMENTO FLEXIBLE (NIVEL DE CONFIANZA 0.9)



La principal falla estructural que presenta la carpeta actualmente, son agrietamientos longitudinales ubicados aproximadamente al centro del carril; esta falla es causada por el tráfico de vehículos pesados, siendo éstos en gran número los utilizados en la urbanización del Río Sonora. Se recomienda un tratamiento superficial de la carpeta asfáltica con el fin de sellar los agrietamientos e impermeabilizarla. Por otra parte, se recomienda la pavimentación de la calle Canal, la cual une el Blvd. Luis Encinas con el Blvd. Serna. Actualmente la calle Canal está a nivel de terracería con tráfico ligeramente inferior al Blvd. Serna, ya que es un acceso rápido hacia los dos Blvds.

**RUTA 5-6 BLVD. SERNA:** Este tramo presenta un ancho de tres carriles por sección, y un tráfico menor de 2000 vehículos diarios. Actualmente la superficie de la carpeta se encuentra en buenas condiciones como se pudo observar; esta carpeta tiene una edad mayor de 5 años con un tratamiento superficial de riego de sello reciente.

**RUTA 5-7 BLVD. ROSALES:** Este Blvd. cambia de nombre en tres rutas que son las siguientes:

- RUTA 9-11-7           BLVD. KINO
- RUTA 5-7             BLVD. ROSALES
- RUTA 5-2             BLVD. VILDOSOLA

Tiene un ancho de 4 carriles en un sentido, con una intensidad de tráfico de más de 2000 vehículos por día, el pavimento es de concreto hidráulico en el tramo 5-7-11.

Dentro de la condición actual de la superficie de rodamiento, se pueden observar agrietamientos por contracción con aberturas de leves a fuertes, erosiones de superficie de rodamiento, alabeo en las juntas de contracción produciendo con esto, pequeños topes al rodamiento.

Actualmente se está aplicando un tratamiento en este tramo, que consiste de una capa de 2 cm de mortero asfáltico (carpeta caliente).

**RUTA 11-9:** El pavimento es de carpeta asfáltica. La estructura del pavimento es de 18 cm base con 5 cm carpeta.

Las condiciones actuales de la carpeta, son que presenta agrietamientos esporádicos con oxidación (envejecimiento), por lo cual se recomienda calafatear los agrietamientos, para posteriormente aplicar un tratamiento superficial a través de una capa de mortero asfáltico y/o un riego de emulsión asfáltica.

**RUTA 5-2 BLVD. VILDOSOLA:** El pavimento es de carpeta asfáltica con una estructura de 15 cm base hidráulica, con 6 cm de carpeta asfáltico, este último se encuentra en buenas condiciones.

**RUTA 10-11 CALLE REVOLUCION:** Con un ancho de cuatro carriles con un solo sentido de circulación de Sur a Norte, y con un volumen de tráfico mayor de 2000 vehículos, esta calle desvía el tráfico del Blvd. Luis Encinas hacia el Blvd. Kino.

La estructura del pavimento consta de una capa subrasante subyaciéndole 12 cm de concreto hidráulico, 15 cm de carpeta asfáltica colocada arriba de la losa de concreto.

Actualmente, se está aplicando a esta calle un tratamiento superficial a la carpeta de un riego de emulsión asfáltica; se hace la observación que este tipo de tratamiento de conservación a tenido muy buenos resultados en la localidad.

**GUERRERO ENTRE NORBERTO AGUIRRE Y DR. NORIEGA:** Esta calle corresponde al centro comercial y está marcado en el plano con el No. 19 B. El pavimento en esta área es de concreto hidráulico, con un ancho de calle de dos carriles, con dirección de tráfico en un solo sentido.

En el pavimento de esta calle se observan en general gran número de agrietamientos en los tableros de losa, así como pequeños alabeos en las juntas de construcción, formando pequeños topes para la circulación del tráfico; la velocidad de tráfico por estas calles es de 40 km/h máximo.

Se recomienda la aplicación de un mortero asfáltico de 2 a 3 cm de espesor con el fin de que el tráfico sea uniforme con respecto a la vibración que produce la superficie de rodamiento, ya que la velocidad de tráfico es baja.

Se recomienda tener especial cuidado al colocar una carpeta asfáltica sobre un pavimento de concreto hidráulico, el cual se deberá aplicar un riego de liga con producto asfáltico tipo FR para posteriormente uniformarse con un neumático antes de colocar el mortero, y que el agregado pétreo tenga un tamaño máximo de 1/3 del espesor de la carpeta.

**RUTA ZACATECAS ENTRE PROFA. RAFAELA ROMERO Y RAYON:** Esta calle corresponde a la Colonia 5 de Mayo, con un ancho en general de 8 y 10 m, y con volumen de tráfico de vehículos muy bajo, típico a los que se presentan en todas las colonias de interés medio de la Ciudad.

El estado actual de la carpeta presenta de medio a alto grado de oxidación (envejecimiento). Se efectuó un recorrido alrededor de esta área, marcado en el plano con color Rosa las calles que están en similares condiciones, colindando hasta la calle Revolución marcado en el plano como RUTA 10-11.

Se recomienda el Calafateado de las grietas ya que éstas tienden a reflejarse a corto tiempo en la superficie del tratamiento, para posteriormente aplicar una capa de mortero asfáltico y/o un riego de emulsión asfáltica.

**RUTA 9 -12 -13 PERIFERICO NORTE ENTRE BLVD. KINO Y GENERAL REYES:** Con un ancho de dos carriles en un sentido, y un volumen de tránsito mayor de 2000 vehículos por día, la estructura de pavimento consta de 18 cm de base con 5 cm de carpeta asfáltica. La carpeta en este tramo se encuentra en muy malas condiciones.

Se recomienda reconstruir en su totalidad el pavimento pudiendo ser asfáltico y/o pavimento de concreto hidráulico.

**CALLE REFORMA:** Con un ancho de 4 carriles en un sentido con orientación de tráfico de Sur a Norte, y con volumen de tráfico mayor de 2000 vehículos diarios. La estructura del pavimento es de una base hidráulica de 18 cm con una carpeta variable de 5 a 7 cm.

El estado actual de la carpeta se encuentra en estado excelente en acabado de rodamiento y comportamiento estructural ya que a mediados del año en curso se dio a un tramo tratamiento superficial de recarpeteo y se terminó de pavimentar la Zona Norte hace aproximadamente un año.

**RUTA 14 - 15 BLVD. LAZARO CARDENAS:** Un ancho de calle de dos carriles en un sentido, con un volumen de tráfico menor de 1500 vehículos diarios, la estructura del pavimento consta de 18 cm de terracería estabilizada con cal (Base), con una carpeta asfáltica de 4 cm.

En su condición actual, en el pavimento se observan agrietamientos de origen de la construcción, en forma de cuadrículas espaciados con un patrón uniforme de separación 2-3 m, producto de los cambios volumétricos de la base estabilizada, también se observan pequeños desplazamientos de carpeta localizadas en mayor parte de los cruces con semáforo, debido a la falta de liga de la carpeta con la base.

Se recomienda un tratamiento superficial con un calafateo de los agrietamientos para posteriormente aplicar una capa de 2 a 3 cm de mortero asfáltico y/o riego de emulsión asfáltica.

Las calles marcadas con ensayos de pozo a cielo abierto en el plano 4.2 en la Zona Norte como son: López del Castillo (8 B), Rebeico (8 B), Rebeico y Francisco Monteverde (9 B), calle Reforma y Molino de Camu (10 B), (12 B), General Piña y Mazatán (13 B), son las únicas calles pavimentadas de esta Zona a partir del Blvd. López Portillo, con una edad de construcción de 2 años aproximadamente.

Estas calles son utilizadas con Ruta de Camiones de pasajeros y concentran todo el tráfico de vehículos de la Zona Norte de la Ciudad, tiene un ancho de dos carriles en un sentido. La estructura de los pavimentos consta de una base de 18 cm, con 5 cm de carpeta caliente. Por lo que respecta a la condición actual de estos pavimentos, se encuentran en buen estado de operación tanto en acabados de rodamiento como en aspectos estructurales.

**RUTA CARIDAD ENTRE CERRO DE ORO Y EL REALITO (1 B):** Este pavimento corresponde al mismo programa de pavimentación anterior de la Zona Norte y es el único que existe en esta área (Col. San Luis). El ancho de pavimento es de 145 m, con una estructura de pavimento 18 cm base, 5 cm carpeta caliente. El estado actual de la carpeta se encuentra en buenas condiciones de operación.

**RUTA 14-16 PERIFERICO NORTE:** Con un ancho de 4 carriles con orientación de tráfico en un sentido de oriente a poniente, con un volumen de tráfico mayor de 2000 vehículos diarios.

El pavimento consta de una estructura de 18 a 20 cm de base hidráulica con 5 cm de carpeta asfáltica. El estado actual del pavimento en este tramo requiere de mantenimiento superficial, ya que se observan agrietamientos esporádicos a lo largo de este tramo.

Se recomienda calafatear los agrietamientos para posteriormente aplicar una capa de mortero asfáltico de 2 a 3 cm y/o un riego de emulsión asfáltica.

**RUTA 17-18 BLVD SALAZAR CONT. AVE. YAQUI:** Esta Avenida está a nivel de terracería con un ancho variable de 10 a 18 m y con un volumen de tráfico menor de 1500 vehículos por día.

Se recomienda un pavimento asfáltico con una estructura de pavimento con 18 cm de Base hidráulica, y 5 cm de carpeta asfáltica y/o un pavimento de concreto hidráulico.

**TRAMO AVE. YECORA Y AVE. DIVISADEROS UBICADO AL NORTE DE LA CIUDAD.:** Se encuentra a nivel de terracería con una longitud que va de la Av. Noroeste a General Reyes.

Se recomienda una estructura de pavimentos de 18 cm base hidráulica con 5 cm carpeta asfáltica en caliente.

Las bases hidráulicas utilizadas en la localidad son de grava de trituración parcial de graveras ubicadas en Río Sonora, mejoradas con una mezcla de 70-30% este último porcentaje es de terracerías del lugar, se recomiendan estas mezclas ya que originalmente la granulometría del material triturado parcial de Banco es muy abierta.

**TRAMO 12 DE OCTUBRE:** Con un ancho de calle de 10 m se encuentra actualmente a nivel de terracería con una longitud del Blvd. López Portillo a la Ave. Rebeico.

Se recomienda una estructura de pavimento de 18 cm base hidráulica con 5 cm de carpeta caliente.

## ¿ POR QUE ANALIZAR EL MANTENIMIENTO VIAL EN LA CD. DE HERMOSILLO ?

\* Unos baches que están en la calle Choyal y Luis Orci, detienen el flujo del tráfico que es desviado por esa ruta debido a las obras del bulvar Solidaridad.

\* Reportan dos grandes baches: Uno en la calle Garmendia, casi con Niños Héroes en el carril derecho, y en la calle Seguro Social y V40es, esquina, en la colonia Modelo.

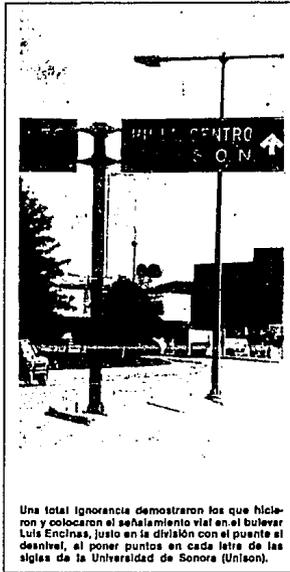
\* Hace muy poco tiempo arreglaron la José María Mendosa y ya aparecieron tres baches de una acera a la otra, en el tramo comprendido entre López del Castillo y Gustavo Múñoz; y entre Sopopa y Periférico Poniente están otros iguales.

\* Vecinos del fraccionamiento Las Aves, se quejan de no terminaron la última etapa de pavimentación y hay baches; las alcantarillas quedaron desmiveladas.

\* Todavía no terminan el proceso de pavimentar, falta el sello, la calle San Felipe, entre San Jorge y San Carlos, en el fraccionamiento San Angel, lo que hace que se encharque el agua, y lo increíble es que volvieron a contratar a la misma constructora para que asfaltara las otras secciones nuevas del fraccionamiento.

\* Critican la mala planeación en la construcción del Periférico Poniente, casi con Yucatán, porque el lunes abrieron el pavimento para construir alcantarillas y la carpeta asfáltica ya no quedará igual, además de los problemas de tráfico que ocasionan, opina una vecina de la colonia Residencial de Anza.

\* Reportan hundimiento del pavimento de dos metros de diámetro, aproximadamente, en la calle Doctor Aguilar, entre Ocampo y Londres, en el primer cuadro de la ciudad. Obstruye un carril de circulación y despierta olor a drenaje.



Una total ignorancia demostraron los que hicieron y colocaron el señalamiento vial en el bulvar Luis Encinas, justo en la división con el guarite al desnivel, al poner puntos en cada letra de las siglas de la Universidad de Sonora (Unison).

\* Hace falta la nomenclatura de la Privada Gómez Farías, esquina con el bulvar Gómez Farías, en la colonia Periodista, pues desde hace un año quitaron los rótulos anteriores en el sector, sólo porque no tenían el código postal pero estaban en perfectas condiciones; los vecinos piden que los vuelvan a poner porque tienen problemas con la entrega de correspondencia.

\* En la esquina de las calles San Marcos y San Jorge, en el fraccionamiento San Angel, en la esquina, se estanca el agua porque está mal nivelado el pavimento y para colmo, dicen los afectados, contrataron a la misma constructora para que pavimente las otras calles de la nueva sección.

\* Reportan que la entrada Norte de Hermosillo está abandonada, los camiones llenos de maleza y la mayoría de los arbolitos fundidos:

\* El Periférico Norte está destruido, hay bolas de asfalto que hacen vibrar los autos como si estuvieran en la sierra, se queja un automovilista. Mientras que unas calles que nadie utiliza, como la Uno de la colonia Bugambillas, las han pavimentado dos veces, con capa de cinco centímetros. También la calle Juárez del Periférico hacia al Norte está en muy malas condiciones. En la carretera de Querobabi al Norte, hasta Santa Ana, están mal colocados los señalamientos y los automovilistas tienen que "torcearlos". Además, las casetas de cobro están muy lentas, deben darse prisa en cobrar.

\* Uno de los accesos que hay al ITH, en el bulvar García Morales, a la altura del Inegi está obstruido por escombros, baches, hoyos y charcos de agua. Está próxima la entrada a clases; para los alumnos del Tecnológico y el tráfico de automóviles empeorará la situación si no lo arreglan.



(841) 3-20-11

## Diálogo directo

22-A EL IMPARCIAL

HERMOSILLO, SONORA, DOMINGO 3 DE OCTUBRE DE 1993

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

Antes de presentar las conclusiones a las que se llegaron en materia de Ingeniería de Tránsito en la Ciudad en cuestión, se mencionarán las conclusiones entorno al desarrollo de este Estudio Básico de Ingeniería de Tránsito.

- Es de gran importancia señalar en primera instancia, que la realización de este trabajo estuvo en función de lo dispuesto por el Programa de Vialidad y Tránsito, regulado por el Programa de 100 Ciudades Medias, pues estudios de esta índole se realizan muy esporádicamente, pero bajo este contexto, la Ingeniería de Tránsito vuelve a resurgir como un gran pilar para la sustentación y realización de este programa, por medio de estudios bien planificados. Es este Programa de Vialidad y Transporte un gran acierto de la administración actual, ya que se pretende dotar de una infraestructura y equipamiento vial a las ciudades que se proponen sean polos de concentración y desarrollo regional, y así poder abatir la migración hacia las grandes ciudades (D.F., Guadalajara, Monterrey, etc.); para que estas ciudades sean un lugar atractivo de desarrollo, deben contar con elementos básicos que permitan ser un foco de inversión para el asentamiento de empresas e industrias (un ejemplo de ello es el T.L.C.); una vez establecidas, se necesitará que las ciudades cuenten con todos los servicios necesarios tanto para los trabajadores que las empresas emplearán, como para los habitantes ahí asentados; por ello, las líneas de acción del Programa de 100 Ciudades Medias, son de gran valor para que éste tenga éxito.
- La Ingeniería de Tránsito y la de Transporte, deben ser más difundidas a nivel licenciatura, pues solo se tratan a fondo a nivel maestría o bien como una especialidad (a excepción del I.P.N. que ya tiene una licenciatura en Ingeniería de Transporte, pero con muy poca demanda); esta difusión podría ser por medio de materias optativas, para despertar el interés de los futuros Ingenieros Civiles, y poder de esta manera contar con más profesionales en esta área, ya que en la actualidad son pocos los profesionistas que se dedican a esta rama. Es importante resaltar que debido a lo anterior, los asesores que apoyan a la SEDESOL a supervisar los estudios de Ingeniería de Tránsito realizados por las consultoras, son en su mayoría extranjeros, lo que indica claramente que existe poco personal capacitado dentro del país para ejercer dentro de esta interesante área.
- Es indispensable eliminar la creencia que se tiene aún en estos días, de que la policía es la Ingeniería de Tránsito. Se demuestra a lo largo de este trabajo, que los estudios realizados por la Ingeniería de Tránsito y Transporte son análisis detallados y concretos, que solo pueden ser realizados por personal apto y capacitado para tales efectos, y quien más sino el Ingeniero Civil que es la persona más preparada para llevar a cabo dichos estudios, por sus conocimientos en las áreas de planeación, construcción y desarrollo de sistemas.
- La Ingeniería de Tránsito es una área que día a día esta tomando mayores adeptos por el constante y dinámico crecimiento de las metrópolis, con un consecuente desarrollo de los vehículos automotores, teniéndose la necesidad de implementar mecanismos y sistemas para la mejor circulación de los mismos, así como de brindar un sistema de transporte de personas y mercancías de la forma más eficiente, segura y económica con el inminente ahorro en horas/hombre.
- Se recomienda proporcionar bases a las futuras generaciones de Ingenieros Civiles para desarrollarse dentro de la Ingeniería de Tránsito, ya que en un futuro cercano esta área tendrá una gran demanda que deberá ser cubierta por personal capacitado.

- Cabe aquí mencionar, por otra parte, que si bien la Ingeniería de Tránsito ha ido evolucionando constantemente en otros países, en el nuestro, los diferentes estudios en que se sustenta esta rama de la ingeniería, se están volviendo un tanto obsoletos o bien imprácticos; ejemplo de esto último se puede observar en el desarrollo de sistemas informáticos y de bancos de datos que se tiene para la consulta e investigación de la incidencia de accidentes de tránsito, cosa que en nuestro país no se tiene bien regulado y en muchos casos ni siquiera es levantada un acta o un diagrama de colisiones para determinar la naturaleza del percance, o bien en otros casos, los informes policíacos no son del todo confiables y en ciertas ocasiones se mantienen en el más completo de los secretos por razones políticas, dificultando el trabajo para la realización de las estadísticas y análisis de accidentes. Para la localización y consulta de estos informes, se tuvo que recurrir a diferentes instancias gubernamentales, para que nos fueran proporcionados los oficios sobre los accidentes ocurridos en la ciudad estudiada.
  - ✓ Un ejemplo más de lo arriba señalado, es el sistema informático automatizado que se tiene para el control y asignación para los tiempos de las diferentes fases de los semáforos, el cual no se encuentra fácilmente o bien, no hay muchas personas capacitadas para poder operarlo, por lo que los análisis de esta índole deben ser realizados por métodos manuales tradicionales, tomando en algunas ocasiones un tiempo muy largo debido a su complejidad, que bien podría acortar el tiempo de proceso con el uso del sistema ya señalado.
  - ✓ Un tercer caso es relativo al transporte público, en donde existe un sistema automatizado que permite mantener el control de los recorridos de las unidades del transporte público, eliminando de esta manera los viejos vicios de checkadores que realizan el despacho de unidades según sus intereses.
  - ✓ Adicionalmente a lo anterior, un paquete de software muy completo que existe es el *Geographic Information System (GIS Plus)*™, el cual permite realizar una infinidad de trabajos relativos a las Ingenierías de Tránsito y Transporte en forma rápida y confiable, pues una vez capturada la información necesaria encontrada y realizada en campo, nos reporta diversos aspectos, pues nos provee por ejemplo, desde volúmenes vehiculares por intersecciones, composición vehicular del flujo de tránsito, localización de semáforos con sus respectivos ciclos y fases, hasta las rutas más propicias para realizar los itinerarios en forma más rápida y económica; todos estos reportes pueden ser obtenidos en formatos gráficos, escritos y en planos geográficos basados en el sistema CAD. Lamentablemente, este programa no está disponible en nuestro país en forma comercial, pues solo lo poseen un par de compañías consultoras en ingeniería, pero sería una buena inversión que fuese adquirido por las compañías que se dedican a la realización de este tipo de estudios.
- Un segundo problema que se suscitó al realizar este trabajo, fue en el caso del estudio del Transporte Público, ya que la información que se requería en cuestión de datos operativos sobre las rutas concesionadas, solo se tiene a nivel estatal pues el organismo encargado de esta función controla el transporte de toda la entidad; una recomendación es que se debería contar con un organismo dentro de cada una de las ciudades medias que se seleccionaron, pues así de esta manera el sistema se controlaría de una mejor manera ya que se tendría un organismo para cada ciudad y no uno para varias ciudades de la región.
- Se recomienda por lo anterior, aprovechar al máximo los nuevos sistemas informáticos, para la realización de los estudios en forma rápida y eficiente.
- Es importante señalar que para elaborar un estudio completo o integral de Ingeniería de Tránsito se deberán de llevar a cabo, además de los estudios de Vialidad y Tránsito, Transporte Público y Mantenimiento Vial aquí realizados, estudios de Evaluación Económica (factibilidad) de los trabajos recomendados, de Impacto Ambiental (reducir al mínimo los efectos del sistema vial y de transporte urbano, particularmente en la contaminación de aire y contaminación por ruido, así como cuidar que los proyectos de vialidad y transporte urbano no afecten la imagen urbana de la ciudad) y de Desarrollo Institucional (procesos que permitirán establecer, fortalecer y/o desarrollar el o las entidades responsables de la Planeación, Operación, Regulación, Mantenimiento, Control y

Administración del sistema vial y del transporte urbano de la ciudad); con todos los estudios anteriormente señalados se cumple en forma íntegra el Programa de Vialidad y Transporte, una de las líneas de acción del Programa de 100 Ciudades Medias, implementado por la SEDESOL.

- Es, finalmente, el propósito de este estudio, el mostrar la importancia que tiene la Ingeniería de Tránsito en el proceso del desarrollo urbano actual, así como de sugerir una serie de estudios prácticos dentro de los tres rubros analizados, que podrían ser realizados en cualquier ciudad media del país, por medio de las herramientas aquí expuestas.

Una vez mencionados los aspectos más relevantes entorno a la realización del Estudio Básico de Ingeniería de Tránsito, se mencionarán brevemente una serie de comentarios y recomendaciones generales a tomarse en cuenta a futuro en la ciudad estudiada:

- La vialidad no ha sido planeada y construida de acuerdo a la expansión de la Ciudad y la demanda de tránsito. Hay exceso de vialidad en la mayor parte de la Ciudad, pero hacen falta vías en otras partes, principalmente en los sectores oeste y noroeste.
- Las intersecciones controladas con semáforos no están intercomunicadas, por lo tanto es importante establecer sistemas de coordinación de las intersecciones semaforizadas, principalmente en los Blvds. que funcionan como ejes viales, como son Rodríguez, Encinas, Periférico y en tramos que sus semáforos se encuentren a distancias coordinables, así como en los principales pares viales. Además, es necesario revisar los tiempos de las fases y ciclos de los semáforos actuales, modificando la distribución de los movimientos permitidos, considerando los volúmenes de tránsito actuales y el número de carriles disponibles, y la utilización de carriles potenciales en la zona de la intersección para aumentar su capacidad y disminuir las demoras de los usuarios.
- Los espacios disponibles para estacionamientos, tanto en la calle como fuera ella, dentro de las zonas comerciales no satisfacen la demanda, provocando mayores circulaciones de los usuarios en busca de dichos espacios. Esta situación ha sido provocada por la instalación de comercios o empresas sin considerar la forma de transporte de sus clientes o empleados. Actualmente algunos lotes del área comercial y administrativa han sido habilitados por sus dueños como estacionamientos privados, sin embargo, no tienen las distribuciones de cajones adecuadas ni las entradas y salidas que les permitan integrarse a la vía pública y otros requerimientos como iluminación, sanitarios, etc.
- La forma primaria para realización de los viajes es el modo peatonal (inicial o/y final), desde el autobús o del automóvil. Sin embargo, los espacios actuales destinados a la circulación peatonal, como son las banquetas, presentan problemas de capacidad y de uniformidad al tener diferentes niveles topográficos y anchos variables en determinados lugares, entre otros.
- Actualmente en la zona comprendida entre los Blvds. Luis Encinas y Francisco Serna, así como la que se encuentra entre Revolución y Reforma, la infraestructura vial presenta tramos próximos a la saturación, por lo que cualquier modificación en el uso del suelo impactará directamente en la operación de las calles de dicha área.
- A la fecha, el nivel de servicio se estima entre "B" y "C" para las vialidades primarias, y del orden de "C" para las secundarias. Es obvio que el nivel de servicio puede aumentar, si se dispone de áreas de estacionamiento fuera de la vialidad, y si se tiene un mejor funcionamiento de los semáforos y un señalamiento más claro.
- Considerar la prohibición o regulación de algunas vueltas, estacionamientos, ascensos y descensos, cargas y descargas en algunos puntos o tramos de la red actual, para efficientar las vías actuales.
- Modificar la geometría de algunas intersecciones a nivel o de algunos tramos que se justifiquen por capacidad local y la repercusión de modificaciones en otras vías no sea significativa.

- Continuar con la implantación de pequeños pares viales para aumentar las capacidades locales de las vías, evaluando los posibles impactos en cambios de uso del suelo, afectación a zonas residenciales, aumentos en los recorridos, vueltas, accesos, etc.
- Implementar nuevas técnicas para generar y clasificar la administración del tráfico, antes de su evaluación analítica.
- Analizar el costo-beneficio de la implantación en forma de la red vial, y permitir el control y el desalojo del tránsito en cualquier dirección.
- Después de realizar el estudio del transporte público, se detectaron los siguientes puntos negativos, que deben ser atacados:
  - ✓ Existen tiempos de ascenso y descenso muy largos debido principalmente a los esquemas de abordaje y a la entrega de cambio de las unidades. La solución probable sería contar con cobradores en el interior de las unidades, o bien, contar con alcancías colectoras del cobro de pasaje exacto.
  - ✓ Existe una sobreoferta de servicio y una tendencia a utilizar las mismas frecuencias a lo largo del periodo de operación. Las frecuencias recomendadas se dan en el capítulo correspondiente.
  - ✓ Los ascensos y descensos se realizan, al igual que en muchas ciudades del país, en cualquier calle sin importar los lugares destinados para tal efecto.
  - ✓ Los principales problemas de mantenimiento de las unidades se deben a las condiciones de la vialidad, o bien a las características que trae consigo una operación con paradas frecuentes y continuas.
- Para atacar a fondo los aspectos anteriores, se recomienda un estudio más integral que considere los factores locales del sistema y los elementos de movilidad en general de la Ciudad, además de utilizar al máximo, modelos operacionales de planeación del transporte integral.
- El señalamiento vertical y horizontal presenta deficiencias, tanto el informativo que ayude a los usuarios a ubicarse en las diferentes rutas, como el restrictivo, principalmente el de límites de velocidad; en lo referente a la optimización del uso de carriles y cruces peatonales, en muchas ocasiones se ven restringidos por falta de marcas en el pavimento.
- Debido al punto anterior, y dadas las proporciones de la Ciudad, es imprescindible reforzar el personal y equipo de señalamiento, con el fin de determinar los inventarios respectivos, iniciándose por las arterias principales, considerando la ubicación de las escuelas, centros de trabajo y recreación, hasta completar circuitos o zonas.
- Considerar el mejoramiento de la superficie de rodamiento de las vías principales, de preferencia en los entronques semaforizados para aumentar la fluidez y disminuir las demoras en esos lugares. Pavimentación de los tramos de la vialidad faltante, por donde circulan las unidades del transporte público. Ese mejoramiento de la superficie de rodamiento, debe ser realizado en principio de cuentas, en las vías primarias y secundarias, para después, pavimentar en un corto plazo aquellas vías consideradas en el esquema vial como las que conectan los diferentes núcleos de la Ciudad, esto con el fin de abatir en gran medida la contaminación por polvos.
- Establecer un sistema de señalamiento básico, que aumente la eficiencia de la Infraestructura vial existente.
- Se debe prestar mayor atención a la demanda, que a los problemas operacionales, distribuyendo la demanda entre el espacio, tiempo, modo de transporte y reduciendo el total de viajes-distancia.
- También, por último y para terminar, se debe prestar mayor atención a los impactos ambientales y consumos energéticos en las alternativas de mejoramiento.

# ANEXO A

## TABLAS Y FORMULARIOS PARA EL ANÁLISIS DE CRUCEROS SEMAFORIZADOS

---

Cuando no se disponga del programa *Highway Capacity Software* para utilizarlo en una computadora personal, el cual nos facilita y reduce el tiempo de análisis, se deberá de desarrollar el análisis de cruces semafORIZADOS por el método manual siguiendo una serie de directrices ya establecidas.

Para facilitar el análisis de cruces semafORIZADOS siguiendo las recomendaciones del *Highway Capacity Manual*, se proporcionan aquí las tablas y los formularios que nos permiten analizar, calcular y determinar el nivel de servicio de una intersección semafORIZADA determinada. El procedimiento de análisis se explicó paso a paso y en forma detallada en el capítulo 2 "Vialidad y Tránsito" en la sección "Análisis de cruces semafORIZADOS", por lo que en este anexo se reproducen únicamente aquellas tablas y formatos que sirvieron para determinar los valores de ajuste de ciertos parámetros (en el caso de tablas), y la forma de presentación de los datos y resultados (en el caso de formularios).

Como se explicó en su oportunidad, la identificación de las tablas y formularios se indica respetando la nomenclatura utilizada en el mencionado Manual, con el objeto de permitir al lector localizarlas fácilmente en futuras referencias.

Cabe aclarar, que estas tablas y formularios se presentan siguiendo la secuencia tal y como van siendo utilizadas éstas en la metodología de análisis, por lo que la secuencia numérica, no necesariamente corresponde con la secuencia del análisis.

### FORMULARIO DE ENTRADA

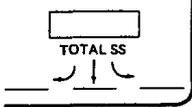
Intersección: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Analista: \_\_\_\_\_ Período Analizado: \_\_\_\_\_ Tipo de Área  CBD  Otro

Proyecto No \_\_\_\_\_ Ciudad/Estado: \_\_\_\_\_

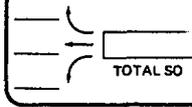


**NORTE**



TOTAL SS

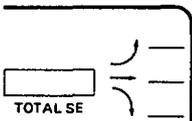
CALLE N/S



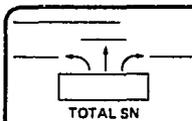
TOTAL SO

**A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:**

1. Volúmenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles almacenamiento para gros
6. Isletas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobús



TOTAL SE



TOTAL SN

CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION										
ACCESO	Inclinación (%)	% HP	Carril Estacio. Adyacen.		Autobús (N <sub>a</sub> )	FHP	Peats. conflicto (p/h)	Pulsador para peatonal		Tipo Llegada
			S	N				S	N	
SE										
SO										
SN										
SS										

Inclinación: trampa, —pendiente      N<sub>a</sub>: autobuses con parada/h  
 VP: veh. más de 4 ruedas      FHP: factor de hora punta      Min. reglaje: Mínimo tiempo verde para cruce peatonal  
 N<sub>m</sub>: maniobras estacionam. /hr.      Peats: conflict. Peatones en conflicto/h      Tipo llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES									
D I A G R A M A									
Reglaje	G = Y + R =								
Prad ó Actuada									

 Giros Protegidos
  Giros Permitidos
  Peatones

Duración del ciclo \_\_\_\_\_ 40

FIG 9.6 FORMULARIO PARA EL MODULO DE ENTRADA DE DATOS

PARAMETRO	VALOR SUSTITUTIVO POR OMISION	
Flujo peatonal conflictivo	Flujo pt. reducido	50 pt/h
Intensidad, pt/h	Flujo pt. moderado	200 pt/h
	Flujo pt. intenso	400 pt/h
Porcentaje de vehiculos pesados, % VP	2%	
Factor de hora punta, FHP	0,90	
Inclinación	0%	
Número de autobuses, $N_B$	0 autobuses/hora	
Número de maniobras de estacionamiento, $N_m$	20 maniobras/hora (cuando exista estacionamiento)	
Tipo de llegada	3	

TABLA 9.3 VALORES SUSTITUTIVOS POR OMISION A UTILIZAR  
EN EL ANALISIS DE CIRCULACION

Nº DE CARRILES CON MOVIMIENTO EN RECTO EN EL GRUPO (EXCLUYENDO LOS CARRILES UTILIZADOS POR LOS VEHICULOS QUE GIRAN A LA IZQUIERDA	FACTOR DE UTILIZACION DE CARRIL, U'
1	1,00
2	1,05
3	1,10

TABLA 9.4 FACTORES DE UTILIZACION DE CARRIL

FORMULARIO DE AJUSTES DE VOLUMENES										
① Acos.	② Mvt.	③ Volumen de Hora Punta M v t. (v/h)	④ Factor de Hora Punta FHP	⑤ Intensidad Punta I <sub>p</sub> (v/h) ⑤ ÷ ④	⑥ Grupo de Carriles	⑦ Intensidad del Grupo de Carriles I <sub>g</sub> (v/h)	⑧ Número de Carriles N	⑨ Fecha de Utilización de carril U Tabla 9.4	⑩ Intensidad Ajustada I (v/h) ⑩ X ⑧	⑪ Prop. de MD o MI PMD o PMI
SE	MI							1,00		
	MR									
	MD							1,00		
SO	MI							1,00		
	MR									
	MD							1,00		
SN	MI							1,00		
	MR									
	MD							1,00		
SS	MI							1,00		
	MR									
	MD							1,00		

FIG. 9.7 FORMULARIO PARA EL MODULO DE AJUSTE DE VOLUMENES

FORMULARIO DE INTENSIDADES DE SATURACION												
Grupo de Carriles		③ Intensidad de Saturación Ideal	④ Número de Carriles N	FACTORES DE AJUSTE								⑤ Intens. Satur. Ajust. S v/Av
① Accos.	② Movimientos de los Grupos de carriles			⑥ Anchura Carril $f_A$ Tabla 9-5	⑦ Vehic. Pesado $f_{vp}$ Tabla 9-6	⑧ Inclinación $f_g$ Tabla 9-7	⑨ Estación $f_e$ Tabla 9-8	⑩ Bloqueo Autobús $f_{ob}$ Tabla 9-9	⑪ Tipo Area $f_a$ Tabla 9-10	⑫ Giro Dcha. fMD Tabla 9-11	⑬ Giro IZda. fMI Tabla 9-12	
SE												
SO												
SN												
SS												

FIG. 9.8 FORMULARIO DEL MODULO DE INTENSIDADES DE SATURACION

ANCHURA DE CARRIL m	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50	4,80
FACTOR DE AJUSTE, $f_A$	0,87	0,90	0,93	0,97	1,00	1,03	1,07	1,100	Pase a 2 Carriles

TABLA 9.5 FACTOR DE AJUSTE POR ANCHURA DE CARRILES

PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS, % VP	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30
FACTOR DE AJUSTE, $f_{VP}$	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87

TABLA 9.6 FACTOR DE AJUSTE POR VEHICULOS PESADOS

	BAJADA		A NIVEL		SUBIDA		
Inclinación, %	- 6	- 4	- 2	0	+ 2	+ 4	+ 6
Factor de ajuste, $f_i$	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97

TABLA 9.7 FACTOR DE AJUSTE POR INCLINACION DE LA RASANTE

Nº DE CARRILES EN EL GRUPO	SIN ESTACIONAMEN.	Nº DE MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO POR HORA, $N_m$				
		0	10	20	30	40
1	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
2	1,00	0,95	0,92	0,89	0,87	0,85
3	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89

TABLA 9.8 FACTOR DE AJUSTE POR ESTACIONAMIENTO

Nº DE CARRILES EN EL GRUPO	NUMERO DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA, $N_B$				
	0	10	20	30	40
1	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83
2	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92
3	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94

TABLA 9.9 FACTOR DE AJUSTE POR BLOQUEO EN PARADAS DE AUTOBUS

TIPO DE ZONA	FACTOR $f_a$
CENTRO URBANO	0,90
OTRAS ZONAS	1,00

TABLA 9.10 FACTOR DE AJUSTE POR TIPO DE AREA

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA DERECHA, $f_{MD}$						
1	CARRIL MD EXCLUSIVO; FASE PARA MD PROTEGIDO	0,85						
2	CARRIL MD EXCLUSIVO; FASE PARA MD PERMITIDA	$f_{MD} = 0,85 - (pt./2.100); pt. \leq 1.700$ $f_{MD} = 0,05; pt. > 1.700$						
	Nº de peatones conflict. (pt.)	0	50 (Bajo)	100	200 (Mod)	300	400 (Alto)	500
	Factor	0,85	0,83	0,80	0,75	0,71	0,66	0,61
	Nº de peatones conflict. (pt.)	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600	> 1.700
	Factor	0,56	0,47	0,37	0,28	0,18	0,05	0,05
3	CARRIL MD EXCLUSIVO; FASES PARA MOVIMIENTO PROTEGIDO Y PERMITIDO	$f_{MD} = 0,85 - (1 - P_{MDA}) (pt./2.100)$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)						
	Nº de peatones conflict. (pt.)	Prop. de MD que utilizará la fase protegida, $P_{MDA}$						
		0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	
	0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	50 (Bajo)	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85
	100	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85
	200 (Mod)	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,85
	300	0,71	0,74	0,76	0,79	0,82	0,85	0,85
	400 (Alto)	0,66	0,70	0,74	0,77	0,81	0,85	0,85
	600	0,56	0,62	0,68	0,74	0,79	0,85	0,85
	800	0,47	0,55	0,62	0,70	0,77	0,85	0,85
	1.000	0,37	0,47	0,56	0,66	0,75	0,85	0,85
	1.400	0,18	0,32	0,45	0,58	0,72	0,85	0,85
	> 1.700	0,05	0,20	0,36	0,53	0,69	0,85	0,85
4	DOS CARRILES USO EXCLUSIVO MD; FASE PROTEGIDA	$f_{MD} = 1,0 - 0,15 P_{MD}$						
	Prop. de MD en el carril $P_{MD}$	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	
	Factor	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	
5	CARRIL PARA MD COMPARTIDO; FASE PERMITIDA	$f_{MD} = 1,0 - P_{MD} [0,15 + (pt./2.100)]$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)						
	Nº de peatones conflict. (pt.)	Prop. de MD en el grupo de carriles, $P_{MD}$						
		0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	
	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	
	50 (Bajo)	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83	
	100	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	
	200 (Mod)	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	
	400 (Alto)	1,00	0,93	0,86	0,80	0,73	0,66	
	600	1,00	0,91	0,83	0,74	0,65	0,56	
	800	1,00	0,89	0,79	0,68	0,58	0,47	
	1.000	1,00	0,87	0,75	0,62	0,50	0,37	
	1.400	1,00	0,84	0,67	0,51	0,35	0,18	
	> 1.700	1,00	0,81	0,62	0,42	0,23	0,05	

(Continúa)

TABLA 9.11 FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA DERECHA

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA DERECHA, $f_{MD}$							
		$f_{MD} = 1,0 - P_{MD} [0,15 + (pt./2.100) (1 - P_{MDA})]$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)							
6	CARRIL PARA MD COMPARTIDO: FASES PROTEGIDA Y PERMITIDA	Prop. de MD que utiliz. fase protegida $P_{MDA}$	Nº de peat. Conf. (pt.)	Prop. de MD en el grupo de carriles $P_{MD}$					
				0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0,00	Todos	Igual que en el caso 5					
		0,20	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
			200	1,00	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77
			400	1,00	0,94	0,88	0,82	0,76	0,70
			600	1,00	0,92	0,85	0,77	0,70	0,62
			1.000	1,00	0,89	0,79	0,68	0,58	0,47
			1.400	1,00	0,86	0,73	0,59	0,45	0,32
			∇ 1.700	1,00	0,81	0,62	0,42	0,23	0,20
		0,40	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84
			200	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79
			400	1,00	0,95	0,89	0,84	0,79	0,74
			600	1,00	0,94	0,87	0,81	0,74	0,68
			1.000	1,00	0,91	0,83	0,74	0,65	0,56
			1.400	1,00	0,89	0,78	0,67	0,56	0,45
			∇ 1.700	1,00	0,87	0,75	0,62	0,49	0,36
		0,60	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84
			200	1,00	0,96	0,92	0,89	0,85	0,81
			400	1,00	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77
			600	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,74
			1.000	1,00	0,93	0,86	0,80	0,73	0,66
			1.400	1,00	0,92	0,83	0,75	0,67	0,58
			∇ 1.700	1,00	0,91	0,81	0,72	0,62	0,53
		0,80	0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			50	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85
			200	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
			400	1,00	0,96	0,92	0,89	0,85	0,81
			600	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79
			1.000	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
			1.400	1,00	0,94	0,89	0,83	0,77	0,72
			∇ 1.700	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,69
		1,00	Todos	Igual que en el caso 4					

(Continúa)

TABLA 9.11 FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA DERECHA (continuación)

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTORES DE GIRO A LA DERECHA $f_{MD}$						
		$f_{MD} = 0,90 - P_{MD} [0,135 + (pt./2,100)]$ $f_{MD} = 0,05$ (mínimo)						
7	ACCESO UNICARRIL	Nº de peat. conf. (pt.)	Prop. de MD en el carril único					
			$P_{MD}$					
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0	1,00	0,87	0,85	0,82	0,79	0,77
		50 (Bajo)	1,00	0,87	0,84	0,81	0,77	0,74
		100	1,00	0,86	0,83	0,79	0,76	0,72
		200 (Mod)	1,00	0,86	0,81	0,77	0,72	0,68
		300	1,00	0,85	0,79	0,74	0,69	0,64
		400 (Alto)	1,00	0,84	0,78	0,72	0,65	0,59
		600	1,00	0,82	0,74	0,66	0,59	0,51
		800	1,00	0,80	0,71	0,61	0,52	0,42
		1.000	1,00	0,79	0,67	0,56	0,45	0,34
		1.200	1,00	0,77	0,64	0,51	0,38	0,25
1.400	1,00	0,75	0,61	0,46	0,31	0,16		
> 1.700	1,00	0,73	0,55	0,38	0,21	0,05		
8	DOS CARRILES USO EXCLUSIVO MD: FASE PROTEGIDA	0,75						

TABLA 9.11 FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA DERECHA (continuación)

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA IZQUIERDA $f_{MI}$						
1	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASE PROTEGIDA	0,95						
2	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASE PROTEGIDA	Procedimiento especial: ver Formulario Fig. 9-9						
3	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASES PROTEGIDA Y PERMITIDA	0,95 <sup>a</sup>						
4	CARRIL COMPARTIDO MI: FASE PROTEGIDA	$f_{MI} = 1,0 / (1,0 + 0,05 P_{MI})$						
		Prop. de MI en carril $P_{MI}$	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		Factor	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95
5	CARRIL EXCLUSIVO MI: FASE PERMITIDA	Procedimiento especial: ver Formulario Fig. 9-9						

(Continúa)

TABLA 9.12 FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA

CASO	TIPO DE GRUPO DE CARRILES	FACTOR DE GIRO A LA IZQUIERDA, $f_{MI}$						
		$f_{MI} = (1.400 - Q_o) \{ (1.400 - Q_o) + (235 + 0.435 Q_o) P_{MI} \}; Q_o \leq 1.220 \text{ v/h}$ $f_{MI} = 1 / [1 + 4,525 P_{MI}]; Q_o > 1.220 \text{ v/h}$						
6	CARRIL COMPARTIDO MI; FASES PROTEGIDA Y COMPARTIDA	Volumen sent. opuesto, $Q_o$	Prop. de giros a la izquierda, $P_{MI}$					
			0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		0	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,86
		200	1,00	0,95	0,90	0,86	0,82	0,78
		400	1,00	0,92	0,85	0,80	0,75	0,70
		600	1,00	0,88	0,79	0,72	0,66	0,61
		800	1,00	0,83	0,71	0,62	0,55	0,49
		1000	1,00	0,74	0,58	0,48	0,41	0,36
		1200	1,00	0,55	0,38	0,29	0,24	0,20
		> 1.220	1,00	0,52	0,36	0,27	0,22	0,18
7	ACCESO UNI-CARRIL	Procedimiento especial: ver Formulario Fig. 9-9						
8	DOBLE CARRIL EXCLUSIVO MI; FASE PROTEGIDA	0,92						

<sup>a</sup> Este valor es una primera estimación. En este caso se iterará la solución. En muchos casos es aconsejable tratar este caso como fases separadas una protegida y otra permitida.

TABLA 9.12 FACTOR DE AJUSTE POR GIROS A LA IZQUIERDA (continuación)

FORMULARIO SUPLEMENTARIO PARA EL FACTOR DE AJUSTE DE GIRO A LA IZQUIERDA $f_{MI}$				
VARIABLES DE ENTRADA	SE	SO	SN	SS
Duración del ciclo, c (sg)				
Tiempo de verde efectivo, g (s/g)				
Número de carriles, N				
Intensidad total del acceso, $I_a$ (v/h)				
Intensidad de la vía principal, $I_p$ (v/h)				
Intensidad giro a la izquierda, $I_{MI}$ (v/h)				
Proporción MI, $P_{MI}$				
Carriles en sentido opuesto, $N_o$				
Intensidad en sentido opuesto, $I_o$ (v/h)				
Proporción de MI en sentido op. $P_{MI_o}$				
	SE	SO	SN	SS
$S_{OVL} = \frac{1800 N_o}{1 + P_{MI_o} \left[ \frac{400 + I_o}{1400 - I_o} \right]}$				
$Y_o = I_o / S_{OVL}$				
$g_u = (g - CY_o) / (1 - Y_o)$				
$I_s = (875 - 0,625 I_s) / 1000$				
$P_i = P_{MI} \left[ 1 - \frac{(N-1)g}{I_s g_u + 4,5} \right]$				
$g_o = g - g_u$				
$P_R = 1 - P_i$				
$g_i = 2 \frac{P_R}{P_i} \left[ 1 - P_R 0,5 g_o \right]$				
$E_i = 1800 / (1400 - I_o)$				
$f_m = \frac{g_i}{g} + \frac{g_u}{g} \left[ \frac{1}{1 + P_L (E_L - 1)} \right] + \frac{2}{g} (1 + P_L)$				
$f_{MI} = (f_m + N - 1) / N$				

FIG. 9.9 FORMULARIO SUPLEMENTARIO PARA EL FACTOR DE AJUSTE DE GIRO A LA IZQUIERDA

FORMULARIO DE ANALISIS DE CAPACIDAD								
Grupo de Carril		①	②	③	④	⑤	⑥	
①	②	Intensidad ajustada I (v/h)	Intensidad Saturación Ajustada s (v/hv)	Relación Intensidades I/s ① ÷ ②	Relación Tiempo verde g/C	Capacidad Grupo Carriles c (v/h) x	Relación I/c X ③ ÷ ④	⑦ Grupo Carriles Crítico ?
SE								
SO								
SN								
SS								

Duración del ciclo, C \_\_\_\_\_ sg  $\sum (I/s)_c =$  \_\_\_\_\_

Tiempo Periodo por ciclo, L \_\_\_\_\_ sg  $X_c = \frac{\sum (I/s)_c \times C}{C-L} =$  \_\_\_\_\_

FIG. 9.10 FORMULARIO DEL MODULO DE ANALISIS DE CAPACIDAD

**FORMULARIO DE NIVEL DE SERVICIO**

Grupo de Carriles		Primer término de la demora				Segundo término de la demora				Demora total y NS		
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
Acc.	Mov. de Grupo Carril	Relac. X	Relac. Verde g/C	Durac. Ciclo C (sg)	Demora d <sub>1</sub> (sg/v)	Capaci. Grupos Carril c (v/h)	Demora d <sub>2</sub> (sg/v)	Factor de Progresión FP Tabla 9-13	Demora Grupo Carril (sg/v) $(\delta - \beta) \times \phi$	NS Grupo Carril Tabla 9-1	Demora Acceso (sg/v)	NS Acc. Tabla 9-1
SE												
SO												
SN												
SS												

Demora de la intersección \_\_\_\_\_ sg/v h                      NS de la intersección \_\_\_\_\_ (Tabla 9-1)

FIG. 9.11 FORMULARIO DEL NIVEL DE SERVICIO

TIPO DE SEMAFORO	TIPOS DE GRUPOS DE CARRILES	RELACION I/c X	TIPO DE LLEGADA <sup>a</sup>				
			1	2	3	4	5
Predeterminado	MR, MD	≤ 0,6	1,85	1,35	1,00	0,72	0,53
		0,8	1,50	1,22	1,00	0,82	0,67
		1,0	1,40	1,18	1,00	0,90	0,82
Accionado	MR, MD	≤ 0,6	1,54	1,08	0,85	0,62	0,40
		0,8	1,25	0,98	0,85	0,71	0,50
		1,0	1,16	0,94	0,85	0,78	0,61
Semiaccionado	Calle principal MR, MD <sup>b</sup>	≤ 0,6	1,85	1,35	1,00	0,72	0,42
		0,8	1,50	1,22	1,00	0,82	0,53
		1,0	1,40	1,18	1,00	0,90	0,65
Semiaccionado	Calle secundaria MR, MD <sup>b</sup>	≤ 0,6	1,48	1,18	1,00	0,86	0,70
		0,8	1,20	1,07	1,00	0,98	0,89
		1,0	1,12	1,04	1,00	1,00	1,00
	Todos MI <sup>c</sup>	Todos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

<sup>a</sup> Ver Tabla 9-2.

<sup>b</sup> En general se regulan los semáforos semiaccionados de forma que asignan todo el tiempo verde excedente a la calle principal. Debe tenerse en cuenta al asignar los tiempos de verde.

<sup>c</sup> Esta categoría se refiere a los grupos de carriles para uso exclusivo de los MI. Cuando los MI estén comprendidos en un grupo de carril que abarque todo el acceso, úsese el factor para el tipo de grupo de carril completo. Cuando los MI intensos estén intencionadamente coordinados, aplíquense los factores del movimiento en recte apropiado.

TABLA 9.13 FACTOR DE AJUSTE POR PROGRESION

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA POR PARADA POR VEHICULO (SG)
A	< 5,0
B	5,1 a 15,0
C	15,1 a 25,0
D	25,1 a 40,0
E	40,1 a 60,0
F	> 60,0

TABLA 9.1 CRITERIOS DE NIVEL DE SERVICIO PARA INTERSECCIONES REGULADAS POR SEMAFOROS

## ANEXO B

# SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA PARA EL BLVD. MAS CONFLICTIVO

---

Como ya se vio en los capítulos anteriores, la vialidad que presenta el mayor número de congestionamientos y problemas de vialidad en general, tanto en tránsito como en transporte público, lo constituye el Blvd. Luis Encinas (que coincidentemente representa además la vialidad más importante en el aspecto de identificación y orgullo local). A continuación se señalan algunas de las características encontradas en este Boulevard, en cada una las tres componentes analizadas.

**VIALIDAD.-** Esta vialidad primaria con cuatro carriles de circulación por sentido en prácticamente toda su extensión (cerca de 8 Km), es una de las vialidades más circuladas de toda la Ciudad, ya que es la calle más importante que une diametralmente a la localidad en el sentido este-oeste y viceversa; durante su recorrido atraviesa por algunos de los puntos generadores de viajes más importantes dentro de la Ciudad como son (de oeste a este): entronque con el Periférico Poniente (constituyendo la entrada del flujo proveniente de la Carretera Bahía de Kino y del Aeropuerto), el almacén VH Centro (el centro comercial de autoservicio más importante de la Ciudad), el Hospital General, la UniSon, el Museo de la UniSon, el límite norte de la Zona Central e Histórica, la Zona Comercial y en su extremo este, la Central Camionera. Por lo anterior, se ve claramente que la presencia de altos flujos de vehículos particulares y del sistema de transporte público en esta vialidad, provocan una serie de trastornos de tránsito que deberían de ser analizados por separado.

**TRANSPORTE PUBLICO.-** Es en esta vialidad en donde existe un mayor número de recorridos por parte de las unidades del servicio público de pasajeros, traslapándose en algunos tramos los recorridos de hasta 10 diferentes rutas, con el consecuente problema de congestionamiento debido a que algunas unidades deciden permanecer detenidas en las paradas hasta que ésta se llena de pasajeros.

**MANTENIMIENTO VIAL.-** El levantamiento de daños realizado en este Boulevard, reportó que el estado del pavimento (concreto hidráulico) es de excelente calidad en el tramo Periférico Poniente-Hospital General, de ahí hasta su terminación en el Periférico Oriente, el pavimento (concreto asfáltico) presenta ligeras deficiencias estructurales poco notorias, pero que se hacen más marcadas en las cercanías de la Central Camionera. Los señalamientos viales en esta vialidad son abundantes y bien colocados.

Dentro de toda la extensión de la referida vialidad, se detectaron un par de intersecciones que se distinguieron por ser las más conflictivas, por encima de todas las demás intersecciones semaforizadas (11 en total) que se forman en torno a esta vialidad<sup>1</sup>, siendo éstas:

- 1) La que se forma en el cruce con la calle Rosales-Bldv. Rodríguez, en cuya confluencia se encuentran la Universidad de Sonora y el Museo de la misma.
- 2) El cruce formado con la calle de Benito Juárez, en donde se capta una gran cantidad de flujo vehicular proveniente de la Zona Centro. Este cruce presenta además, como en muchos otros cruces de la Ciudad, un ciclo muy largo en las fases del semáforo.

Las características de ambos cruces se determinaron en el capítulo 2, por lo que en este anexo se darán algunas sugerencias que permitirán subsanar de alguna manera los problemas que ahí se registran.

---

<sup>1</sup> Consultar el plano 2.4 para la localización de estos cruces.

## B.1 BLVD. LUIS ENCINAS Y EJE BLVD. RODRIGUEZ-ROSALES

El principal problema de fluidez de esta vialidad, y de Hermosillo en general, es en el cruce que existe en el Blvd. Encinas con el Blvd. Rodríguez-Rosales (otra vialidad primaria en el sentido sur-norte y viceversa), y que opera con un semáforo constituido por cuatro fases, una para cada acceso (dirección poniente, oriente, norte y sur, con sus respectivas vueltas izquierdas permitidas), provocando colas considerables durante muchas horas al día.

Del análisis de accidentes realizado en el capítulo 2, se recordará que esta intersección presenta el número de percances automovilísticos y de atropellados más alto durante 1992 (33 en total), lo que sugiere que se debe analizar más a detalle<sup>2</sup>.

Existen aquí un par de posibles soluciones para el caso de vialidad, y una más para el caso de peatones. De las dos primeras, una es en el aspecto geométrico y otra sería en el aspecto de semaforización; se consideró la primera de ellas por ser la más factible de implantar, debido a que el sistema de semaforización de la Ciudad presenta todavía sistemas obsoletos, e implantar un sistema computarizado sería muy costoso.

La solución geométrica probable a realizar a corto plazo, es prohibir los giros a la izquierda, indicando a los conductores que lo hagan por retornos construidos sobre el Blvd. Luis Encinas, después de pasar el cruce; esta solución reduce las fases del semáforo de 4 a 2 (una para la dirección norte-sur y viceversa, y otra para la dirección este-oste y viceversa), y aumenta la capacidad vial en cerca de 50%. La configuración actual con sus movimientos permitidos y la propuesta con los movimientos sugeridos se muestran en el plano B.1, en donde se pueden apreciar gráficamente las dos situaciones expuestas.

Una opción probable y práctica para el caso de peatones atropellados, consiste en implantar un paso a desnivel en ambas aceras, para que de esta manera se pueda permitir el libre flujo de peatones sin el riesgo de ser atropellados.

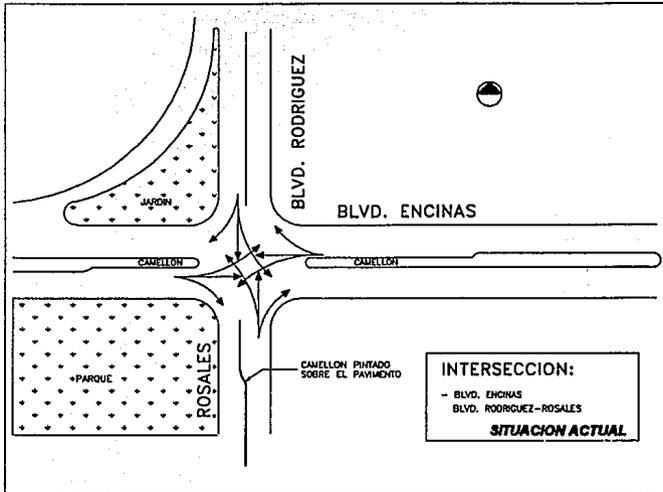
## B.2 BLVD. LUIS ENCINAS Y BENITO JUAREZ

En este mismo Boulevard existe otra intersección semaforizada que presenta conflicto, siendo ésta la que se forma con la calle de Benito Juárez. Esta intersección fue analizada en el capítulo 2 por medio de HCS, con el cual se determinó que actualmente el nivel de servicio de la intersección en general es de "C", y el nivel de servicio de la vuelta izquierda permitida es de "D". El problema radica en que en esta intersección (como en muchas otras dentro de la Ciudad), se presenta un ciclo de semáforo demasiado largo, consistiendo de una fase para el Boulevard, otra para la calle de Benito Juárez y una tercera fase para la conversión a la izquierda de los vehículos que vienen del poniente sobre el Blvd. Encinas y desean ingresar a la calle de Benito Juárez.

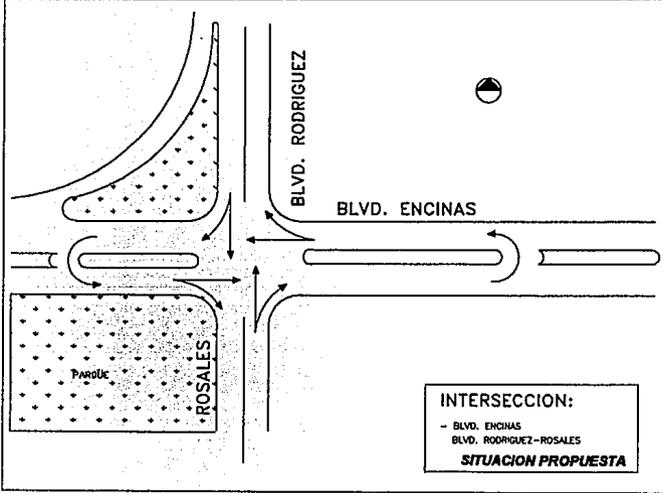
Como se mencionó en dicho capítulo, se dará aquí un análisis que nos permitirá elevar el nivel de servicio a "B", el cual es el nivel de servicio de proyecto, para el caso de la intersección de una vialidad principal (Blvd. Encinas). Esta solución consiste en rediseñar el reglaje del semáforo, tomando en cuenta todas sus características ya vistas en el capítulo 2<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Para mayor detalle consultar el plano 2.3.

<sup>3</sup> Para recordar las características de este cruce, ver "Interpretación de resultados", del apartado "Análisis de capacidad vial en intersecciones semaforizadas", dentro del capítulo 2.



**INTERSECCION:**  
 - BLVD. ENCINAS  
 BLVD. RODRIGUEZ-ROSALES  
**SITUACION ACTUAL**



**INTERSECCION:**  
 - BLVD. ENCINAS  
 BLVD. RODRIGUEZ-ROSALES  
**SITUACION PROPUESTA**



**ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA.**

**SITUACION ACTUAL Y PROPUESTA PARA CRUCERO CONFLICTIVO**

SEI ESCALA  
 TITULO PROFESIONAL  
 FRANCISCO JAVIER ORAMAZO VILLALBA  
 TECNICO ENERO 1984

PLANO No.  
**B.1**



En primera instancia se suman las relaciones de flujo de los carriles críticos por fase, *Flow Ratio* ( $v/s$ ) (aquellos carriles marcados al final del renglón con un asterisco, en la hoja de análisis de capacidad reportada por el *HCS*), siendo tales carriles críticos resultantes: la vuelta izquierda, los carriles en dirección oeste y los de la dirección norte. La suma de relaciones de flujo de grupos de carriles críticos es:

$$(v/s)_i = 0.144 + 0.251 + 0.142 = 0.537$$

Puede estimarse ahora el el reparto del ciclo de semaforización más adecuado, para elevar el nivel de servicio de la intersección. Se utilizará para ello el procedimiento recomendado en el *Highway Capacity Manual*. Se asumirá que los tiempos perdidos (demora) son iguales a los intervalos de cambio (amarillo), o lo que es lo mismo, 3 segundos por fase. El plan de semaforización como se recordará tiene tres fases, por lo que el tiempo perdido total es de 9 segundos. La duración del ciclo se estima por medio de la ecuación:

$$C = L X_c (X_c - \sum_i (v/s)_{ci})$$

en donde:

$C$  = Duración del ciclo en seg

$L$  = Tiempo perdido por ciclo

$X_c$  = Relación crítica ( $v/s$ ) de la intersección

$(v/s)_{ci}$  = Relación de flujos del grupo de carriles críticos

Se tantea con una relación  $X_c$  igual a 0.75, pues si se toma el valor igual a 1.0 o 0.8, el ciclo será muy pequeño. Con el valor de 0.75 el ciclo sería:

$$C = 9 (0.75)[0.75 - 0.573] = 38.13 \text{ seg}$$

Este es más razonable, adoptándose una duración de ciclo de 40 seg. Normalmente se pueden fijar duraciones de ciclo variando en incrementos de 5 ó 10 seg. Si se utiliza un ciclo de 40 seg, la relación crítica será de:

$$X_c = \frac{0.573(40)}{40 - 9} = 0.739$$

Con la siguiente ecuación se pueden estimar los tiempos de verde ( $g$ ). Se adoptará el criterio de reglar todo movimiento crítico con una misma relación ( $v/s$ ) de valor 0.739.

$$g_i = (v/s)_i (C/X_c) \quad \text{y:}$$

$$g_1 \text{ (giro izquierdo)} = 0.144(40/0.739) \approx 9 \text{ seg}$$

$$g_2 \text{ (dirección o-p)} = 0.251(40/0.739) \approx 14 \text{ seg}$$

$$g_3 \text{ (dirección norte)} = 0.142(40/0.739) \approx 8 \text{ seg}$$

$$\sum_i g_i = 31 \text{ seg}$$

$$\text{Tiempo perdido} = 9 \text{ seg}$$

$$\text{Ciclo}(C) = 40 \text{ seg}$$

El valor de verde para el giro a la izquierda ( $g_1$ ) resultó ser, analíticamente, casi igual al de la dirección norte, pero se le consideró un segundo más al primero porque presenta una relación ( $v/s$ ) ligeramente mayor. Con esta nueva asignación del ciclo y de los valores del tiempo de verde se vuelve a ejecutar el programa HCS.

En el cuadro B.1, se presenta el resumen del reporte sobre el nivel de servicio encontrado con el ciclo de 100 seg, mientras que el cuadro B.2 nos muestra los resultados resumidos obtenidos con la nueva asignación del ciclo, con las mismas condiciones de tránsito. Como se ve claramente, el nivel de servicio se elevó hasta "B" en la intersección en general y en cada uno de los accesos (inclusive en el giro a la izquierda), a diferencia del nivel de servicio que se tenía anteriormente; la demora en la intersección en el primer caso es de 19.5 seg/veh, mientras que con el nuevo reglaje la demora de la intersección se reduce casi en un 50%, pues alcanza esta última un valor de 10.4 seg/veh, por lo que se recomienda una reasignación del ciclo del semáforo de esta intersección, con los valores arriba calculados, garantizando que la demora de este cruceo disminuirá y se hará más fluido el tránsito vehicular en horas pico.

HCM: SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY  
 ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SON.

---

Streets: (E-W) BLVD. LUIS ENCINAS (N-S) B. JUAREZ  
 Analyst: FCO. GRANADOS VILLAFUERTE File Name: JUA-ENCI.HC9  
 Area Type: CBD 1-19-94 Time period: 7:00-9:00  
 Comment: ANALISIS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA

---

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	1	3		3	<		>	4	<			
Volumes	199	899		834	166		228	469	15			
Lane Width	3.4	3.9		3.7			3.5					
RTOR Vols			0			0				0		

---

Signal Operations

Phase combination 1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left		*		NB Left	*		
Thru	*			Thru	*		
Right				Right	*		
Peds				Peds			
WB Left				SB Left			
Thru	*			Thru			
Right	*			Right			
Peds				Peds			
NB Right				EB Right			
SB Right				WB Right			
Green	41P	20P		Green	27P		
Yellow/A-R	4	4		Yellow/A-R	4		
Lost Time	3.0	3.0		Lost Time	3.0		
Cycle Length: 100 secs Phase combination order: #1 #2 #5							

---

Intersection Performance Summary

Lane	Group:	Adj Sat	v/c	g/c	Delay	LOS	Approach:	Delay	LOS
Mvmts	Cap	Flow	Ratio	Ratio					
EB	L	1470	309	0.69	0.21	32.0	D	19.1	C
T		4890	2054	0.51	0.42	16.5	C		
WB	TR	4666	1960	0.60	0.42	17.4	C	17.4	C
NB	LTR	5868	1643	0.51	0.28	23.2	C	23.2	C
Intersection Delay = 19.5 (sec/veh)					Intersection LOS = C				

---

CUADRO B.1 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL CICLO ACTUAL DE 100 seg

HCM: SIGNALIZED INTERSECTION SUMMARY

ESTUDIO BASICO DE INGENIERIA DE TRANSITO EN LA CD. DE HERMOSILLO, SON.

Streets: (E-W) BLVD. LUIS ENCINAS (N-S) B. JUAREZ

Analyst: FCO. GRANADOS VILLAFUERTE File Name: JUA-ENC2.HC9

Area Type: CBD 1-19-94 Time period: 7:00-9:00

Comment: ANALISIS PARA LA HORA DE MAXIMA DEMANDA (NUEVO CICLO DE 40 seg)

	Eastbound			Westbound			Northbound			Southbound		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R	L	T	R
No. Lanes	1	3			3	<		>	4	<		
Volumes	199	899			834	166	228	469	15			
Lane Width	3.4	3.9			3.7			3.5				
RTOR Vols			0			0			0			

Signal Operations

Phase combination	1	2	3	4	5	6	7	8
EB Left		*			NB Left	*		
Thru		*			Thru	*		
Right					Right	*		
Peds					Peds			
WB Left					SB Left			
Thru		*			Thru			
Right		*			Right			
Peds					Peds			
NB Right					EB Right			
SB Right					WB Right			
Green		14P	9P		Green	8P		
Yellow/A-R		3	3		Yellow/A-R	3		
Lost Time		3.0	3.0		Lost Time	3.0		
Cycle Length: 40 secs Phase combination order: #1 #2 #5								

Intersection Performance Summary

Lane	Group:	Adj Sat	v/c	g/c	Delay	LOS	Approach:		
							Cap	Flow	Ratio
EB	L	1470	331	0.64	0.22	13.6	B	9.5	B
	T	4890	1712	0.61	0.35	8.7	B		
WB	TR	4669	1634	0.72	0.35	9.6	B	9.6	B
NB	LTR	5867	1173	0.71	0.20	12.8	B	12.8	B
Intersection Delay = 10.4 (sec/veh)					Intersection LOS = B				

CUADRO B.2 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL NUEVO CICLO PROPUESTO DE 40 seg

## BIBLIOGRAFIA

---

- *"Anteproyecto de Actividades en Pro del Mejoramiento Vial para la Ciudad de Hermosillo, Sonora"*. Marzo de 1992.
- *"Anuario Estadístico SCT"*, México 1988.
- Asociación Mexicana de Caminos, *"Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito"*. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. Tercera reimpresión. México, 1976.
- Ayuntamiento de Hermosillo, Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología. *"Programa Municipal de Desarrollo Urbano del Centro de Población Hermosillo, Sonora"*. Diciembre de 1992.
- Box, C. Paul. Joseph C. Oppenlander. *"Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito"*. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. Cuarta edición. México, 1985.
- Cal y Mayor, Rafael. *"Ingeniería de Tránsito"*. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. Quinta edición. México, 1978.
- Cázares, Laura Hernández. *"Técnicas actuales de investigación documental"*. Editorial Trillas. Segunda edición. México, 1990.
- Corro, Santiago. *"Diseño de pavimentos flexibles para carreteras"*. Editado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, Abril de 1965.
- Corro, Santiago. *"Diseño estructural de carreteras con pavimento flexible"*. Informe 325, Instituto de Ingeniería, UNAM. (Enero de 1974). Realizado bajo el patrocinio de la SAHOP.
- Crespo, Carlos. *"Vías de comunicación. Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos"*. Editorial Limusa. Segunda impresión. México, 1982.
- Dirección de Ingeniería Vial del Municipio de Hermosillo, Sonora. *"Programa de reestructuración vial para la Ciudad de Hermosillo, Sonora"*. 14 de septiembre de 1993.
- *"El Desarrollo Urbano concertado: Una estrategia para elevar la calidad de vida"*. Conferencia sobre el Programa de 100 Ciudades Medias dictada el 30 de junio de 1994 en el CICM por el Ing. Luis Javier Castro y Castro, Director General de Desarrollo Urbano de la SEDESOL.
- *"El Imparcial"*. Diario Independiente de Sonora. Editado en Hermosillo, Sonora. 2ª quincena de Octubre de 1993.
- Ferrocarriles Nacionales de México. *"Estadística de carga 1991, Región Pacífico"*. 1992.

- Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S.A. de C.V. "*Estudios de Prediagnóstico de Transporte Urbano en Nueve Ciudades Medias con Poblaciones mayores de 400,000 habitantes: Hermosillo, Sonora*". Informe final, Diciembre de 1992.
- Institute of Traffic Engineers. "*Traffic Engineering Handbook*". Prentice Hall Inc. E.U.A, 1992.
- Revista Mexicana de la Construcción. "*Programa de 100 Ciudades Medias*", publicado en Agosto de 1993. No. 483
- Moncayo, Jesús. "*Manual de Pavimentos*". Editorial C.E.C.S.A. Primera edición. Mexico, 1980.
- Rico, Alfonso. "*La Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres. Vol. II*". Editorial LIMUSA. México, 1981.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Servicios Técnicos. "*Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras*". Quinta edición. México, Abril de 1986.
- Secretaría de Desarrollo Social. "*Términos de Referencia Generales para Estudios Integrales de Vialidad y Transporte Urbano*". 1992.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. "*Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1990-1994*". México, 1989.
- Secretaría de Fomento al Turismo del Estado de Sonora. "*Imágenes de Sonora: Hermosillo*". Año 1-Volumen 1. Primavera de 1992.
- Secretaría de Obras Públicas, Dirección General de Conservación. Departamento de Proyectos. Oficina de Geotécnica y Proyecto de Pavimentos. "*Diseño de refuerzos para pavimentos de carreteras: Análisis mediante deflexiones (Método California)*". Preparado por los Ings. Jaime Castañeda de Isla Puga y Jorge Albarrán. 1972.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. "*Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994*". Primera edición. Mayo de 1989.
- Seminario de Titulación. "*Vialidad Urbana*". Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, 1993.
- "*Sonora, por más progreso*". Suplemento Especial de "*El Financiero*" (México, D.F.) Abril de 1994.
- Transportation Research Board, "*Highway Capacity Manual (Manual de Capacidad de Carreteras)*", Special Report 209. Versión al español del Ministerio de Obras Públicas de España en conjunción con la Asociación de Carreteras de España. Barcelona, España 1985.
- Urbanismo y Sistemas de Transporte S.A. "*Estudio Integral de Transporte Urbano de Irapuato*". Informe final, Agosto 1993.