



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESTUDIO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO DE LA CD. DE MÉRIDA, YUC.

### TESIS

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

***Fernando García León***

MÉXICO D.F.

2005

m. 341382



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Fernando García León

FECHA: 24/feb/05

FIRMA: \_\_\_\_\_

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/094/03

Señor  
FERNANDO GARCIA LEON  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. JOSE ANTONIO KURI ABDALA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"ESTUDIO DE VIALIDAD Y TRANSITO DE LA CD. DE MERIDA, YUC."**

- INTRODUCCION
- I ASPECTOS GENERALES DE LA CD. DE MERIDA
- II DIAGNOSTICO
- III PRONOSTICO
- IV POLITICAS, ESTRATEGICAS Y ACCIONES
- V EVALUACION
- VI CONCLUSIONES

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 4 Septiembre 2003.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc.

Vo. B.  
*[Signature]*  
7/ Diciembre / 2004

*[Signature]*

Vo. B.  
14/02/05  
*[Signature]*  
A. Deméneghi

Vo. B.  
3  
10-FEB-05

Vc. B.  
*[Signature]*  
4-FEB-05

Vo. B.  
*[Signature]*  
8-FEB-05

Lejos de ponerme demasiado formal o aburrido con estos agradecimientos, quiero poner de manifiesto el cariño y amor que les tengo a todas estas personas que voy a mencionar, de la manera más calurosa y afectuosa que puedo... Así que, comencemos a agradecer.

Primero que nada agradezco infinitamente a mis padres: **Fernando y Sara**, que me dieron la oportunidad de crecer con el mejor ejemplo que un hijo puede tener: trabajo, estudio y constancia. Todo se los debo a ellos. Jefes... los quiero mucho.

A mi hermanita **Karen**, por ser mi compañera de cuarto todos estos años... Pavito tú sabes cuanto te quiero.

A mi familia: **Juan, Ángel, Arturo, José** (espero tanto de ti cabroncito...), **Sergio**, a mis abuelos y en general a todos los **Leones**.  
Por supuesto a mi abuelita **Luz** donde quiera que ella se encuentre...

Quiero dar un agradecimiento muy especial a una gran amiga, en la cual siempre encuentro apoyo y amistad, me refiero a **Rosio Ruiz Urbano**, que siempre me abre las puertas de su hogar y familia. Maestra, en verdad muchas gracias por todo.

No podrían pasar desapercibidos otros grandes cuates, a los cuales llamo la banda de los optimistas, ya que siempre tienen para mí un segundo de su ajetreada agenda para un saludo, una palmadita en el hombro, una sonrisa, etc.: **Enrique César** (con el cual comparto el gusto por la música... sobre todo de U2... Profe eres un gran cuate), **Alba, Miguel Ángel, Marisol, Dulce, Chayito** (ya perdóname...).

Al **Ing. Kuri Abdala**, por tenerme tanta paciencia... Gracias.

También agradezco infinitamente a mis amigos de HUELTRON, por darme la oportunidad de desarrollarme e involucrarme en mi primer trabajo como ingeniero: **Jorge Rodríguez Córdoba** (aparte de que fue mi jefe es un amigo), **Daniel Sepúlveda, Víctor Trejo** (gracias por los consejos para con las mujeres...), **Normita de León y René Pacheco**.

Otros dos recientes amigos que confiaron en mí y hasta me recomendaron en otra chamba... apreció mucho su amistad y lo que han hecho por mí: **Ing. Juan González Echandi** e **Ing. Arturo Mozqueda**.

Por último agradezco... no, mejor no... ellos no hacen más que hacer de mi vida... una vida menos miserable... con ustedes estoy canijos – en las buenas y en las malas -, : **Jorgito** (ya apúrate guey... no todo son chavas...), **Lucio** (Luc: sabes que peter conmigo...ni hace falta decirlo), **Franco y Javierin** (ustedes saben que no sólo compartimos el gusto por las bebidas etílicas, también somos amigos...), **Paty, Monín, Adrianita, Pepi, Emma**, (ya pónganse las pilas...y vamos a darle duro), **Chucho, Luis Arturo, Negrito**... (la próxima temporada seremos campeones...), **Nicolás** (donde quiera que estés... ésta va por ti mi amigo).

**GRACIAS A TODOS**

**FERNANDO**

## **Estudio de vialidad y tránsito para la Cd. De Mérida, Yuc.**

### **Introducción**

Objetivo.

La necesidad de un Estudio de Vialidad y tránsito para la Cd. De Mérida. Yuc.

### **I. Aspectos Generales**

I.1 Aspectos históricos.

I.2 Aspectos Físicos.

I.3 Aspectos demográficos.

I.4 Aspectos socioeconómicos.

I.5 Aspectos urbanos.

### **II. Diagnóstico**

II.1 Características generales.

II.1.1 Desarrollo urbano y transporte privado.

II.1.2 Estrategias para el plan de desarrollo urbano.

II.2 Encuesta Origen – Destino

II.2.1 Diseño.

II.2.2 Resultados.

II.3 Análisis de la red vial

II.3.1 Jerarquización de la red vial.

II.3.2 Estudios físicos.

II.3.3 Estudios operacionales.

II.4 Estudio técnico.

II.4.1 Clasificación.

II.4.2 Índice de servicio actual.

### **III. Pronóstico**

III.1 Qué pasaría si la red conserva su funcionamiento actual.

### **IV. Políticas, estrategias y acciones**

IV.1 Políticas y estrategias.

IV.2 Planteamiento de acciones.

IV.2.1 Acciones a corto plazo.

IV.2.2 Acciones a mediano plazo.

IV.2.3 Acciones potenciales.

### **V. Evaluación**

V.1 Evaluación técnica.

V.2 Evaluación económica.

V.3 Evaluación social.

### **VI. Conclusiones**

## INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento urbano de las ciudades ha propiciado que las vialidades actualmente se encuentren en un proceso de saturación. Por ello, es necesario realizar acciones que permitan que la infraestructura vial aumente su capacidad de servicio. Para tal objeto, se deben realizar estudios que permitan conocer el comportamiento de dicha infraestructura y con base en ello proponer acciones que permitan mitigar el mal funcionamiento del sistema.

La ciudad de Mérida no es ajena a dicha problemática, es por eso que se realizó un estudio de vialidad y tránsito para poder determinar las causas de su funcionamiento de la red vial, para que con base en acciones de carácter vial, ésta tenga un desempeño acorde a las necesidades de seguridad y eficiencia que los usuarios requieren.

El Estudio de Vialidad y Tránsito para la ciudad de Mérida, fue realizado acorde a los pasos básicos que sigue un proceso de Planeación Normativa, que son:

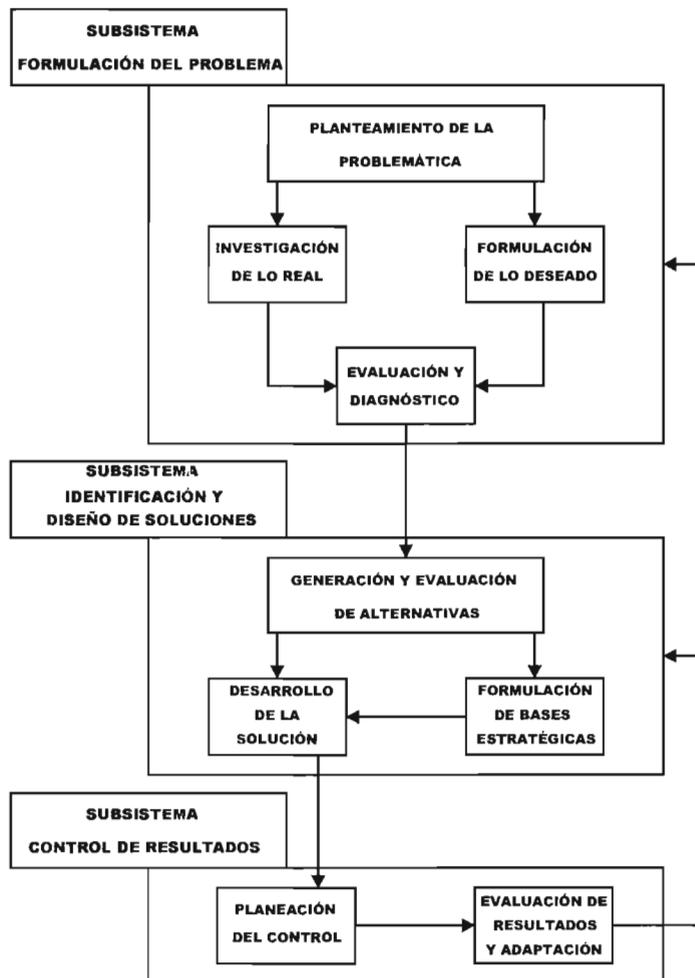


Figura No. A: Sistema de planeación normativa.

Así, en el primer capítulo de este trabajo podemos encontrar aspectos generales de la ciudad de Mérida, como son: Ubicación, relieve, edafología, climatología, demografía, economía, empleo, usos de suelo, etc., que sirven para ver, dentro del contexto general, el comportamiento de la ciudad como un sistema que crece en cuanto a población y extensión, que se ve afectado o beneficiado por múltiples causas.

En el segundo capítulo llamado "*Diagnóstico*", nos centramos en el análisis de la red vial, para poder observar lo que tenemos de infraestructura vial y diagnosticar como está funcionando. Para ello utilizamos distintas herramientas como son: la encuesta origen – destino (que sirve para determinar la movilidad en términos de viajes), estudio de velocidad, estudio físico de intersecciones, estudio de capacidad de intersecciones, estudio de estacionamiento, análisis de accidentes y estudio de índice de servicio actual en pavimentos.

Ya en el tercer capítulo denominado "*Pronóstico*", nos planteamos la siguiente interrogante: *¿Qué pasaría si la red conservara su funcionamiento actual?*. Para responder a dicha pregunta, se toman como base los resultados del diagnóstico y se plantean escenarios que podrían ocurrir si la red vial no cambia con el paso del tiempo, también se calcula el costo que tiene el usuario al tener demoras dentro de la red vial, así como algunas proyecciones que sirven para ver el nivel de servicio de ciertas vialidades dado un determinado horizonte de tiempo.

Teniendo una visión de lo que pasa y de lo que pasaría con la red vial dado su funcionamiento, se plantean las "*Políticas, estrategias y acciones*" en el capítulo cuarto, que sirven para que los niveles de servicio del sistema mejoren y se mantengan aceptables para los usuarios en periodos de corto, mediano y largo plazo.

Finalmente en el capítulo quinto llamado "*Evaluación*", se toman las propuestas de vialidad del capítulo anterior y se determina cuales acciones son viables desde el punto de vista técnico y económico. Para dicha evaluación se toman como herramientas el sistema *EMME/2* (evaluación técnica), que toma como insumos, además de las acciones propuestas, todos los estudios realizados en el diagnóstico. Para la evaluación económica se usa una hoja de cálculo diseñada por la SEDESOL, en la cual se determina si una acción es viable o no, tomando como base su costo, el flujo vehicular que pasará por la misma, la vida útil de la misma etc. Cabe hacer mención que los parámetros usados para saber si una propuesta es viable o no desde el punto de vista económico son: la relación beneficio – costo (b/c) y la tasa interna de retorno (TIR), mismos que la hoja de cálculo proporciona.

Los problemas que aquejan a un sistema vial y a su funcionamiento futuro son una compleja interacción entre el medio ambiente, la infraestructura de la ciudad, la sociedad, la política, la economía, entre otros factores. Sin embargo, está fuera del alcance de esta tesis todas esas circunstancias, que seguramente harían un

trabajo mas completo. Para este trabajo nos conformamos con analizar la situación presente y futura del sistema vial desde el punto de vista técnico, haciendo la reflexión de que existen otros factores que merecerían ser tomados en cuenta.

Por otra parte, este trabajo está realizado en dos vertientes:

1. Plasmar la problemática que presenta la red vial de la ciudad de Mérida desde el punto de vista técnico y con base en el análisis de los resultados proporcionar posibles soluciones de carácter vial.
2. Servir como referencia para los alumnos que se interesen en la problemática del tránsito vial y en el desarrollo de estudios de vialidad y tránsito, tomando como base la Planeación Normativa.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un diagnóstico de la red vial de la Cd. De Mérida, Yuc., así como un programa de acciones que permita una eficiencia óptima del sistema, acorde a las exigencias del desarrollo urbano.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

### ***Vialidad y Tránsito***

Identificar, analizar, y establecer la estructura vial (servicio e infraestructura relacionados con las vías públicas) y de tránsito; para dar la fluidez, eficiencia, seguridad, comodidad, y orden necesaria a la circulación de vehículos y peatones en la Cd. De Mérida, a través de soluciones de vialidad.

## **LA NECESIDAD DE UN ESTUDIO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO PARA LA CD. DE MÉRIDA**

La ciudad de Mérida se ha destacado como un importante centro comercial y turístico del sureste del país y una población de estas características demanda una red vial eficiente, rápida y segura. Para ello es necesario modernizar la red vial existente acorde con las exigencias de la ciudad y del desarrollo social de la población.

Cabe mencionar que en los próximos años la población de Mérida estará cerca de los 800,000 habitantes y esta situación no solo demandará más vivienda, trabajo, infraestructura, etc. Sino que también la ciudad se verá en la necesidad de tener una red vial que permita transportar insumos, mercancías, personas, etc., sin tener que perder tanto tiempo en demoras causadas por congestionamientos viales.

# I. ASPECTOS GENERALES DE LA CD. DE MÉRIDA

## I.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

Mérida, la Ciudad Blanca, como se le conoce popularmente por el color de la cantera de gran parte de sus casas y edificios; se localiza a 1510 Km. al oriente de la Ciudad de México, en el noreste de la península de Yucatán y a una altitud de apenas nueve metros sobre el nivel del mar, hecho por el que su temperatura media anual oscila entorno a los 26 grados centígrados.

Lo que constituye actualmente el centro histórico de la cabecera del municipio de Mérida, fue el asiento prehispánico de la tribu maya Itzá conocido con los nombres de Ichcaansihó ( entre los altos árboles sihoes o faz del nacimiento del cielo ) y T-hó (cinco cerros). Dicha población fue fundada hacia el siglo XII d.c. Tal asiento estaba en ruinas a la llegada de los españoles. El abandono y soledad del sitio inclinó a los españoles a adueñarse pacíficamente de aquellos vestigios arqueológicos, cuya grandeza y belleza les recordó las ruinas de la Mérida romana de su patria. Este nombre se le dio a la fundación urbana de la actual ciudad de Mérida que allí hizo el 6 de enero de 1542 el teniente de gobernador Francisco Montejo y León, en el emplazamiento de la antigua ciudad maya de T-hó; en 1561 fue erigida en sede episcopal y en 1618 el rey Felipe IV le concedió el título de Muy Noble y Muy Leal Ciudad. A partir del periodo independiente y por mandato de la Constitución particular, Yucatán hizo diversas divisiones geopolíticas en su territorio. Mérida fue partido (1825), distrito (1837) y municipio en 1918, cuya cabecera será la ciudad de Mérida, a la que se refrendará como capital del Estado y sede de los poderes políticos.

Actualmente es capital del Estado de Yucatán, en ella residen los poderes superiores del Estado, los tribunales federales de la región, es centro económico y cultural del sureste de México, y además, por si fuera poco, es un destino turístico de primer orden que constituye un punto obligado de llegada y partida para quienes visitan este Estado. Mérida describe mucno del esplendor del México Colonial a tal grado que fue nombrada por la UNESCO Patrimonio Cultural de la Humanidad en el año 2000.

## ***1.2 ASPECTOS FÍSICOS***

### **Área de estudio y localización**

El área de estudio total es la equivalente a la mancha urbana continua de la Ciudad de Mérida, tal como se define en la cartografía censal del INEGI del XII Censo General de Población y Vivienda del año 2000.



**Plano No. 1: Ciudad de Mérida.  
(INEGI, 2000)**

## Ubicación Geográfica

Mérida es una ciudad con una ubicación geográfica privilegiada; se encuentra al norte de la Península de Yucatán a solamente 20 minutos de la playa más próxima, que la enlaza con el Golfo de México; de manera precisa, el municipio de Mérida se encuentra localizado en el extremo norponiente del Estado de Yucatán, sus coordenadas geográficas se sitúan entre los meridianos 89°30' y 89°45' de longitud oeste y entre los paralelos 20° 45' y 21° 15' de latitud norte y se ubica a una altitud de 9 metros sobre el nivel medio del mar.

Su superficie comprende un total de 858.41 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 1.97% de la superficie total del estado (43,577 km<sup>2</sup>).

De acuerdo con la división municipal de entidades federativas, el municipio de Mérida limita geográficamente con los municipios de Progreso y Chicxulub al norte; con los de Tecoh, Abalá y Timucuy al sur; al este con los de Conkal, Kanasin y Tixpéhual y al poniente con los de Ucú y Umán.



Figura No. 1: *Municipio de Mérida.*

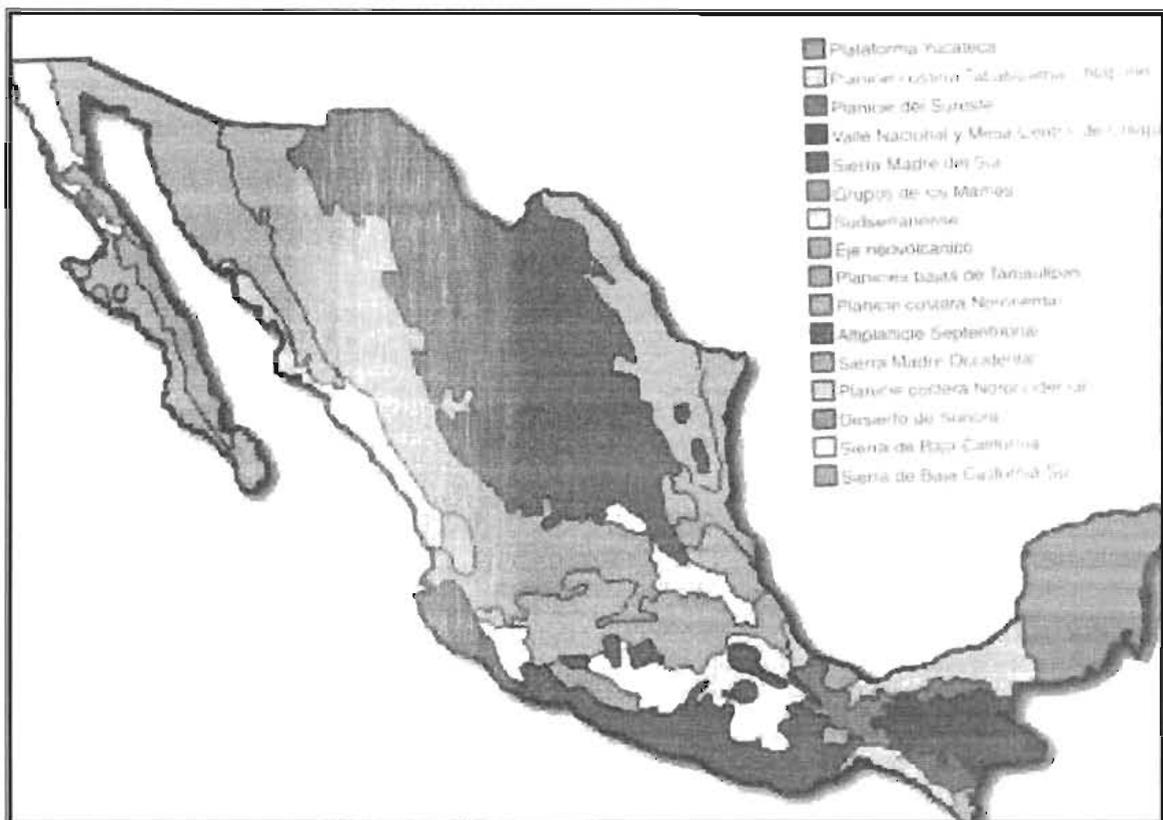
La zona conurbada de Mérida está integrada por siete municipios: Kanasin, Conkal, Ucú, Umán, Tixpéhual, Progreso y Mérida ocupando en total una extensión de 1,728.5 km<sup>2</sup>.

## Relieve

Se considera importante conocer el relieve de la zona en estudio, ya que éste permitirá, entre otras cosas, sugerir trazos de vialidades, introducción de servicios y la determinación de usos de suelo.

De acuerdo con las características geomorfológicas, el país se ha dividido en provincias fisiográficas según la semejanza de paisajes y tipos de rocas presentes, aunque en ocasiones se presentan algunas variaciones que conllevan a la tipificación de subprovincias.

Dado lo anterior, se tiene que la zona de estudio implicada, se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica denominada "Plataforma Yucateca", región que solo presenta una colindancia al suroeste con la provincia Planicie Costera Tabasqueña - Chiapaneca, tal como se puede observar en la siguiente figura:



**Figura No.2: Provincias Fisiográficas de la República Mexicana.**  
(INE, 1999)

La mayor parte del territorio de Mérida es una planicie de origen cárstico, constituida por rocas calizas; por lo que su relieve prácticamente carece de elevaciones orográficas, presentándose más bien planicies con ondulaciones e irregularidades de pocos metros, de hecho, únicamente en el sureste del estado de Yucatán podemos

observar las únicas elevaciones conocidas como "La Sierrita", cuya altitud fluctúa entre los 100 y los 300 metros sobre el nivel del mar.

El subsuelo de la zona está constituido principalmente por estratos calcáreos de origen marino, que en su superficie presentan capas de roca con espesor variable denominadas "lajas", o también se pueden encontrar capas de arcilla mezclada con materia orgánica causantes de una coloración distintiva, ya sea roja, café o negra, y cuyos espesores comúnmente alcanzan profundidades de entre 20 y 60 centímetros. Así mismo hay en abundancia un material blanquecino llamado "Sahcab", el cual es una roca calcárea no consolidada.

La clasificación empírica maya de los suelos comúnmente encontrados en esta ciudad, está basada en el color del suelo y la presencia o ausencia de las rocas y su tamaño, influyendo esto en la conservación de la humedad y en la vegetación. Los suelos que predominan en la región y sus características se presentan a continuación:

Nombre maya	Sistema	Color	Drenaje Superficial interno	Observaciones
Tzek'el	Litosoles	Café oscuro	Rápido eficiente libres de inundación	Fácilmente erosionables y no mecanizables
Chaac-luum	Cambiosoles	Rojo	Rápido eficiente libres de inundación	Fácilmente erosionables y no mecanizables
Kan-cab	Luviosoles	Rojo	Moderado rápido a moderado libres de inundación	Poco mecanizables por presentarse en manchones de 0.5 1.0 de hectárea
	Rendzinas			Poco mecanizables por presentarse en manchones de 0.5 1.0 de hectárea

## Geomorfología y Geología

Durante gran parte de la era cenozoica la Península de Yucatán constituyó áreas marinas sobre las que se depositaron gruesos espesores de sedimentos. La

regresión o retirada paulatina de los mares, causada por la emersión de estas regiones, dejaron bandas de afloramientos de los diferentes períodos de esta era.



**Figura No. 3: Principales Tipos de Rocas en la República Mexicana.**  
(INE, 1999)

Derivado de lo anterior, se ubican suelos y rocas sedimentarias, tal y como ocurre a lo largo de la zona costera del Golfo de México.

Este tipo de información es muy importante pues derivada de ella, después de un análisis de las características geomorfológicas y geológicas de una región, se puede deducir la factibilidad de desarrollo de asentamientos humanos, obras de construcción, control hidrológico de aguas superficiales, ubicación de yacimientos, entre otros.

### **Edafología**

El conocimiento de la edafología del lugar proporciona información valiosa para el manejo de actividades agrícolas, pecuarias, forestales, de ingeniería civil, paisaje urbano, entre otras.

Las condiciones ambientales existentes, tales como clima, topografía y vegetación, determinan las unidades edafológicas. Los nombres que se citan son propuestas de la FAO y la UNESCO, y las clases texturales se dividen según su contenido (en los 30 centímetros superficiales del suelo) de partículas de distinto tamaño.

Basados en la clasificación de suelos FAO-UNESCO-ISRIC, que integra 28 unidades o categorías principales, de las cuales México cuenta con 25 de ellas, se tiene que la unidad de suelo dominante en el área de estudio son los Leptosoles (Lp), que cabe mencionar son los que más abundan en el país. En Yucatán se ubican en una

superficie de 38,740 km<sup>2</sup>, lo que representa una cobertura de 88.9% en todo el estado. Las subunidades características son las réndzicas y las líticas.



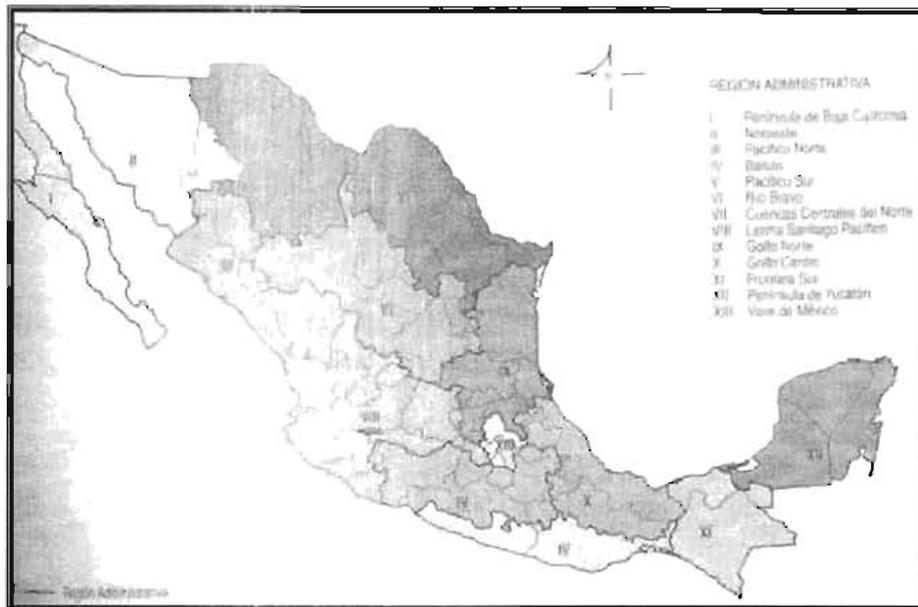
Figura No. 4: *Mapa de Suelos Dominantes de la República Mexicana.*  
(INE, 1999)

## Hidrología

El creciente desarrollo (poblacional, movilidad de asentamientos, industrial, agrícola, etc.) ha sido factor preponderante para que la demanda del recurso hídrico se haya visto incrementada. Aunado a esto, la deficiencia en la calidad del recurso sumada a la contaminación de los acuíferos hace que sea una problemática importante el lograr la disponibilidad del agua.

México posee 314 cuencas hidrológicas donde fluyen los diversos ríos y arroyos del país. Estas son alimentadas principalmente con el 28% del agua de lluvia que se precipita anualmente sobre el territorio nacional (el 72% restante retorna a la atmósfera mediante fenómenos de evaporación y transpiración).

La Comisión Nacional del Agua decidió agrupar dichas cuencas en 37 regiones hidrológicas (el área de estudio pertenece a la número 32: Yucatán Norte). Estas a su vez se agrupan en 13 regiones mayores de tipo administrativo, similares en superficie, a fin de eficientar la gestión y descentralizar funciones. Esta agrupación se basa principalmente en los rasgos orográficos e hidrográficos que posee cada una, por lo que cada región queda caracterizada por el tipo de relieve y los escurrimientos, en tanto que su drenaje asirnismo es similar.



**Figura No. 5: Regiones Hidrológicas Administrativas de la República Mexicana.**  
(Comisión Nacional del Agua, 1999)

De tales regiones hidrológicas administrativas de la Comisión Nacional del Agua, actualizadas a 1999, la zona de estudio pertenece al número XII denominada Península de Yucatán, que posee 3,250 hm<sup>3</sup> de escurrimiento superficial medio, 14 acuíferos y una recarga estimada en 31,053 hm<sup>3</sup>.

Debido a la composición característica de los suelos de Mérida, descrita anteriormente, las aguas de lluvia se infiltran generando cavidades subterráneas por las que fluyen corrientes de agua internas, de hecho resulta interesante destacar que en todo el municipio de Mérida no existen corrientes superficiales de este líquido. También y bajo el mismo proceso de interacción del agua con el suelo, se generan los conocidos cenotes que toman su nombre del maya ts'onot, estos pueden describirse como agujeros de forma circular producidos por el hundimiento de los techos de las cavidades que ponen al descubierto las aguas subterráneas, de igual forma son características de la zona en estudio las dolinas que son hundimientos en los que no aflora el manto freático, por lo que su fondo se va rellenando con arcillas, aunque durante la época de lluvias se acumula el agua temporalmente formando estanques o lagunas y por lo cual son conocidas como aguadas.

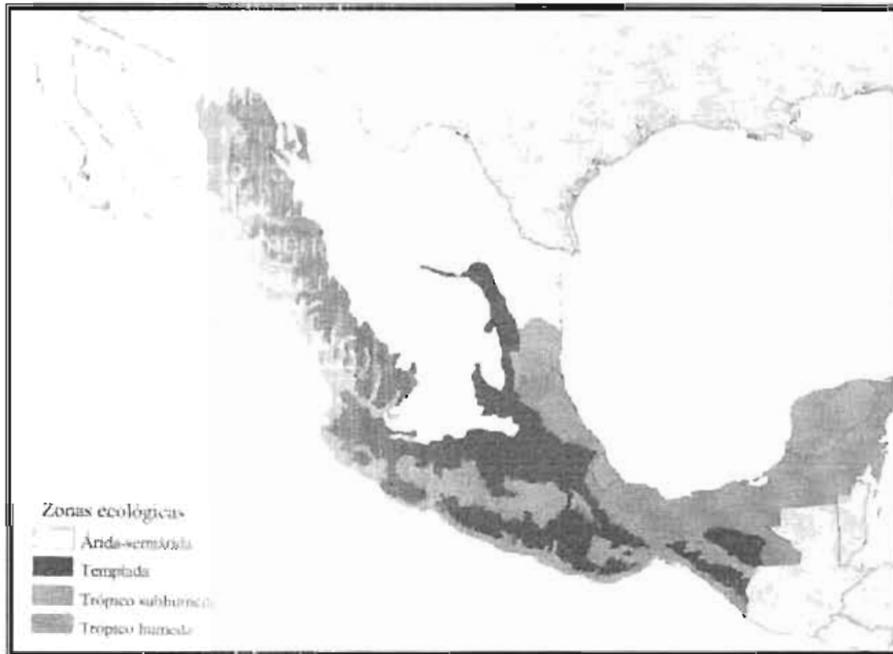
### **Climatología**

A pesar de que el clima casi siempre es caliente, Yucatán presenta de manera característica, dos tipos de clima: calido subhúmedo que incluye el 90% de su territorio y calido semiseco, en la costa noreste, siendo los meses mas calurosos los de abril y mayo, presentando temperaturas record de hasta 40° centigrados.

Un beneficio aprovechable sobre el conocimiento del tipo de clima presente es que puede ayudarnos a determinar en situaciones específicas, la mejor época para llevar

a cabo algún proyecto vial o, por ejemplo, seleccionar el tipo de pavimento a utilizar de acuerdo a las características climáticas, de temperatura y precipitación.

La zona de estudio pertenece a la zona ecológica trópico subhúmeda, con una clasificación del clima como de tipo "Awo" (Cálido subhúmedo con lluvias durante el verano), esto de acuerdo con la caracterización de zonas efectuada por la SEMARNAT adaptando la zonificación elaborada por la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte antes mencionada y reforzada además por la clasificación de Köeppen modificada por Enriqueta García para la República Mexicana.



**Figura No. 6: Zonas Ecológicas en la República Mexicana.**  
(Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, INE, INEGI, 1997)

### Temperatura promedio anual

La temperatura promedio anual reportada está entre 24.5° C y 27° C.

### Precipitación promedio anual

La precipitación es uno de los factores decisivos en la configuración estructural y funcional de los ecosistemas. Su gestión integral resulta ser la herramienta más eficaz a efectos de regular el componente hidrológico. En la ciudad de Mérida la precipitación promedio anual se ubica entre los 838 mm y los 1,128 mm, donde la presencia de las lluvias es larga, abarcando desde el mes de mayo hasta el de enero que es cuando ocurre el 65% de la precipitación anual, sin embargo no es raro que llueva durante los llamados meses secos como febrero, marzo y abril.

### **1.3 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS**

#### **Descripción de la estructura demográfica de Mérida**

De acuerdo a datos obtenidos por el INEGI, Mérida es una ciudad con una población experimentando una etapa de transición, pasando de una "Población Joven" a una "Población Intermedia", hecho que puede observarse mediante lo siguiente, para el año 1995 el 59.5% de la población tenía entre 15 y 64 años de edad, el 34% era menor de 15 años y el 5.6% tenía 65 años o más, de manera que, uno de los principales cambios demográficos es el de la disminución en la proporción de población joven y el incremento de la población intermedia, cambio que puede justificarse en función de la reducción de la natalidad. Otro aspecto demográfico destacable de la ciudad de Mérida, indica que existe un marcado dinamismo en el que predominan las tendencias a la concentración urbana y al abandono de las formas de vida ligadas a las pequeñas comunidades rurales.

Respecto al nivel de vida alcanzado por la población, podemos mencionar mediante dos indicadores, que tanto el nivel de instrucción como la ocupación laboral de los habitantes de Mérida presentan diferencias muy marcadas al comparar a una población urbana con una rural ya que para la segunda existe aproximadamente el doble de analfabetismo y de sujetos con primaria incompleta, pero resulta alentador analizar que la tendencia a la concentración urbana colaboraría para mejorar los niveles de instrucción de los habitantes. Se obtuvo también que la desventaja de la mujer en aspectos de instrucción es menor que la que se encuentra en otras regiones del país. En general se puede establecer que, salvo el sector rural, la población de Mérida tiene una estructura educacional desarrollada con niveles de instrucción adecuados dentro de la población que les permite tener niveles de vida aceptables.

También se puede destacar que la estructura según el género del sector de población ocupada, muestra para el sector secundario (Industria) una proporción equitativa de hombres y mujeres trabajando en él, en el sector terciario observamos una mayor actividad por parte de las mujeres y solo para el sector primario sigue destacando el dominio de los hombres.

De manera general vemos que el panorama sociodemográfico de la ciudad de Mérida arroja la visión de una sociedad dinámica, involucrada en procesos de urbanización e industrialización acelerados con rezagos rurales y con sectores que han accedido a niveles de instrucción aceptables, en condiciones comparables entre hombres y mujeres, sin embargo una proporción importante de estas últimas continúa vinculada con las tareas del hogar como su actividad principal.

A fin de tener una visión completa de las tendencias poblacionales en el área de estudio, se decidió partir de lo general a lo particular considerando la información demográfica de INEGI.

Derivado de lo anterior se presentan los datos poblacionales del estado de Yucatán:

<i>Año</i>	<i>Población</i>
1970	758,355
1980	1,063,733
1990	1,362,940
1995	1,556,622
2000	1,658,210

**Tabla No. 1: Datos Poblacionales del Estado de Yucatán.**

Considerando los datos de los Censos de Población y Vivienda del INEGI para el municipio de Mérida, se tiene la siguiente información:

<i>Año</i>	<i>Población</i>	<i>Tasa de Crecimiento</i>	<i>% Respecto a Yucatán</i>	<i>Densidad (hab/ha)</i>
1970	241,964		31.9	38.36
1980	424,529	2.74 %	39.9	51.02
1990	556,819	3.13 %	40.8	41.18
1995	649,770	1.60 %	41.9	-
2000	703,324		42.5	40.70

**Tabla No. 2: Datos Poblacionales del Municipio de Mérida.**

Partiendo de la información estadística del año 2000, si se toma en cuenta la Zona Conurbada de Mérida, que incluye los otros seis municipios antes mencionados, la población llegó a alcanzar los 855 618 habitantes, lo cual representaba el 52% de la población del estado y una densidad de 49.5 habitantes por hectárea.

A nivel de la ciudad de Mérida, tomando en cuenta nuevamente la información censal de INEGI y la proyección al año 2002 con la tasa de crecimiento 1995-2000 (1.591%), se tiene lo siguiente:

<i>Año</i>	<i>Población</i>
1990	523,422
1995	612,261
2000	662,530
2002	683,775

**Tabla No. 3: Datos Poblacionales de la Ciudad de Mérida.**

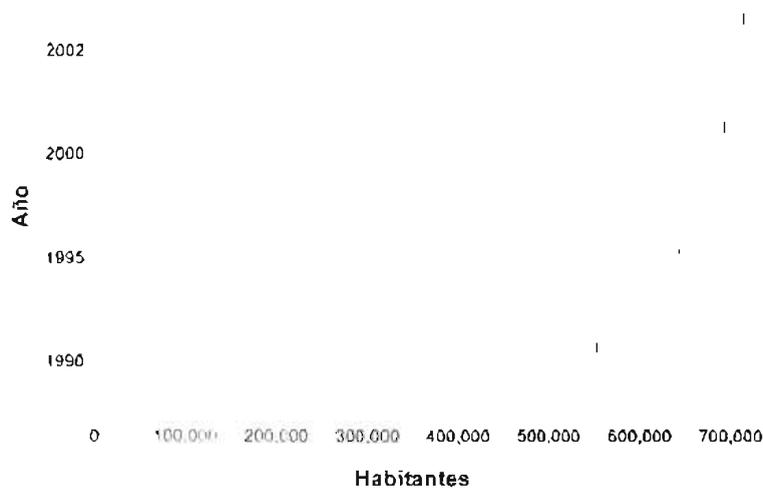


Figura No. 7: Crecimiento Poblacional en la Ciudad de Mérida.

Se obtuvieron datos de proyecciones de vivienda a fin de relacionar la información población/vivienda, utilizando una tasa de crecimiento 1995-2000 para vivienda de 2.136%.

Año	Número de Viviendas	Población/Vivienda
1990	116,158	4.51
1995	146,349	4.18
2000	162,660	4.07
2002	169,683	4.03

Tabla No. 4: Datos de Vivienda en la Ciudad de Mérida.

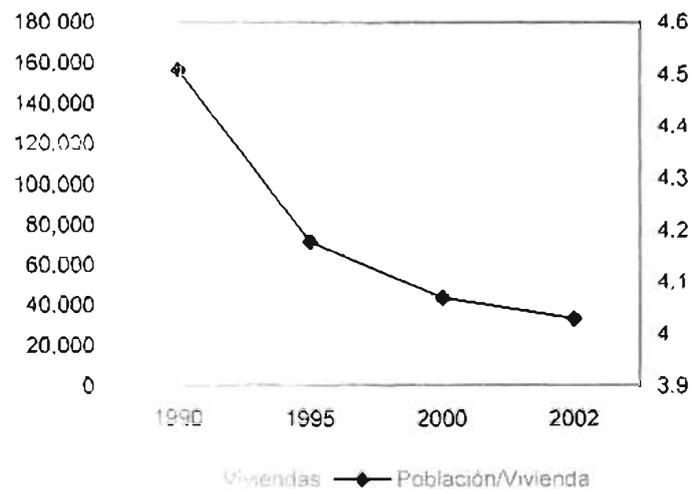


Figura No. 8: Incremento de Viviendas en la Ciudad de Mérida.

## **I.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

### **Economía**

#### **Industria**

Mérida se ha destacado dentro de este sector debido al amplio establecimiento de industrias, ya que en ella se concentran la infraestructura y los servicios necesarios y suficientes para su desarrollo. En su superficie se encuentra localizada al sur la ciudad industrial "Felipe Carrillo Puerto", que alberga a las industrias mayores y cuenta con una superficie de aproximadamente 164 hectáreas dotadas de todos los servicios. Entre las industrias establecidas destacan por su importancia las del cemento, alimentos balanceados, aceites vegetales comestibles, artículos de plástico y la eléctrica. Hacia al norte se encuentran la siderúrgica y el parque para industrias no contaminantes en donde operan varias maquiladoras. Existen además otras industrias como la metalmecánica y la del vestido que participan de manera importante dentro de este sector.

#### **Comercio**

El sector comercio es uno de los más desarrollados, debido principalmente a la falta de productos locales, lo cual propicia que gran parte de los artículos que se demandan sobre todo productos básicos y refacciones, provengan del interior del país, principalmente de la ciudad de México, su importancia en la infraestructura comercial, se refleja al ser punto de enlace para el abastecimiento de productos perecederos que son enviados hacia Cancún y otros centros turísticos del Estado de Quintana Roo.

#### **Turismo**

Este representa una derrama económica significativa para el municipio de Mérida debido a que cuenta con la infraestructura necesaria para poder recibir un número considerable de visitantes de todos los niveles económicos, quienes responden favorablemente al hospedarse en la ciudad de Mérida.

#### **Empleo**

De acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2000 del INEGI, la población económicamente activa en el municipio de Mérida fue de 428,324 habitantes en el año 2000, que representó el 60.9% de la población total, de éstos el 1.3% están desempleados, tasa que hace que Mérida ocupe el sexto lugar nacional entre las ciudades con menor índice de desempleo, según el INEGI.

Según datos de la Encuesta Nacional de Empleo Urbano del INEGI del año 2000, sólo el 1.2% de la población económicamente activa en el municipio de Mérida se encuentra desempleada, en parte debido al impulso a la rama de la construcción y a la industria maquiladora.

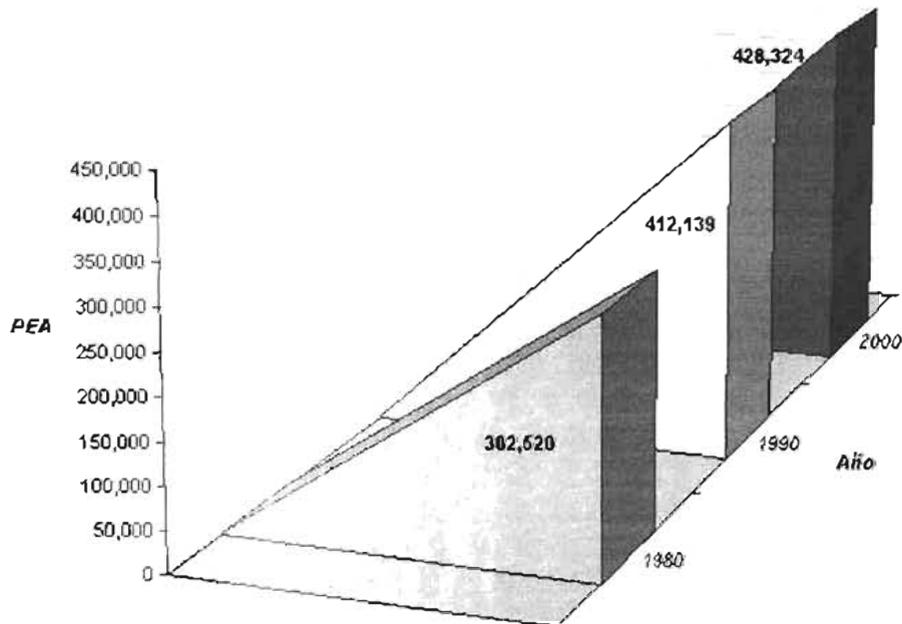


Figura No. 9: Población Económicamente Activa en el Municipio de Mérida.

### Parque Vehicular

En cuanto al parque vehicular registrado, de acuerdo con la información proporcionada por la Subdirección de Vialidad y Transporte del H. Ayuntamiento de Mérida, éste está dado por:

Tipo de Placa	Total
Autos de Servicio Particular	166,369
Autos de Servicio Público	2,650
Camiones y Camionetas de Servicio Particular	52,015
Camiones y Camionetas de Servicio Público	1,971
Ómnibus de Servicio Particular	303
Camiones Pasajeros y Minibús de Servicio Público	1,732
Motos	21,582
Remolque	4,462
Demstraciones	131
Camiones Pasajeros y Minibús de Servicio Público Federal	1,146

Tabla No. 5: Placas en Circulación en Yucatán al 2002.  
(Gobierno del Estado, Secretaría de Hacienda)

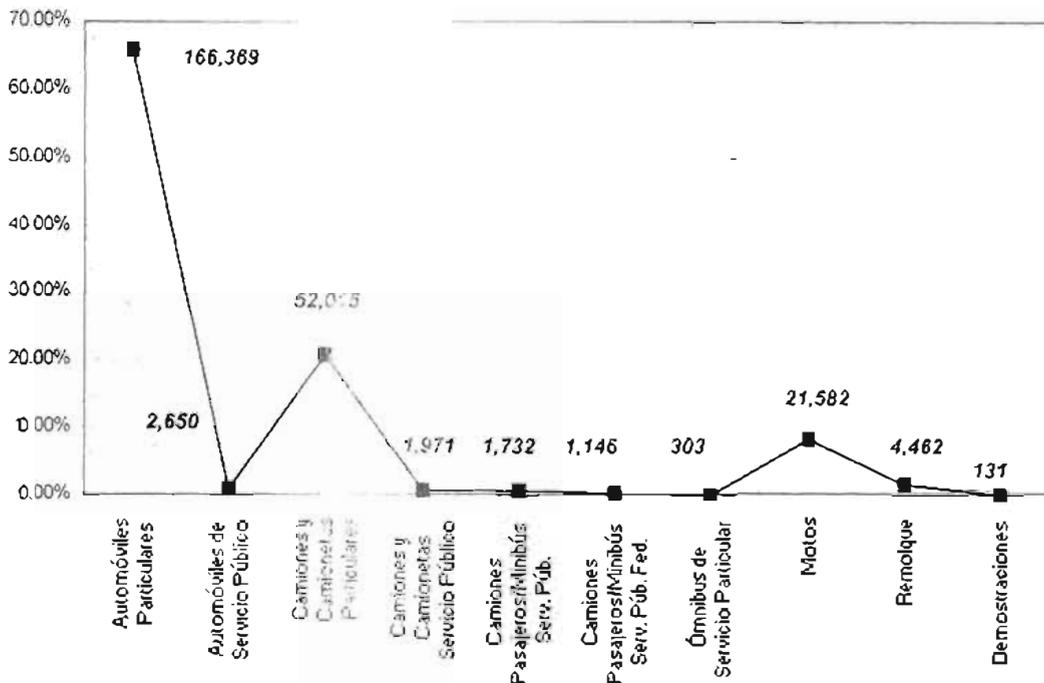


Figura No. 10: Padrón Vehicular en Yucatán.  
(Gobierno del Estado, Secretaría de Hacienda)

## 1.5 ASPECTOS URBANOS

Como ciudad capital Mérida se ha convertido en una ciudad concentradora de actividades y servicios, por lo que el flujo de personas y bienes resulta ser continuo. Asimismo, es reconocida como un centro de operaciones financieras a nivel regional.

Cabe mencionar que en la medida en que se genera tal concentración, las zonas rurales o distantes reciben también influencias. De hecho, el municipio de Mérida capta el mayor número de habitantes provenientes de comunidades rurales, en los que la dotación de servicios urbanos es aún insuficiente.

La ciudad cuenta con 8 distritos y 4 subcentros urbanos: Pacabtún, Kukulcán, Santa Rosa e Inalámbrica

Con la finalidad de reflejar aspectos urbanísticos actuales de la ciudad, se consideran los usos de suelo y la dotación de servicios como son vivienda, agua potable, drenaje, energía eléctrica y alumbrado.

### Usos de Suelo

De acuerdo con datos actualizados a 2001 de la Dirección de Desarrollo Urbano del H. Ayuntamiento de Mérida se tiene que el uso de suelo primordial en el municipio es el uso habitacional, con 13,602.19 ha.

Las áreas industriales se ubican básicamente al norte y poniente en una extensión de 1,642.41 ha., en tanto que en lo referente al uso de equipamiento, éste se tiene en 1,303.93 ha.

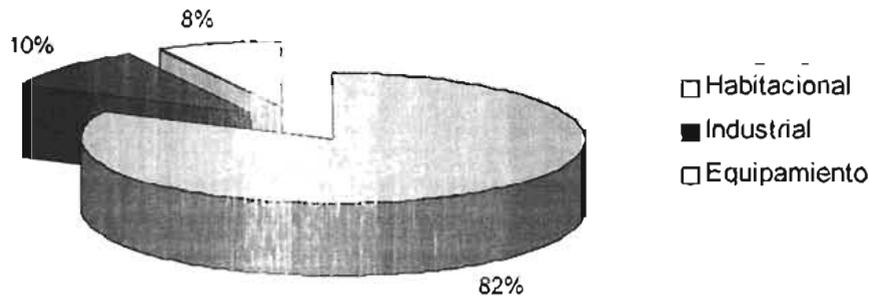


Figura No. 11: Usos de Suelo en el Municipio de Mérida.

En el norte se ubica el área residencial, de poca densidad y mayor grado de consolidación, mientras que en la parte sur habitan los sectores de población con ingresos bajos, y aún está en proceso de consolidación.

Las zonas de industria ubicadas al poniente, como el Parque Industrial Felipe Carrillo Puerto y al norte, la industria manufacturera (Parque de Industrias No Contaminantes), han tenido un crecimiento irregular.

Es importante mencionar que la urbanización es un factor primordial en los cambios de uso de suelo. Además de afectar directamente los asentamientos humanos, incrementa los volúmenes vehiculares, el parque habitacional, la capacidad de infraestructura y equipamiento, entre otros. Con una adecuada planificación y ordenamiento urbano se pretende que tales efectos sean mitigados.

Los municipios con mayor desarrollo industrial son Mérida, Umán, Progreso y Hunucmá.

### Vivienda

El total de viviendas en Yucatán y el municipio de Mérida se muestra en la tabla siguiente, en la cual se indica además el porcentaje de viviendas que ocupa Mérida con respecto a Yucatán.

Año	Yucatán	Mérida
1990	273,958	121,879 (44.49%)
1995	330,155	153,989 (46.64%)
2000	373,243	172,345 (46.18%)

Tabla No. 6: Total de Viviendas en Yucatán y Mérida.

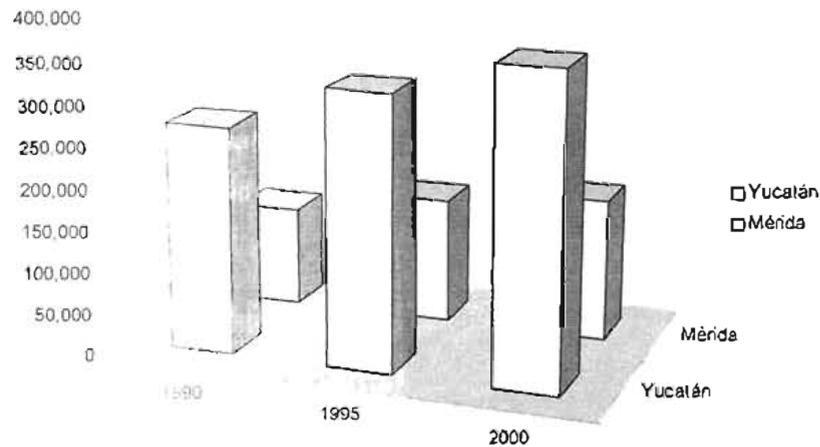


Figura No. 12: Crecimiento en Viviendas en Mérida y Yucatán.

### Drenaje

El 19.8% de la población en el municipio carece de este servicio.

### Electrificación y Alumbrado

La generación de energía eléctrica en la región no representa conflicto alguno, pues en Mérida se cuenta con un sistema de tres termoeléctricas. En consecuencia la dotación del servicio es casi total (97.7%).

La planta Mérida III tiene capacidad para generar 4,800 gigavatios por hora.

### Educación

La educación en Mérida tiene un carácter importante y por tal motivo este servicio destaca de los demás, está integrado por dos universidades, un instituto tecnológico regional y varios centros de estudios superiores, además de su amplia cobertura en lo que se refiere a la educación media y básica. Para la educación básica existen planteles de enseñanza inicial, preescolar, primaria, secundaria y normal. Respecto a la educación media superior hay escuelas de bachillerato general y de carreras técnicas y artísticas.

## II. DIAGNÓSTICO

Para definir claramente la problemática se requiere entender la situación actual así como las causas pasadas – presentes que dieron lugar a ella; a éste análisis se le llama **diagnóstico**.

El diagnóstico es el análisis de la información que describe a la situación prevaleciente y trata de descubrir la relación causa – efecto de los fenómenos que se observan. El diagnóstico se refiere principalmente al estudio de aquellos elementos que se desean modificar o en los que se ha detectado una situación indeseable.

El diagnóstico, en un proceso de planeación, identifica la problemática y las causas que la originan para poder realizar acciones que logren situaciones futuras deseadas.

Para el estudio de vialidad y tránsito de la Cd. De Mérida, el diagnóstico arroja una serie de resultados que sirvieron para poder determinar la problemática que tenía el sistema vial. Dichos resultados se obtuvieron a partir de los estudios que en éste capítulo se describen.

### II.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

#### II.1.1 Desarrollo urbano y transporte privado

La Cd. De Mérida concentra una magnitud importante de actividades y servicios, lo cual la hace un atractor para pobladores de localidades aledañas, y esto está generando un crecimiento que en un futuro cercano puede acarrear serios impactos en usos de suelo, tenencia de tierra, culturales entre otros.

El límite actual de la mancha urbana de Mérida es el Anillo Periférico, pero en algunas áreas, tales como la porción norte de la ciudad ha sido rebasado. Este crecimiento se aprecia influenciado por la proximidad con Puerto Progreso (Progreso se destaca por ser un puerto con actividad importante de importación / exportación, además de turístico y suministrador de insumos para la región), y el litoral Yucateco, sin embargo, cabe hacer mención que las características del suelo en esa zona no reúne las mejores condiciones para sustentar el desarrollo urbano. Por otra parte la zona sureste y la zona sur de la ciudad parecen reunir las condiciones de desarrollo urbano a corto, mediano y largo plazo.

#### **Sistema de vialidad y tránsito**

El centro de la Cd. De Mérida presenta una traza vial ortogonal, con sentidos mayoritariamente norte – sur y secciones estrechas. No existe continuidad, el aforo vehicular es irregular y se presentan variaciones de actividad horaria.

También la zona centro presenta problemas de congestionamiento vial, el sistema de semaforización es deficiente, las banquetas son estrechas en promedio de 0.80 a 1.20 metros, lo que provoca que el tránsito peatonal se torne inseguro.

Otro problema que presenta el sistema de vialidad y tránsito son las barreras físicas como son: el aeropuerto, el centro de readaptación social y la estación central de ferrocarriles que debido al crecimiento de la mancha urbana han quedado insertos en la misma, lo que dificulta la adecuada comunicación vial.

### **II.1.2 Estrategias para el plan de desarrollo urbano**

Las estrategias para el plan de desarrollo urbano, son la imagen objetivo que se tiene del sistema vial y su concepción es antes de cualquier estudio físico y operacional, es decir, aún no se tiene una visión clara de los problemas que aquejan la red.

#### **Estrategia de estructura vial**

- ✓ La estructura urbana se articulará mediante una red vial que permita una mayor eficiencia y fluidez, ampliando la comunicación con el resto de la zona conurbada de Mérida.
- ✓ Se integrará un sistema eficiente de semáforos.
- ✓ Implementar en el corto plazo un proyecto de señalización, poniendo énfasis en las intersecciones conflictivas.
- ✓ Completar la construcción del Anillo Periférico (carriles de baja velocidad, ciclistas, áreas verdes y señalización).

#### **Estrategia de vialidades**

- ✓ Vialidades primarias: Serán de 3 o más carriles de circulación, con uno o dos sentidos de circulación, se recomienda que en las vialidades donde exista camellón se prohíban vueltas en "U". Las vialidades primarias estarán dotadas de ciclovías y vías peatonales.
- ✓ Vialidades secundarias: Serán de 2 o más carriles, con uno o dos sentidos de circulación. Cuando sean de dos sentidos de circulación el camellón será opcional.  
Las vialidades secundarias estarán dotadas de al menos un carril de ciclovías y al menos de una vía peatonal.  
También se reservarán espacios para paradas de transporte público que no afecten la circulación del tránsito.
- ✓ Vialidades terciarias: Serán de 1 o más carriles con uno o dos sentidos de circulación.  
La circulación peatonal será libre de obstáculos y se recomienda que no circule el transporte público.

## II.2 ENCUESTA ORIGEN – DESTINO

### II.2.1 Diseño

#### Objetivo

El objetivo general de la encuesta de origen y destino en viviendas es conocer las características de los viajes que se generan en las viviendas de la Ciudad de Mérida, así como las características socioeconómicas de los viajeros. Esta información se utiliza para entender cuántos viajes hace cada habitante (de más de cinco años de edad) de la Ciudad de Mérida durante cada día promedio. Con la encuesta también se recopilan datos sobre los propósitos de los viajes y los modos de transporte que se utilizan.

La población está constituida por las viviendas ubicadas dentro del territorio urbano del área de estudio. La encuesta de origen y destino de viajes tendrá una cobertura geográfica que contemple la totalidad de la Ciudad de Mérida.

Es necesario realizar a lo largo de la encuesta origen–destino en viviendas las siguientes actividades: diseñar la muestra y diseñar el cuestionario. Cada una de las actividades se explican en los siguientes párrafos.

#### Diseño de la Muestra

El tamaño de la muestra de la encuesta origen–destino en viviendas depende principalmente de dos factores: precisión y nivel de confianza.

La precisión es simplemente la exactitud de la estimación de la muestra. Por ejemplo, si la vivienda promedio de la Ciudad de Mérida genera diez viajes por persona cada día de la semana, el estimado de la muestra del promedio de viajes por persona por vivienda es igual a diez. Ya que el estimado se basa en la muestra, el promedio de la muestra está sujeto a un error de muestreo. Este error de muestreo es una función de la variabilidad entre viviendas del número de viajes, y el número de viviendas de la muestra.

La medida de la exactitud es la desviación estándar del estimado del promedio:

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

donde:

$\sigma_x$  = error estándar del promedio.

$\sigma$  = desviación estándar de la muestra que es igual a:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - x)^2}{n-1}}$$

donde:

$n$  = número de viviendas de la muestra.

$X_i$  = número de viajes para la vivienda  $i$ .

$\bar{x}$  = número promedio de viajes para todas las viviendas de la muestra que es igual a:

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Por ejemplo, si se tuvieran 324 muestras con un promedio de 10 viajes por vivienda, con una desviación estándar de 9.0, el error estándar del promedio de acuerdo con la ecuación de arriba (1), sería

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{9}{\sqrt{324}} = 0.5$$

Ya que el promedio es 10 viajes por vivienda, el error relativo porcentual es  $[(0.5 \div 10)100=5\%]$  cinco por ciento. Con este resultado se puede tener la confianza de que el promedio de viajes por vivienda para todas las viviendas de la Ciudad de Mérida es igual al 10 o por lo menos está dentro del rango de 9.5 a 10.5.

La distribución muestral del error estándar del promedio es tal que el 68% de las veces, el promedio de la muestra estará entre más o menos una desviación estándar, esto se conoce como nivel de confianza del 68%. El nivel de confianza del 95% es igual a 1.96 errores estándar del promedio, y el nivel de confianza del 98% se define como 3 errores estándar del promedio.

En planificación de transporte se selecciona por lo general un nivel de confianza de 90 ó 95%. Para la Encuesta Origen–Destino en Viviendas de la Ciudad de Mérida, se usó un nivel de confianza de 95%.

El tamaño de la muestra puede ser determinado asumiendo una estimación apropiada de la variabilidad. Si ambos lados de la ecuación (1) se dividen por el promedio, se obtiene:

$$\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\bar{x} \sqrt{n}} \quad (2)$$

Ya que  $\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}}$  es el coeficiente de variación (c.v.), el error relativo del promedio,  $e$ , está dado por:

$$e = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x} \sqrt{n}} = \frac{c.v.}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

y

$$n = \frac{(c.v.)^2}{e^2} \quad (4)$$

Más aún, si el número de errores estándar deseados (nivel de confianza) se especifica como Z, entonces:

$$n = \frac{Z^2 c.v.^2}{e^2} \quad (5)$$

De la ecuación (5) es posible estimar el tamaño de muestra general para un nivel de precisión y un nivel de confianza dados, si se conoce el coeficiente de variación c.v.

Con base en las encuestas de origen-destino en viviendas que se han realizado a través de los años, 0.9 es una buena aproximación del coeficiente de variación de viajes. El cuadro no. 1 que se muestra a continuación ha sido calculado para ilustrar el error relativo asociado a diferentes tamaños de muestra y niveles de confianza.

En este cuadro no. 1 se ilustra el impacto que tienen los requerimientos de nivel de error y nivel de confianza en el tamaño de la muestra. Si se está de acuerdo en aceptar un error relativo de más-menos 10%, con un nivel de confianza del 90%, una muestra de 218 sería suficiente. Sin embargo, si se escoge una exactitud de más-menos 1%, con el mismo nivel de confianza del 90% el tamaño de la muestra requerido se incrementaría aproximadamente 100 veces a 21,786. Nótese que para un nivel de confianza del 98%, se requieren 2.33 veces más muestras que para un nivel de confianza del 95%.

### Tamaño de muestra requerido para algunos errores relativos

(Con Niveles de Confianza del 90%, 95% y 98%, y Coeficiente de Variación igual a 0.9)

Error Relativo Porcentual	Nivel de Confianza		
	90%	95%	98%
1%	21,786	31,117	72,900
2%	5,446	7,779	18,225
3%	2,420	3,457	8,100
4%	1,362	1,945	4,556
5%	872	<b>1,245</b>	2,916
6%	605	864	2,025
8%	340	486	1,339
10%	218	311	729
15%	97	138	324

Un punto importante es que *el tamaño de la muestra es independiente del tamaño del universo*, mientras que se tenga un universo suficientemente grande comparado con la muestra. A continuación se dan las razones de esta conclusión importante.

Existe un factor de corrección finito igual a:

$$\frac{m-n}{m-1}$$

donde:

m = es el número de elementos en el universo.

n = tamaño de la muestra.

Si el -1 en el denominador es ignorado, la expresión se vuelve:

$$1-r$$

donde:

r = tasa de la muestra.

Para una tasa de la muestra menor igual al 2%, el factor de corrección es 0.99 o mayor.

Prácticamente, lo que esto significa es que se requerirá el mismo tamaño de muestra para una ciudad de tamaño mediano que para ciudades de gran tamaño. Es importante notar que si se estudiaran subdivisiones de la Ciudad de Mérida, es necesario duplicar el tamaño de muestra si se requiere mantener los mismos niveles de confianza y precisión para cada subdivisión.

Como se muestra en el cuadro, una muestra de 1,245 viviendas proporcionaría suficientes viajes por hogar con una exactitud para la ciudad entera de  $\pm 5\%$  a un nivel de confianza del 95%.

Entonces se considera que **un tamaño de muestra de 1,245 viviendas es adecuado para la calibración de modelos de simulación de transporte**, incluyendo los modelos de demanda de viajes. Este tamaño de muestra corresponde a un nivel de confianza del 95% y un error relativo del 5%.

### Diseño del Cuestionario

El diseño de la cédula de encuesta tiene por objetivo captar las variables necesarias para contar con información confiable y suficiente para avanzar en el desarrollo y calibración de los modelos de simulación de transporte para la Ciudad de Mérida. Las variables que se requieren captar dentro de la encuesta incluyen los siguientes tres tipos:

#### Datos de la Vivienda

Estos datos consisten de información demográfica y socioeconómica acerca de la vivienda y se obtendrán entre otros los siguientes datos:

- ✓ Dirección de la vivienda.
- ✓ Tipo de vivienda.
- ✓ Número de personas que habitan en ella durante la mayor parte del año.
- ✓ Número de habitantes mayores de 5 años.
- ✓ Número de vehículos disponibles en la vivienda.
- ✓ Otros.

### Datos Sobre los Residentes de la Vivienda

Los datos de los residentes consisten en información demográfica de cada una de las personas que habitan la vivienda en el día preestablecido para la encuesta. Se recopilarán entre otros los siguientes datos para cada habitante:

- ✓ Edad.
- ✓ Actividad.
- ✓ Su condición de empleo.
- ✓ Su disponibilidad de vehículo.
- ✓ Si realizó viajes.
- ✓ Si fue personalmente entrevistado.

### Datos Sobre los Viajes Realizados

Los datos de viajes consisten en información de cada viaje hecho por cada residente de la vivienda de 5 años o más. Se recomienda levantar la siguiente información:

- ✓ Número de residente.
- ✓ Número de viaje.
- ✓ Domicilio donde inicia el viaje.
- ✓ Domicilio donde termina el viaje.
- ✓ Propósito del viaje.
- ✓ Hora de inicio del viaje.
- ✓ Hora de terminación del viaje.
- ✓ Modalidad de transporte.

### Definición de Viaje

Es importante clarificar lo que se entiende por un viaje. Para propósitos de la encuesta **un viaje significa un movimiento desde un punto de origen hasta un punto de destino con un propósito específico**. Movimientos con propósitos distintos se consideran como viajes distintos. No obstante una persona utilice diferentes modos de transporte entre un origen y un destino, si el propósito del viaje es uno solo, entonces se considera como sólo un viaje.

## II.2.2 Resultados

Para determinar los patrones de movilidad de los Meridianos, se diseñó y aplicó una encuesta origen-destino de viajes en viviendas.

El tamaño de muestra de diseño fue de 1,245 viviendas, mismo que proporciona suficientes viajes por hogar con una *exactitud* para la ciudad de Mérida de  $\pm 5\%$ , a un *nivel de confianza* del 95%. Éste se aumentó a 1,515 hogares, mismos que se distribuyeron en las 125 zonas en que se dividió la ciudad de Mérida, con base en el número de viviendas en cada zona.

Se obtuvieron, entre otros:

- Datos de la vivienda
- Datos de los residentes de la vivienda
- Información de los viajes realizados el día anterior a la encuesta
  - ✓ Origen y destino
  - ✓ Modo de transporte
  - ✓ Propósito del viaje
  - ✓ Tiempo del viaje

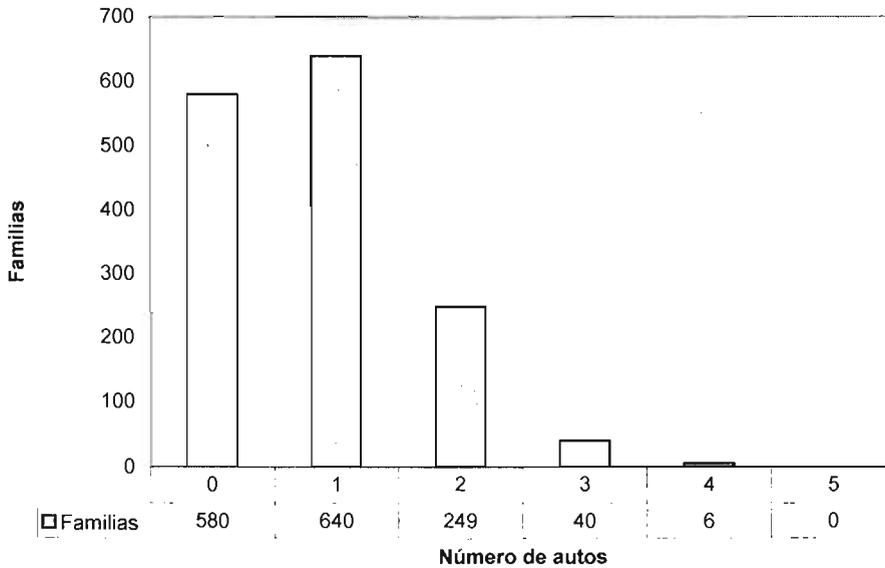
La encuesta consideró a todos los residentes del hogar y en ella se recabaron los datos de todos los viajes origen-destino que se generan durante un día normal.

Dentro de los datos de la encuesta se tiene el número de residentes, cuántos de ellos trabajan, sus edades, su actividad, el número de automóviles que poseen y el tipo de vivienda.

Los datos de los viajes contienen el número de residente, el número de viaje, el lugar y zona donde se origina el viaje, la hora de inicio de viaje, la modalidad del transporte, el lugar y zona donde termina el viaje, la hora de término, el tiempo de recorrido y el propósito del viaje.

*Algunos resultados:*

- En los hogares entrevistados residen 5,592 personas.
- De esas personas 2,289 trabajan (40%).
- El 73.2% viajan (4,129).
- En los 1,515 hogares se generaron 10,334 viajes origen-destino durante todo el día, sin incluir los viajes en distancias menores de 500 metros.
- Las 1,515 familias entrevistadas poseen 1,282 automóviles, con un promedio de 0.846 automóviles por familia; de las cuales el 38.3% no poseen automóviles y el 61.7% poseen uno o más automóviles.

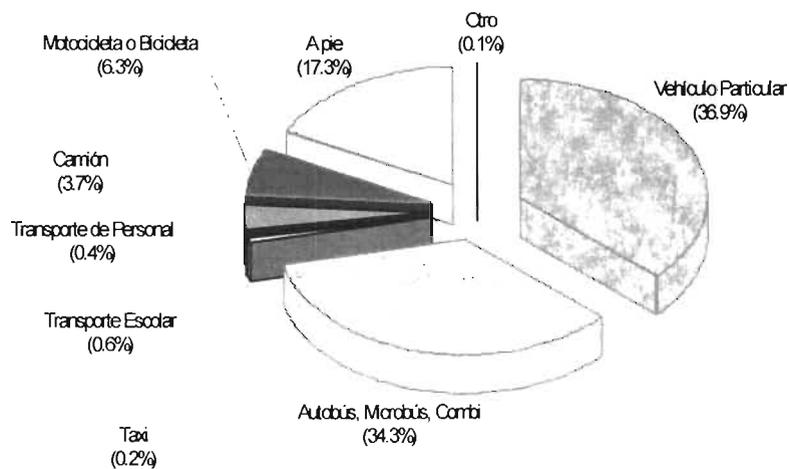


**Figura No. 13: Número de Autos por Familia.**

Haciendo un análisis por sector se pudo apreciar que el sector 8 tiene la mayor proporción de vehículos. Este sector se caracteriza por ser una zona de viviendas de tipo residencial. Por otra parte, el sector 11 tiene la menor proporción de vehículos y se caracteriza por ser un área con viviendas de tipo precaria y popular consolidada.

### Modo de Transporte

Se realizó la clasificación en vehículo particular (automóvil o camioneta), transporte público (autobús, microbús o combi), taxi, transporte escolar, transporte de personal, camión, motocicleta o bicicleta, a pie y otros. Partiendo de los 10,334 viajes generados, se obtuvo lo siguiente:



**Figura No. 14: Modos de Transporte.**

### Propósito de Viaje

Éste se clasificó en los generados desde el hogar y que tienen como destino el trabajo, la escuela y otros lugares, y en los viajes de regreso al hogar ya sea del trabajo, de la escuela y de otros orígenes. Asimismo, se consideraron los viajes intermedios entre otros orígenes y otros destinos.

La mayor cantidad de viajes se hacen del hogar al trabajo y del trabajo al hogar, tal y como se refleja en la tabla no. 8.

Propósito del Viaje	Viajes	%
Hogar-Trabajo	2,189	21.2
Hogar-Escuela	1,787	17.3
Hogar-Otro	879	8.5
Trabajo-Hogar	2,115	20.5
Escuela-Hogar	1,684	16.3
Otro-Hogar	900	8.7
Otro-Otro	780	7.5
<b>Total</b>	<b>10,334</b>	<b>100.0</b>

Tabla No. 7: Propósito de los Viajes.

### Análisis de los Viajes

Con los datos obtenidos de la encuesta origen-destino se realizaron análisis de generación de viajes, teniendo que la hora pico matutina es de 6:00 a 7:00 con 1,633 viajes, los cuales representan el 15.8% del total de viajes efectuados. La hora pico vespertina se presenta de 13:00 a 14:00 hrs., en la que se realizan el 8.56% de lo viajes. La distribución de la generación de viajes por hora y modo de transporte muestra un comportamiento similar para todos los modos de transporte.

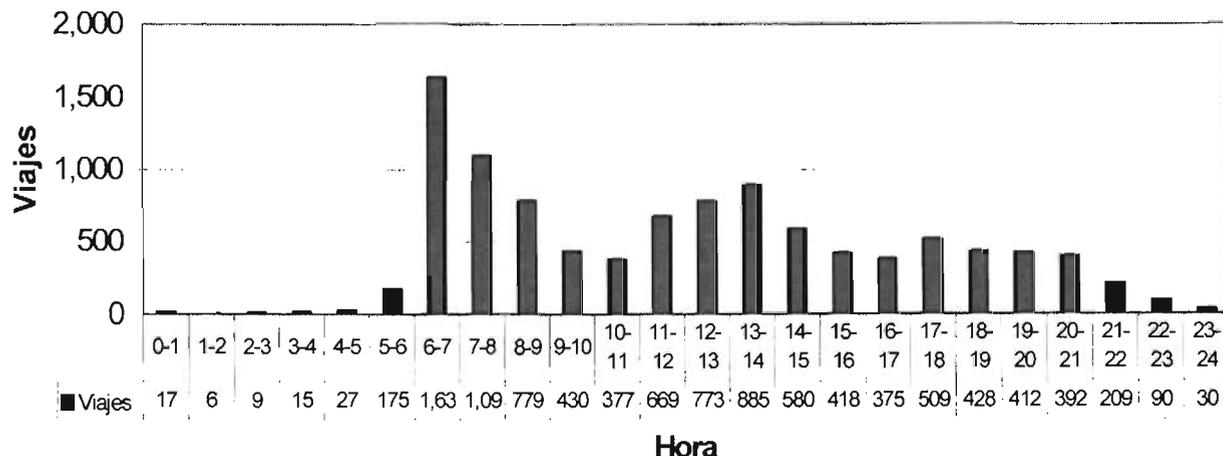


Figura No. 15: Distribución de viajes generados por hora

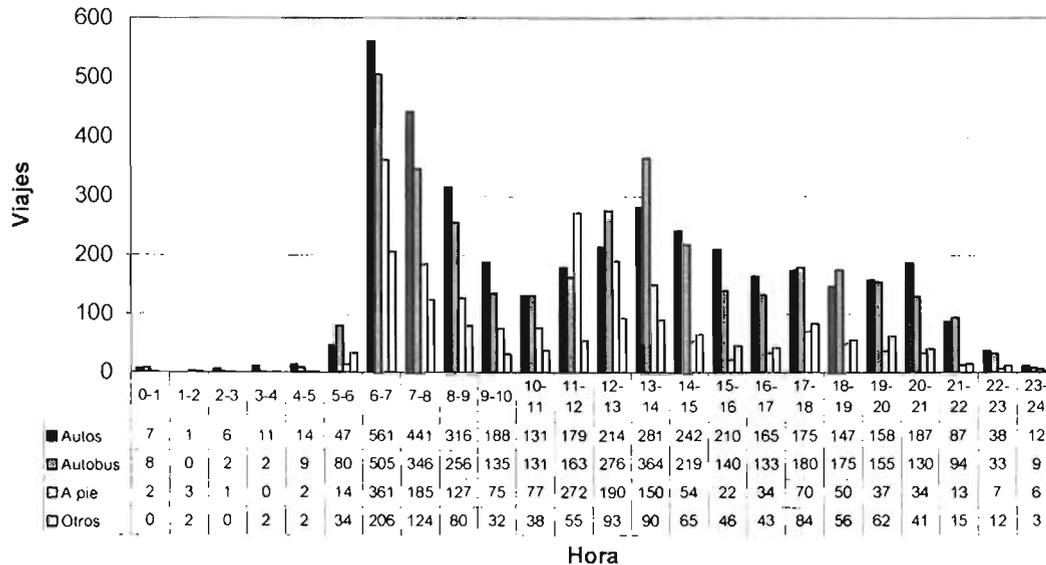


Figura No. 16: Distribución de Generación de Viajes por Hora y Modo de Transporte.

Otro análisis realizado consistió en la distribución de la llegada de viajes a su destino por hora, que muestra un pico en el horario matutino entre las 7 y las 8 de la mañana con 1,503 viajes (el 14.5% del total de viajes). En el horario vespertino se tiene un pico entre las 13 y 14 horas con el 8.8 % de los viajes.

Cabe mencionar que en el horario de 7:00 a 7:59 AM se generan 1,096 viajes, de los cuales el 66.6% llegan a su destino dentro del mismo horario y el 33.4% llegan después de las 8:00 AM.

Del mismo modo, dentro de ese horario llegan a su destino 1,503 viajes, de los cuales el 48.6% se originaron en el mismo horario y el 51.4% viajes se originaron antes de las 7:00 AM.

Por último, en el horario de 7:00 a 8:00 AM se tiene un total de 1,869 viajes que se originan o llegan a su destino, lo que representa el 18.09% de los viajes totales que se realizan durante el día.

Para el modelo se consideró como la hora pico el horario de las 7:00 a las 8:00 AM. El resultado de las estaciones maestras de aforo indica un horario de 7:15 a 8:15 AM.

Un punto de análisis interesante fue realización de la distribución de viajes que se originan en el hogar, ya sea hogar-trabajo, hogar-escuela u hogar-otro. Derivado de este análisis se obtuvo una hora pico de inicio del viaje de 6:00 a 7:00 AM., lo que representa el 29.80% de los viajes generados, en tanto que la llegada al destino de esos viajes se presenta en una hora pico de 7:00 a 8:00 AM (25.17% de los viajes).

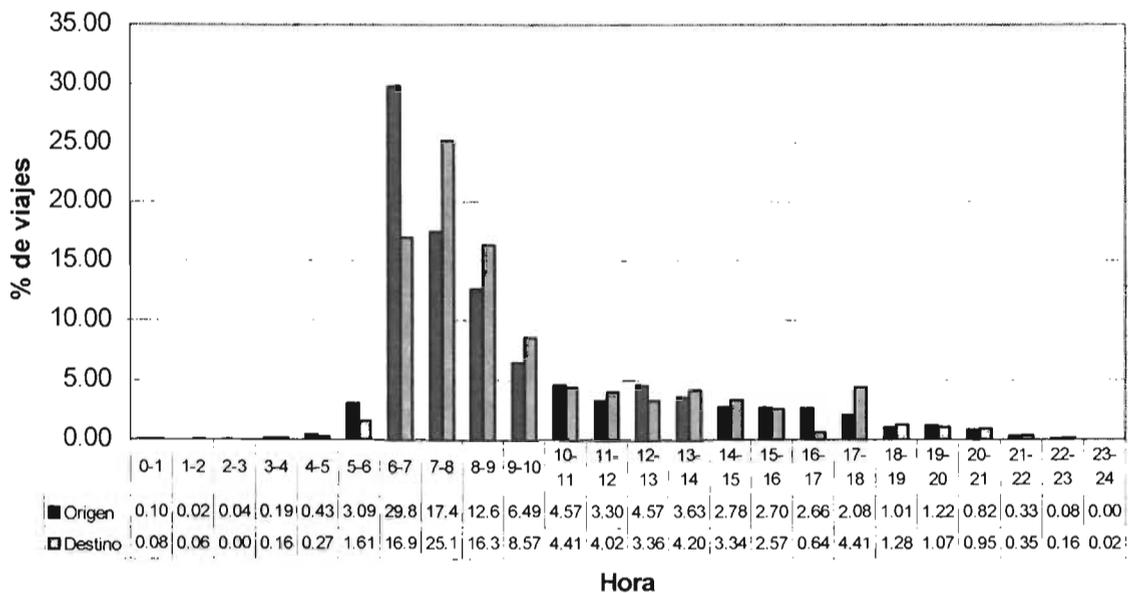


Figura No. 17: Distribución de Viajes Generados en el Hogar.

Otra información adicional es que el 34.34% de los viajes que se originan en el hogar, inician y llegan a su destino dentro del horario de 7:00 a 8:00 AM. Además, el 58.48 % de los viajes se inician en el horario de 6:00 a 9:00 AM.

### Matrices de Demanda de Viajes

Tomando como insumo dicha encuesta, se construyeron matrices preliminares de demanda de viajes. Para ello se utilizó la información de población y vivienda del INEGI a nivel de AGEB, misma que se agregó a nivel de cada una de las 125 zonas en que se dividió el área de estudio.

De manera general, los censos generales de población y vivienda de los años 1990 y 2000 arrojan una población para la ciudad de Mérida de 523,422 y 662,530 habitantes, respectivamente, con una tasa de crecimiento promedio anual del 2.385%.

La vivienda creció de 116,158 en 1990 a 163,751 en el año 2000, con una tasa de crecimiento promedio anual del 3.494%. Con el alto crecimiento de la vivienda, el número de habitantes promedio por vivienda bajó de 4.50 a 4.05.

La proyección de habitantes al año 2002 para la ciudad de Mérida es de 683,775 habitantes (utilizando tasa de crecimiento de 1995 – 2000 de 1.591%) y 169,683 viviendas.

En la gráfica siguiente se presenta en forma de líneas de deseo la matriz origen-destino de viajes en transporte privado al año 2002. En ésta se incluyen los viajes que se generan fuera de la Ciudad de Mérida, o sea los viajes externos.

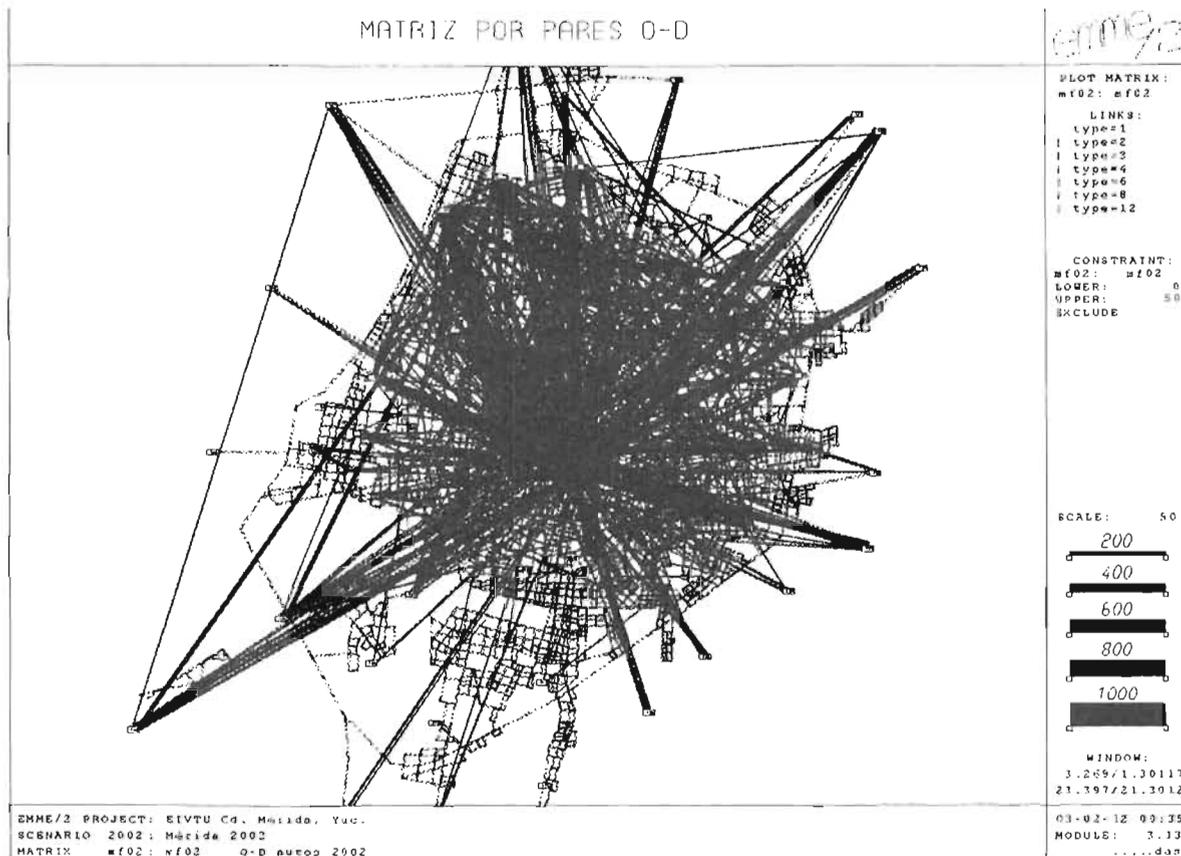


Figura No. 18: Matriz origen-destino de viajes en transporte privado al año 2002.

En síntesis, para la Ciudad de Mérida se tiene:

Variable	Año 2002
Población <sup>(1)</sup>	683,775
Viviendas <sup>(1)</sup>	169,683
<i>Transporte Privado</i>	
Viajes persona al día <sup>(2)</sup>	500,704
Viajes persona en hmd <sup>(2)</sup>	104,102
Vehículos en circulación en hmd <sup>(2)</sup>	72,098

<sup>(1)</sup> Utilizando la tasa de crecimiento de 1995 - 2000

<sup>(2)</sup> Incluye los viajes que se generan fuera de la Ciudad de Mérida, o sea los viajes externos.

## II.3 Análisis de la red vial

### II.3.1 Jerarquización de la red vial

En el anteproyecto de actualización del Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mérida, se menciona que de acuerdo con datos de la Dirección de Obras Públicas del Municipio de Mérida, en la ciudad existen 1,956.84 km de vialidades, de las cuales 1,802.17 km están pavimentadas, lo que representa el 92.10% del total.

Las vialidades pavimentadas, se jerarquizan en primarias (con alto aforo vehicular, sirven de estructuradoras de la red vial), secundarias (con aforo significativo, sirven de conectoras para vías primarias) y terciarias (vías locales de acceso a colonias), y presentan la siguiente distribución:

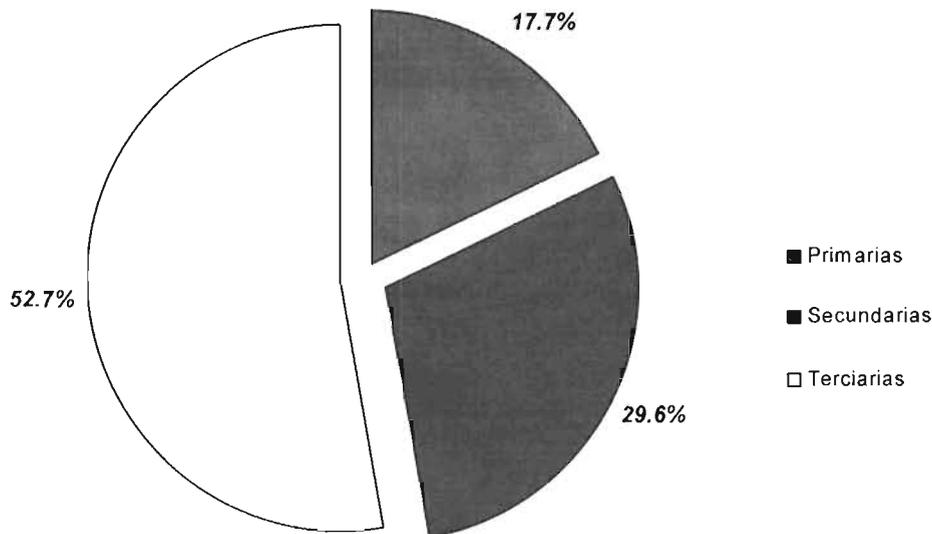


Figura No. 19: *Jerarquización de Vialidades Pavimentadas en el Programa de Desarrollo Urbano.*

### Jerarquización de la Red Vial

Se considera que la jerarquía vial, o tipo de vialidad, depende de criterios de clasificación que involucran las principales características del sistema vial, siendo éstas:

- i) La caracterización física, que considera:
  - Sentidos de circulación,
  - Intersecciones: en desnivel; a nivel, semaforizadas o no,
  - Número de carriles de circulación.
- ii) La caracterización funcional, basada en el análisis de:
  - Tipología de viaje,

- Tipología de tránsito, y
  - Tipología de accesibilidad.
- iii) La caracterización operacional, que considera:
- Volumen vehicular,
  - Velocidad.

La aplicación de dichos criterios permitió definir una red vial estratégica para el año 2002, misma que se presenta de manera gráfica en el plano **VTCM-1: Red Vial Estratégica 2002** (ver anexo de planos). La longitud de la Red Vial Estratégica al año 2002 propuesta es de 362.58 km.

### **Caracterización Funcional de Corredores Viales**

Las vialidades más importantes por sus características físicas, de operación y su función estructuradora, y que por consiguiente concentran los volúmenes de tránsito más altos en la Ciudad de Mérida, son las que a continuación se indican.

- Anillo Periférico
- Circuito Colonias
- Av. Internacional – Av. Itzaes
- Av. Paseo de Montejo
- Calle 60 – Av. Tecnológico
- Calle 50
- Av. Jacinto Canek
- Av. Cupules
- Av. Juan Pablo II
- Av. Alemán – Av. Yucatán
- Calle 6 – Av. Correa Racho – Calle 7
- Av. Fidel Velázquez
- Av. Quetzalcóatl

#### **➤ Anillo Periférico**

Es una vialidad perimetral que define los límites de la ciudad de Mérida, tiene forma de anillo con una longitud de 49.4 km, además de operar como libramiento para evitar el tránsito de paso, el continuo urbano ya lo ha rebasado, por lo que ahora tiene la función de conectar y distribuir el tránsito de los habitantes de las colonias periféricas ubicadas en el exterior de la ciudad.

Es una vialidad que opera con doble sentido de tránsito, con sección constante de 4 carriles y amplio camellón central, se tiene prevista su ampliación con 4 carriles laterales. Tiene tres entronques a desnivel ubicados en: Av. Internacional - Carretera a Campeche, Libramiento a Umán y el de la Calle 60 Norte - Carretera a Progreso.

En su cruce con las carreteras que conectan a la ciudad de Mérida con otros puntos, tanto del municipio como del estado y de otras regiones de la República, forman 13 puertas de acceso a la ciudad:

**Federales de 4 carriles:**

- Mérida - Progreso (Se ubica al Norte de la ciudad)
- Mérida – Umán (Surponiente)

**Federales de 2 carriles:**

- Mérida – Puerto Juárez (Oriente)
- Mérida – Motul (Nororiente)
- Mérida – Hunucmá (Poniente)
- Mérida – Tixcokokob (Oriente)
- Mérida – Acanceh (Suroriente)

**Locales de 4 carriles:**

- Mérida – X'matkuil (Sur)

**Locales de 2 carriles:**

- Mérida – Tekit (Suroriente)
- Mérida – Timucuy (Suroriente)
- Mérida –Molas (Sur)
- Mérida – Dzityá (Norponiente)
- Mérida – Chalmuch (Surponiente)

En su mayoría las intersecciones de dichas carreteras con el Anillo Periférico están controladas con semáforos, a excepción de los que tienen solución a desnivel. Éstas y otras intersecciones sin semáforo en el Anillo Periférico, no cuentan con un diseño geométrico adecuado en cuanto a carriles de aceleración y deceleración, isletas canalizadoras, señalamiento horizontal y vertical, etc.

Además de estas intersecciones, han surgido de manera indiscriminada otros puntos de cruce en los que se ha habilitado el paso con terracerías, obedeciendo al surgimiento de industrias o zonas habitacionales, que los hacen inminentes puntos de peligro, por lo que se requiere justificar su necesidad para realizar un adecuado diseño geométrico y de dispositivos para el control del tránsito.

**➤ Circuito Colonias**

Este corredor vial es un anillo, conformado por varios tipos de vías, que se desarrolla en el perímetro de la parte central de la ciudad. A pesar de que no cuenta con una sección constante, en cierto modo cumple la función de conectar la red vial primaria que comunica hacia la zona centro. El arco poniente es el más desarticulado y sinuoso. De manera natural la vía que ha tomado el cierre del Circuito en el poniente es la Av. Itzaes.

El Circuito Colonias tiene una longitud de 25.4 km, es una mezcla de diversos tipos de vías, pues existen tramos que operan con sentido único, formando par vial con calles paralelas; y se tienen otros en doble sentido de tránsito con y sin camellón, situación por la que tiene una sección transversal muy variable (dos hasta seis carriles).

A pesar de que presenta del orden de 25 intersecciones semaforizadas sin coordinar, otro de sus problemas es que los tramos que cuentan con camellón tienen gran cantidad de cruces. Asimismo, en los tramos de doble sentido sin camellón todos los cruces están permitidos, controlados únicamente con señal de alto. También se detectaron intersecciones que probablemente ya ameriten la instalación de semáforos. Todas las características antes señaladas hacen que el Circuito tenga un alto índice de accidentes.

Las intersecciones más conflictivas en este corredor, son sus cruces con:

- Av. Paseo de Montejo (Glorieta sin semáforo)
- Av. F. Carrillo Puerto
- Av. Yucatán
- Calle 27 (Col. Alemán – INFONAVIT)
- Calle 35 (Hda. Petcanche – Cohete)
- Calle 39 (Vía del tren a Valladolid)
- Calle 59 – Fidel Velázquez (CTM)
- Calle 65 (Plaza Oriente)
- Calle 69 (Fuente Maya)
- Calle 28 (Parque Kukulcán)
- Calle 42 (Zona Militar)
- Calle 50 (X'matkuil)
- Calle 60 Sur
- Av. Itzaes
- Calle 65 Poniente
- Av. J. Canek
- Av. Colón (Glorieta Dondé sin semáforos)
- Av. Cupules
- Calle 62 (Autotal)
- Av. Alfredo Barrera
- Calle 60 Norte (Banamex)

### ➤ **Av. Paseo de Montejo**

Este corredor es un modelo de gestión vial a seguir en la ciudad de Mérida, puesto que los cruces obedecen a una estructura vial debidamente articulada, tan sólo se detectan tres puntos que valdría la pena revisar: Calle 17 y Calle 19 (Col. Campestre), al parecer obedecen a necesidad de la zona de comercios ahí ubicados; y el cruce hacia la Av. del Deportista.

Este corredor forma parte importante de la red vial en la zona norte de la ciudad, funciona en doble sentido de tránsito y va desde el perímetro norte (Calle 47) de la zona centro hasta la Calle 60 Norte; tiene una longitud de 6.0 km y cuenta con una sección transversal constante de seis carriles.

Con base en los reportes de accidentes este corredor presenta un bajo índice de hechos de tránsito, teniendo tan sólo tres puntos de conflicto:

- Calle 21 (Col. México)
- Circuito Colonias Norte

- Av. Pérez Ponce

Ello sin duda, es un reflejo de lo inicialmente señalado y que sólo tiene 8 intersecciones controladas con semáforos.

### II.3.2 Estudios físicos

Con el propósito de determinar las principales características físicas de la Red Vial Actual, se realizaron recorridos de campo, registrándose información de:

- Sentidos de circulación
- Semáforos (ubicación y tiempo de fases)
- Secciones transversales
- Número de carriles
- Señalamiento horizontal y vertical
- Estacionamiento en la vía pública

En el plano **VTZC-1: Secciones viales** (ver anexo de planos), se plasma la información referente a: sentidos de circulación, localización de semáforos, secciones transversales y número de carriles dentro de la zona centro de la ciudad.

En la siguiente figura se presenta, a manera de ejemplo, el levantamiento de la intersección Circuito Colonias – Calle 50.

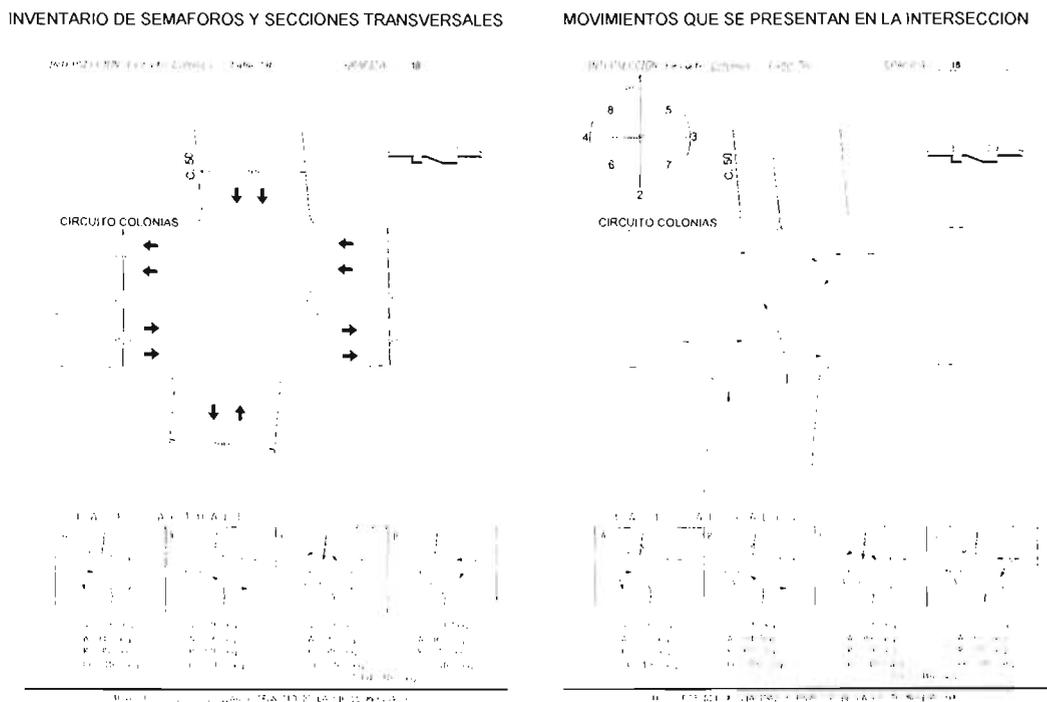


Figura No. 20: Levantamiento de la intersección Circuito colonias – Calle 50

## Estacionamiento

Este estudio permite determinar el déficit o superávit actual de estacionamiento de la zona centro y algunas vialidades importantes, a su vez sirven para conocer el impacto que tiene la supresión de estacionamiento en la vía pública.

### **Estacionamientos Públicos**

El total de estacionamientos públicos detectados en la zona centro es de 77, correspondiente a la zona comprendida entre las calles 47 al norte, 71 al sur, 50 al oriente y 72 al poniente, su ubicación se muestra en el Plano **VTZC-2: Estacionamiento zona centro** (ver anexo de planos).

A continuación se presenta una síntesis de la información recabada:

- **Características generales**

La mayoría de los estacionamientos públicos dan servicio en lotes baldíos, acondicionados como estacionamiento, la tarifa por hora va de \$3.00 a \$7.00, el horario de servicio es variado, con inicio entre 07:00 y 09:00 a.m. y cierre entre 19:00 y 24:00, y algunos funcionan las 24 horas del día.

- **Capacidad**

En el centro de la ciudad de Mérida existe una oferta de 2,976 cajones en estacionamientos públicos, de los cuales el 40% son espacios para pensionados.

La capacidad promedio de cajones por estacionamiento es de 39 espacios, lo cual es indicador que los lotes tienen una superficie promedio de 1,000 m<sup>2</sup>.

Los estacionamientos públicos estudiados se indican en la tabla siguiente:

No.	Nombre	Ubicación
1	El Castellano	C. 57 x C. 62 – C. 64
2	Gómez Torres	C. 60 x C. 55 – C. 57
3	Guillermo Enrique	C. 59 x C. 54 – C. 56
4	Premier	C. 61 x C. 54 – C. 56
5	Mariana Alejandra	C. 65 x C. 64
6	Novedades (La Lonja)	C.62 x C. 65 – C. 67
7	México	C. 60 x C. 65 – C. 67
8	Tayita	C. 58 x C. 67 – C. 69

**Tabla No. 8: Estacionamientos Públicos Estudiados.**

De los aforos realizados en los 8 estacionamientos públicos estudiados en la zona centro, se determinan los siguientes parámetros:

PARÁMETROS DE ANALISIS	ESTACIONAMIENTO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de estacionamiento	L	L	L	L	L	L	L	L
Tarifa por hora (\$)	6.0	5.0	6.0	3.0	5.0	6.0	5.0	4.0
Horario de servicio	07- 24	24 hrs	08- 21	07- 21	07- 23	24 hrs	08- 20	06- 20
Capacidad (Número de cajones)	60	40	60	42	39	177	32	50
Pensionados (Número de	45	15	8	42	4	0	32	15

Tabla No. 9: *Parámetros Determinados en Estacionamientos Públicos Estudiados.*

- **Duración Promedio**

Durante el período de estudio, se determinó que más del 50% de los usuarios de estacionamientos dejan su vehículo una hora o menos, el 20% dos horas y el resto más de dos horas.

- **Hora de máxima ocupación**

Se determinó que la hora de máxima demanda de estacionamiento público es de 12:00 a 13:00, en la que se observa inclusive, que varios rebasan la capacidad considerada.

### Encuesta Origen-Destino a usuarios de estacionamientos

De la encuesta, se obtuvo la siguiente información relevante:

- **Ocupación vehicular**

El promedio de ocupantes por vehículo resultó de 1.6 personas.

- **Tiempo que tardó en encontrar lugar**

Una tercera parte de los usuarios de estacionamiento ya conocen la ubicación del estacionamiento a utilizar. De los que no lo conocen o al que van habitualmente resultó saturado emplearon 12 minutos en la búsqueda de estacionamiento. Parece reducido este tiempo pero es factible dada la gran oferta de estacionamientos.

- **Tiempo de permanencia en el estacionamiento**

El tiempo promedio de permanencia considerando a todos los usuarios es de 2.5 horas, sin considerar a los pensionados, éste se reduce a 1.6 horas.

- **Lejanía del lugar al que se dirige**

La distancia promedio recorrida por los usuarios para llegar a su destino dentro de la zona centro es de 1.8 cuadras, que equivale a 180 metros aproximadamente.

- **Frecuencia de uso del estacionamiento**

De este análisis, se observa que los automovilistas que llegan a los estacionamientos, son usuarios habituales, dado que el 58% los utilizan: diario (3%), de 2 a 3 veces por semana (36%) y pensionados (19%); ocasionalmente el 36% y una vez por semana el 6% restante.

### II.3.3 Estudios operacionales

#### Aforos Vehiculares

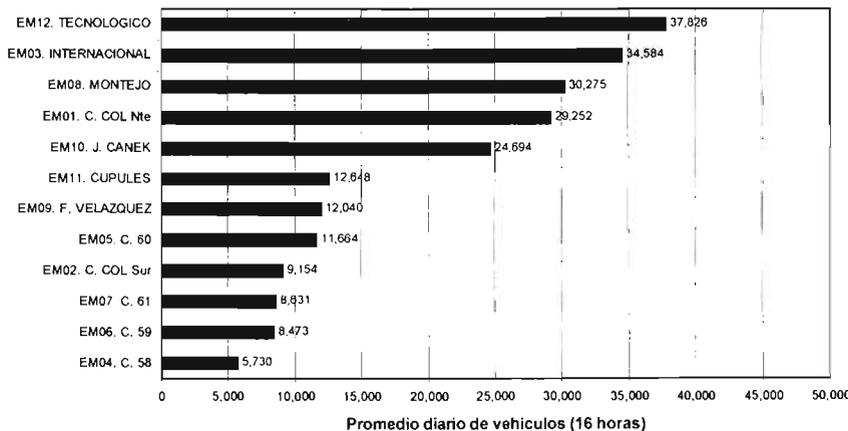
El programa de aforos vehiculares incluye estaciones maestras y aforos direccionales. Para la ubicación de los puntos de aforo se definieron líneas cordón que se establecieron en límites de los 12 sectores (cada sector está constituido por varias zonas). En el plano **VTM-3: Ubicación de aforos** (ver anexo de planos), se muestran los puntos de ubicación de los aforos vehiculares efectuados.

#### Estaciones Maestras

El patrón de la movilidad generada por las diversas actividades que realizan los habitantes de la Ciudad de Mérida, se ve reflejada en los volúmenes vehiculares que fluyen a través de las vialidades. Con base en ellos, se determinó su magnitud e identificaron las horas y los períodos en los que se presentan las más altas concentraciones de viajes, elementos fundamentales en la modelación de los viajes.

El conteo de volúmenes vehiculares se realizó por observación directa, durante 16 horas en día hábil (06:00 AM a 22:00 PM) registrando los flujos con cortes a cada 15 minutos y clasificándolos en cuatro diferentes tipos de vehículos: Automóviles (Autos y camionetas), Autobuses, Camiones de 2 Ejes y Camiones de 3 ó más Ejes.

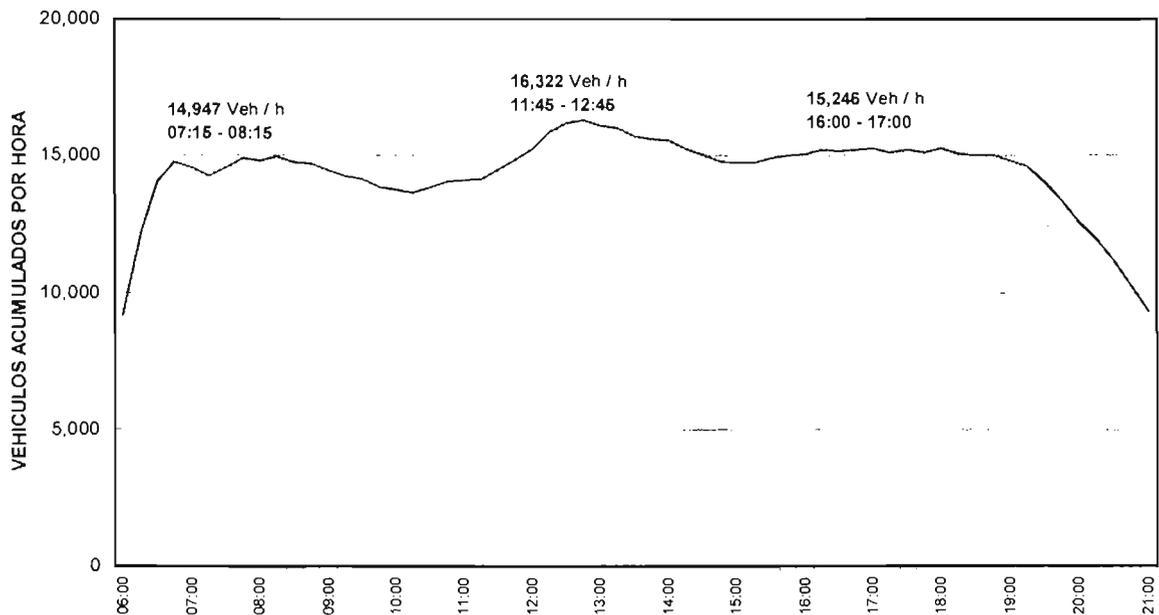
Para cuantificar la magnitud y la variación de los flujos vehiculares durante un día hábil, se realizaron aforos en 12 estaciones maestras, cuyos volúmenes promedio diario se presentan en la siguiente figura.



**Figura No. 21: Volúmenes Vehiculares en Estaciones Maestras.**

En la figura se pueden observar tres corredores con volúmenes superiores a los 30 mil vehículos: Tecnológico, Internacional y Paseo de Montejo; dos con más de 20 mil: Circuito Colonias Norte y Jacinto Canek. Vialidades que por sus características físicas, operativas son consideradas como parte de la red de vías primarias de la ciudad de Mérida.

Con base en los resultados obtenidos en las estaciones maestras, se construyó una gráfica que nos muestra la variación horaria de la demanda durante días hábiles, ver Figura No. 23; de la que se observa un comportamiento sostenido desde las 7:00 a.m. a las 19:00 p.m., en la que se presenta la hora mayor demanda durante el día, de 11:45 a 12:45, hora en la que se concentran la salida de escuelas y el "almuerzo" para los meridianos (comida fuerte al medio día); se identificaron a su vez, las horas pico matutina y vespertina, respectivamente de: 6:45 a 7:45 por la mañana, en la que se presenta el ingreso a la escuela y de 16:30 a 17:30 por la tarde.



**Figura No. 22: Variación Horaria en las 12 Estaciones Maestras.**

	<b>HMD</b>	<b>PMD</b>
Matutina	07:15 – 08:15	06:30 – 09:30
Medio día	11:45 – 12:45	11:30 – 14:30
Vespertina	16:00 – 17:00	16:00 – 19:00

**Tabla No. 10: Horas y Periodos de Máxima Demanda.**

### Aforos Direccionales

Los aforos direccionales consisten en observar durante los periodos de máxima demanda todos los movimientos que realizan los vehículos en la intersección.

En la Figura No. 13 se presenta el diagrama de movimientos (Vuelta Izquierda - Frente - Vuelta Derecha - Retorno) que se presentan en la intersección durante una de las horas de máxima demanda.

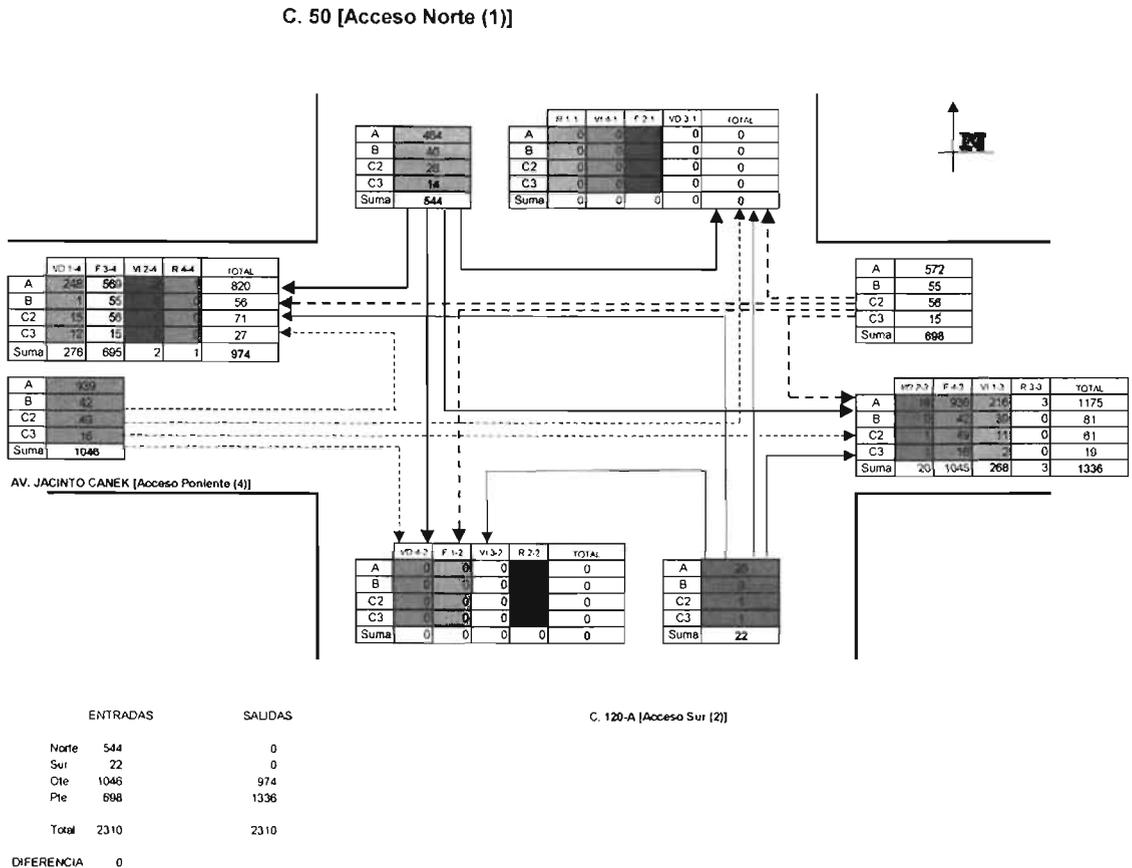


Figura No. 23: Movimientos en Intersecciones en HMD.

Se realizaron aforos de movimientos direccionales en 70 intersecciones de la ciudad de Mérida, durante el período de máxima demanda matutino, 06:30 a 09:30.

En 55 de las 70 intersecciones también se realizaron aforos direccionales durante el período 11:30 – 13:30 horas, que comprende la hora de mayor flujo vehicular (11:45 – 12:45) de la ciudad, de acuerdo con el análisis de estaciones maestras.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de los 70 aforos direccionales, que concentra las horas y los volúmenes de tránsito máximos (matutinos y del medio día); así como, los que se presentaron en las horas pico de la ciudad, mañana (07:15 – 08:15) y medio día (11:45 – 12:45).

**Tabla No. 11: Concentrado de Resultados de Aforos Direccionales.**

INTERSECCIÓN	HMD DE LA CIUDAD		HMD DE LA INTERSECCIÓN			
	MATUTINA	MEDIO DÍA	MATUTINA		MEDIO DÍA	
	Volumen	Volumen	Hora	Volumen	Hora	Volumen
CALLE 60 - CALLE 5 B - CALLE 69	1,714	-	6:30 - 7:30	2,062	-	-
AV. TECNOLÓGICO (C. 60) - CALLE 13 B - CALLE 9 (C. 49)	1,971	-	6:45 - 7:45	2,223	-	-
AV. TECNOLÓGICO (C. 60) - CALLE 21	2,813	-	6:45 - 7:45	2,979	-	-
AV. TECNOLÓGICO (C. 60) - CALLE 25 - CALLE 21 A	2,532	2,820	8:30 - 9:30	2,906	12:30 - 13:30	3,085
AV. TECNOLÓGICO (C. 60) - CALLE 35	3,036	3,171	6:45 - 7:45	3,215	12:15 - 13:15	3,156
PROL. MONTEJO - CALLE 9 - CALLE 49	2,704	-	6:30 - 7:30	3,488	-	-
AV. J. CANEK - CALLE 132 (CENTRAL DE ABASTO)	1,678	1,402	6:45 - 7:45	1,722	12:15 - 13:15	1,566
CALLE 35 - CALLE 40 - CALLE 20	1,519	1,283	6:45 - 7:45	1,742	12:30 - 13:30	1,336
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 39 - CALLE 18 A	1,145	-	6:45 - 7:45	1,270	-	-
CALLE 39 - CALLE 26 DIAGONAL - CALLE 14	2,117	-	6:45 - 7:45	2,287	-	-
CALLE 45 - CALLE 20 - CALLE 34	959	680	6:45 - 7:45	1,033	12:30 - 13:30	746
CIRCUITO COLONIAS - AV. FIDEL VELÁZQUEZ	2,196	-	6:30 - 7:30	2,796	-	-
CIRCUITO COLONIAS - AV. QUETZALCÓATL	2,369	-	7:00 - 8:00	2,387	-	-
AV. QUETZALCÓATL - CALLE 22 - CALLE 65	1,010	-	6:45 - 7:45	1,051	-	-
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 69	2,095	-	6:30 - 7:30	2,436	-	-
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 28	1,805	1,493	7:30 - 8:30	1,850	12:30 - 13:30	1,545
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 42	1,413	1,273	7:15 - 8:15	1,413	12:30 - 13:30	1,281
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 50	1,259	-	6:30 - 7:30	1,379	-	-
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 54 A	694	707	6:45 - 7:45	805	12:15 - 13:15	724
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 60	1,040	-	6:30 - 7:30	1,125	-	-
AV. INTERNACIONAL - CALLE 120	2,786	2,857	8:00 - 9:00	3,031	12:15 - 13:15	2,879
CIRCUITO COLONIAS (C. 98) - CALLE 69 DIAGONAL	728	718	8:15 - 9:15	790	12:30 - 13:30	747
AV. JUAN PABLO II - CALLE 33 - CALLE 100	688	635	6:45 - 7:45	750	12:00 - 13:00	603
AV. JUAN PABLO II - CALLE 120	1,553	1,225	7:15 - 8:15	1,553	12:00 - 13:00	1,229
CIRCUITO COLONIAS (C. 42 - C. 116) - AV. J. CANEK	2,410	2,138	7:15 - 8:15	2,410	12:30 - 13:30	2,363
CIRCUITO COLONIAS (C. 50) - AV. JACINTO CANEK	2,310	2,106	7:15 - 8:15	2,310	12:15 - 13:15	2,337
AV. JACINTO CANEK - CALLE 128	2,658	2,055	6:45 - 7:45	2,673	12:15 - 13:15	2,204
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 54 (PLAZA DORADA)	1,890	2,065	7:45 - 8:45	1,939	12:30 - 13:30	2,307
CALLE 35 - CALLE 40	1,999	1,267	6:30 - 7:30	2,211	12:30 - 13:30	1,580
CALLE 21 - CALLE 24	1,106	1,140	6:45 - 7:45	1,297	12:30 - 13:30	1,493
CALLE 60 - CALLE 47	1,736	-	7:45 - 8:45	1,941	-	-
CALLE 60 - CALLE 59	1,177	1,123	7:45 - 8:45	1,233	12:15 - 13:15	1,145
CALLE 60 - CALLE 65	1,138	1,236	7:45 - 8:45	1,200	12:15 - 13:15	1,248
CALLE 60 - CALLE 69	898	938	7:30 - 8:30	975	12:30 - 13:30	924
CALLE 47 - CALLE 58	1,263	1,528	7:45 - 8:45	1,365	12:15 - 13:15	1,507
CALLE 47 - PASEO DE MONTEJO	1,417	1,960	8:30 - 9:30	1,700	12:30 - 13:30	1,959
AV. ALEMÁN - F. C. PUERTO - CALLE 26 - CALLE 36	2,028	2,296	8:30 - 9:30	2,166	12:30 - 13:30	2,685
CALLE 50 - CALLE 59	1,248	1,366	6:45 - 7:45	1,364	12:30 - 13:30	1,458
CALLE 50 - CALLE 65	1,195	1,164	8:30 - 9:30	1,236	12:30 - 13:30	1,195
CALLE 50 - CALLE 67	851	848	6:45 - 7:45	884	12:15 - 13:15	873
CALLE 50 - CALLE 43	1,449	1,299	8:00 - 9:00	1,641	12:30 - 13:30	1,377
CALLE 42 - CALLE 57	861	660	7:15 - 8:15	861	12:15 - 13:15	302
CALLE 50 - CALLE 61	1,295	1,171	8:00 - 9:00	1,602	12:15 - 13:15	1,177
CALLE 42 - CALLE 69	963	788	6:45 - 7:45	971	12:00 - 13:00	766
CALLE 17 - CALLE 14	557	625	6:45 - 7:45	886	12:30 - 13:30	1,158
CALLE 69 - CALLE 28	1,703	1,553	6:45 - 7:45	1,818	12:30 - 13:30	1,680
AV. ITZAES - CALLE 65 (ZOOLOGICO)	2,421	2,443	7:45 - 8:45	2,559	12:30 - 13:30	2,780
AV. JUAN PABLO II - CALLE 65 A - CALLE 90	537	501	6:45 - 7:45	567	12:00 - 13:00	507
CALLE 59 - CALLE 59 A - CALLE 74	1,617	1,566	6:45 - 7:45	1,641	11:45 - 12:45	1,566

AV. ITZAES - AV. JACINTO CANEK	3,252	3,364	8:00 - 9:00	3,448	12:30 - 13:30	3,527
CIRCUITO COLONIAS - PROL. PASEO DE MONTEJO	4,046	4,956	8:30 - 9:30	4,693	12:30 - 13:30	5,698
CALLE 43 (AV. CUPULES) - CALLE 32 (CALLE 117)	1,081	1,072	6:30 - 7:30	1,400	12:00 - 13:00	1,059
CALLE 20 - AV. CORREA RACHO	1,897	1,708	6:30 - 7:30	1,973	12:30 - 13:30	2,000
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 20 - CALLE 35	1,730	1,504	6:45 - 7:45	1,809	12:15 - 13:15	1,517
AV. TECNOLÓGICO - CALLE 17	1,955	2,407	6:30 - 7:30	2,209	12:30 - 13:30	2,558
AV. TECNOLÓGICO - CALLE 21	2,426	-	6:30 - 7:30	2,673	-	-
CALLE 17 - CALLE 26	1,324	1,529	6:30 - 7:30	1,638	12:30 - 13:30	1,982
CALLE 29 - CALLE 20 A - CALLE 18	1,225	1,044	7:15 - 8:15	1,225	12:15 - 13:15	1,159
CIRCUITO COLONIAS - CALLE 20	3,653	3,228	7:15 - 8:15	3,653	12:30 - 13:30	3,790
CIRCUITO COLONIAS - AV. A. BARRERA (CALLE 7)	3,223	3,328	7:30 - 8:30	3,435	12:15 - 13:15	3,492
CIRCUITO COLONIAS - AV. ITZAES (CALLE 32)	2,802	2,442	7:30 - 8:30	2,931	12:30 - 13:30	2,747
CIRCUITO COLONIAS - AV. COLÓN - CALLE 21	2,415	2,327	7:15 - 8:15	2,415	11:45 - 12:45	2,327
CALLE 90 - AV. JACINTO CANEK	2,282	1,882	7:00 - 8:00	2,441	12:30 - 13:30	2,015
AV. CORREA RACHO - CALLE 12	1,476	1,360	6:30 - 7:30	1,655	12:30 - 13:30	1,512
AV. YUCATÁN - CALLE 1 (CALLE 2)	1,920	2,197	7:30 - 8:30	1,964	12:30 - 13:30	2,345
AV. ALEMÁN - CALLE 21 - CALLE 23	1,748	2,072	8:30 - 9:30	2,016	12:30 - 13:30	2,251
CALLE 50 - AV. PÉREZ PONCE - CALLE 33	2,984	3,336	8:00 - 9:00	3,246	12:30 - 13:30	3,506
CALLE 50 - CALLE 35 (CALLE 37) - CALLE 33 A	2,281	2,366	8:00 - 9:00	2,473	12:00 - 13:00	2,356
CALLE 39 - CALLE 36	1,212	992	6:45 - 7:45	1,485	12:15 - 13:15	1,019
CALLE 39 - CALLE 30	1,955	-	6:45 - 7:45	2,504	-	-

### Principales Intersecciones en Volúmenes Vehiculares

De los aforos de movimientos direccionales en 70 intersecciones de la ciudad de Mérida, se determinaron los volúmenes de tránsito que circulan en cada una de ellas durante los períodos de máxima demanda matutina y del medio día. Con base en lo anterior, se presenta un resumen en el cuadro siguiente de los máximos volúmenes observados:

<b>Volúmenes de Tránsito (veh/h)</b>	<b>Cantidad de Intersecciones</b>	<b>Porcentaje</b>
5,000 o más	1	1.43%
De 4,000 a 4,999	0	0.00%
De 3,000 a 3,999	8	11.43%
De 2,000 a 2,999	24	34.28%
De 1,000 a 1,999	29	41.43%
Menos de 1,000	8	11.43%
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla No. 12: Principales intersecciones.**

Las intersecciones que presentan aforos de 5,000 veh/h ó más son:

- Circuito Colonias x Av. Paseo de Montejo, Col. Buenavista

Entre 4,000 y 4,999 veh/h no se tienen y entre 3,000 y 3,999 veh/h, son:

- Circuito Colonias x Calle 20, Col. Yucatán
- Av. Itzaes x Av. Jacinto Canek, Col. Fracc. Itzaes
- Calle 50 x Av. Pérez Ponce x Calle 33, Col. Jesús Carranza

- Circuito Colonias x Av. A. Barrera (Calle 7), Col. Pensiones
- Av. Prol. Montejo x Calle 9 x Calle 49, Col. Villa del Rey
- Av. Tecnológico (Calle 60) x Calle 35, Col. Fracc. Montejo
- Av. Tecnológico (Calle 60) x Calle 25 x Calle 21 A, Col. Fracc. Montejo
- Av. Internacional x Calle 120, Col. Libertad

### **Aforos de Placas y Ocupación Vehicular**

De los aforos de placas, se determinó el índice de ocupación de vehículos particulares y de taxis con placas de Yucatán, así como el de otras entidades, durante el período de máxima demanda matutino (06:30 a 09:30) y medio día (11:30 a 13:30). A su vez, se presenta por separado el porcentaje de vehículos de otras entidades y de taxis en el tránsito vehicular de la ciudad.

El total de muestras obtenidas fue de casi 31 mil, con índice de ocupación promedio de 1.50 personas por vehículos particulares del estado, 1.70 pasajeros para taxis de la entidad y de 1.65 visitantes para automoviles de otras entidades. El impacto de vehículos foráneos en el tránsito de la ciudad de Mérida resultó de 8.38% y el de taxis de 4.06%.

### **Nivel de Servicio Vial**

#### ***Nivel de Servicio en Intersecciones***

Se realizó el análisis de nivel de servicio en las intersecciones en que se llevaron a cabo aforos direccionales; para los análisis de nivel de servicio se utilizaron los programas HCS (Highway Capacity Software) y SIDRA (Signalized and Unsignalized Intersection Design and Research Aid).

Algunos de los insumos que los programas de análisis de nivel de servicio en intersecciones requieren son los siguientes:

- Tipo de intersección (semaforizada, con señal de alto, glorieta, etc.).
- Número de accesos a la intersección.
- Número de carriles por acceso.
- Sentidos de circulación.
- Secciones transversales de los accesos.
- Velocidad de entrada y salida de la intersección.
- Aforos de vehiculares divididos en vehículos ligeros y pesados.
- Fases de los semáforos (cuando sea intersección semaforizada).
- Pendientes.
- Movimientos de los vehículos que se generan en la intersección.
- Condiciones de estacionamiento.
- Número de paradas en una hora de los vehículos de transporte público.
- Número de peatones que cruzan la intersección en una hora.
- Factor de hora pico.

El software HCS (Highway Capacity Software) y SIDRA (Signalized and Unsignalized Intersection Design and Research Aid) usados para el análisis de

intersecciones, se ha tomado en éste trabajo, como una caja negra a la cual se alimenta y nos da resultados que nos dan idea del funcionamiento de la intersección.

El HCS y el SIDRA son paquetes que esencialmente hacen lo mismo (análisis de intersecciones), el SIDRA es un poco más complejo pero también más completo y el HCS tiene la limitante de sólo modelar intersecciones de cuatro accesos o menos.

Ahora analizaremos el resultado más importante que los paquetes nos dan, que es: el nivel de servicio.

El nivel de servicio en una intersección se define a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida del tiempo perdido de viaje, del consumo de combustible, de la incomodidad y de la frustración, a continuación se definen los seis niveles de servicio cuyas principales características son:

Nivel de servicio	Demoras (segundos por vehículo)	Características
<b>A</b>	Menores que 5.0	La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo.
<b>B</b>	Entre 5.1 y 15.0	Algunos vehículos comienzan a detenerse.
<b>C</b>	Entre 15.1 y 25.0	La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos comienzan a malograrse.
<b>D</b>	Entre 25.1 y 40.0	Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.
<b>E</b>	Entre 40.5 y 60.0	Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de volumen/capacidad altas.
<b>F</b>	Mayores que 60.0	Los flujos exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.

### Metodología de análisis operacional de intersecciones

La metodología se divide en cinco módulos que son:

1. Módulo de entrada.
  - a. Características físicas de la intersección (# de carriles, anchos de carriles, movimientos, pendientes, etc.)
  - b. Volúmenes vehiculares.
  - c. Fases de los semáforos en operación.
2. Módulo de ajuste de volúmenes.
  - a. Factor de la hora de máxima demanda (fhmd), para convertir volúmenes horarios

$$fhmd = \frac{V}{v_p}$$

Donde:

V= Volumen horario (vph).

$V_p$ = tasa de flujo durante los 15 minutos pico (vph).

3. Modulo de flujo de saturación.
  - a. Flujo de saturación ideal

$$s = s_0 (N) (f_A) (f_{VP}) (f_P) (f_E) (f_B) (f_L) (f_{VD}) (f_{VI})$$

Donde:

s= Flujo de saturación bajo condiciones prevalecientes.

$s_0$ = Flujo de saturaciones en condiciones ideales (1800 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril).

N= Número de carriles.

$f_A$ = Fctor de ajuste por ancho de carril.

$f_{VP}$ = Factor de ajuste por vehiculos pesados.

$f_P$ = factor de ajuste por pendiente.

$f_E$ = Factor de ajuste por estacionamiento.

$f_B$ = Factor de ajuste por paradas de autobuses.

$f_L$ = Factor de ajuste por localización de la intersección.

$f_{VD}$ = Factor de ajuste por vueltas a la derecha.

$f_{VI}$ = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda.

\* Todos los factores mencionados se encuentran en tablas del HCM (Highway Capacity Manual) y dependen de las condiciones propias de cada intersección.

4. Modulo de análisis de capacidad.

Los resultados obtenidos con los módulos anteriores sirven para calcular la capacidad.

$$X_c = \frac{C}{C - L} \left( \sum_i \left( \frac{v_i}{s_i} \right) \right)$$

Donde:

C= Ciclo del semáforo (segundos).

L= Tiempo total perdido por ciclo (segundos).

$\left( \sum_i \left( \frac{v_i}{s_i} \right) \right)$  = Suma de las relaciones de flujo de todos los accesos.

5. Modulo de nivel de servicio.

El nivel de servicio se define a través de la demora media por detención de vehículo.

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

Donde:

$d_i$ = Demora total.

$d_{1i}$ = Demora uniforme para el grupo de carriles, ocurre si los vehículos llegan uniformemente distribuidos.

$d_{2i}$ = Demora incremental para el grupo de carriles, toma en consideración las llegadas aleatorias.

$$d_{vi} = 0.38C \frac{\left(1 - \left[\frac{g_i}{C}\right]\right)^2}{1 - \left(\frac{g_i}{C}\right)X_c}$$

Donde:

$g_i$ = Tiempo verde efectivo.

$C$ = Ciclo del semáforo.

$$d_{2i} = 173X_c^2 \left[ (X_c - 1) + (X_c - 1)^2 + \left(16X_c \frac{c_i}{c_i}\right) \right]$$

Donde:

$c_i$ = Capacidad del carril  $i$ .

Cuando la llegada de los vehículos no es del todo aleatoria, sino que lo hacen en forma agrupada como resultado de la progresión de semáforos, la demora total se ajusta a:

$$d_{ia} = d_i(FP)$$

Donde:

$d_{ia}$ = Demora ajustada.

$FP$ = Factor de ajuste debida a progresión de semáforos.

Demora de cualquier acceso:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} d_{ia} v_i}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i}$$

Donde:

$v_i$ = Flujo de demanda por carril.

Entonces la demanda total será:

$$d_T = \frac{\sum_{A=1}^T d_A v_A}{\sum_{A=1}^T v_A}$$

Donde:

$v_A$ = Flujo ajustado del acceso  $A$

$T$ = Número de accesos de la intersección.

Una vez calculada la demora se procede a entrar a la tabla de niveles de servicio y se le asigna uno a la intersección.

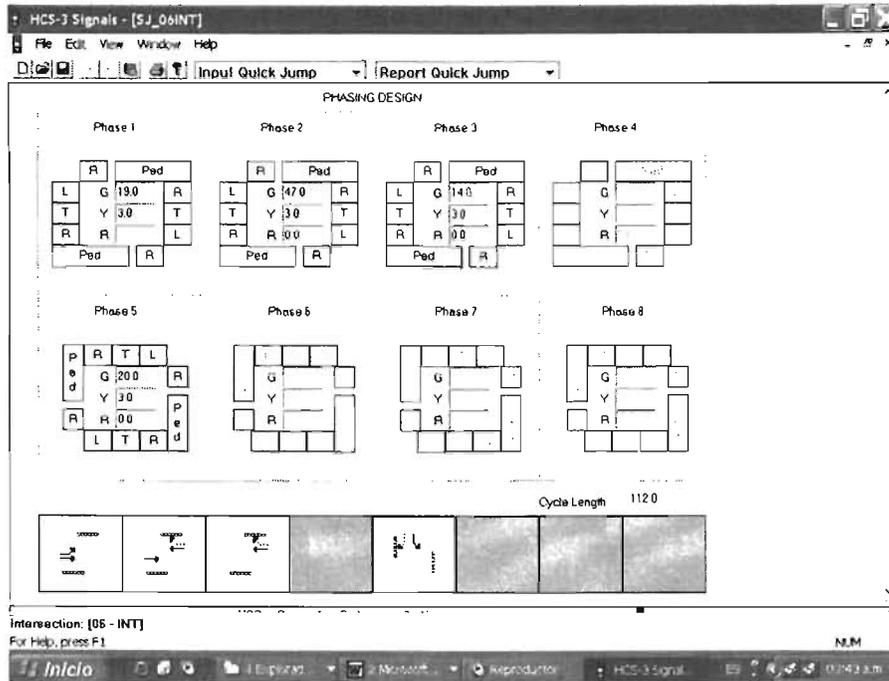


Figura No. 24: Nivel de servicio en intersecciones con HCS

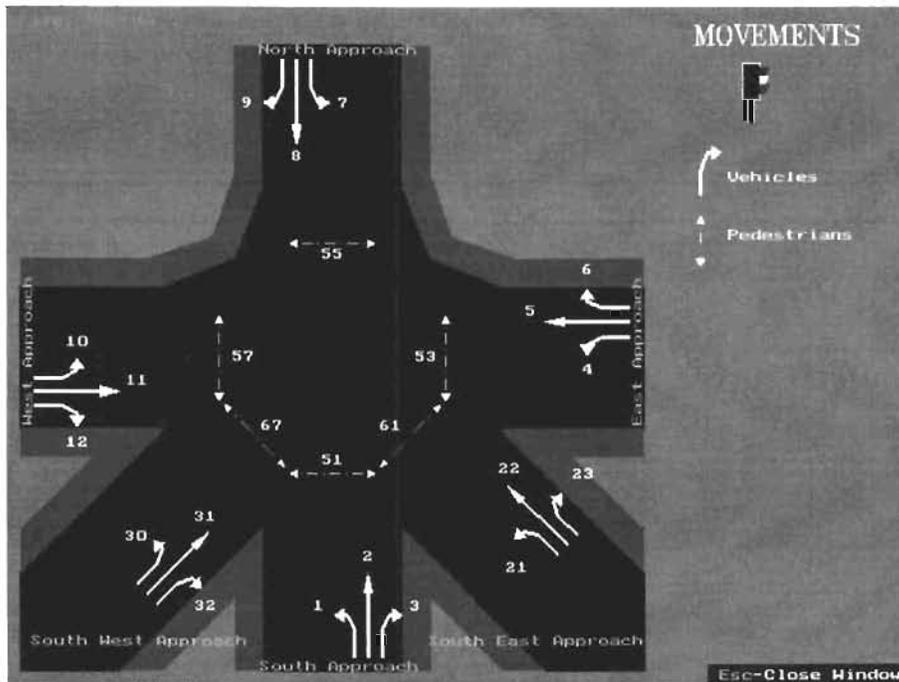


Figura No. 25: Nivel de servicio en intersecciones con SIDRA

Los resultados más importantes que podemos obtener de dichos programas son:

- Nivel de servicio de la intersección (A, B, C, D y F), es importante mencionar que A es un nivel de servicio excelente, mientras que F significa un nivel de servicio deficiente.

Nivel de Servicio	Circulación
A	Libre
B	Estable
C	Estable
D	Se aproxima a la inestabilidad
E (capacidad)	Inestable
F	Forzada

- Nivel de servicio por acceso.
- Nivel de servicio por carril.
- Nivel de emisiones contaminantes (SIDRA).
- Capacidad de los accesos.
- Demora promedio de la intersección.
- Longitud de las colas que se forman en la intersección.
- Etc.

**Tabla No. 13: Nivel de Servicio de Intersecciones Semaforzadas.**

No.	INTERSECCIÓN	COLONIA	HMD INT.	VOL. TOTAL (Veh/h)	No. DE FASES	LONG. DE CICLO (seg)	NIVEL DE SERVICIO (NS) POR ACCESO						NS DE LA INT.
							1	2	3	4	5	6	
02	Av. Tecnológico (Calle 60) – Calle 13B, Calle 9	Fracc. Villas del Sol	6:45-7:45	2223	3	95	C	D	F				D
03	Av. Tecnológico (Calle 60) – Calle 21	Colonial Chuburna	6:45-7:45	2979	3	110	E	D	E				E
06	Prof. Montejo – Calle 9, Calle 49	Villa del Rey	6:30-7:30	3488	4	120	F	D	D	F			F
10	Calle 39 – Calle 26 diagonal	Emiliano Zapata Ote.	6:45-7:45	2287	4	83	D	C	F	D			E
12	C. Colonias – Av. Fidel Velázquez	Esperanza	6:30-7:30	2796	4	80	C	F	F	F			F
13	C. Colonias – Av. Quetzalcóatl	Cortés Sarmiento	7:00-8:00	2387	3	103	F	F	D				F
14	Av. Quetzalcóatl – Calle 22	Benito Juárez Ote.	6:45-7:45	1051	3	54		F	D	C			F
16	C. Colonias – Calle 49 – Calle 28	Salvador Alvarado Sur	7:30-8:30	1850	4	115	D	F	D	D			E
17	C. Colonias – Calle 42	María Luisa	7:15-8:15	1413	4	102	D	F	C	C			D
18	C. Colonias – Calle 50 Sur	Cinco Colonias	6:30-7:30	1379	4	116	F	F	F	F			F
19	C. Colonias – Calle 54-A	Mercedes Barrera	6:45-7:45	805	2	45	A	A	B	A			B
20	C. Colonias – Calle 60	Mercedes Barrera	6:30-7:30	1125	3	70		C	F	F			F
25	Av. Jacinto Canek – Calle 42	Fracc. Ávila Gurnutia	7:15-8:15	2410	3	80		C	C	E	D		E
27	Calle 128 – Av. Yucalpetén	Brisas Pte.	6:45-7:45	2673	4	100	F	F	F	D			F
30	Calle 21 – Calle 24	Centro	6:45-7:45	1297	3	60	C	C		F			F
31	Calle 60 – Calle 47	Centro	7:45-8:45	1941	2	50		F	A	F			F
32	Calle 59 – Calle 60	Centro	7:45-8:45	1233	2	47		F		B			F
33	Calle 60 – Calle 65	Centro	7:45-8:45	1200	2	45		F	B				F
34	Calle 60 – Calle 69	Centro	7:30-8:30	975	2	50		B	B				B

35	Calle 47 – Calle 58	Centro	7:45-8:45	1365	3	65	F		B	F		F
36	Paseo Montejo – Calle 47	Centro	8:30-9:30	1700	3	65	C	C		C		C
37	Av. Alemán – Calle 36 – Calle 26	Miguel Alemán	8:30-9:30	2166	4	87	F	D	F	D		F
38	Calle 59 – Calle 50	Centro	6:45-7:45	1364	2	45	B			A		B
39	Calle 50 – Calle 65	Centro	8:30-9:30	1236	2	60	F		A			E
40	Calle 50 – Calle 67	Centro	6:45-7:45	864	2	50	B			B		B
41	Calle 50 – Calle 43	Fracc. Lourdes Ind.	8:00-9:00	1641	3	70	C		C	C		C
43	Calle 50 – Calle 61	Fraccionamiento Lourdes	8:00-9:00	1602	2	50	C		B			C
46	Calle 69 – Calle 28	Miraflores	6:45-7:45	1818	3	63	F	E	C			F
47	Av. Itzaes – Calle 65	Centro	7:45-8:45	2559	2	65	F	A	C			F
49	Calle 59 – Calle 74	Centro	6:45-7:45	1641	2	44	A			B		B
50	Av. Itzaes – Av. Jacinto Canek	Fracc. Itzaes	8:00-9:00	3448	4	120	F	F	F	F		F
53	Av. Correa Racho – Calle 20	Priv. Los Álamos	6:30-7:30	1973	3	48	B	B	B	B		B
54	C. Colonias – Calle 20 – Calle 35	Fracc. Las Palmas	6:45-7:45	1809	4	103	F	D	F	D		F
56	Av. Tecnológico – Calle 21	Chuburna Hidalgo	6:30-7:30	2673	2	80	A	A		F		E
58	Calle 29 – Calle 20A – Calle 18	Chuburna Hidalgo	7:15-8:15	1225	3	85	C	B			B	C
59	C. Colonias – Calle 20	Yucatán	7:15-8:15	3653	3	100	D	E	F	C		F
60	C. Colonias – Av. Alfredo Barrera	Pensiones	7:30-8:30	3435	3	117	C	F	E	C		F
62	C. Colonias – Av. Colón – Calle 28	Fraccionamiento Roma	7:45-8:45	2415	2	58	D		A	B		B
63	Av. Jacinto Canek – Calle 90	Bojórquez	7:00-8:00	2441	3	68	C		C	E	C	D
65	Calle 1 – Av. Yucatán	San Esteban	7:30-8:30	1964	4	91	C	D	F	D		E
66	Av. Alemán – Calle 21	Itzimna	8:30-9:30	2016	3	80	C	C	C	B		C
67	Calle 67 – Av. Pérez Ponce – Calle 33	Jesús Carranza	8:00-9:00	3246	2	100	F			B		E
68	Calle 50 – Calle 35 (calle 37) – Calle 34A	Jesús Carranza	8:00-9:00	2473	2	100	F		B			F

Los problemas que presentan las intersecciones semaforizadas son, entre otros:

- El 65% de las intersecciones operan con tres y cuatro fases.
- Las longitudes de ciclo son muy amplias (120 segundos ó más), muy cortas (menos de 50 segundos), o no uniformes (como las del centro).
- Deficiencias en la programación de los semáforos.
- Inadecuada repartición de los tiempos de verde para cada fase.
- Falta de señalamiento horizontal.
- Estacionamiento insuficiente.
- Paradas de transporte público cercanas a la intersección.

**Tabla No. 14: Nivel de Servicio de Intersecciones No Semaforizadas.**

No.	INTERSECCIÓN	COLONIA	HMD	VOL. TOTAL (Veh/h)	NIVEL DE SERVICIO (NS) POR ACCESO						NS DE LA INT.
					1	2	3	4	5	6	
1	Calle 60 – Calle 5B (calle 69)	Ampliación U.M. CORDEMEX	6:30-7:30	2062	A	A	A	A			A
4	Calle 60 – Calle 25 y Calle 21-A	Fracc. Montejo	8:30-9:30	2906	A	A			B	F	F
5	Av. Tecnológico – Calle 35	Fracc. Montejo	6:45-7:45	3215	A	F	B	C			F
7	Av. Jacinto Canek – Calle 132	Nora Quintana	6:45-7:45	1722	B	C	A	A			A
8	Calle 35 – Calle 40	Sta. María Chubuma	6:45-7:45	1742	A	A	A	A	A		A
9	C. Colonias – Calle 39	Máximo Ancona	6:45-7:45	1270	A	A	A	A			A
11	Calle 45 – Calle 20	Melchor Ocampo Ote.	6:45-7:45	1033	A	B	A	A			A
15	C. Colonias – Leandro Valle	Morelos Ote.	6:30-7:30	2436	B	A	A	A			A
21	Av. Internacional – Calle 120	Libertad	8:00-9:00	3031	A		A	B			A
22	C. Colonias – Calle 69 Diagonal	Ampliación Nueva Mulsay	8:15-9:15	790	A	A	C	A			A
23	Av. Juan Pablo II – Calle 100	Fracc. Hda. Mulsay	6:45-7:45	750	A	A	B	A			A
24	Av. Juan Pablo II – Calle 120	Xbech	7:15-8:15	1553	A	A	B	B			A
26	Av. Jacinto Canek – Calle 50	Fracc. Nueva Hidalgo	7:15-8:15	2310		A	A	F			F
28	C. Colonias – Calle 54	Miguel Hidalgo	7:45-8:45	1939	A		A	A	A		A
42	Calle 42 – Calle 57	Ciudad	7:15-8:15	861	A		A				A
44	Calle 42 – Calle 69	Centro	6:45-7:45	971	B		A				A
45	Calle 14 – Calle 17	Fracc. Maya	6:45-7:45	886	A			A			A
48	Av. Juan Pablo II – Calle 90	Mulsay	6:45-7:45	567		A	A	A			A
51	C. Colonias – Prol. Montejo	Buenavista	8:30-9:30	4693	A	A	F	B			F
52	Calle 43 – Calle 32	Fracc. Pedregales de Tanlum	6:30-7:30	1400		A		E			B
55	Av. Tecnológico – Calle 17	Plan de Ayala	6:30-7:30	2209	A	F	B				F
57	Calle 17 – Calle 26	Loma Bonita	6:30-7:30	1638	A	E	A	A			B
61	C. Colonias – Av. Itzaes	García Ginerés	7:30-8:30	2931		F	A	A		F	C
64	Av. Correa Racho – Calle 12	Res. Bancarios	6:30-7:30	1655	A	A	A				A
69	Calle 36 – Calle 39	Fracc. Fénix	6:45-7:45	1485	F			A			F
70	Calle 39 – Calle 30	Industrial y Fénix	6:45-7:45	2504		F	F	A			F

Las intersecciones que no cuentan con semáforos, tienen la preferencia determinada con señal de alto, pero todas carecen de señalamiento horizontal e inadecuada ubicación de paradas de transporte y vehículos estacionados cerca de la intersección.

### Nivel de Servicio Asociado a la Velocidad.

Este estudio tiene la finalidad de conocer la velocidad y demora en periodos de máxima demanda en distintos tipos de corredores de la ciudad, usando el método de vehículo flotante.

Con base en el estudio de tiempos de recorrido y demoras realizado en 19 corredores viales, y apoyados en el procedimiento de análisis establecido en el HCM, que asocia un nivel de servicio a un corredor o tramo de éste, en función de la velocidad se presenta la siguiente tabla.

NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCION	VELOCIDAD GLOBAL (km/h)
A	Flujo libre	40 ó más
B	Flujo estable	de 30 a 39.9
C	Flujo estable	de 25 a 29.9
D	Aproximándose al flujo inestable	de 15 a 24.9
E	Flujo inestable	menor que 15
F	Flujo forzado	Paradas frecuentes

**Tabla No. 15: Niveles de Servicio en Función de la Velocidad.**

Esta escala representa el grado de aceptación del conductor, a varios niveles de operación que presenta el corredor a lo largo de su recorrido, la tabla está basada en velocidades globales, no habiéndose hecho el intento de relacionarlas con los volúmenes de tránsito, debido al gran número de factores que intervienen.

Si bien la determinación del nivel de servicio en intersecciones, se determinó con los programas HCS y Sidra, este análisis permite tener una idea del grado de saturación de los corredores; así como, de algunos tramos viales y consecuentemente de zonas de la ciudad.

Corredor	Sentido	Int. Con Semáforos	Distancia (km)	Vel. Prom. Km/h	Nivel de Servicio
Av. Paseo de Montejo - Calle 58	N-S	15	6.90	23.1	D
Calle 60 - Av. Paseo de Montejo	S-N	15	7.10	26.9	C
F. Velázquez - C. 61 - J. Canek	O-P	24	12.25	23.6	D
J. Canek - C. 59 - F. Velázquez	P-O	25	12.25	26.9	C
Av Tecnológico (C. 60 Nte) - C. 50	N-S	23	13.40	25.0	C
C. 50 - C 60 -Av. Tecnológico	S-N	22	13.65	26.9	C
Av. Itzaes - Av. Internacional	N-S	14	12.10	32.5	B
Av. Internacional - Av. Itzaes	S-N	14	12.20	36.0	B
Circuito Colonias	SIMR	25	25.40	26.1	C
Circuito Colonias	SMR	25	25.00	25.7	C
C. 69- Juan Pablo II	O-P	14	11.20	26.6	C
Juan Pablo II - C. 71 - C. 69	P-O	2 (16 alto)	11.30	26.1	C
C. 45 - C. 35 - Av. Cupules - C. 35	O-P	9	11.40	30.6	B
C. 35 - C. 39 - C.45	P-O	12	12.50	31.0	B

Av. Yucatán - Av. Alemán	N-S	9	5.85	28.7	C
Av. Alemán - Av. Yucatán	S-N	9	5.90	35.7	B
Av. Correa Racho - Av. F. C. Puerto	N-S	5	5.00	32.0	B
Av. F. C. Puerto - Av. Correa Racho	S-N	5	5.00	32.9	B
Promedio General	-	-	11.58	28.7	C

**Tabla No. 16: Niveles de Servicio en Corredores.**

En la tabla anterior se puede apreciar una velocidad promedio de 28.7 km/h, a la que se asocia un nivel de servicio "C" de flujo estable. Dos corredores resultaron con niveles de servicio aproximándose al flujo inestable: Av Paseo de Montejo – Calle 58, sentido norte – sur y Av. Fidel Velázquez – Calle 61 – Av. Jacinto Canek, sentido oriente - poniente.

En los planos **VTCM-4: Niveles de servicio** (ver anexo de planos), se presentan de manera gráfica los niveles de servicio en intersecciones y vialidades de la red vial estratégica de la ciudad de Mérida y de su zona centro, respectivamente.

Adicionalmente, se realizó el análisis de las demoras con el propósito de determinar las causas que las originan, en la Tabla No. 19 se presenta un cuadro resumen, en el que se indica la proporción del tiempo que se pierde por diferentes causas durante los recorridos.

Corredor	Tiempo Prom (min)	Tiempo de Marcha (min)	Demora (min)
Av. Paseo de Montejo - Calle 58	17.90	52.0%	48.0%
Calle 60 - Av. Paseo de Montejo	16.13	61.9%	38.1%
F. Velazquez - C. 61 - J. Canek	31.05	64.4%	35.6%
J. Canek - C. 59 - F. Velazquez	27.33	68.0%	32.0%
Av Tecnológico (C. 60 Nte) - C. 50	32.22	65.0%	35.0%
C. 50 - C 60 -Av. Tecnológico	30.57	74.4%	25.6%
Av. Itzaes - Av. Internacional	22.44	67.0%	33.0%
Av. Internacional - Av. Itzaes	20.67	72.1%	27.9%
Circuito Colonias	58.37	69.8%	30.2%
Circuito Colonias	58.57	67.5%	32.5%
C. 69- Juan Pablo II	25.31	73.1%	26.9%
Juan Pablo II - C. 71 - C. 69	26.07	67.1%	32.9%
C. 45 - C. 35 - Av. Cupules - C. 35	22.58	74.0%	26.0%
C. 35 - C. 39 - C.45	24.10	73.2%	26.8%
Av. Yucatán - Av. Alemán	12.40	64.4%	35.6%
Av. Alemán - Av. Yucatán	9.98	74.6%	25.4%
Av. Correa Racho - Av. F. C. Puerto	9.45	73.2%	26.8%
Av. F. C. Puerto - Av. Correa Racho	9.21	75.7%	24.3%
Promedio General	25.24	68%	32%

**Tabla No. 17: Proporción de Demoras en Corredores.**

De la tabla anterior, se determina que el 32% del tiempo promedio de recorrido, los vehículos están detenidos por:

<b>Causas de Demoras</b>	<b>Distribución</b>
Semáforo	65.77%
Congestionamiento	20.47%
Glorieta sin semáforo	2.23%
Cruce sin semáforo	2.15%
Alto	6.06%
Maniobras	1.34%
Tope	0.04%
Cruce peatonal	0.79%
Otro	1.15%

**Tabla No. 18: Causas de Demoras en Corredores.**

### Accidentes de Tránsito

La Secretaría de Protección y Vialidad Estatal, clasifica los accidentes ocurridos en la red carretera con jurisdicción estatal, el Anillo Periférico y los registrados en la vialidad urbana de la ciudad de Mérida. En este último ámbito se presenta la mayor proporción de accidentes para los últimos tres años, del orden del 86% de un total de 3,360 accidentes promedio.

<b>AMBITO</b>	<b>1999</b>		<b>2000</b>		<b>2001</b>
CIUDAD	3151	85%	2795	87%	2712
ANILLO PERIFÉRICO	441	12%	299	9%	293
CARRETERAS (1)	127	3%	130	4%	133
<i>total</i>	<i>3719</i>		<i>3224</i>		<i>3138</i>

Nota 1: Carreteras con jurisdicción estatal.

**Tabla No. 19: Accidentes por Lugar de Ocurrencia.**

Con base en lo anterior nos abocaremos a revisar exclusivamente los accidentes ocurridos en el área urbana.

### Clasificación de Accidentes (Tipo, causa, gravedad, día, etc.)

Es de relevante importancia determinar fehacientemente el tipo de accidente ocurrido, la causa que lo ocasionó, el día en que ocurrió y su gravedad, puesto que en ello estriba la dirección de las medidas por tomar para reducir los accidentes.

### Tipos de Accidentes

En la siguiente tabla se presentan los principales tipos de accidentes ocurridos en la infraestructura vial de la ciudad de Mérida.

Tipo	1999		2000		2001		2002 (a)	
COLISIONES	2,133	68%	2,074	74%	2,044	75%	1,151	75%
CHOQUE POR ALCANCE	291	9%	221	8%	124	5%	62	4%
ATROPELLADO	114	4%	114	4%	130	5%	73	5%
VOLCADURA	25	1%	29	1%	19	1%	6	0%
SALIDA DEL CAMINO	20	1%	0	0%	5	0%	0	0%
OTROS	568	18%	357	13%	390	14%	244	16%
	3,151		2,795		2,712		1,536	

Nota a: Hechos de tránsito ocurridos de Enero a Julio.

**Tabla No. 20: Tipos de Accidentes en el Ámbito Urbano.**

Según se puede observar, del orden del 75% de los accidentes son colisiones, clasificación que no diferencia si es contra otro vehículo o con obstáculo fijo.

### Causas de Accidentes

En la siguiente tabla se presenta lo ocurrido en cuanto a responsabilidad del suceso.

	1999		2000		2001		2002 (a)	
CONducIR EN ESTADO DE EBRIEDAD	799	25%	685	25%	848	31%	564	37%
NO RESPETAR SEÑAL DE ALTO	822	26%	482	17%	643	24%	225	15%
CONducIR NEGLIGENTEMENTE	486	15%	580	21%	473	17%	384	25%
NO GUARDAR DISTANCIA	291	9%	221	8%	124	5%	62	4%
INVADIR CARRIL	162	5%	232	8%	109	4%	72	5%
NO CEDER EL PASO A PEATONES	75	2%	115	4%	103	4%	57	4%
IMPRUDENCIA DEL PEATON	39	1%	29	1%	27	1%	16	1%
OTRAS CAUSAS	477	15%	451	16%	385	14%	156	10%
	3,151		2,795		2,712		1,536	

Nota a: Hechos de tránsito ocurridos de Enero a Julio.

**Tabla No. 21: Responsabilidad del Suceso.**

De acuerdo a la clasificación de las causas, las tres principales son conducir en estado de ebriedad, no respetar la señal de alto y conducir negligentemente.

Con respecto a esta clasificación, se sugiere que se debería identificar quien es el causante del hecho, clasificándolos en conductor, peatón, vehículo, camino y agente natural.

Aún y cuando la mayoría de las causas son responsabilidad del conductor, las autoridades locales tendrán que establecer programas de educación vial permanentes, enfocados a que los conductores conozcan y respeten los dispositivos de control, con el fin reducir los índices de accidentes.

### Dispositivos de Control de Tránsito

En términos generales las vialidades de la ciudad de Mérida cuentan con señalamiento vertical restrictivo y preventivo, no así el informativo de destino el

cual es sumamente escaso, en cuanto a nomenclatura este rubro casi está cubierto.

Con relación al restrictivo, se observa que parte del señalamiento está fuera de especificaciones en cuanto a color y dimensiones, y no es reflejante, lo cual podría tener repercusiones en la tasa de accidentes, debido a que las señales no se ven por las noches.

En cuanto a señalamiento horizontal, la ciudad de Mérida carece de este dispositivo de control y encausamiento del tránsito, por lo que habría que considerar de manera urgente plantear un programa que permita implementar este tipo de señalamiento cuando menos en la vialidad primaria.

## **II.4 Estudio Técnico**

### **II.4.1 Clasificación de pavimentos**

Se recorrieron 264.8 kilómetros a través de las principales calles y avenidas de la Cd. De Mérida y se determinó que las superficies de rodamiento están clasificados en:

- Pavimentos de tipo asfáltico: Los pavimentos de tipo asfáltico ocupan el 93.2% del total de kilometraje visitado.
- Pavimentos de concreto hidráulico: Los pavimentos de concreto hidráulico ocupan el 6.4% del total.
- Adoquín: Los pavimentos adoquinados ocupan un 0.37% del total del kilometraje recorrido.
- Terracería: Los caminos de terracería no ocupan un porcentaje significativo en el rubro de las principales vialidades, sin embargo, existen, sobre todo en las colonias formadas en los límites de la ciudad, también son usados por las industrias de reciente formación localizadas en el anillo periférico.

En el plano **VTCM 8: Clasificación de pavimentos** (ver anexo de planos) se muestra la clasificación de pavimentos de la Cd. De Mérida.

### **II.4.2 Índice de servicio actual (ISA)**

La calidad de rodamiento o índice de servicio actual (ISA) de los pavimentos, se determinó mediante la aplicación del método subjetivo de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), en uno de los carriles de circulación, tomando segmentos de una a cinco cuadras de longitud.

Para tal objeto, de acuerdo al método, se constituyó un panel de cuatro personas que emitieron su calificación respecto a la comodidad que representa, para cada una de dichas personas la superficie de rodamiento, en un recorrido efectuado en un vehículo tipo pick up, a la velocidad de operación restringida que permiten las calles y avenidas de la ciudad (20 a 60 km/h).

Conforme al criterio de la AASHTO, en el estudio se consideraron los siguientes niveles de calificación:

Índice de servicio	Calificación
Excelente	5.0
Muy bueno	4.0 – 4.9
Bueno	3.0 – 3.9
Regular	2.0 – 2.9
Malo	1.0 – 1.9
Muy Malo	0.0 – 0.9

**Tabla No. 22: Niveles de calificación del ISA**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede inferir que, los pavimentos de las vialidades primarias y secundarias de la Cd. De Mérida presentan condiciones de rodamiento de regulares a buenas, con índices de servicio actuales comprendidos entre 2.0 y 4.1.

Los ISA mas altos corresponden a arterias que han recibido rehabilitaciones recientes o con tránsitos restringidos a vehículos ligeros, como el Paseo de Montejo.

En el plano **VTM-9: Índice de servicio actual en pavimentos** (ver anexo de planos) se muestran los resultados del estudio de ISA en pavimentos de la Cd. De Mérida.

## CONCLUSIONES GENERALES DEL DIAGNÓSTICO

Las conclusiones generales del diagnóstico son:

- No está definida claramente una red vial estratégica en la que se apliquen sistemas de gestión vial que consideren integralmente su planeación / proyecto construcción / operación / mantenimiento / vigilancia / monitoreo / evaluación.
- Estructura vial con insuficiente vialidad primaria, falta de continuidad y con secciones transversales no acordes con la jerarquía de las vías.
- Volúmenes vehiculares importantes y crecientes en las vías principales.
- El 55% de las intersecciones analizadas presenta niveles de servicio "D", "E", o "F".
- La articulación vial requiere de un plan de circulación basado el análisis de las trayectorias de tránsito, con intersecciones operando con semáforos preferentemente a dos fases.
- Programación inadecuada de la longitud de ciclo y las fases de los semáforos en algunas intersecciones.

- Los semáforos requieren modernizarse, para establecer progresiones adecuadas en los corredores, para los diferentes horarios de demanda a lo largo del día.
- Falta de semáforos en algunas intersecciones que ya los requieren.
- Escaso señalamiento horizontal y vertical.
- Alto índice de ocupación de los espacios para estacionamiento en los estacionamientos públicos, que llega hasta un 80% en promedio, y que en algunas zonas presenta saturación.
- Buena regulación del espacio vial en la zona centro, al existir prohibición de estacionamiento en vía pública.
- La zona centro requiere un sistema de gestión vial que considere la conformación de su red vial estratégica, con dispositivos que faciliten la progresión del tránsito, la reubicación de paradas y supresión de paraderos en vialidades primarias y colectoras, entre otros.
- Los pavimentos de tipo asfáltico ocupan el 93.2% del total de kilometraje visitado.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede inferir que, los pavimentos de las vialidades primarias y secundarias de la Cd. De Mérida presentan condiciones de rodamiento de regulares a buenas, con índices de servicio actuales comprendidos entre 2.0 y 4.1.

# **ANEXO DE PLANOS**

## **DIAGNÓSTICO**

- VTCM – 1: Red vial estratégica 2002
- VTZC – 1: Secciones viales
- VTZC – 2: Estacionamiento Zona Centro
- VTCM – 3: Ubicación de aforos
- VTCM – 4: Niveles de servicio
- VTCM – 8: Clasificación de pavimentos
- VTCM – 9: Índice de servicio actual

RED VIAL ESTRATEGICA 2002



**SIMBOLOGIA**

- VIAL PRIMARIO
- - - - - VIAL SECUNDARIO
- ..... VIAL TERCIARIO
- SEMAFORO EN EL CAMPO
- SEMAFORO
- LIMITE DEL PRIMER CLASO
- - - - - LIMITE DEL SEGUNDO CLASO
- SENTIDO DE CIRCULACION

CLAVE  
VTCM-1

PROYECTO	RED VIAL ESTRATEGICA 2002
FECHA	2002
ESCALA	1:50,000
PROYECTADO POR	INSTITUTO VIAL DEL YUCATAN
REVISADO POR	INSTITUTO VIAL DEL YUCATAN
APROBADO POR	INSTITUTO VIAL DEL YUCATAN
FECHA DE APROBACION	2002
PROYECTADO EN	MERIDA, YUCATAN

# MERIDA

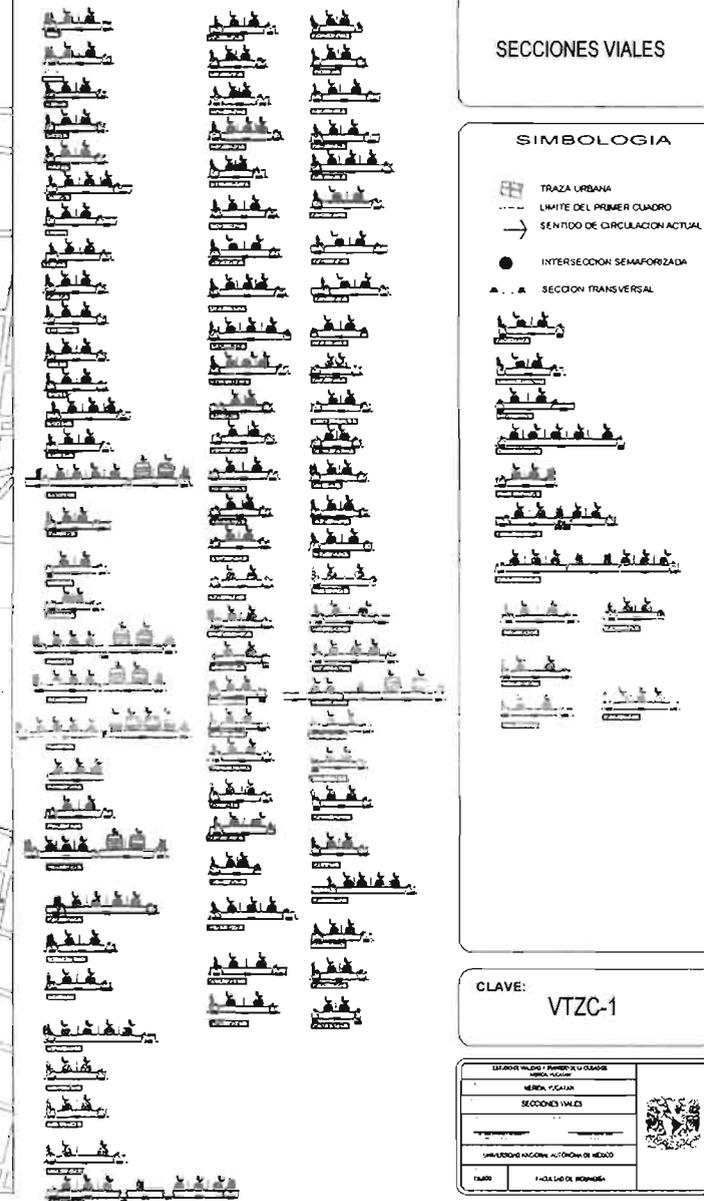
## ZONA CENTRO



### SECCIONES VIALES

### SIMBOLOGIA

- TRAZA URBANA
- LIMITE DEL PRIMER CUADRO
- SENTIDO DE CIRCULACION ACTUAL
- INTERSECCION SEMAFORIZADA
- SECCION TRANSVERSAL



CLAVE: VTZC-1

ESTUDIO PLANO Y PRIMER CUADRO DE CALLES MÉRIDA, YUCATÁN		
SECCIONES VIALES		
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		
TÍTULO	FOLIO 140 DE 1000	



### ESTACIONAMIENTO PUBLICO

#### SIMBOLOGIA

- TRAZA URBANA
- LIMITE DEL PRIMER CUADRO
- SENTIDO DE CIRCULACION ACTUAL

Inventario de Estacionamientos Públicos

No.	Nombre	ESTACIONES		Módulo de Cobertura	Área (m <sup>2</sup> )
		ESTACIONES	ESTACIONES		
1	Plaza de Armas	2	15	150	150
2	Plaza de San Juan	2	15	150	150
3	Plaza de San Mateo	2	15	150	150
4	Plaza de San Pedro	2	15	150	150
5	Plaza de San Sebastián	2	15	150	150
6	Plaza de San Vicente	2	15	150	150
7	Plaza de San Andrés	2	15	150	150
8	Plaza de San Nicolás	2	15	150	150
9	Plaza de San Juan de los Rios	2	15	150	150
10	Plaza de San Juan de los Caballeros	2	15	150	150
11	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
12	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
13	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
14	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
15	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
16	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
17	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
18	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
19	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
20	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
21	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
22	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
23	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
24	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
25	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
26	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
27	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
28	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
29	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
30	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
31	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
32	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
33	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
34	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
35	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
36	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
37	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
38	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
39	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
40	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
41	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
42	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
43	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
44	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
45	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
46	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
47	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
48	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
49	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
50	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
51	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
52	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
53	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
54	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
55	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
56	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
57	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
58	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
59	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
60	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
61	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
62	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
63	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
64	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
65	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
66	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
67	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
68	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
69	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
70	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
71	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
72	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
73	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
74	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
75	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
76	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
77	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
78	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
79	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
80	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
81	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
82	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
83	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
84	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
85	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
86	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
87	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
88	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
89	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
90	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
91	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
92	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
93	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
94	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
95	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
96	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
97	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
98	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
99	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150
100	Plaza de San Juan de los Baños	2	15	150	150

- 77 CUADRO  
 NUMERO Y NOMBRE DE ESTACIONAMIENTO PUBLICO  
 30 CAPACIDAD EN CAJONES

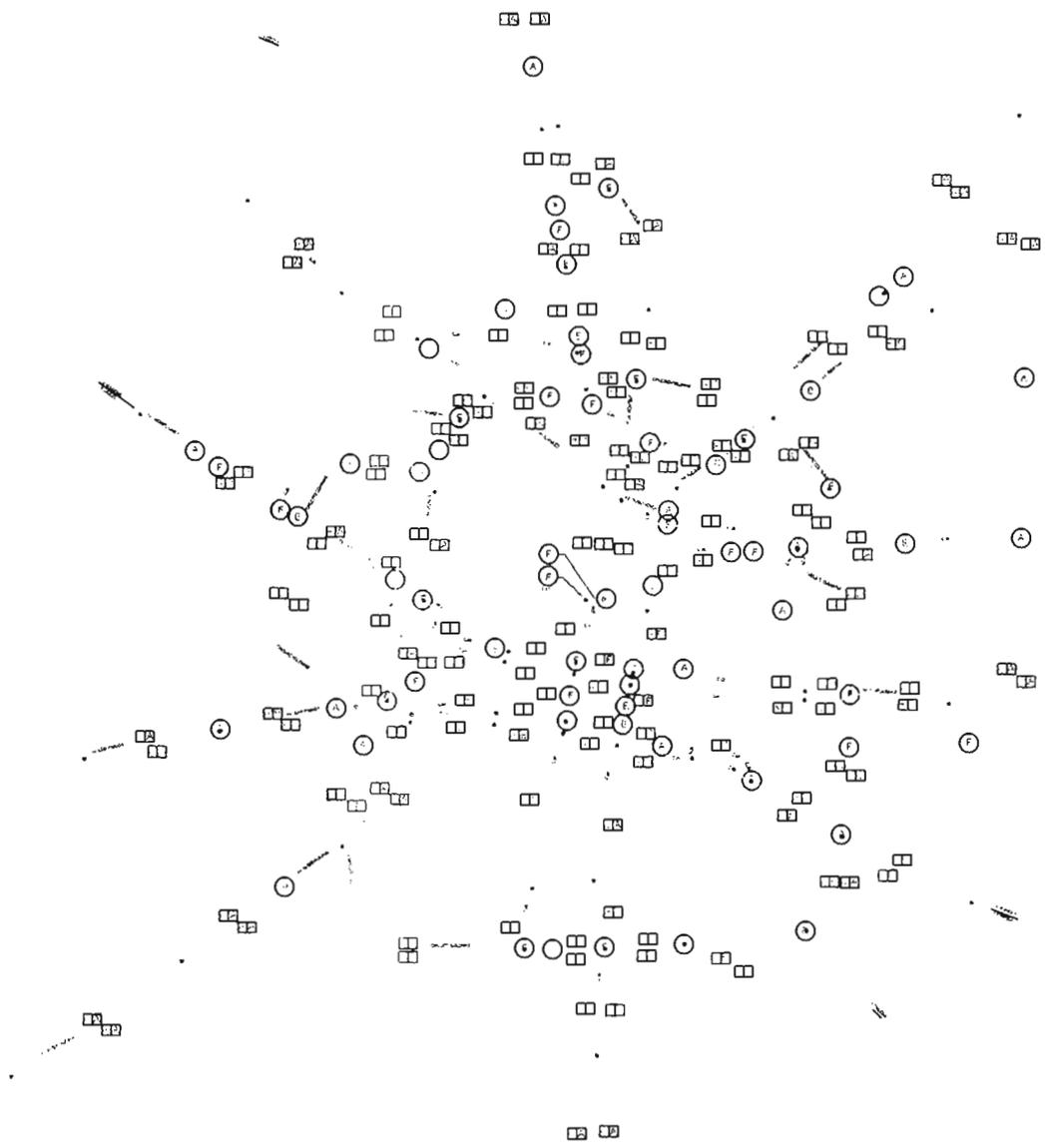
CLAVE: VTZC-2

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA  
 SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA  
 ESTACIONAMIENTO PUBLICO  
 IMPRESION NACIONAL ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 FOLIO 148 DE 149  
 11 OCTUBRE DE 2010





NIVELES DE SERVICIO



**SIMBOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE RECUPERACION

**C.21** AREA DE TRAYECTORIA

 PUNTO DE INTERSECCION DE TRAYECTORIAS

 AREA DE SERVICIO DE INTERSECCION

 AREA DE TRAYECTORIA

LETRA DE IDENTIFICACION	TIPO DE SERVICIO
A	ALIMENTACION
B	COMERCIO
C	COMUNICACION
D	COMUNICACION
E	COMUNICACION
F	COMUNICACION

CLAVE  
**VTCM-4**

Nombre del Proyecto	
Fecha de Emision	
Escala	
Proyecto	
Elaborado por	
Revisado por	
Fecha	

CLASIFICACION  
DE PAVIMENTOS



**SIMBOLOGIA**

- PAVIMENTOS DE PIEDRA PULVERIZADA
- - - PAVIMENTOS DE CONCRETO REFORZADO
- ASFALTOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CLAVE  
VTCM-8

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
CARRACAS, VENEZUELA	
CARRACAS, VENEZUELA	
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
CARRACAS, VENEZUELA	
CARRACAS, VENEZUELA	





## III PRONÓSTICO

### ***III.1 ¿Qué pasaría si la red conservará su funcionamiento actual?***

Para poder realizar un pronóstico de la red vial es necesario tomar en cuenta diversos factores, que intervienen directa o indirectamente en el funcionamiento de la misma, como son:

- Factores técnicos.
- Factores sociales.
- Factores económicos.
- Factores ambientales.

El análisis de estos factores nos llevan a tener una visión de que es lo que pasaría si la situación actual prevalece al pasar del tiempo.

#### **Factores técnicos**

Para llevar a cabo el Pronóstico de la red vial desde el punto de vista técnico, se tienen que analizar los resultados del diagnóstico, y con base en ello plantear escenarios que podrían ocurrir si la red conservase su funcionamiento actual.

Aunque es lógico pensar que de continuar el sistema vial sin modificación alguna, en pocos años los problemas originados por la falta de planeación urbana se agudizarán, dejando como resultado un enorme desequilibrio, falta de eficiencia, incremento de accidentes, contaminación, demoras y congestionamientos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el Diagnóstico, seguidos de un escenario Pronóstico.

#### **Diagnóstico:**

*Estructura vial con insuficiente vialidad primaria, falta de continuidad y con secciones transversales no acordes con la jerarquía de las vías.*

#### **Pronóstico:**

Al no contar la estructura vial con suficientes vialidades primarias, las actuales tienden a saturarse, incrementándose con ello: las demoras de viaje, los accidentes, la concentración de contaminantes, etc.

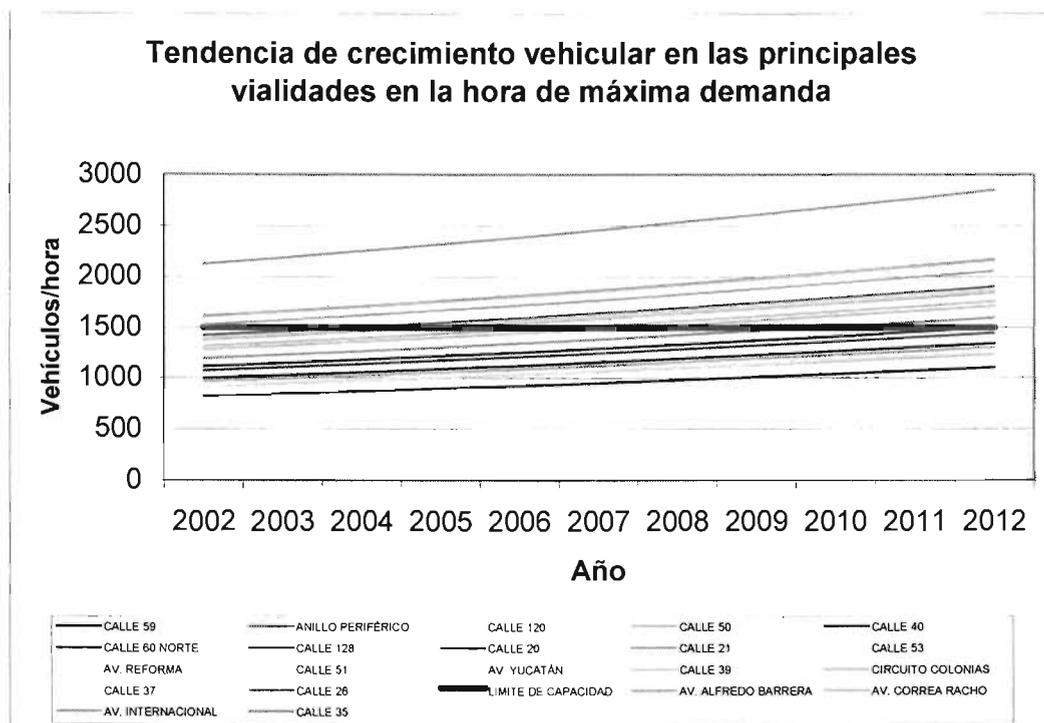
Según la bibliografía, la capacidad de un carril, en condiciones ideales de circulación es de 2000 vehículos/hora, las condiciones ideales, son las siguientes:

- Circulación continua, sin fricciones laterales con vehículos o peatones.
- Circulación sólo compuesta de vehículos ligeros con ausencia total de camiones pesados, autobuses, motos, o vehículos especiales.

- Carriles de 3.50 metros de anchura.

En la Cd. De Mérida la gran mayoría de las vialidades son de dos carriles (a excepción de Paseo de Montejo, el Periférico y algunas otras) por sentido y con una anchura promedio de 3.50 metros, sin embargo, la gran mayoría de las vialidades tienen vehículos estacionados en los carriles de extrema derecha, dejando libre solo un carril de circulación, hay vehículos pesados circulando, motocicletas, peatones etc. Estas circunstancias bajan notablemente la capacidad por carril de las vialidades, hasta hacer que muchas de ellas (50%) tengan un nivel de servicio C (flujo estable, pero con tendencia a ser inestable).

Lógicamente las condiciones ideales de circulación no se cumplen para la ciudad, se estima que aproximadamente con 1500 vehículos/hora la vialidad estará llegando a su capacidad.



**Figura No. 26: Tendencia de crecimiento vehicular en las principales vialidades en la hora de máxima demanda.**

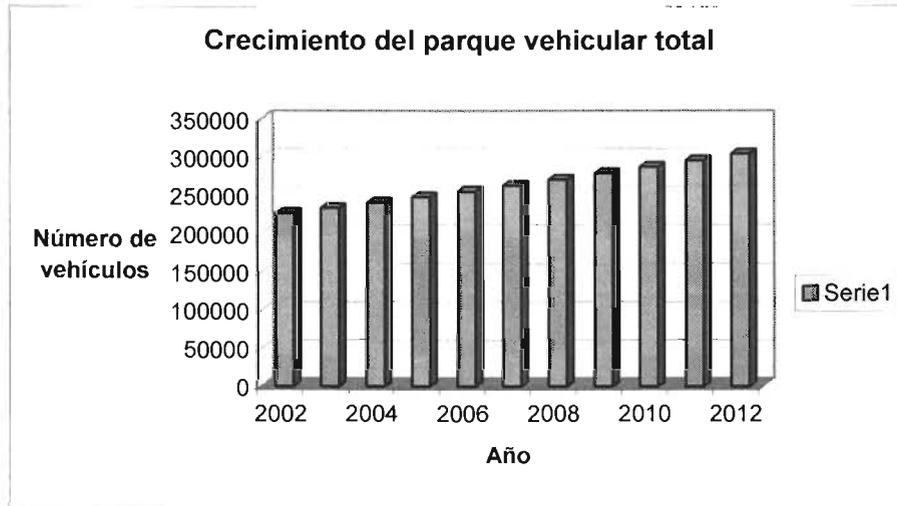
Según la gráfica anterior, y tomando en cuenta un crecimiento del parque vehicular del 3%, la capacidad de varias de las principales vialidades, estarán llegando a partir del año 2005 a su máxima capacidad, lo cual traerá como consecuencia pésimos niveles de servicio.

Cuando la intensidad de tráfico en una vía alcanza los valores próximos a su capacidad, se circula mal por ella. La velocidad es baja, hay paradas frecuentes y el conductor está sometido a una tensión molesta.

Si se desea mantener un cierto nivel de servicio, la intensidad debe ser bastante menor a la capacidad.

**Diagnóstico:**

*Volúmenes vehiculares importantes y crecientes en las vías principales.*

**Pronóstico:**

**Figura No. 27: Crecimiento del parque vehicular total a razón del 3% anual.**

Al igual que la población, el parque vehicular aumenta al paso del tiempo (alrededor de un 3% anual para fines prácticos de la evaluación económica), provocando un incremento de vehículos en las principales vías de la ciudad, esta situación no parece ser tan preocupante al corto plazo, pero si analizamos un poco la situación actual tenemos a dos corredores con nivel de servicio D (*aproximándose a flujo inestable: se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tráfico*), que forman parte importante de la estructura vial y de los 18 corredores analizados el 50% tiene nivel de servicio C (*flujo estable: corresponde a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los rebases y los cambios de carril son mas difíciles, aunque las condiciones de circulación todavía son muy tolerables*), situación que puede empeorar al subir el número de vehículos circulando por las principales arterias.

**Diagnóstico:**

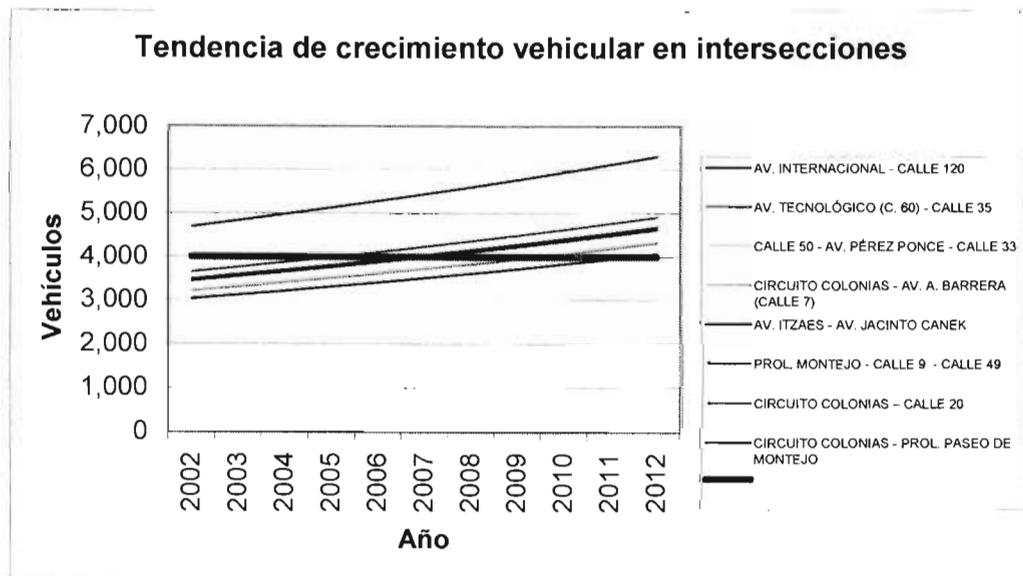
*El 55% de las intersecciones analizadas presenta niveles de servicio "D", "E", o "F".*

**Pronóstico:**

Este es un problema puntual, que sin embargo, afecta al sistema vial completo entorpeciendo la circulación, generando colas y demoras dentro de los viajes de las personas. Además las intersecciones conflictivas tienden a generar un gran número de accidentes.

De las principales intersecciones estudiadas, nos concentramos en las que presentan volúmenes mayores a 3000 vehículos/hora, que son:

- Circuito Colonias x Av. Paseo de Montejo, Col. Buenavista
- Circuito Colonias x Calle 20, Col. Yucatán
- Av. Itzaes x Av. Jacinto Canek, Col. Fracc. Itzaes
- Calle 50 x Av. Pérez Ponce x Calle 33, Col. Jesús Carranza
- Circuito Colonias x Av. A. Barrera (Calle 7), Col. Pensiones
- Av. Prol. Montejo x Calle 9 x Calle 49, Col. Villa del Rey
- Av. Tecnológico (Calle 60) x Calle 35, Col. Fracc. Montejo
- Av. Tecnológico (Calle 60) x Calle 25 x Calle 21 A, Col. Fracc. Montejo
- Av. Internacional x Calle 120, Col. Libertad



**Figura No. 28: Tendencia de crecimiento vehicular en intersecciones en HMD.**

De acuerdo a la figura No. 28, que toma como consideración un crecimiento del parque vehicular del 3% anual, notamos que las principales intersecciones pasarán los 4000 vehículos/hora en la hora de máxima demanda, en el corto y mediano plazo, lo que generaría un decremento en los niveles de servicio tanto en vialidades como en intersecciones.

Analizando la situación del funcionamiento actual de algunas de las principales intersecciones, encontramos que a consecuencia del crecimiento del parque vehicular, éstas van a llegar a niveles de servicio indeseables.

Intersección	2002	2005	2008	2012
C. Colonias - Calle 42	D	D	E	E
Av. Tecnológico (Calle 60) - Calle 13B, Calle 9	D	D	E	F
Av. Jacinto Canek - Calle 90	D	E	F	F

**Tabla No. 23: Niveles de servicio en intersecciones pronosticados en corto, mediano y largo plazo.**

**Diagnóstico:**

- *Programación inadecuada de la longitud de ciclo y las fases de los semáforos en algunas intersecciones.*
- *Los semáforos requieren modernizarse, para establecer progresiones adecuadas en los corredores, para los diferentes horarios de demanda a lo largo del día.*
- *Falta de semáforos en algunas intersecciones que ya los requieren.*

**Pronóstico:**

El control del tránsito en una ciudad con creciente demanda vehicular debe ser moderno, seguro y eficiente, y debe ajustarse, de ser necesario, a diversas condiciones de tránsito a lo largo del día. En una intersección con semáforos se dice que está saturada si ocurren las siguientes circunstancias:

- a) Hay siempre vehículos dispuestos a entrar en la intersección por todos los carriles cuando se enciende la luz verde.
- b) Sigue habiendo vehículos tratando de cruzar, sin que existan tiempos desperdiciados ni se observe una separación excesiva entre vehículos consecutivos a lo largo de toda la fase.
- c) Si el tránsito no se mueve a lo largo de toda la fase, pero, si hay detenciones, estas tienen que ser debidas a las condiciones de la propia intersección y no a las condiciones de otra intersección situada más adelante.

Dichas circunstancias fueron diagnosticadas en las intersecciones con semáforos y de prevalecer esta situación, el tránsito de la ciudad se verá afectado no solo por el incremento de vehículos en las principales vías, sino también por el sistema de control del tráfico empleado en la ciudad de Mérida.

Otro punto importante a analizar son las intersecciones sin semáforos, que ya requieren del mismo. Si no se trabaja en este rubro no solo el nivel de servicio de la intersección se verá afectado, sino que también el índice de accidentes puede ir en aumento.

**Diagnóstico:**

- *Alto índice de ocupación de los espacios para estacionamiento en los estacionamientos públicos, que llega hasta un 80% en promedio, y que en algunas zonas presenta saturación.*
- *Buena regulación del espacio vial en la zona centro, al existir prohibición de estacionamiento en vía pública.*

**Pronóstico:**

Una situación prevaleciente en las zonas céntricas de las distintas ciudades del país es la falta de estacionamiento, misma que genera congestionamientos por automóviles estacionados en las calles. Dicha situación es de notarse en la Cd.

De Mérida ya que debido a su regulación del espacio vial, el estacionamiento en las calles de la zona centro está prohibido y esto ayuda a que el tránsito no se entorpezca tanto. Por otra parte, los estacionamientos privados en la zona centro podrían empezar a ser insuficientes ya que se presenta una ocupación promedio del 80%.

### **Factores sociales**

La sociedad parece haber tomado conciencia de los problemas de transporte, en general, no sólo se han hecho más comunes sino que han tomado mayor severidad que nunca, tanto en países industrializados como en países en desarrollo.

En los últimos años, debido quizás en parte a que no se ha experimentado la escasez de combustible, el tráfico vial y la demanda de transporte en general, han traído como consecuencias incrementos en la congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales bastante mayores que lo considerado aceptable hasta la fecha, particularmente en las grandes ciudades. Esta situación ha generado dentro de la sociedad una serie de cambios que van afectando cada vez más su calidad de vida.

Por supuesto que la calidad de vida de la sociedad no solo es función de lo que pase dentro de la red vial, pero ésta si puede ser un factor importante que aumente o disminuya la cantidad de bienestar de las personas, por ejemplo podríamos analizar el rubro de las congestiones viales, que a su vez causan demoras, preguntándonos lo siguiente: ¿Qué pasará en una red vial con congestionamientos y demoras excesivas?

- ✓ Las personas tendrán que abandonar más temprano sus hogares para llegar a tiempo a sus actividades diarias.
- ✓ Los usuarios de la red estarán sometidos a agentes generadores de stress como son: el ruido, la contaminación, el mal clima, a otros usuarios estresados, etc.
- ✓ La gente sufrirá mayor desgaste físico que puede influir en el desempeño de sus actividades.
- ✓ La calidad de viaje de los usuarios se verá severamente afectada por tiempos excesivos de viaje.
- ✓ El tiempo que el usuario pueda pasar con su familia o amigos disminuye.
- ✓ El tiempo de descanso de las personas será menor.
- ✓ Etc.

En cuanto a las demoras, la percepción que tenemos de ellas puede ser diferente dependiendo de la ciudad en que habitemos. Para la gente de el interior del país, como es el caso de la Cd. De Mérida, un incremento de 5 minutos en tu viaje puede ser significativo si dicho viaje te llevaba 10 minutos hacerlo y de pronto te lleva 15 minutos, que es un incremento del 50% del tiempo de traslado, por otra parte los habitantes de las grandes urbes con un aumento de 5 minutos en su tiempo de viaje no significa casi nada ya que están acostumbrados a periodos de viaje mas prolongados, casi siempre del orden de horas.

Todas estas circunstancias, entre otras, afectarán a los usuarios de la red vial al ser expuestos a un mal funcionamiento misma, provocando con ello, una disminución en su tiempo de esparcimiento o de alguna otra actividad que deseen realizar.

### **Factores económicos**

La red vial de una ciudad tiene sin duda, importantes repercusiones dentro del ámbito económico ya que de ella dependen el desplazamiento de los bienes y servicios indispensables en las actividades de los distintos sectores económicos.

En una localidad es posible lograr la productividad y el intercambio de actividades en el grado en que se pueda transportar con rapidez, seguridad y eficiencia las personas, las materias primas y los productos acabados.

Para calcular el costo global que trae como consecuencia el mal funcionamiento de la red vial, sin duda, se requieren de un sinnúmero de factores por tomar en cuenta, sin embargo, para esta tesis solo se considerarán los resultados obtenidos en el diagnóstico para tratar de visualizar que una red vial con problemas en su funcionamiento trae pérdidas importantes de dinero.

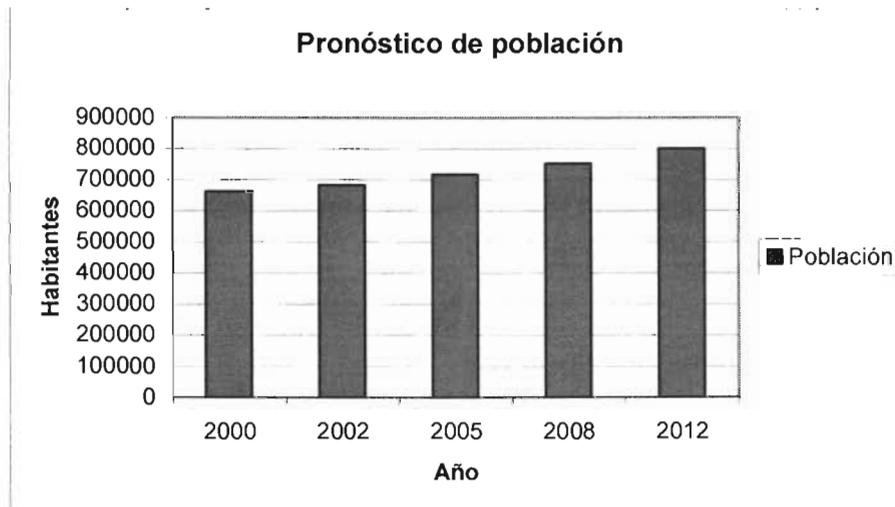
El procedimiento realizado para hacer el cálculo es el siguiente:

- I. Para el año 2002 la proyección de población fue de 683,775 (tasa de crecimiento de 2.385%).
- II. De los resultados de la encuesta origen – destino, tenemos que de esos 683,775 habitantes el 73.20% viajan, lo cual indica que se realizan 500,704 viajes al día.
- III. De los 500,704 viajes realizados (mas viajes externos), el 15.8% de dichos viajes se realizan en la hora de máxima demanda. De lo cual obtenemos 104,102 viajes en hora de máxima demanda.
- IV. De los 104,102 viajes aproximadamente el 70% son hechos en vehículos, sin contar motocicletas ni bicicletas ni viajes a pie. Así, obtenemos 72,098 vehículos en circulación en la hora de máxima demanda.
- V. El estudio de ocupación vehicular arroja un resultado de 1.5 personas por vehículo.
- VI. Si existen 72,098 automóviles en circulación con 1.5 personas por automóvil, obtenemos 108,147 personas viajando.
- VII. La primer consideración tomada consiste en que de las 108,147 personas viajando no todas van a trabajar, en la encuesta origen – destino solo van al trabajo el 21.2%, pero puede ser que de dicho porcentaje no todos viajen a la hora de máxima demanda, sin embargo, para esta tesis se consideró que el 21.2% si viajan a la hora de máxima demanda. Entonces tomando en cuenta la consideración anterior tenemos a 22,927 personas viajando en la hora de máxima demanda con destino hacia su trabajo.
- VIII. La segunda consideración es la siguiente: las 22,927 personas con destino hacia su trabajo toman en algún momento alguno de lo 19

corredores estudiados, esto debido a que solo se cuenta con datos de demoras en los corredores mencionados. Tomando en cuenta la consideración anterior, tenemos que el tiempo promedio de viaje es de aproximadamente 25.24 minutos con una demora del 32% del mismo tiempo que es 8.07 minutos. Entonces si cada persona pierde 8.07 minutos por distintas demoras, tendremos 185,020 minutos totales perdidos diariamente.

- IX. Ahora, no todas las personas tienen el mismo trabajo y por consiguiente no ganan lo mismo, entonces la tercera consideración consiste en asignar el salario mínimo de acuerdo al área geográfica que pertenece la Cd. de Mérida, que es la C con un salario mínimo de: \$42.11. Esto es \$5.26 por hora de trabajo.
- X. Finalmente si multiplicamos las 3083.66 horas (185,020 minutos) por \$5.26, obtenemos \$16,220.05. Al año obtenemos \$5,141,756 perdidos por demoras en la red vial.
- XI. Cabe mencionar que el costo obtenido por demoras no incluye: combustible consumido, aceites ni lubricantes, desgaste del vehículo, accidentes, llantas, etc.

Debemos tomar en cuenta que la población irá creciendo (ver figura No. 29), lo cual traerá como consecuencia, de conservarse la situación actual, un incremento en las demoras de viaje y por consiguiente un aumento en el costo por demoras al año para los usuarios.



**Figura No. 29: Proyección de la población usando tasa de crecimiento 1995-2000 igual a 1.591%..**

### **Factores ambientales**

La contaminación del aire es uno de los costos de la creciente industrialización y del desarrollo económico asociado con más vehículos, más bienes materiales y más espacio dedicado a las zonas urbanas. Los reportes científicos se acumulan anualmente y documentan las concentraciones de los contaminantes prioritarios son irritantes y hasta tóxicos a la salud de los pobladores, que

tienen el potencial de formar otros compuestos en la atmósfera aún más tóxicos que los compuestos originalmente emitidos, a que dañan a los ecosistemas, bosques, a los cultivos agrícolas, a los monumentos históricos y a los materiales de construcción en general.

Para el pronóstico de la red vial desde el punto de vista ambiental se tomarán en cuenta dos situaciones:

1. No hacer nada con la red vial.
2. Generar infraestructura.

El hecho de no hacer nada con la red vial, desde el punto de vista de la calidad del aire, no parece ser tan pesimista, ya que, la Cd. De Mérida no presenta grandes concentraciones de contaminantes en su atmósfera como las grandes ciudades del país como son: el DF, Guadalajara y Monterrey. Sin embargo al largo plazo la capacidad de la atmósfera de auto depuración puede verse mermada si continúa el crecimiento de vehículos e industrias al interior de la ciudad.

El problema mas bien es puntual, ya que es sabido que donde existen grandes concentraciones de vehículos, como por ejemplo intersecciones congestionadas o corredores viales saturados, la saturación de contaminantes tiende a crecer y empezar a ser molesta para el transeúnte. Por ello deben considerarse alternativas de circulación o programas que estimulen el uso del transporte público, para evitar las concentraciones excesivas de automóviles y por consiguiente mayor generación de contaminantes.

Por otra parte la construcción de alternativas viales como son calles o avenidas tienden a afectar el equilibrio natural de la zona, entre los principales impactos tenemos a:

- Impacto en el medio físico:
  - Hidrología: Se tiene pérdida de superficies filtrantes por la ocupación de las obras, que se traduce en una disminución del volumen infiltrado al acuífero.
  - Edafología: Con el aumento de contaminantes en la proximidad de la vialidad es posible que se modifiquen las características edafológicas del entorno.
- Impacto en el medio biológico.
- Impacto en medio socioeconómico.

### **Conclusiones del Pronóstico:**

- Se tendrán varias de las principales vialidades trabajando en su máxima capacidad o muy cerca de ella en la hora de máxima demanda, en el corto y mediana plazo (a partir del 2006).
- En cuanto a las intersecciones, tendremos varias de las mas importantes con volúmenes superiores a los 4000 vehículos/hora a partir del 2006 en la hora de máxima demanda, generando con ello niveles de servicio bajos (D, E y F).

- También algunas de las intersecciones que por ahora tienen un nivel de servicio aceptable, tenderán a congestionarse en el corto plazo.
- Aunque el estacionamiento privado en la zona centro es suficiente por ahora, podría llegar a saturarse si no se toman las medidas necesarias.
- La calidad de vida de los usuarios de la red tiende a ir en decremento si las condiciones viales se mantienen.
- Si el incremento en el parque vehicular y la población se mantienen, las demoras por congestión van a aumentar, generando con ello pérdidas de dinero en los usuarios de la red.  
Según un estudio de movilidad realizado en los Estados Unidos, un usuario de la red vial de una ciudad, con un rango de población de 500,000 a 1,000,000 de habitantes gasta alrededor de 46 horas al año por demoras (2002). Obviamente la ciudad de Mérida no maneja las condiciones de desarrollo de las ciudades norteamericanas, sin embargo, tomando en cuenta los datos del diagnóstico se gastan alrededor de 42 horas al año por usuario en demoras generadas por congestiones. Este es un dato preocupante, ya que manejamos pérdidas de tiempo por demoras en la red vial similares a las de un país desarrollado.
- La contaminación en la ciudad, va a empezar a ser factor en contra de los habitantes si los congestiones aumentan.
- En general, si no se presentan cambios en la estructura vial, la calidad de circulación tenderá a ser mala, generando gastos cada vez mayores en los usuarios y se presentará un incipiente deterioro en la calidad del medio ambiente.

## IV POLÍTICAS, ESTRATEGIAS Y ACCIONES

### IV.1 Políticas y estrategias

Para atender la problemática del Sistema de Vialidad y Tránsito de la Ciudad de Mérida, se proponen políticas, estrategias y acciones, con el propósito de:

- Definir la red vial estratégica jerarquizada de la ciudad, que satisfaga las necesidades de movilidad actual y esperada, y que permita su desarrollo acordes con las necesidades de la ciudad.
- Establecer las condiciones de operación recomendables de la red vial y reservas de derecho de vía para la misma.
- Mejorar los niveles de servicio en la circulación de los usuarios de la red vial mediante adecuación de vialidades, intersecciones y sistemas de control del tránsito.
- Disminuir las demoras en los viajes causadas por deficiencias en intersecciones y en la funcionalidad de las vías existentes, ya sea por mal uso o fallas de las mismas.
- Disminuir la accidentalidad en la red vial de la ciudad.

Con base en el diagnóstico y la estrategia de desarrollo urbano propuesta en el Plan de Desarrollo Urbano para la Ciudad de Mérida, entre otros, se plantean diversas acciones de vialidad y tránsito para los escenarios de planeación corto (2005) y mediano (2008) plazo, así como otras acciones potenciales de realizar en el mediano y largo plazo.

Las acciones propuestas se orientan a conformar la red vial estratégica de la Ciudad de Mérida, a través de:

- Un circuito interior, Circuito Colonias, y uno exterior, Anillo Periférico, preferentemente como vías de circulación continua.
- Integrar ambos circuitos con vías primarias radiales, que sean puntos de acceso a la ciudad y que conecten las principales zonas generadoras y atractoras de viajes, tales como el centro, el mercado Lucas de Gálvez, centros comerciales, zonas hospitalarias, entre otras.
- Organizar la vialidad dentro del Circuito Colonias mediante la formación de pares viales en los sentidos norte-sur y oriente-poniente.

En la zona centro, la de mayor conflicto por la concentración de actividades, y por tanto de mayor atracción de viajes, se plantean acciones para organizar la circulación para los viajes peatonales, fortalecer el estacionamiento público, para el acceso del transporte público, entre otros.

Para fortalecer al Ayuntamiento de Mérida, en la planeación y gestión del sistema de vialidad y tránsito de la ciudad, se proponen los siguientes planteamientos estratégicos:

**Políticas Institucionales**

1. Establecer un marco jurídico-regulatorio que propicie que el tránsito en la red vial se de con orden, fluidez, velocidad y seguridad.
2. Fortalecer institucionalmente al Ayuntamiento, para que realice con eficacia las funciones de gestión, supervisión y control de la vialidad y el tránsito.

**Estrategias Institucionales**

Para poder determinar las estrategias a seguir nos basamos en la matriz AODF, que consiste en determinar: las fuerzas, debilidades, oportunidades y amenazas de nuestro sistema. Al ir cruzando dichas características obtenemos las estrategias a seguir.

	<p style="text-align: center;"><b>Fuerzas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equipo de ingenieros de tránsito bien capacitado.</li> <li>2. Sistema de modelación EMME/2.</li> <li>3. Estudio de vialidad y tránsito reciente.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Debilidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poco presupuesto para la corrección de problemas viales.</li> <li>2. Reglamento de vialidad deficiente.</li> <li>3. Estructura organizacional deficiente para la supervisión y el control del tránsito.</li> <li>4. Sistemas de información de control del tránsito ineficiente o inexistente.</li> <li>5. Gran parte del parque vehicular no cuenta con seguro de daños a terceros.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mayor conciencia de las autoridades por solucionar problemas con la red vial.</li> <li>2. Mayor conciencia de la población por los problemas viales.</li> <li>3. Existen adelantos tecnológicos capaces de ayudar a resolver problemas viales.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias - FO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adquirir sistemas de cómputo acorde a las necesidades de los ingenieros de tránsito.</li> <li>2. Capacitar a los elementos de la policía de control de tránsito.</li> <li>3. Capacitar a la población en cuestiones de tránsito.</li> <li>4. Sustituir equipo de control de tránsito obsoleto por nuevos dispositivos.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias - DO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conseguir mayor presupuesto en el rubro de la vialidad.</li> <li>2. Elaborar nuevo reglamento de tránsito acorde a las necesidades de la ciudad.</li> <li>3. Revisar y modificar estructura organizacional para el control del tránsito.</li> <li>4. Diseñar e implantar base de datos de ingeniería de tránsito (accidentes, volúmenes, dispositivos, etc.).</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>Amenazas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crecimiento del parque vehicular.</li> <li>2. Fenómenos meteorológicos como huracanes que dañan la infraestructura vial.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias - FA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollar e implantar sistema de información del parque vehicular.</li> <li>2. Desarrollar plan emergente para reparar o sustituir infraestructura vial.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Estrategias - DA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seguro obligatorio del parque vehicular por daños a terceros.</li> <li>2. Reservar derechos de vía para satisfacer demanda creciente de automóviles.</li> </ol>

**Tabla No. 24: Matriz AODF para determinar las estrategias institucionales.**

## IV.2 Planteamiento de acciones

El planteamiento de acciones de carácter vial depende básicamente de dos factores: las necesidades de la red vial y el factor económico.

Se proponen como acciones a corto plazo aquellas que, por su importancia, van a mejorar los niveles de servicio de las vialidades, dando alternativas de circulación a los usuarios y disminuyendo los congestionamientos en las arterias principales.

Por otra parte, no se debe perder de vista el dinero, ya que los municipios no perciben tantos recursos económicos como para realizar las propuestas viales de una sola vez.

Se dejan como acciones a mediano y largo plazo aquellas que van a descongestionar la red vial, tomando como base la red vial actual más las acciones a corto plazo.

### IV.2.1 Acciones a corto plazo

Para determinar las acciones generales de vialidad a corto plazo a seguir, recurriremos a la siguiente matriz AODF.

	<p><b>Fuerzas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pavimentos en buen estado.</li> <li>2. Equipo de ingenieros de tránsito bien capacitado.</li> </ol>	<p><b>Debilidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Señalamiento horizontal y vertical en mal estado o inexistente.</li> <li>2. Mala programación de ciclos en semáforos.</li> <li>3. Semáforos obsoletos.</li> <li>4. Escasa vialidad primaria.</li> </ol>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mayor conciencia de las autoridades por solucionar problemas con la red vial.</li> <li>2. Existe mayor tecnología en el control de intersecciones con semáforos.</li> <li>3. Programa incipiente de mantenimiento vial.</li> </ol>	<p><b>Acciones - FO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoyar y mejorar el programa de mantenimiento vial.</li> <li>2. Sincronizar semáforos y uniformizar longitudes de ciclo.</li> </ol>	<p><b>Acciones - DO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modernizar semáforos.</li> <li>2. Instalar señalamiento informativo de destino en intersecciones de vías primarias.</li> <li>3. Instalar señalamiento horizontal y vertical.</li> <li>4. Delimitar carriles en vialidades.</li> <li>5. Construir nuevas vialidades primarias y secundarias.</li> </ol>
<p><b>Amenazas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crecimiento del parque vehicular.</li> <li>2. Transporte público desordenado.</li> <li>3. Se permite el estacionamiento en vialidades primarias y colectoras.</li> <li>4. Intersecciones y vialidades con creciente demanda vehicular.</li> <li>5. Intersecciones peligrosas por mala geometría.</li> </ol>	<p><b>Acciones - FA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reordenar paraderos de transporte público.</li> <li>2. Monitorear vialidades e intersecciones para detectar fallas.</li> <li>3. Revisión y proyecto de paradas de transporte público.</li> <li>4. Realizar adecuaciones geométricas en intersecciones que lo ameriten.</li> </ol>	<p><b>Acciones - DA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalar semáforos, en intersecciones con vías primarias o colectoras que ameriten este tipo de dispositivos</li> <li>2. Señalizar prohibición de estacionamiento en vialidades primarias y colectoras</li> </ol>

**Tabla No. 25: Matriz AODF para determinar las acciones viales a corto plazo.**

Las acciones propuestas para el horizonte a corto plazo pueden verse en el plano **VTM – 5: Acciones a corto plazo** y **VTM - 7** (ver anexo de planos). Cabe mencionar que cada acción dibujada en el plano **VTM – 5: Acciones a corto plazo**, debe tener una descripción detallada, sin embargo, en su gran mayoría las acciones a realizar son las propuestas en la tabla No. 26, que son:

- Semáforos:
  - ✓ Instalar en intersecciones primarias que ameriten el dispositivo.
  - ✓ Modernizar.
  - ✓ Sincronizar.
  - ✓ Reprogramar y uniformizar longitudes de ciclo de intersecciones cercanas.
- Señalamiento horizontal y vertical:
  - ✓ Instalar señalamiento informativo.
  - ✓ Instalar señalamiento horizontal y vertical en intersecciones y vialidades primarias principalmente.
- Transporte público
  - ✓ Revisión y proyecto de paradas
  - ✓ Reordenar paraderos.
- Estacionamiento en vía pública
  - ✓ Señalizar prohibición de estacionamiento en vialidades primarias y colectoras.
- Mantenimiento
  - ✓ Mantenimiento vial preventivo y correctivo
- Construcción de vialidades primarias que ayuden a comunicarse a los dos circuitos: El anillo periférico y el Cto. Colonias

A manera de ejemplo, detallaremos la acción AC6 para observar lo que se tiene que hacer en cuestiones de gestión vial.

AC6	<p>Calle 60 Norte – Av. Tecnológico Anillo Periférico Norte – Circuito Colonias Norte</p> <p><b>Adecuación geométrica:</b> Cerrar el retomo de Calle 60 Norte ubicado al norte de la Av. Marcelino Champagnat Rediseñar el retorno de Calle 60 Norte ubicado al sur de Calle 23, suprimiendo el movimiento norte – norte, quedando en uso la posibilidad sur – sur Abrir cruce en Calle 60 Norte x Av. Marcelino Champagnat Eliminar apertura de camellón en Calle 60 x Calle 19</p> <p><b>Semaforizar:</b> Calle 60 Norte - Av. Marcelino Champagnat Calle 17 - Av. Tecnológico</p> <p><b>Cambios de sentido de tránsito:</b> Calle 27- 27 A (p-o){o-p}: C. 20 – Av. Tecnológico Calle 35 (doble){p-o}: C. 20 - Av. Tecnológico</p> <p><b>Adecuación geométrica y semaforizar:</b> Calle 27 A – Av. Tecnológico Calle 35 - Av. Tecnológico</p> <p><b>Semáforos vehiculares:</b> <b>Sincronización de semáforos</b> (instalación de controles) Tramo: Calle 9 – Circuito Colonias Norte (6 int.)</p> <p><b>Revisar la posibilidad de instalar semáforos peatonales:</b> Calle 9 (Av. 49) Circuito Colonias</p> <p><b>Señalamiento informativo de destino:</b> Av. Paseo de Montejo Av. Marcelino Champagnat Calle 9 Circuito Colonias</p> <p>Revisar cruces peatonales existentes, dejar sólo aquellos en los que se justifique este dispositivo.</p>
-----	---

La descripción gráfica aparece en el plano **VTGV – 1: Sistema de gestión vial: calle 60 norte (Av. Tecnológico)**, ver anexo de planos.

#### **IV.2.2 Acciones a mediano plazo**

Las acciones a mediano plazo son básicamente las mismas que las de corto plazo, a diferencia que ahora se pretende trabajar con las vialidades colectoras o secundarias en vez de las primarias. Así pues, la acciones a mediano plazo son:

- Semáforos:
  - ✓ Instalar en intersecciones colectoras que ameriten el dispositivo.
  - ✓ Modernizar.
  - ✓ Sincronizar.
  - ✓ Reprogramar y uniformizar longitudes de ciclo de intersecciones cercanas.
- Señalamiento horizontal y vertical:
  - ✓ Instalar señalamiento informativo.
  - ✓ Instalar señalamiento horizontal y vertical en intersecciones y vialidades colectoras.
- Transporte público
  - ✓ Revisión y proyecto de paradas
  - ✓ Reordenar paraderos.
- Mantenimiento
  - ✓ Mantenimiento vial preventivo y correctivo
- Construcción de vialidades colectoras que comuniquen a las vialidades primarias, también se propone la construcción de vialidades primarias que terminen de articular la red vial básica.

En el plano **VTCM – 6: Acciones a mediano plazo** (ver anexo de planos), se pueden observar las acciones a mediano plazo.

#### **IV.2.3 Acciones potenciales**

- ✓ De manera preliminar, se proponen diversos pasos vehiculares a desnivel, tomando en consideración las actuales vías de acceso a la ciudad de Mérida y el crecimiento urbano previsto hacia la parte exterior del Anillo Periférico.
- ✓ Diversas intersecciones de la Av. Itzaes y el Circuito Colonias presentan actualmente un nivel de servicio "F". De manera preliminar se proponen diversas ubicaciones en las que sería conveniente analizar la factibilidad de desarrollar soluciones vehiculares a desnivel.
- ✓ Elaboración del anteproyecto geométrico para la posible conversión del Circuito Colonias en vía de circulación continua.

Las acciones potenciales aparecen en el plano **VTCM – 7: Acciones potenciales** (ver anexo de planos).

# **ANEXO DE PLANOS POLÍTICAS, ESTRATEGIAS Y ACCIONES**

- VTCM – 5: Acciones a corto plazo
- VTZC – 7: Acciones corto plazo zona centro
- VTGV – 1: Sistema de gestión vial: calle 60 norte (Av. Tecnológico),
- VTCM – 6: Acciones a mediano plazo
- VTCM – 7: Acciones potenciales

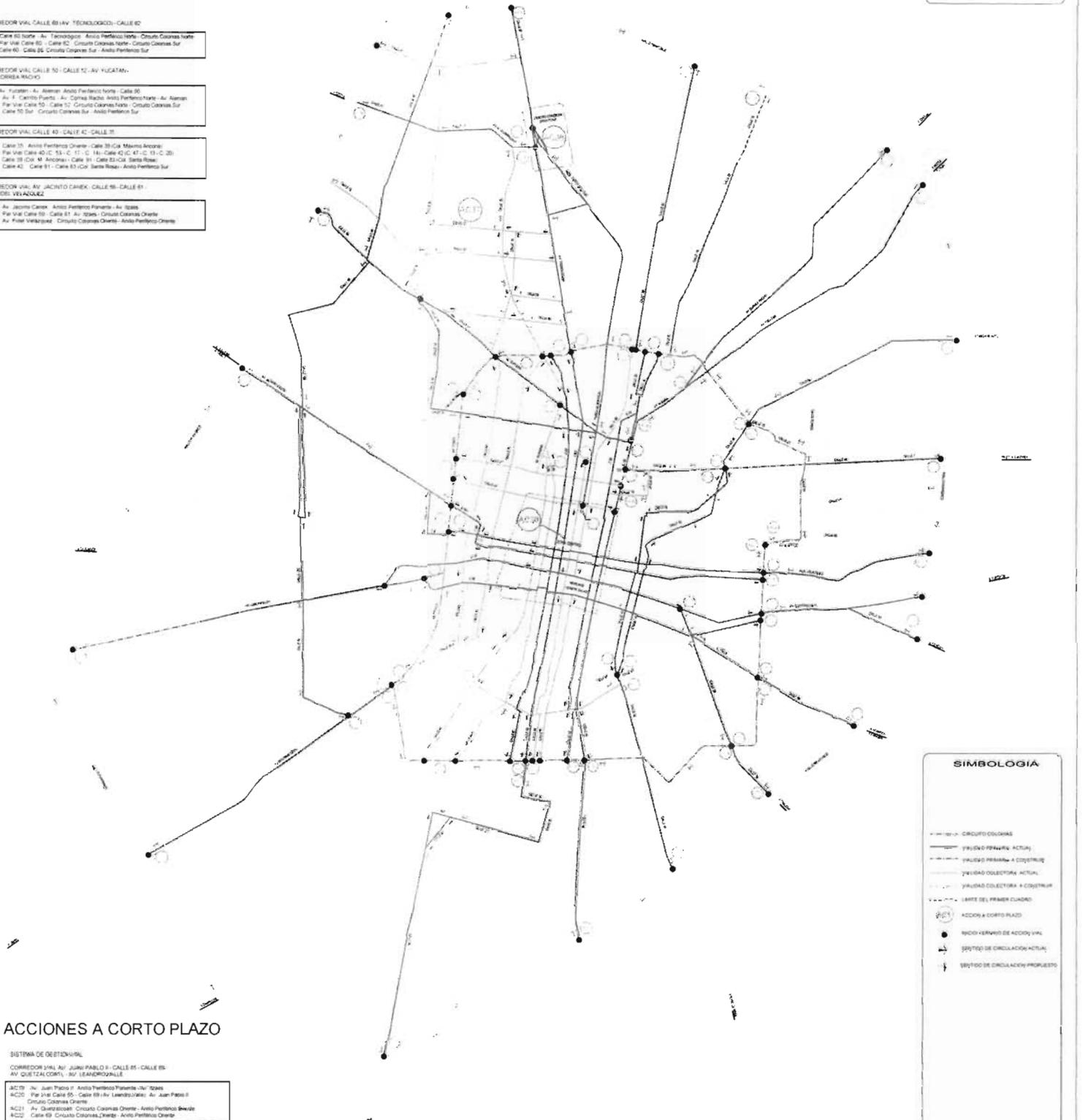
**SISTEMAS DE GESTIÓN VIAL**  
**CIRCUITO COLINAS**  
AC1: Anillo Norte - Av. Itzamal - Calle 30 - Cda. Peticiones  
AC2: Anillo Noroccidental - Calle 25 - Cda. Peticiones - Av. R. Malin - Circuito Colinas (Cda. L. Cardenas)  
AC3: Anillo Oriental - Av. R. Malin (Cda. L. Cardenas) - Calle 28 - Mokolam  
AC4: Anillo Sur - Calle 28 - Mokolam - Av. Itzamal  
AC5: Anillo Poniente - Av. Itzamal - Av. Itzamal - Calle 28 - Cda. San Damian

**CORREDOR VIAL CALLE 69 - AV. TECNOLÓGICO - CALLE 62**  
AC6: Calle 62 Norte - Av. Tecnológico - Anillo Periferico Norte - Circuito Colinas Norte  
AC7: Par Vial Calle 60 - Calle 62 - Circuito Colinas Norte - Circuito Colinas Sur  
AC8: Calle 60 - Calle 62 - Circuito Colinas Sur - Anillo Periferico Sur

**CORREDOR VIAL CALLE 101 - CALLE 112 - AV. YUCATAN - AV. CORBA RACHO**  
AC9: Av. Yucatan - Av. Itzamal - Anillo Periferico Norte - Calle 90  
AC10: Av. F. Canillo Fuentes - Av. Corba Racho - Anillo Periferico Norte - Av. Itzamal  
AC11: Par Vial Calle 101 - Calle 112 - Circuito Colinas Norte - Circuito Colinas Sur  
AC12: Calle 10 Sur - Circuito Colinas Sur - Anillo Periferico Sur

**CORREDOR VIAL CALLE 69 - CALLE 62 - CALLE 70**  
AC13: Calle 70 - Anillo Periferico Oriente - Calle 28 - Cda. Marina Ancon  
AC14: Par Vial Calle 60 - Calle 62 - Calle 70 - Calle 82 - Cda. Santa Rosa  
AC15: Calle 60 - Calle 70 - Calle 82 - Cda. Santa Rosa - Anillo Periferico Sur

**CORREDOR VIAL AV. JACINTO CANEK - CALLE 98 - CALLE 81 - AV. PÉDRO VELAZQUEZ**  
AC16: Av. Jacinto Canek - Anillo Periferico Poniente - Av. Itzamal  
AC17: Par Vial Calle 80 - Calle 81 - Av. Itzamal - Circuito Colinas Oriente  
AC18: Av. Piedad Velazquez - Circuito Colinas Oriente - Anillo Periferico Oriente



ACCIONES A CORTO PLAZO

**SISTEMA DE GESTIÓN VIAL**  
**CIRCUITO JUNE AJU - JUNJI PABLO 9 - CALLE 85 - CALLE 88 - AV. QUINTA CORONA - AV. LEANDRO PALMÉ**  
AC19: Av. Juan Pablo 9 - Anillo Periferico Poniente - Av. Itzamal  
AC20: Par Vial Calle 85 - Calle 88 - Av. Leandro Palmé - Av. Juan Pablo 9 - Circuito Colinas Oriente  
AC21: Av. Quintacoron - Circuito Colinas Oriente - Anillo Periferico Poniente  
AC22: Calle 89 - Circuito Colinas Oriente - Anillo Periferico Oriente

**VIAL CUDZUMAL**  
AC23: Av. Piedad Velazquez - Calle 80 Norte - Calle 87 (Cerro)  
AC24: Calle 20 - Calle 22 - Anillo Periferico Norte - Circuito Colinas Norte  
AC25: Calle 8 - Calle 19 - Calle 27 - Calle 10 - Anillo Periferico Norte - Circuito Colinas Norte  
AC26: Calle 28 - Calle 40 - Calle 7 - Calle 10 - Anillo Periferico Oriente  
AC27: Calle 28 - Calle 67 - Anillo Periferico Sur  
AC28: Av. Internacional - Av. Itzamal - Anillo Periferico Sur - Circuito Colinas Sur  
AC29: Par Vial Av. Cuauhtémoc - Av. Colón - Calle 38 - Calle 42 - Calle 21 - Anillo Periferico Poniente - Calle 60  
AC30: Calle 108 - Anillo Periferico Norte - Av. Internacional  
AC31: Calle 51 - Calle 11 - Av. Mariano Otero - Anillo Periferico Norte - Calle 60 Norte

**JUNI QUAJUZEL ADONDA**  
AC32: Par Vial Calle 56 - Calle 58 - Circuito Colinas Norte - Circuito Colinas Sur  
AC33: Par Vial Calle 64 - Calle 66 - Av. Cuauhtémoc - Circuito Colinas Sur  
AC34: Par Vial Calle 76 - Calle 82 - Circuito Colinas Norte - Av. Itzamal  
AC35: Par Vial Calle 84 - Calle 87 - Calle 50 - Av. Itzamal  
AC36: Calle 92 - Calle 98 - Calle 92

**ZONAS PARTICULARES**  
AC37: Zona Centro  
AC38: Distrito VII Canal - Chulum - Fomento de Montejo  
AC39: Centro Cameraria Zona Itza

**SIMBOLOGÍA**

- CÍRCULO COLINAS
- VIALIDAD PERIFÉRICA ACTUAL
- VIALIDAD PERIFÉRICA A CONSTRUIR
- VIALIDAD COLECTORA ACTUAL
- VIALIDAD COLECTORA A CONSTRUIR
- LIMITE DEL PRIMER CUADRO
- ACCIÓN A CORTO PLAZO
- NODO VIAL DE ACCIÓN VIAL
- PUNTO DE CIRCULACIÓN ACTUAL
- PUNTO DE CIRCULACIÓN PROYECTADO

CLAVE: **VTCM-5**

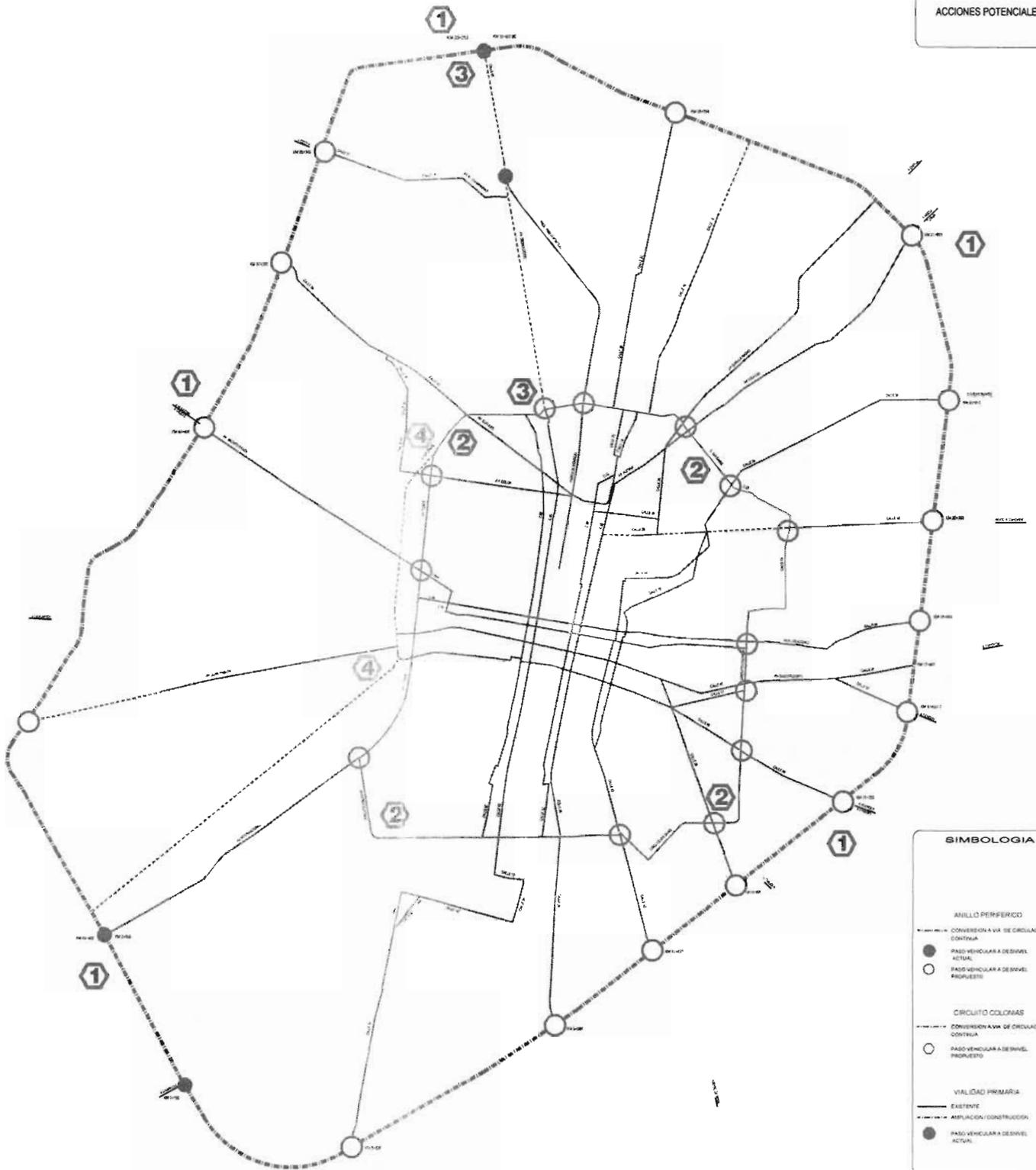
ESTADO DE YUCATÁN	
MUNICIPIO DE MERIDA	
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN Y DISEÑO VIAL JUNIO 2002	
Autores	INSTITUTO VIAL







ACCIONES POTENCIALES



ACCIONES POTENCIALES

- 1** ANILLO PERIFERICO  
VIA DE CIRCULACION CONTINUA
- 2** CIRCUITO COLONIAS  
VIA DE CIRCULACION CONTINUA
- 3** CALLE 60 NORTE (AV. TECNOLOGICO)  
AMPLIACION A TRES CARRILES / SENTIDO
- 4** VIALIDAD FERROCARRIL A UMAN  
CONSTRUCCION DE VIALIDAD LATERAL

SIMBOLOGIA

- ANILLO PERIFERICO**
  - CONVERSION A VIA DE CIRCULACION CONTINUA
  - PASO VEHICULAR A DE SNIVEL ACTUAL
  - PASO VEHICULAR A DE SNIVEL PROPUUESTO
- CIRCUITO COLONIAS**
  - CONVERSION A VIA DE CIRCULACION CONTINUA
  - PASO VEHICULAR A DE SNIVEL PROPUUESTO
- VIALIDAD PRIMARIA**
  - EXISTENTE
  - AMPLIACION / CONSTRUCCION
  - PASO VEHICULAR A DE SNIVEL ACTUAL

CLAVE  
**VTM-7**

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS	
ACCIONES POTENCIALES	
MUNICIPIO DE MERIDA	
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS	
MEXICO	

## V EVALUACIÓN

En este capítulo abordaremos la evaluación técnica y económica de los proyectos de inversión propuestos en el capítulo anterior.

La evaluación de un proyecto de inversión, cualquiera que este sea, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, de tal forma que asegure resolver la necesidad humana para la cual fue concebido en forma eficiente, segura y rentable.

Así pues, mediante la evaluación técnica y económica, se pretende dar las herramientas necesarias para que se tome una decisión correcta.

Para un proyecto de inversión gubernamental, como las acciones a corto y mediano plazo propuestas en el capítulo anterior, el objetivo no es un beneficio económico como en una empresa privada, sino que se persigue tener un beneficio social, como es:

- ✓ Dar alternativas de circulación menos congestionadas que ahorren tiempo a los usuarios de la red.
- ✓ Dotar de nueva infraestructura vial que genere desarrollo.
- ✓ Mejorar las vialidades principales y secundarias existentes de manera que se agilice el tránsito sobre ellas.
- ✓ Mejorar los accesos a colonias para promover su calidad de vida.
- ✓ Mejorar el aspecto urbano de la ciudad.
- ✓ Cuidar el medio ambiente.

La estructura general de la metodología de la evaluación de proyectos puede ser representada por el siguiente diagrama:

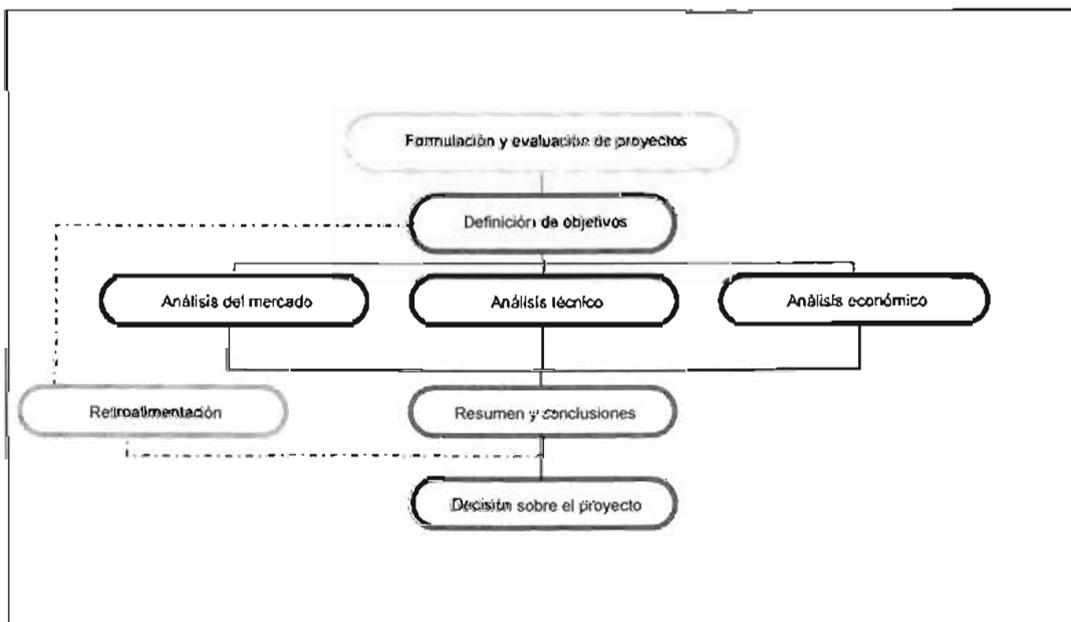


Figura No. 30: Estructura de la evaluación de proyectos

De acuerdo la figura No. 30, en este trabajo ya se definieron objetivos y acciones por evaluar, lo pendiente y que atañe a este capítulo es la evaluación técnica y económica que analizaremos más adelante.

El análisis de mercado, está dado por el *diagnóstico y pronóstico*, y de acuerdo al análisis de dichos capítulos llegamos a la conclusión de que si hay usuarios de la red y habrá más usuarios en las principales vialidades, llegando a sobresaturar las mismas en un horizonte de planeación mediano si no se realizan acciones sustanciales que detengan el fenómeno.

### **V.1 Evaluación técnica**

Para la evaluación técnica se elaboró un modelo de planeación del transporte utilizando como herramienta el **Sistema EMME/2**. Este sistema posee un conjunto de herramientas que permiten modelar y analizar el comportamiento de las redes viales bajo diferentes escenarios de la demanda de viajes o de la infraestructura de la red; en este estudio se consideró a la situación actual de la región para el año **2002** como el escenario base y como escenarios de corto plazo, mediano y largo plazo a las demandas y las soluciones propuestas para los años **2005, 2008 y 2012**, respectivamente.

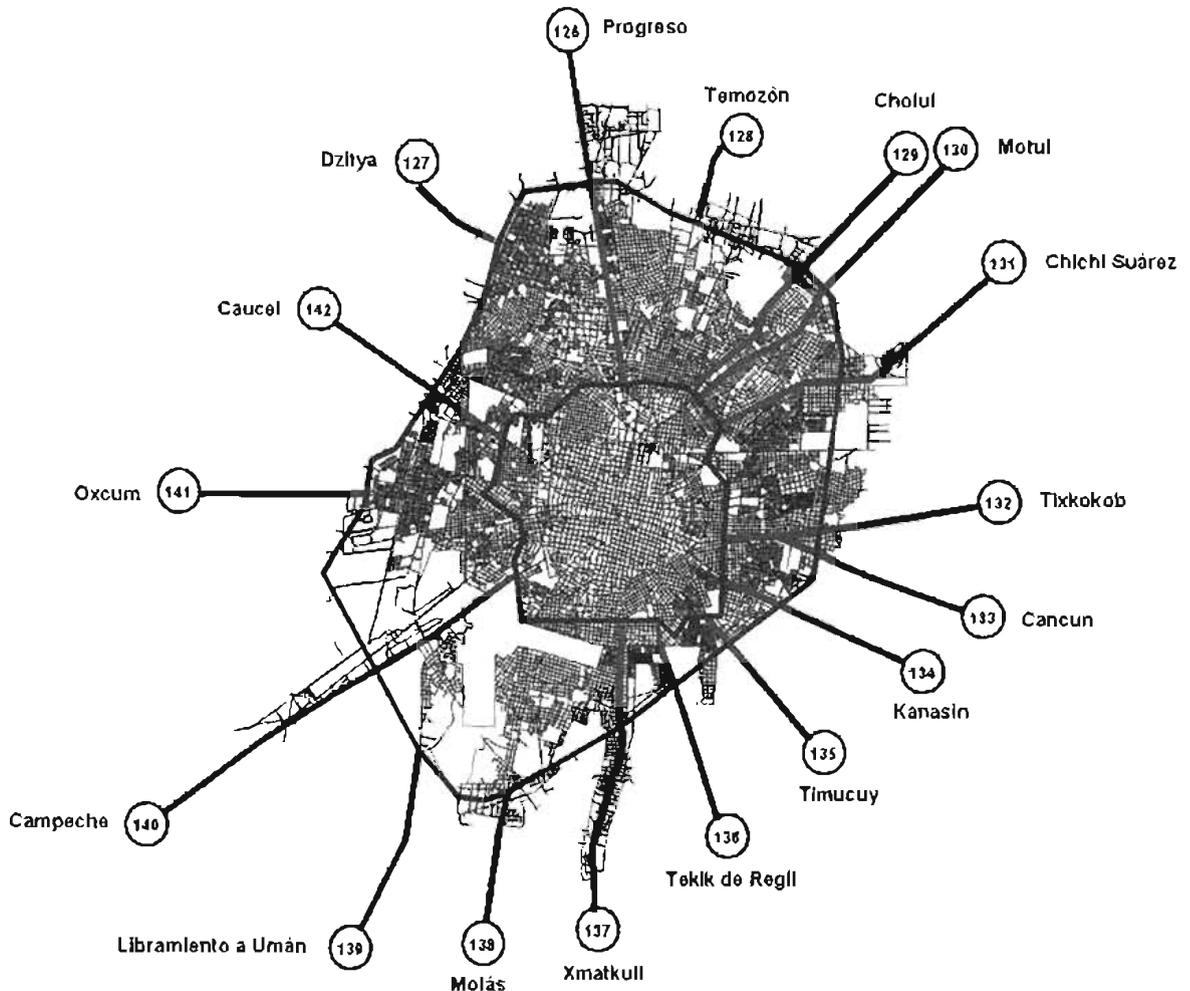
Para la construcción del modelo de simulación del transporte se utilizó la metodología propuesta para la construcción de modelos de simulación basados en las herramientas con que cuenta el Sistema EMME/2:

- ✓ **Zona de estudio.** A partir de los requerimientos de la estructura vial propuesta en el programa de desarrollo urbano se establece la región geográfica que será estudiada con el modelo de simulación y se analizan los accesos carreteros que sirven de enlace de comunicación vial con otras ciudades o con comunidades aledañas. Se identifican las principales vialidades, las colectoras, así como las demás vialidades por donde pasa el transporte público y los accesos a las colonias.



Plano No. 2: **AGEB de la Ciudad de Mérida.**

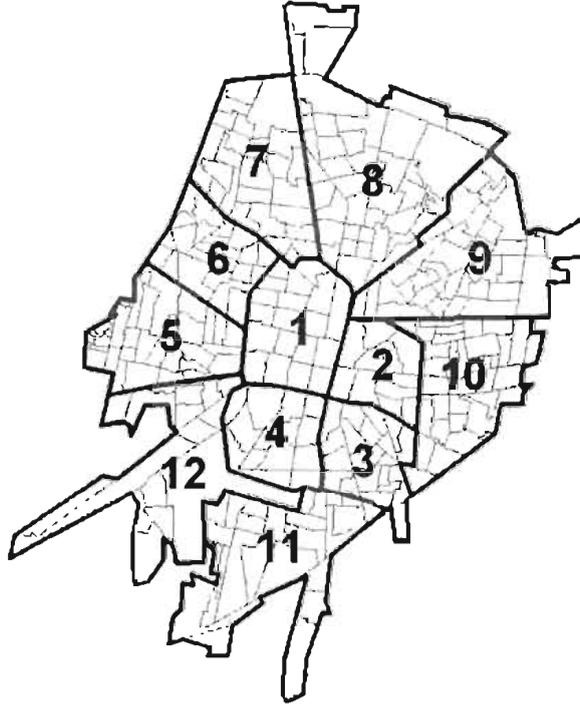
- ✓ **Inventario físico.** Con el inventario físico se identifican los principales corredores viales, las secciones transversales, el sentido de las calles, el número de carriles para la circulación, el tipo de pavimento, los puentes, los topes y los semáforos.
- ✓ **Zonificación.** A partir de las áreas geoestadísticas básicas (ageb) utilizadas por el INEGI para los censos y el conteo de población se define una zonificación para la región bajo estudio y para los puntos de acceso a ella.



Plano No. 3: *Accesos Carreteros a la Ciudad de Mérida.*

- ✓ **Líneas cordón.** Con base en las vialidades, en la zonificación y en las delimitaciones geográficas, se establece un conjunto de líneas cordón para los flujos de vehículos y se seleccionan puntos para la realización de aforos dentro de las horas pico.
- ✓ **Sectorización.** Se agrupan las zonas por sectores para facilitar la calibración del modelo; en este caso se agruparon las zonas en 12 sectores. Usualmente se delimitan por las líneas cordón.

En el modelo se representaron las zonas por medio de **143 nodos centroídes** que se conectan a los nodos regulares de la red e indican los puntos de oferta y demanda de viajes.



Plano No. 4: Sectorización de la Ciudad de Mérida.

- ✓ **Modos de transporte.** Se definen los diferentes modos de transporte utilizados dentro de la región (automóvil, taxi, autobús, minibús, a pie y otros), así como los tipos y capacidades de los vehículos utilizados en las rutas del transporte público.
- ✓ **Construcción de funciones.** El modelo permite asociar un conjunto de **funciones de dilatación** para calcular los tiempos que tardan los vehículos en recorrer cada uno de los tramos de la red vial, un conjunto de **funciones de penalización** para calcular los tiempos que tardan los vehículos en atravesar o dar giros en los cruces conflictivos o con semáforo.

#### Funciones de dilatación (fd)

A cada uno de los tramos de la red vial se le asocia una función con la cual se calcula el tiempo (en minutos) necesario para recorrerlo. Estas funciones son estructuras de datos que contienen expresiones algebraicas de la forma:

$$fd = \text{long} \left[ \text{trec} + \left( \left( \frac{1}{\text{cap}} \right) \left( \frac{\text{volau} + \text{volad}}{\text{carriles}} \right) \right)^n \right] \quad (\text{Minutos})$$

Donde:

- long** longitud del tramo en kilómetros.  
**vol<sub>au</sub>** volumen de autos calculado durante el proceso de simulación.  
**vol<sub>ad</sub>** volumen auxiliar de autos (utilizado para representar el volumen de autos equivalentes del transporte público o el tráfico interno de una zona).  
**carriles** Número de carriles.  
**trec** Es el tiempo en minutos necesario para recorrer un kilómetro.  
 = 60 minutos por hora / velocidad en km. por hora  
**cap** Es la capacidad del tramo en vehículos por hora y por carril.  
**n** Es un coeficiente que permite ajustar el tiempo necesario para recorrer el tramo en función del volumen de los autos.

Por ejemplo, las expresiones asociadas a los tramos con las siguientes características:

	Velocidad (km/hr)	Flujo promedio (veh/hr)/carril	Descripción	Carriles
1	< 15	125	Terracería	1
2	< 20	150	Pavimentada	1
3	< 25	250	Pavimentada	1
4	< 30	330	Pavimentada	1
5	< 35	400	Pavimentada	1
6	< 40	500	Pavimentada	1
7	< 50	600	Pavimentada	2 o 3

Tienen el comportamiento mostrado en la figura No. 30.

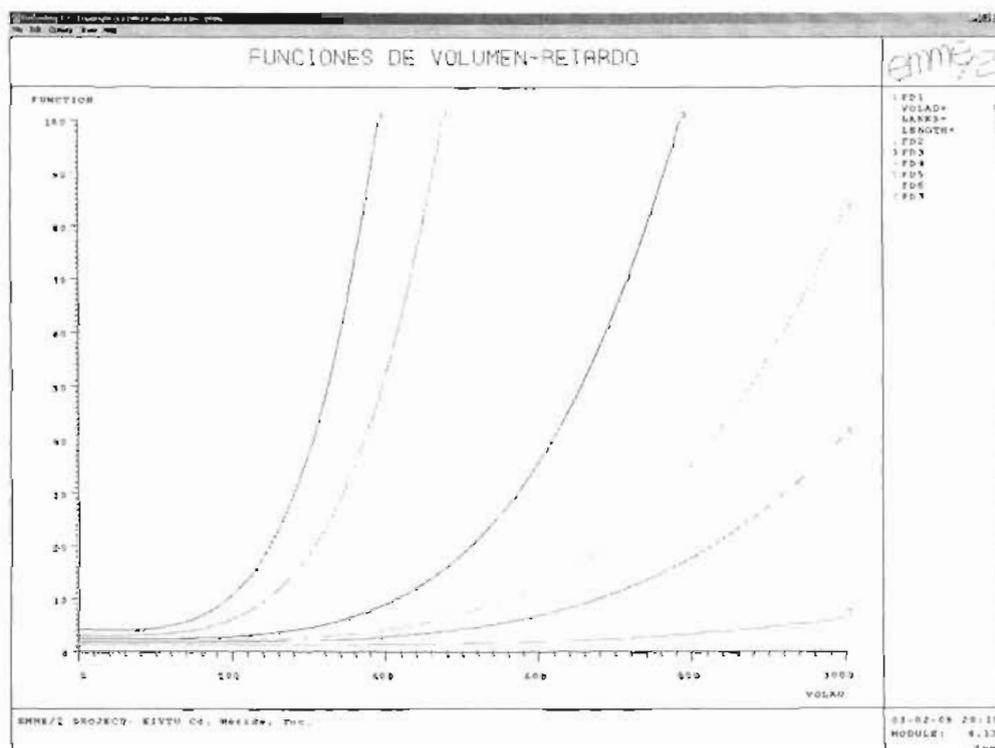


Figura No. 31: Funciones de dilatación considerando un carril.

## Funciones de penalización (fp)

Las funciones de penalización se aplican a las intersecciones y permiten calcular los tiempos promedio (en minutos) necesarios para cruzar una vialidad, para dar vuelta a la derecha o para dar vuelta a la izquierda.

Las funciones de penalización son de la forma:

$$fp = t_{paso} + t_{ciclo} \left( \frac{p_{volau} + p_{volad}}{cap + up1} \right)^n \text{ (Minutos)}$$

Para cruces con semáforo y

$$fp = t_{paso} + t_{cruce} \left( \frac{p_{volau} + p_{volad}}{cap + up1} \right)^n \text{ (Minutos)}$$

Para cruces sin semáforo.

Donde:

<b><i>t<sub>paso</sub></i></b>	Tiempo en minutos para atravesar el cruce cuando no hay tráfico.
<b><i>t<sub>ciclo</sub></i></b>	Tiempo promedio en minutos para atravesar el cruce cuando el vehículo espera un ciclo de un semáforo.
<b><i>cap</i></b>	Capacidad del semáforo o del cruce en vehículos por hora.
<b><i>t<sub>cruce</sub></i></b>	Tiempo necesario para atravesar el cruce
<b><i>p<sub>volau</sub></i></b>	Volumen de autos por hora calculado en el proceso de simulación.
<b><i>p<sub>volad</sub></i></b>	Volumen auxiliar de autos (utilizado para representar el volumen de autos equivalentes del transporte público o del tráfico interno de una zona).
<b><i>up1</i></b>	Variable asociada por el usuario que indica el número de carriles.
<b><i>n</i></b>	Es un exponente que permite ajustar el tiempo para grandes volúmenes al atravesar el cruce o para dar vueltas a la derecha o izquierda.

- ✓ **Estudio de tiempos y demoras.** Se efectúa un estudio de tiempos y demoras en los corredores viales y se obtienen sus velocidades de recorrido. Estas velocidades permiten construir y calibrar las funciones de dilatación y penalización.
- ✓ **Construcción de la red vial.** Se digitaliza la red indicando la posición de los nodos que unen los tramos de las vialidades y sobre ellos se construyen los tramos asociándoles sus atributos tales como el tipo de vialidad, los sentidos de las calles, el número de carriles, los modos de

transporte que por ellos circulan así como su función de dilatación. Se integra el resto de la infraestructura vial indicando las vueltas no permitidas, los nodos conflictivos, los nodos con semáforo y se les asocian las funciones de penalización a cada uno de sus giros.

Se digitalizaron sus principales vialidades definiendo de **4,358 nodos** para señalar los cruces de las avenidas y se construyeron **14,945 tramos** para indicar las vialidades que los unen.

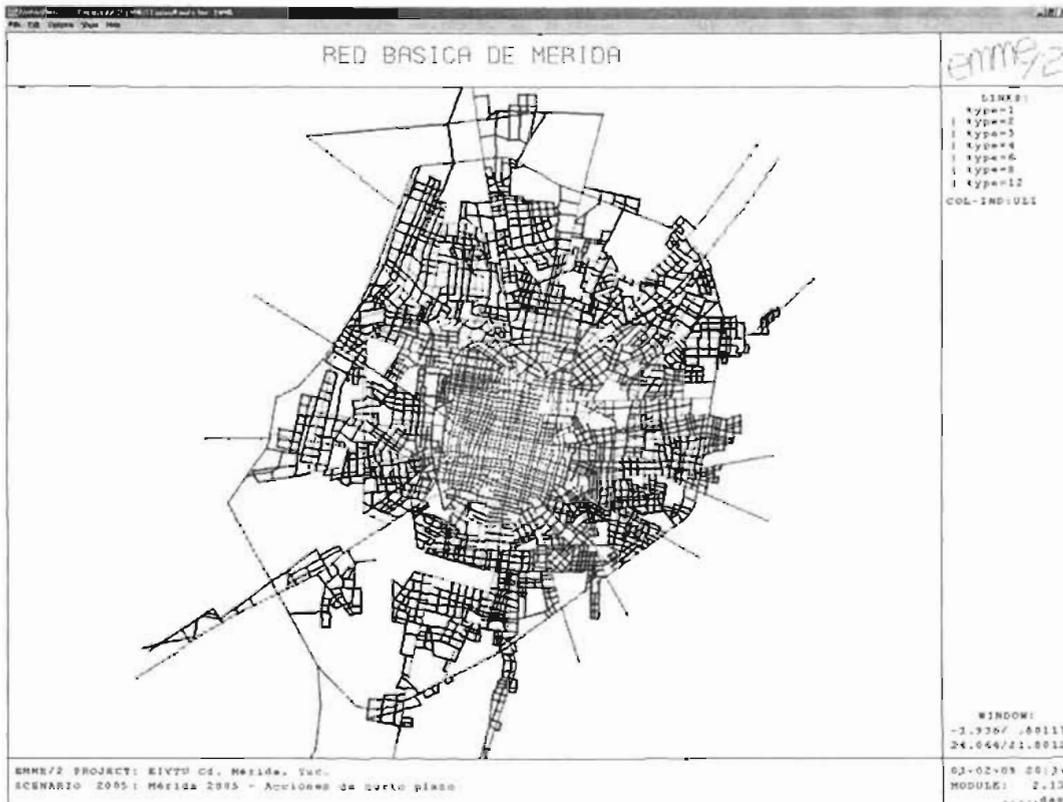


Figura No. 32: Red vial de la ciudad de Mérida

- ✓ **Estaciones maestras.** Se define un conjunto de estaciones maestras para analizar el comportamiento del flujo vehicular a lo largo del día y definir las horas pico.
- ✓ **Definición de escenarios.** Se define como el escenario base al que usualmente representa la situación actual de la región y se plantea un conjunto de escenarios que representarán las situaciones de la red en el corto, mediano y largo plazos, aplicando en cada uno de ellos diferentes acciones.
- ✓ **Proyecciones de la población.** Se calcularon las tasas de crecimiento para cada una de las áreas geoestadísticas básicas (ageb) de la región y con ellas se calcularon las **proyecciones de la población por zona para los años 2002, 2005, 2008 y 2012**; estos datos junto con la información socioeconómica de la región se utilizaron para calcular el número de vehículos y la **matriz de producción** de viajes por zona para el transporte privado.

- ✓ **Matrices de producción de viajes.** A partir de las proyecciones de la población se construyen las matrices de oferta o producción de viajes por zona, utilizando un modelo de generación de viajes.
- ✓ **Encuesta origen-destino domiciliaria.** Se realiza una encuesta origen-destino para los viajes entre las zonas a nivel domiciliaria, en la que se incluyen todos los viajes que realizan los miembros de la familia ya sea en auto, transporte público, a pie o en cualquier otro medio de transporte. El análisis de la encuesta permite conocer la generación de viajes entre las zonas así como los horarios de generación de los viajes, el promedio de automóviles por familia y el promedio de viajes efectuados en automóvil. Estos datos permiten calibrar la matriz de producción de viajes en la hora pico.
- ✓ **Matriz origen-destino.** A partir de la encuesta realizada en los hogares se construye la matriz origen – destino de viajes entre las zonas.
- ✓ **Matriz de demanda de viajes.** Al normalizar la matriz origen-destino y multiplicarla por la matriz de producción de viajes, se obtiene una matriz inicial de demanda de viajes.
- ✓ **Balanceo de matrices.** La matriz de demanda de viajes se modifica con base en la situación socio-económica de las zonas (empleo, escuelas, comercios, etc) y se ajustan los coeficientes de la matriz origen-destino por medio de las herramientas para el balanceo de matrices con que cuenta el Sistema EMME/2.
- ✓ **Simulación del modelo.** Con la matriz origen-destino se efectúa la asignación de los volúmenes de autos a los tramos de la red.
- ✓ **Calibración del modelo.** A partir de los volúmenes reportados en los aforos realizados en las líneas cordón y los volúmenes obtenidos en las simulaciones, se calibran las matrices origen - destino y de demanda de viajes.
- ✓ **Aforos direccionales.** Los datos obtenidos en los aforos direccionales son de gran ayuda en la calibración de los coeficientes de la matriz origen destino.
- ✓ **Proyección de matrices.** Con el modelo de producción de viajes se calculan las matrices de producción para los años 2002, 2005, 2008 y 2012; con estos datos se proyectan las matrices origen destino del escenario base y de demanda de viajes.
- ✓ **Construcción de Escenarios.** Se construyen los diferentes escenarios con las propuestas de modificación a las vialidades y se comparan entre sí para evaluarlas. Como resultado del modelo se tienen los volúmenes que registrarán las nuevas vialidades y los incrementos que se presentarán en las vialidades que se mejoran.

Escenario al corto plazo 2005 con acciones



Figura No. 33: Red vial de la ciudad de Mérida al año 2005 con acciones

Simulación de escenario al corto plazo 2005

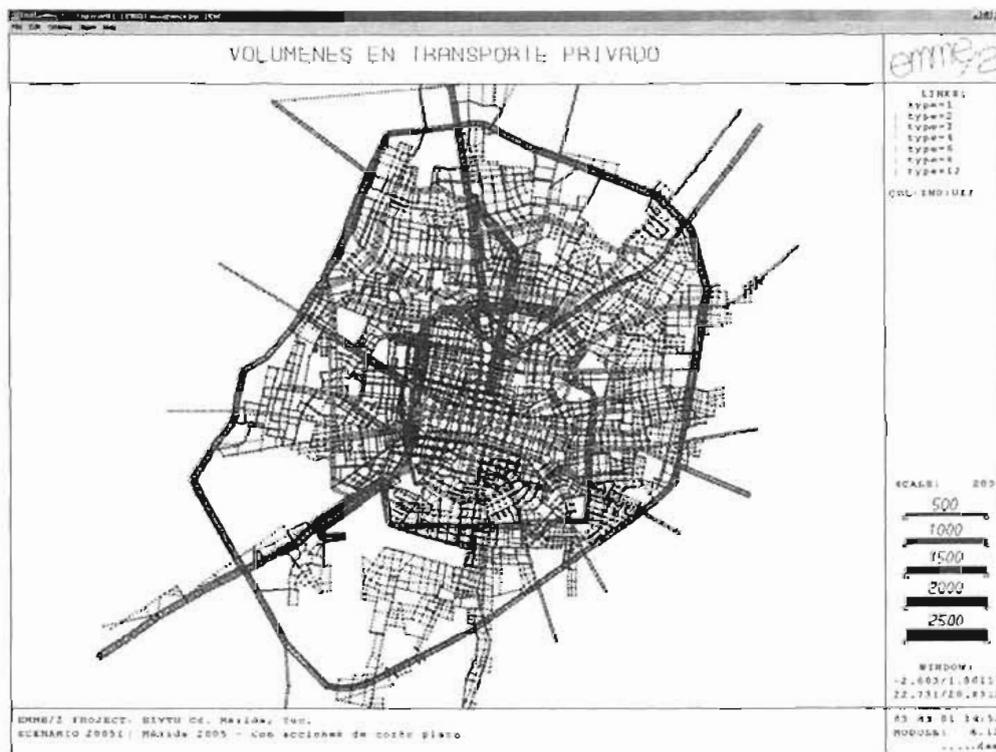


Figura No. 34: Simulación de la red vial al año 2005 con acciones

Escenario al mediano plazo 2008 con acciones

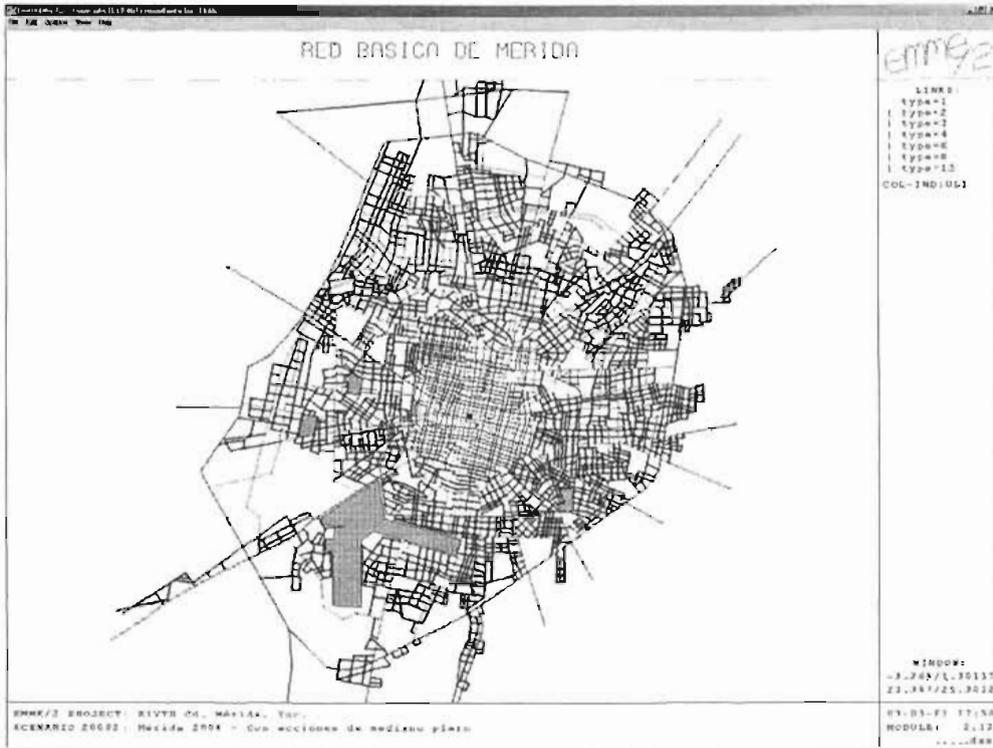


Figura No. 35: Red vial de la ciudad de Mérida al año 2008 con acciones

Simulación de escenario al mediano plazo 2008

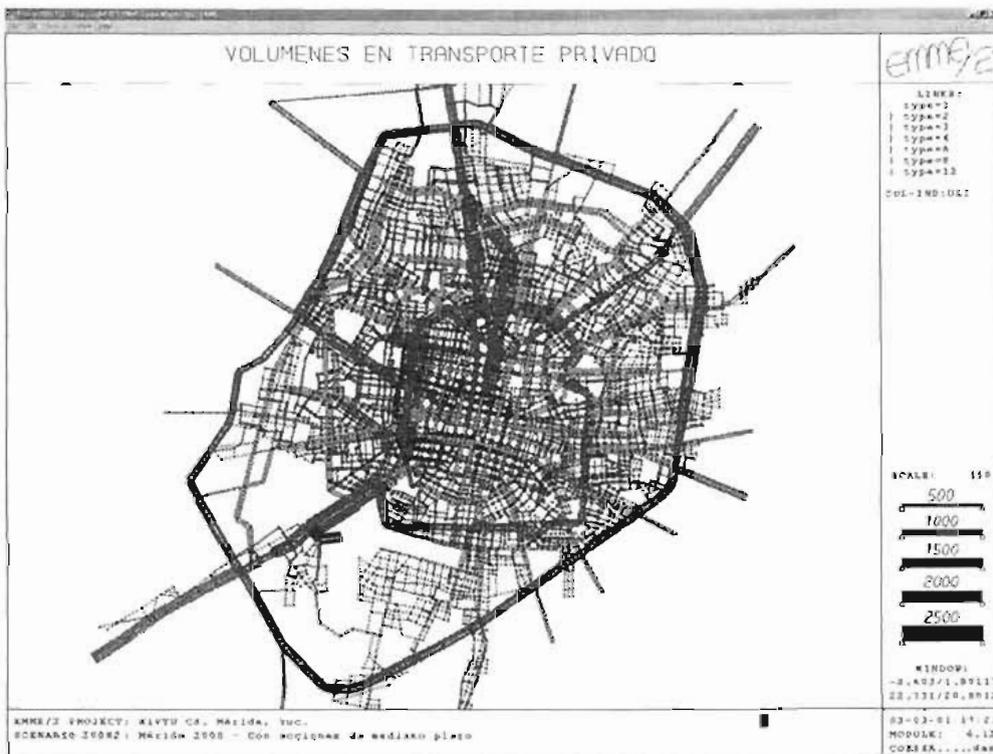
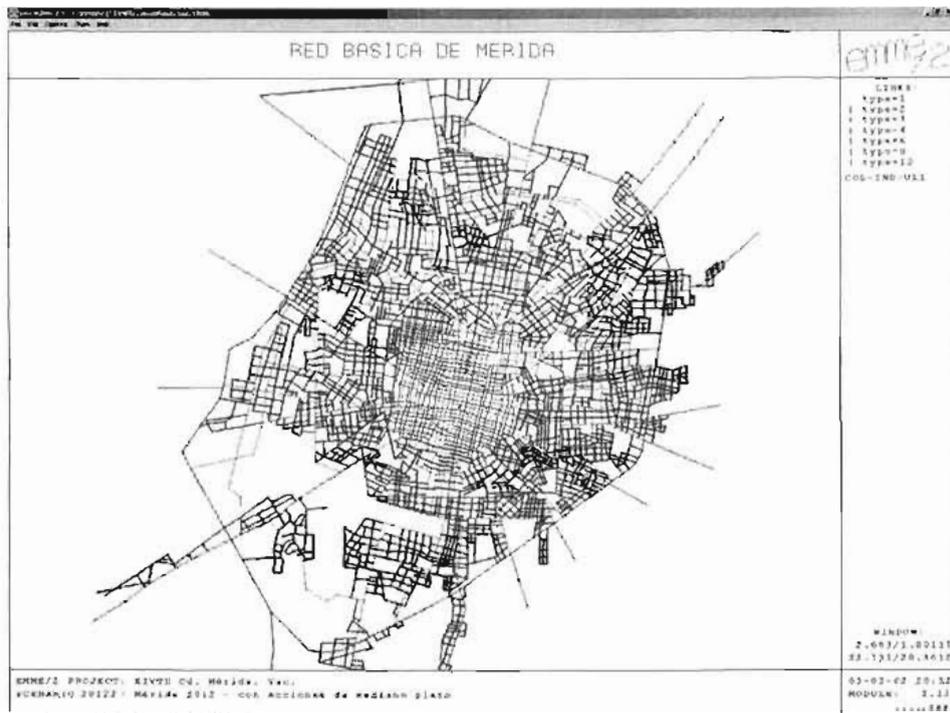


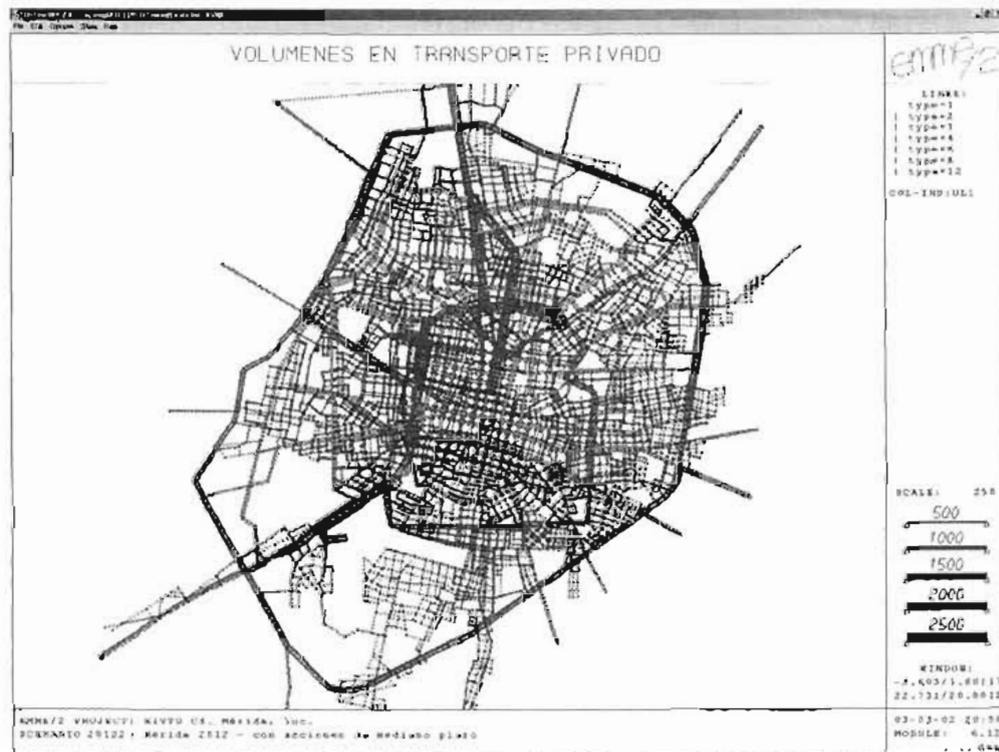
Figura No. 36: Simulación de la red vial al año 2008 con acciones

**Escenario al largo plazo 2012 con acciones de corto y mediano plazo**



**Figura No. 37: Red vial de la ciudad de Mérida al año 2012 con acciones al corto y mediano plazo**

**Simulación de escenario al mediano plazo 2008**



**Figura No. 38: Simulación de la red vial al año 2012 con acciones a corto y mediano plazo**

## **V.2 Evaluación económica**

La metodología de evaluación socioeconómica se basa en el análisis *costo-beneficio*, mediante la comparación de los beneficios sociales generados por las acciones propuestas y los costos de inversión que se tienen que erogar para ejecutar dichas acciones, al ser confrontados con la situación existente.

Los beneficios sociales se estiman a partir de la reducción de los costos en la operación de los vehículos que utilizarán la obra (menor consumo de combustible, menor costo de mantenimiento, menor deterioro del vehículo) y la reducción en el tiempo de viaje de los usuarios de dichos vehículos (tanto público como privados), convertido a unidades monetarias mediante un estimado del valor del tiempo del viaje.

La evaluación socioeconómica tiene dos objetivos: El primero de ellos es asegurar la rentabilidad del dinero invertido en las acciones; el segundo objetivo es contar con indicadores que permitan elegir entre las acciones cuando éstas son rentables y no se cuenta con los recursos suficientes para realizarlas todas.

En la evaluación socioeconómica del proyecto se aplica la metodología establecida para este tipo de proyectos, según el modelo elaborado por la SEDESOL, basado en el Vehicle Operation Costs del Banco Mundial.

### **Análisis Económico de las Acciones.**

#### ***Variables para la Evaluación Económica de las Acciones.***

Las principales variables que se tomarán en cuenta para la evaluación económica en cada una de las acciones a implantar, se presentan a continuación:

*(Ejemplo: con la acción AC6)*

***Elementos a evaluarse:*** Automóvil; Minibús o Microbús; Autobús de pasajeros interurbano y/o urbano; y camión de carga de 2 ó más ejes.

***Salario mínimo:*** El salario mínimo vigente de la entidad donde se lleven a cabo las acciones. Este salario es aplicado para calcular el valor del tiempo del viaje del conductor y del usuario.

***Para la ciudad de Mérida tenemos un salario mínimo de \$42.11***

***Horas pico, valle y días por año:*** Para las acciones inmediatas, estos datos se obtienen a partir de los estudios de variación horaria (aforos de 16 horas); o bien de la modelación de flujos de saturación para las acciones de mediano y largo plazo.

***De acuerdo a las estaciones maestras tenemos 2 horas pico y 14 horas valle, y 300 días por año.***

**Tasa de crecimiento del tránsito:** Se calcula en función del crecimiento del tránsito, con base en datos históricos del crecimiento vehicular que se haya presentado en el lugar de estudio.

**Para fines prácticos de la evaluación económica las tasas de crecimiento son de: 3% para autos, 3% para microbuses y 3% para camiones.**

**Inversión US\$ miles sin IVA:** Los costos de inversión correspondientes a cada una de las acciones, se presentarán en cuadros denominados Acciones propuestas. Estos costos deberán aplicarse directamente a las hojas de cálculo utilizadas para la evaluación económica en miles de USD.

**El costo de la acción AC6 es de 671.91 miles de dólares.**

**Vida útil:** La vida útil de los proyectos es un parámetro empleado para definir el horizonte de evaluación de los proyectos. La vida útil varía en razón del período en que se deprecia la infraestructura e indica el periodo de amortización del proyecto. Desde el punto de vista social y por las acciones que comprende cada corredor, se estima una vida útil de 15 años para obras mayores de infraestructura; 10 años para obras de construcción menor; y. 5 años para obras de mantenimiento.

**La vida útil de la acción AC6 es de 10 años.**

**Longitud:** se refiere a la longitud del tramo en kilómetros.

**La longitud de la acción AC6 es de 5.7 kilómetros.**

**IRI (Rugosidad):** Se refiere al índice de irregularidad del pavimento, el cual se mide de 12 para pavimento en muy malas condiciones y 2 para pavimento con excelente calidad de servicio.

**El índice de rugosidad para es de 5, es decir, el pavimento se encuentra en regulares condiciones.**

**Volumen vehicular y período de evaluación:** Los datos de volúmenes actuales de tráfico se obtienen directamente de la modelación realizada dentro del área de estudio con la aplicación del Emme/2 para el período de máxima demanda. Para el período de hora valle, se aplicará un factor, resultado de las estaciones maestras.

	Flujo	Porcentaje
Autos	1476	85%
Microbuses	87	7%
Camiones	143	8%

**Velocidad comercial:** Es la velocidad media en el tramo, obtenida de los estudios de tiempos de recorrido y demoras, como el cociente de la longitud del tramo y el tiempo empleado en recorrerlo.

**La velocidad en el tramo es la velocidad promedio de la ciudad de 28.7 km/h.**

**Tasas de ocupación vehicular:** La tasa de ocupación vehicular para vehículos particulares se establece directamente en la zona, por medio de estudios de campo.

De acuerdo a los estudios de campo, la tasa de ocupación es de:

	Tasa de ocupación
<b>Autos</b>	1.5
<b>Microbuses</b>	11.5
<b>Camiones de transporte público</b>	17.5
<b>Camiones</b>	1.0

Empleando el modelo propuesto por la SEDESOL y tomando en cuenta los datos mencionados, encontramos los siguientes resultados:

### Insumos del modelo de evaluación económica

EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS VIALES URBANOS		Ciudad Mérida		Acción		VLR	
Proyecto: Tesis: Estudio de viabilidad y tránsito de la cd. De Mérida							
Valor del tiempo de viaje (US\$/hora)	1.27	Valores de Misofación	2.0	Tasa de crecimiento	3.00	Inversión US\$ Miles sin IVA	871.93
Conductores de autos	0.63	Horas PICO por día	14.0	Autos	3.00	Vida útil (años)	10
Pasajero auto	0.63	Horas VALLE por día	300.0	Buses	3.00	Tasa de actualización (%)	12.00%
Pasajero bus	0.63	Días por año		Camiones	3.00		

### Resultados del modelo de evaluación económica

RESULTADOS DE LA EVALUACION	B/C	VAN	TIR	TIRM	TIR I
INDICADORES DE RENTABILIDAD	Razon Beneficio/ Costo	Valor Actual Neto (Miles US\$)	Tasa Interna de Retorno %	TIR Modificada %	Rentabilidad Inmediata %
Valores base	8.54544	5593.85	119.66%	72.00%	94.34%

### Resultados de la evaluación del proyecto y análisis de sensibilidad

#### La relación Beneficio / Costo (B/C)

Es el análisis de la relación beneficio / costo que implica la ejecución del proyecto en relación con los beneficios obtenidos de este, es la utilidad que se obtiene por la inversión realizada; y se define como la relación de la sumatoria de los beneficios por operación de autos, autobuses y camiones, así como de los beneficios por tiempo de los autos y los buses.

#### La diferencia Beneficio - Costo, (o Valor Presente Neto o Valor Actual Neto VAN)

El VAN se define como la sumatoria de los gastos de inversión y los costos de mantenimiento mas los beneficios por operación de autos, buses y camiones; así como, los beneficios por tiempo de los autos y los autobuses.

Utilizando la tasa de actualización, estos beneficios de años futuros, así como los costos, pueden ser expresados como una cantidad equivalente de beneficios en el año de inversión. Esta cantidad es llamada el VAN (valor

actualizado neto). Si es positiva, el proyecto es rentable, esto es, conveniente desde el punto de vista económico.

### La Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de utilidad esperada del proyecto, para este tipo de proyectos se requiere que sea mayor al 12%, a efecto de ser aceptable y factible económicamente. Se define como la sumatoria de los costos mas los beneficios totales al valor de la tasa de actualización, adoptándose como la tasa mínima de rentabilidad del 12%.

### La Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)

Se define como la multiplicación de los factores de la relación beneficio/costo con la tasa de actualización y la vida útil del proyecto.

Que bajo ciertos cambios da lugar a una TIR menos optimista, pero que cubre riesgo al inversionista.

### La Tasa Interna de Retorno Inmediata (TIR1)

Se define como la razón entre el costo del 1er. año mas los beneficios totales a dicha fecha entre la tasa mínima de rentabilidad y entre el valor actualizado de la inversión.

El Valor Actual Neto es función de la tasa de actualización, en general, en este tipo de proyectos mientras mayor sea la tasa de actualización, menor es el VAN que resulta. Ello se debe a que los beneficios se perciben en años futuros, en tanto los costos se concentran en el año inicial. En especial, existirá un valor de la tasa de actualización para el cual el VAN se hace nulo, este valor es llamado la Tasa Interna de Retorno.

En resumen, esquemáticamente el proceso de la evaluación económica puede visualizarse con la siguiente figura:



Figura No. 39: Esquema de la evaluación económica.

### V.3 Evaluación social

En este trabajo, abordaremos la evaluación social analizando tres factores que intervienen directamente en mejorar el nivel de vida de la sociedad, ellos son:

- Población beneficiada
- Transporte público
- Incremento de la accesibilidad.

#### Población beneficiada

En general toda la población de la ciudad se verá beneficiada con acciones que mejoren la vialidad, esto debido a que tendrán mayores y mejores posibilidades de circulación sin tener que perder tanto tiempo en demoras.

Los tiempos promedio de viaje en transporte privado, en la hora de máxima demanda para los diversos escenarios de planeación, considerando las acciones de vialidad y tránsito propuestas son:

Acciones de Vialidad y Tránsito	Tiempo Promedio de Viaje en Transporte Privado		
	2002	2005	2008
"No hacer nada"	24' 24"	26' 51"	30' 47"
Corto plazo (CP)		25' 20"	28' 37"
CP + Mediano plazo (MP)			27' 36"

A partir de estos resultados, se puede concluir, entre otros, lo siguiente:

En el año 2002 el tiempo promedio de viaje en hmd en transporte privado en la Ciudad de Mérida es de 24 min, 24 seg. Si no se realizan acciones de vialidad y tránsito, en el año 2008 el tiempo promedio aumentará a 30 min, 47 seg., o sea, un incremento del 26.1%.

En cambio, si se realizan las acciones a corto plazo propuestas, más las de mediano plazo, en ese año el tiempo promedio de viaje será de 27 min, 36 seg.

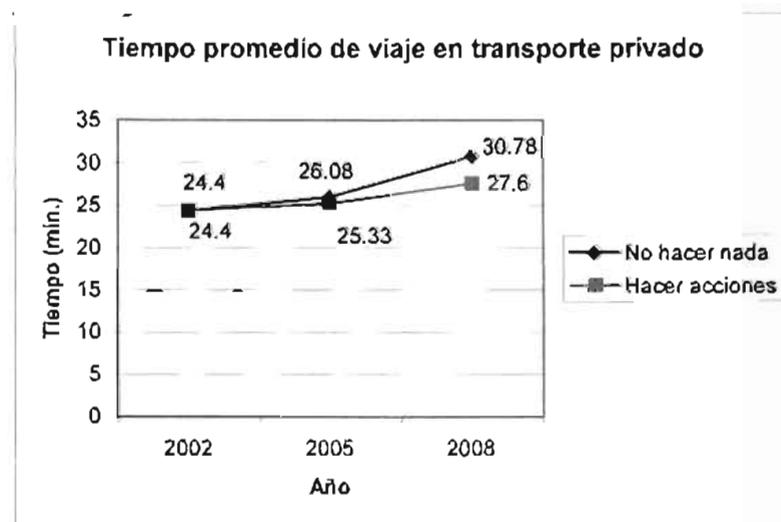


Figura No. 40: Tiempo promedio de viaje en transporte privado.

## Transporte público e incremento de la accesibilidad

Los otros rubros a analizar no son tan fácilmente cuantificables, pero no hay duda en que las mejoras a la red vial, benefician directamente al transporte público en:

- Mejor calidad de viaje.
- Menor desgaste de las unidades.
- Menor consumo de combustible.
- Posibles nuevas rutas.

Por otra parte el incremento de la accesibilidad, es un beneficio a las colonias de crecimiento incipiente, mejorando sus avenidas de acceso se aumenta la posibilidad de desarrollo. También el incremento de accesibilidad beneficiará a la zona centro que tendrá mejoras en su sistema de gestión vial, provocando con ello que los accesos y las salidas no estén funcionando con niveles de servicio indeseables (D, E o F).

### Conclusiones de la evaluación:

- Todo proyecto de inversión debe evaluarse para ver si es técnica y económicamente viable. Los métodos aquí propuestos no son los únicos, para la evaluación técnica encontramos algunos paquetes que pueden ser de utilidad como son: *TRANSCAD*, *QRS II*, *TRANPLAN*, *MINUTP*, *TP+*, *TRANSIMS*, etc.
- Los proyectos de inversión que no sean económicamente viables, pueden justificar su razón de ser si se ven desde el punto de vista de mejoramiento de calidad de vida de los usuarios. Esto ocurre generalmente con las acciones que benefician los accesos a colonias, que no suelen ser demasiado transitados, pero si pueden beneficiar al desarrollo de la zona.
- Para evaluar económicamente acciones a diferentes horizontes de tiempo, se usa el software *EMME/2*, en concreto, los volúmenes calculados por el programa.

A continuación se dan los resultados de la evaluación económica de las acciones al corto y mediano plazo, usando el modelo desarrollado por la SEDESOL.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ACCIONES A CORTO PLAZO

ACCIÓN	Longitud	Costo Pesos	Costo Miles de USD	B/C Razón Beneficio/Costo	VAN Valor Actual Neto (Miles US\$)	TIR Tasa Interna de Retorno %	TIR Modificada %	TIR Rentabilidad Inmediata %
EIVTU, AC1 CIRCUITO COLONIAS (Arco Norte)	5.50	5,704,000	518.55	7.54	3,743.77	105.77%	67.77%	83.10%
EIVTU, AC2 CIRCUITO COLONIAS (Arco Nororiental)	2.56	1,580,000	143.84	4.79	601.45	67.61%	53.24%	52.23%
EIVTU, AC3 CIRCUITO COLONIAS (Arco Oriente)	3.60	1,833,000	168.45	11.75	1,780.74	164.14%	83.32%	130.34%
EIVTU, AC4 CIRCUITO COLONIAS (Arco Sur)	6.98	11,844,000	1,058.55	1.69	703.36	22.01%	23.07%	16.38%
EIVTU, AC5 CIRCUITO COLONIAS (Av. Itzaes)	5.08	24,865,000	2,260.45	6.99	14,948.58	98.14%	36.04%	78.93%
EIVTU, AC6 CALLE 60 NORTE (AV. TECNOLÓGICO)	5.70	7,391,000	671.91	8.54	5,593.05	119.86%	72.00%	94.34%
EIVTU, AC7 CALLE 60 (Centro)	6.67	5,825,000	533.41	18.07	2,975.43	251.91%	99.81%	261.36%
EIVTU, AC7 CALLE 82 (Centro)	6.67	5,825,000	533.41	8.72	2,231.52	94.38%	63.95%	75.89%
EIVTU, AC8 CALLE 80 - CALLE 86	6.20	1,804,000	165.00	10.60	1,737.85	148.18%	79.58%	117.42%
EIVTU, AC9 AV. YUCATAN - AV. ALEMAN	6.17	2,038,000	185.09	13.69	2,592.52	191.14%	89.02%	152.18%
EIVTU, AC10 AV. F. CARRILLO PUERTO - AV. CORREA RACHO	5.16	1,897,000	172.45	11.57	2,011.97	181.70%	82.77%	128.37%
EIVTU, AC11 PAR VIAL CALLE 50 - CALLE 52	6.89	8,032,000	737.82	12.01	1,674.40	167.77%	84.13%	133.26%
EIVTU, AC11 PAR VIAL CALLE 50 - CALLE 52	6.89	8,032,000	737.82	5.90	1,729.85	83.03%	59.75%	64.70%
EIVTU, AC12 CALLE 50 SUR	2.90	957,000	87.00	7.80	652.84	109.31%	68.89%	85.97%
EIVTU, AC13 CALLE 35	4.60	1,265,000	115.00	8.62	967.62	120.79%	72.33%	95.26%
EIVTU, AC14 PAR VIAL CALLE 40 - CALLE 42	4.01	4,765,000	436.86	5.40	940.36	75.97%	56.90%	58.99%
EIVTU, AC14 PAR VIAL CALLE 40 - CALLE 42	4.01	4,765,000	436.86	5.03	1,065.35	70.94%	54.74%	54.93%
EIVTU, AC15 CALLE 42	3.25	1,784,000	163.36	5.72	835.87	86.49%	55.74%	62.62%
EIVTU, AC16 AV. JACINTO CANEK	5.20	5,448,000	495.99	7.05	3,305.04	96.93%	65.52%	77.56%
EIVTU, AC17 PAR VIAL CALLE 59 - CALLE 61 (Centro)	5.39	3,108,000	283.95	10.11	1,467.14	141.40%	77.89%	111.93%
EIVTU, AC17 PAR VIAL CALLE 59 - CALLE 61 (Centro)	5.39	3,108,000	283.95	18.19	2,587.45	253.55%	100.07%	202.88%
EIVTU, AC18 AV. FIDEL VELAZQUEZ	2.70	891,000	81.00	9.28	740.57	129.96%	74.89%	102.68%
EIVTU, AC19 AV. JUAN PABLO 3	6.15	22,085,000	2,007.73	1.07	43.12	12.35%	12.43%	9.83%
EIVTU, AC20 PAR VIAL CALLE 65 - CALLE 69 (Centro)	6.24	3,691,000	335.59	17.19	2,997.19	236.67%	97.82%	191.45%
EIVTU, AC20 PAR VIAL CALLE 65 - CALLE 69 (Centro)	6.24	3,691,000	335.59	17.17	3,105.65	247.80%	99.15%	198.03%
EIVTU, AC21 AV. QUETZALCOATL	2.60	858,000	78.00	14.78	1,166.20	206.24%	91.93%	164.41%
EIVTU, AC22 CALLE 69	1.75	578,000	52.55	16.08	674.42	224.26%	95.19%	178.99%
EIVTU, AC23 AV. PASEO MONTEJO	6.60	5,544,000	504.00	7.62	3,680.68	106.82%	68.10%	83.95%
EIVTU, AC24 CALLE 20 - CALLE 32	4.69	1,548,000	140.73	5.94	787.92	83.59%	59.97%	65.16%
EIVTU, AC24 CALLE 8 - CALLE 19 - CALLE 27 - CALLE 30	4.60	8,778,000	798.00	1.01	7.66	12.16%	12.19%	9.71%
EIVTU, AC25 CALLE 39 - CALLE 45 - CALLE 7	6.18	15,402,000	1,400.18	1.96	68.48	13.00%	12.61%	10.24%
EIVTU, AC26 CALLE 28	3.10	1,728,000	158.00	16.43	1,124.08	229.18%	96.05%	182.97%
EIVTU, AC27 AV. INTERNACIONAL (AV. ITZAES)	4.80	22,704,000	2,084.90	8.25	16,517.28	115.61%	38.32%	91.07%
EIVTU, AC28 PAR VIAL AV. CUPULES - AV. COLON	5.54	3,944,000	358.96	34.81	5,162.05	484.28%	127.80%	389.37%
EIVTU, AC28 PAR VIAL AV. CUPULES - AV. COLON	5.54	3,944,000	358.96	19.90	2,885.77	277.31%	103.70%	221.81%
EIVTU, AC29 CALLE 12B	14.80	10,902,000	991.09	4.33	3,680.68	61.13%	50.14%	47.00%
EIVTU, AC30 CALLE 51 - CALLE 17 - AV. M. CHAMPAGNAT	3.30	1,089,000	99.00	11.31	1,126.32	158.06%	81.93%	125.42%
EIVTU, AC31 PAR VIAL CALLE 56 - CALLE 58	5.86	4,681,000	427.77	6.84	1,324.62	93.27%	63.56%	72.98%
EIVTU, AC31 PAR VIAL CALLE 56 - CALLE 58	5.86	4,681,000	427.77	7.99	1,640.51	111.94%	69.70%	88.09%
EIVTU, AC32 PAR VIAL CALLE 64 - CALLE 66	5.95	2,615,000	238.66	12.61	1,523.03	176.13%	85.94%	140.04%
EIVTU, AC32 PAR VIAL CALLE 64 - CALLE 66	5.95	2,615,000	238.66	15.20	1,862.33	212.03%	93.01%	169.10%
EIVTU, AC33 PAR VIAL CALLE 76 - CALLE 82	5.58	8,295,000	757.05	5.96	1,813.76	75.48%	58.89%	58.84%
EIVTU, AC33 PAR VIAL CALLE 76 - CALLE 82	5.58	8,295,000	757.05	4.35	1,393.44	61.41%	50.23%	47.23%
EIVTU, AC34 PAR VIAL CALLE 41 - CALLE 47	2.74	2,398,000	219.81	7.04	732.07	99.44%	65.69%	77.99%
EIVTU, AC34 PAR VIAL CALLE 41 - CALLE 47	2.74	2,398,000	219.81	8.74	690.34	94.62%	84.03%	74.06%
EIVTU, AC35 CALLE 95	2.65	563,000	51.60	16.22	890.44	226.28%	95.55%	180.62%

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ACCIONES A MEDIANO PLAZO

ACCIÓN	Longitud	Costo Pesos	Costo Miles de USD	B/C Razón Beneficio/Costo	VAN Valor Actual Neto (Miles US\$)	TIR Tasa Interna de Retorno %	TIR Modificada %	TIR Rentabilidad Inmediata %
EIVTU, AM1 CALLE 27 - CALLE 44 - CALLE 35	1.89	6,229,000	566.27	0.36	-389.95	#DIV/0!	-8.62%	2.44%
EIVTU, AM2A CALLE 37 - CALLE 37A	1.30	286,000	26.00	16.91	456.55	235.83%	97.16%	188.35%
EIVTU, AM2B CALLE 39	1.20	264,000	24.00	16.02	397.75	223.42%	95.05%	178.31%
EIVTU, AM2C CALLE 29 - CALLE 34	1.87	4,371,000	397.36	1.11	48.13	13.94%	14.36%	10.85%
EIVTU, AM2D CALLE 33 - CALLE 24B	1.79	4,354,000	396.82	1.05	23.89	12.98%	13.20%	10.23%
EIVTU, AM3 CALLE 9 - AV. 49 - CALLE 37 - CALLE 18	3.00	825,000	75.00	34.37	2,761.93	478.20%	127.22%	384.45%
EIVTU, AM4 CALLE 33 - CALLE 1H - CALLE 4 - CALLE 5	1.83	504,000	46.82	4.23	163.17	98.71%	49.42%	45.88%
EIVTU, AM5 CALLE 17	1.33	294,000	26.73	19.50	545.60	271.70%	102.86%	217.38%
EIVTU, AM6 C. 21 - C. 1 - C. 17 DIAG - C.29 - C. 4 - C. 26 D - C. 26	3.54	917,000	83.36	37.01	3,312.32	514.80%	130.61%	414.06%
EIVTU, AM7A CALLE 25 - CALLE 21 - CALLE 23	1.30	286,000	26.00	17.58	475.60	245.05%	98.70%	195.81%
EIVTU, AM7B PAR VIAL CALLE 40 - CALLE 38	1.98	437,000	39.73	27.03	1,141.16	376.26%	116.56%	301.97%
EIVTU, AM8 CALLE 30 - CALLE 32 - CALLE 44	1.54	2,980,000	270.91	1.56	168.32	21.40%	22.46%	15.94%
EIVTU, AM9 PAR VIAL AV. CORREA RACHO - AV. ALEMAN	2.07	1,563,000	141.05	22.93	1,718.63	319.40%	109.56%	265.97%
EIVTU, AM9 PAR VIAL AV. CORREA RACHO - AV. ALEMAN	2.07	1,563,000	141.05	21.63	1,617.40	301.30%	107.12%	241.32%
EIVTU, AM10 CALLE 12 - CALLE 40 - CALLE 20	2.56	600,000	54.65	21.39	1,227.77	298.07%	106.67%	238.71%
EIVTU, AM11 CALLE 20 - CALLE 44	1.20	247,000	22.45	19.07	447.76	265.83%	101.98%	212.62%
EIVTU, AM12 CALLE 24 - CALLE 31 - CALLE 35	1.23	271,000	24.64	14.03	354.22	195.78%	89.94%	155.94%
EIVTU, AM13 CALLE 23 - CALLE 29	0.70	154,000	14.00	3.63	40.56	51.31%	44.91%	39.10%
EIVTU, AM14 AV. REMIGIO AGUILAR	1.11	307,000	27.91	13.15	374.31	183.64%	87.51%	146.12%
EIVTU, AM15 CALLE 38B - CALLE 4 (CIRCUITO COLONIAS)	1.27	380,000	34.82	43.11	1,478.61	599.51%	137.75%	482.59%
EIVTU, AM16 CALLE 47 - CALLE 49 - CALLE 21 - CALLE 31	1.84	406,000	36.91	25.79	1,009.80	359.10%	114.54%	288.09%
EIVTU, AM17 CALLE 55 - CALLE 51 - CALLE 29	1.20	330,000	30.00	29.67	949.08	700.00%	120.63%	331.63%
EIVTU, AM18 CALLE 50 - CALLE 24	1.56	429,000	39.00	10.86	424.52	151.87%	80.47%	120.41%
EIVTU, AM19 C. 16 - C. 18 - C. 14	1.45	321,000	29.18	12.27	363.03	171.44%	84.93%	136.25%
EIVTU, AM21 C. 8 - C. 10 - AV. U. PEDAGÓGICA	1.40	308,000	28.00	16.97	493.45	236.63%	97.31%	188.99%
EIVTU, AM22 C. 76 - C. 8 - C. 51 - C. 6 - C. 39A - C. 12 - C. 123	2.99	658,000	59.82	12.36	745.77	171.76%	85.00%	136.51%
EIVTU, AM23 C. 28	0.65	143,000	13.00	23.67	325.26	329.68%	110.89%	284.28%
EIVTU, AM24 C. 127 - C. 54 - C. 50	2.62	578,000	52.55	18.08	990.45	252.03%	99.83%	201.46%
EIVTU, AM25 C. 21 - Visual	3.10	7,282,000	662.00	0.89	-81.86	9.94%	9.37%	8.36%
EIVTU, AM26 C. 140 - C. 28	5.17	34,148,000	3,104.36	1.14	479.63	14.47%	14.97%	11.19%
EIVTU, AM27 C. 138	2.22	14,671,000	1,333.73	6.59	-598.49	#DIV/0!	0.90%	5.05%
EIVTU, AM28 C. 132 - C. 16	2.40	396,000	36.00	8.10	282.01	113.49%	70.17%	89.35%
EIVTU, AM29 C. 50 - Av. Zamna - C. 122	0.98	324,000	29.45	19.03	585.95	265.23%	101.88%	212.13%
EIVTU, AM30 C. 117 - C. 32	2.88	792,000	72.00	16.45	1,227.88	229.46%	96.09%	183.20%
EIVTU, AM31 C. 5G - C. 71D	2.40	528,000	48.00	49.06	2,545.99	682.21%	143.89%	549.50%
EIVTU, AM32 Av. Madero - C. 96	2.35	561,000	51.00	46.57	2,585.03	647.65%	141.46%	521.54%
EIVTU, AM33 C. 41 - C. 35	2.70	594,000	54.00	15.40	858.21	214.86%	93.52%	171.38%
EIVTU, AM34 C. 21 - C. 21 Diag	1.30	429,000	39.00	14.66	567.80	204.53%	91.61%	163.03%
EIVTU, AM35 PAR VIAL AV. A. BARRERA - C. 15	1.50	495,000	45.00	89.05	2,184.34	1237.39%	174.89%	998.67%
EIVTU, AM35 PAR VIAL AV. A. BARRERA - C. 15	1.50	495,000	45.00	56.38	1,375.08	783.78%	150.87%	631.68%
EIVTU, AM38 AV. HIDALGO - C. 21	0.35	115,000	10.45	66.35	753.64	922.21%	159.17%	743.68%

\* Longitud en kilómetros.

De las tablas resumen de la evaluación económica anteriores hay dos aspectos importantes a resaltar:

1. Las acciones que son económicamente viables (Ej. Acción AC6).
2. Las acciones que no son económicamente viables (Ej. Acción AM27).

Para las acciones que son económicamente viables, los indicadores económicos (TIR, relación B/C, VAN, TIRM y TIR1), son todos positivos y cuanto más positivos sean, la acción será económicamente mas rentable y no necesitan mayor justificación.

Por otra parte, tenemos a las acciones que no son económicamente viables ya que sus indicadores (TIR, relación B/C, VAN, TIRM y TIR1), son menores que cero, para estas acciones hay dos alternativas de justificación:

- a) Las acciones pueden justificarse por el bienestar y el mejoramiento de calidad de vida que van a brindar a los usuarios más frecuentes, porque van a generar desarrollo por la facilidad de accesibilidad y también porque se van a disminuir los tiempos de recorrido, además de incrementar la calidad de recorrido.
- b) Si no es suficiente la justificación anterior, se puede optar por implementar la acción a un periodo de tiempo más largo, de manera que los elementos integrados en la evaluación económica (volumen vehicular y población), tengan su crecimiento natural para ser nuevamente evaluados.

## VI CONCLUSIONES

La planeación de los proyectos ha ido cobrando mayor importancia a lo largo de los años, y es que al tener cada vez menos recursos naturales y financieros se cae en la necesidad de tener una metodología que haga que dichos recursos sean aprovechados al máximo. Es por eso que la **planeación** se ha convertido en una herramienta indispensable para el desarrollo de proyectos.

Este trabajo se desarrolló bajo esta metodología de la planeación normativa, con el fin de alcanzar el objetivo planteado por esta tesis y se describe de la siguiente manera:

### Formulación del problema

El sistema vial de la ciudad se ha ido haciendo obsoleto ante la creciente demanda de usuarios, esta situación provoca que los congestionamientos sean cada vez más severos en la hora de máxima demanda, trayendo como consecuencia: mayores demoras, accidentes viales, mayor concentración de contaminantes, insatisfacción social, pérdidas de dinero etc.

Las principales causas que afectan la circulación de acuerdo al **diagnóstico** realizado en la ciudad son:

- Tráfico creciente en las principales avenidas.
- No hay suficientes vialidades primarias.
- Los sistemas de gestión vial son inadecuados para los volúmenes actuales.
- El sistema de transporte público genera tráfico por paradas continuas.
- Los corredores viales más importantes tienen un mal funcionamiento (*ver conclusiones del Diagnóstico Pag. 53*).
- Las principales intersecciones trabajan con niveles de servicio malos (*ver conclusiones del Diagnóstico Pag. 53*).

De conservarse las condiciones actuales del sistema de vialidad de la ciudad son, de acuerdo al **pronóstico**:

- Las condiciones de circulación en las principales vialidades se verán severamente afectadas, teniendo niveles de servicio cada vez más malos (*ver conclusiones del Pronóstico Pag. 64*).
- El estacionamiento público será insuficiente en la zona centro, considerando que no se permite estacionarse en las calles del primer cuadro.
- La contaminación ambiental será factor de molestia para la población.
- Los costos generados por el mal funcionamiento de la red vial serán cada día mayores.
- En general, la calidad de vida de los usuarios irá en decremento.

Teniendo en cuenta las condiciones señaladas, la ciudad no podrá alcanzar el nivel de desarrollo deseado en los rubros de turismo y polo de actividades industriales y financieras que el estado de Yucatán requiere.

### **Identificación y diseño de soluciones**

Dada la problemática descrita anteriormente, se requiere de una serie de acciones que hagan que la red vial alcance un funcionamiento acorde a las exigencias de una demanda creciente de usuarios, se plantean una serie de **políticas, estrategias y acciones**:

- ✓ Se requiere que el Ayuntamiento de la ciudad realice las siguientes acciones:
  - Modernice la infraestructura de control vial obsoleto.
  - Actualizar el reglamento de tránsito para los usuarios de la red.
  - Construya bases de datos vehiculares.
  - Que haga el seguro por daños a terceros obligatorio.
  - Debe realizar programas de educación vial para la población.
  - Debe de capacitar al personal de control de tránsito.
  - Debe reservar los derechos de vía correspondientes para las vialidades futuras.
  - Apoyar y mejorar los programas de mantenimiento vial.
  
- ✓ En cuestión de vialidad e infraestructura, el Ayuntamiento requiere realizar las siguientes acciones:
  - Revisar y mejorar sus sistemas de gestión vial.
  - Ampliar (de ser posible) y mejorar las principales vialidades.
  - Hacer nueva infraestructura primaria y secundaria.
  - Hacer nueva infraestructura para acceso a colonias.
  - Hacer programa de conservación de pavimentos.

Cabe hacer mención que no siempre el hecho de hacer nueva infraestructura vial es la solución a los problemas de congestionamiento, la construcción de infraestructura debe combinarse con programas de gestión vial para la solución de problemas viales.

### **Control de resultados**

Para controlar los resultados de las acciones propuestas se recurrió a una **evaluación** técnica, económica y social, que nos permitió vislumbrar a través de diversos horizontes de tiempo el comportamiento de dichas acciones.

Las principales conclusiones del capítulo fueron:

- Las acciones propuestas fueron técnicamente factibles, desde el punto de vista de que el modelo pronostica que las mismas tendrán volúmenes

que permitan niveles de servicio eficientes, proporcionando seguridad y rapidez a los usuarios.

- El modelo económico usado pronostica una viabilidad de los proyectos de inversión, reduciendo con ello los costos por consumo de combustible a los usuarios y los tiempos por demora.
- Las acciones que no son viables económicamente hablando, se justifican por proporcionar mejores condiciones de vida a los usuarios que las usan.
- Desde el punto de vista social, toda la población será beneficiada con el buen funcionamiento de la red vial, esto debido a que todos tendrán mayores y mejores posibilidades de viaje a través de la misma.

Dadas las conclusiones, podemos dar alcanzado el objetivo general y específico que se planteó en este trabajo, ya que:

- ✓ Identificamos la problemática de la red vial.
- ✓ Diagnosticamos su funcionamiento.
- ✓ Pronosticamos su funcionamiento dadas las mismas condiciones en el futuro.
- ✓ Propusimos acciones que mejoren las condiciones de vialidad.
- ✓ Evaluamos las acciones propuestas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Baca Urbina, Gabriel. ***Evaluación de proyectos. Análisis y administración del riesgo***. México, McGraw – Hill, 1992.
2. Cal y Mayor, Rafael, James Cárdenas. ***Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones***. México, Alfaomega, 1995.
3. Fuentes Zenón, Arturo, Gabriel Sánchez Guerrero. ***Metodología para la planeación normativa***. México, UNAM, 1990.
4. Ortúzar S., Juan de Dios. ***Modelos de demanda de transporte***. México, Alfaomega.
5. Ortúzar S., Juan de Dios, Willumsen. ***Modelling transport***. EUA, John Wiley & Sons, 2001.
6. <http://mobility.tamu.edu> Urban mobility Information.
7. Periódico "Reforma" martes 21 de septiembre de 2004.
8. <http://stps.gob.mx> Salarios mínimos.