



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020

Análisis del funcionamiento del segmento del corredor semaforizado en el tramo comprendido entre las avenidas Camino a Sta. Teresa y Viaducto Tlalpan sobre avenida Insurgentes Sur, en la Ciudad de México, aplicando HCM / Cinema y Passer 90.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

I N G E N I E R O C I V I L

PRESENTA:

FRANCISCO JOSÉ ALVAREZ BLUM

DIRECTOR:

DR. JOSÉ DE JESÚS ACOSTA FLORES

MÉXICO D.F. FEBRERO DE 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/013/99

Señor
FRANCISCO JOSE ALVAREZ BLUM
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor DR. JESUS ACOSTA FLORES , que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

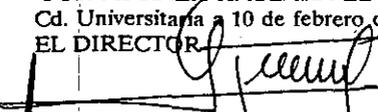
**"ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SEGMENTO DEL CORREDOR SEMAFORIZADO
EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS AVENIDAS CAMINO A SANTA TERESA
Y VIADUCTO TLALPAN SOBRE AVENIDA INSURGENTES SUR, EN LA CIUDAD DE MEXICO,
APLICANDO HCM/CINEMA Y PASSER 90"**

- INTRODUCCION
- I. METODOLOGIA PARA LA PLANEACION DE UN PROYECTO DE TRANSPORTE URBANO
 - II. UTILIZACION DE PAQUETES DE COMPUTO EN LA PLANIFICACION DE LOS TRANSPORTES
 - III. EJEMPLO DE APLICACION
 - IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA
ANEXOS

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 10 de febrero de 1999.
EL DIRECTOR


ING. GERARDO FERRANDO BRAVO
GER/GMP/mstg

Agradecimientos

A Dios por ser él todo de lo que sucede

A mi lejano Padre por la semilla que sembró siempre

A Heidi Blum por el impulso para llegar a donde muchos no han podido

A Adriana por el apoyo y amor durante todos estos años y los que vienen

A Miriam y al Dr. Acosta por la confianza en la realización de este gran trabajo

A Uli por la paciencia, el apoyo y el tiempo, que me llevaron a buen término

A José Manuel, Güellitos, Chema, Vic, al Flaco mis compañeros de la carrera

A la U.N.A.M. por las disposiciones para estudiar sin esperar nada a cambio

Indice General

| | Pág. |
|--|-----------|
| 1.- Introducción | 1 |
| 2.- Metodología para la planeación de un proyecto de Transporte Urbano | 2 |
| 2.1.- Definición de objetivos | 2 |
| 2.1.1.- Clasificación de los objetivos | 2 |
| 2.1.2.- Objetivos globales | 3 |
| 2.1.3.- Objetivos principales | 4 |
| 2.1.4.- Objetivos intermedios | 4 |
| 2.1.5.- Objetivos de los proyectos | 6 |
| 2.2.- Recopilación de información | 8 |
| 2.2.1.- Información general | 9 |
| 2.2.2.- Población y su crecimiento | 10 |
| 2.2.3.- Actividades económicas y usos del suelo | 10 |
| 2.2.4.- Infraestructura existente | 10 |
| 2.2.5.- Legislación y tipo de administración | 12 |
| 2.2.6.- Información sobre la oferta de transporte en general | 12 |
| 2.2.7.- Información de los vehículos particulares | 13 |
| 2.2.8.- Información de la demanda de transporte | 14 |
| 2.3.- Predicción de la demanda | 16 |
| 2.4.- Modelos de Planificación | 17 |
| 2.4.1.- Método Clásico | 17 |
| 2.4.2.- Modelo de generación de viajes | 20 |
| 2.4.3.- Modelo de distribución de viajes | 24 |
| 2.4.4.- Modelo de selección | 29 |
| 2.4.5.- Modelo de asignación | 30 |
| 3.- Utilización de paquetes de cómputo en la planificación de los transportes | 37 |
| 3.1.- Aplicaciones de software en la planificación de los transportes | 37 |
| 3.2.- Metodología para el análisis de corredores semaforizados | 45 |
| 3.2.1.- Antecedentes | 45 |
| 3.2.2.- Manual de capacidad de carreteras | 49 |
| 3.2.2.1.- Análisis de intersecciones semaforizadas | 50 |
| 3.2.2.2.- Análisis de corredores semaforizados (arterias urbanas y sub urbanas) | 95 |

| | |
|--|-----|
| 3.3.- Uso del HCM / Cinema | 106 |
| 3.4.- Uso del PASSER II – 90 | 107 |
| 3.5.- Análisis del Impacto Ambiental en intersecciones | 110 |
| 3.5.1.- Situación Actual | 110 |
| 3.5.2.- Índice General de Estudios de Impacto en La Calidad del Aire y en la Imagen Urbana por Fuentes Móviles y por Ruido | 112 |
| 3.5.3.- Calidad del Aire | 114 |
| 3.5.4.- Ruido | 120 |
| 3.5.5.- Imagen Urbana | 129 |
| 3.6.- Evaluación de costos | 133 |
| 4.- Ejemplo de aplicación | 134 |
| 4.1.- Características básicas de la vía | 134 |
| 4.2.- Análisis del flujo vehicular | 134 |
| 4.3.- Congestionamiento | 139 |
| 4.4.- Capacidad vial | 141 |
| 4.5.- Semáforos | 141 |
| 4.6.- Transporte Público | 141 |
| 4.7.- Modelación con el HCM / Cinema | 142 |
| 4.8.- Modelación con el Passer II – 90 | 142 |
| 5.- Conclusiones y Recomendaciones | 150 |
| Bibliografía | 152 |
| ANEXOS | 153 |

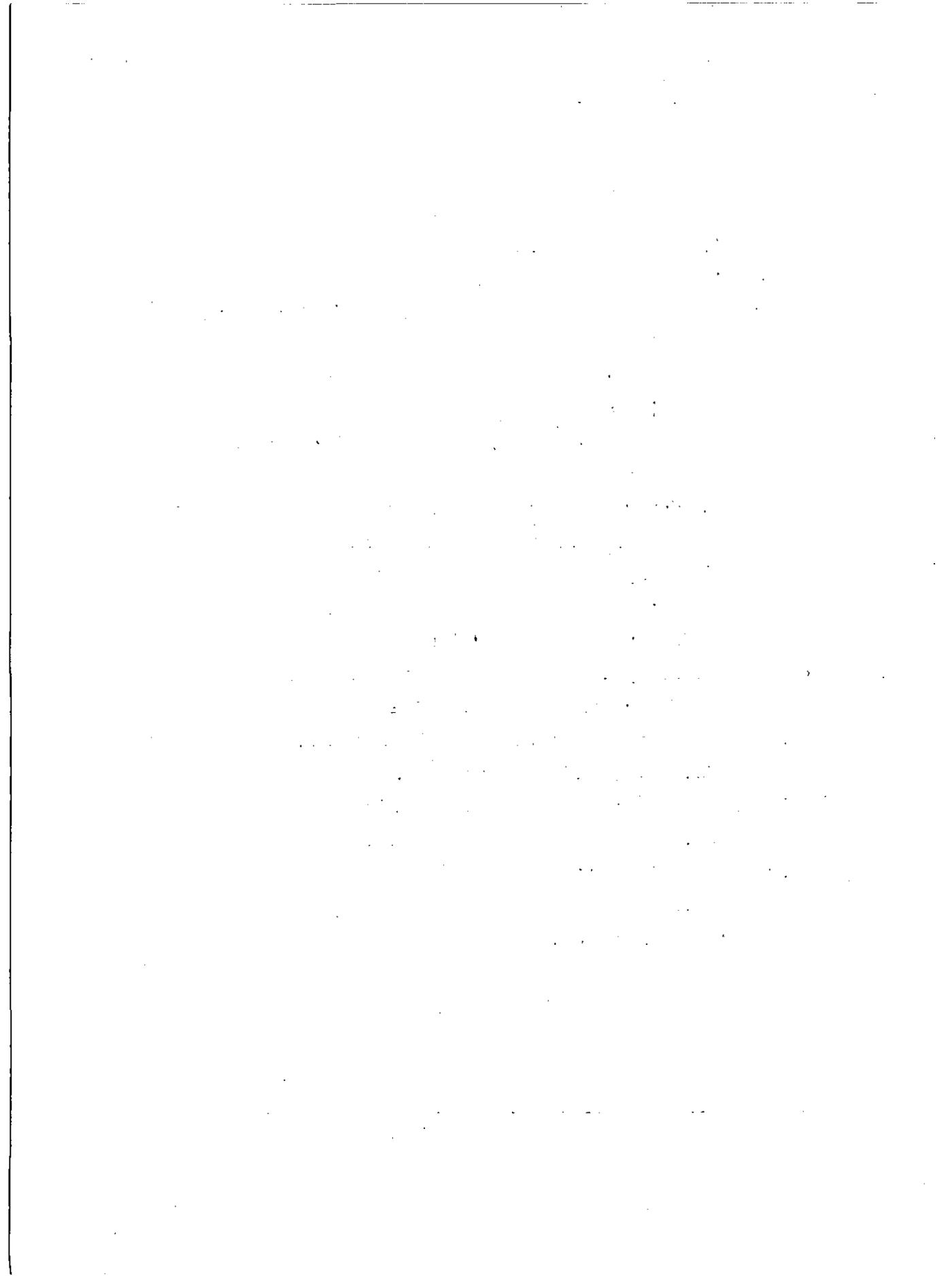
INDICE DE CUADROS

- **Cuadro 2.1. Comparativo con ejemplos de algunos de los objetivos globales y principales.**
- **Cuadro 3.1. Criterios de Nivel de Servicio para Intersecciones Reguladas por Semáforos**
- **Cuadro 3.2. Condiciones básicas de una intersección**
- **Cuadro 3.3. Relaciones entre el tipo de llegada y la relación de columna**
- **Cuadro 3.4. Valores Sustitutivos por Omisión a Utilizar en el Análisis de Circulación.**
- **Cuadro 3.5. Factores de Utilización de Carril**
- **Cuadro 3.6. Factor de Ajuste por Anchura de Carril**
- **Cuadro 3.7. Factor de Ajuste por Vehículos Pesados**
- **Cuadro 3.8. Factor de Ajuste por Inclinación de la Rasante**
- **Cuadro 3.9. Factor de Ajuste por Estacionamiento**
- **Cuadro 3.10. Factor de Ajuste por Bloqueo en Paradas de Autobuses**
- **Cuadro 3.11. Factor de Ajuste por Tipo de Área**
- **Cuadro 3.12. Factor de Ajuste por Giros a la Derecha**
- **Cuadro 3.13. Factor de Ajuste por Giros a la Izquierda**
- **Cuadro 3.14. Factor de Ajuste por Progresión, FP**
- **Cuadro 3.15. Equivalentes de volumen en sentido opuesto de frente y de giro a la derecha**
- **Cuadro 3.16. Criterios de Capacidad para el Análisis de Planeamiento de Intersecciones Reguladas con Semáforos**
- **Cuadro 3.17. Niveles de Servicio en Arterias**
- **Cuadro 3.18. Campo de velocidades en régimen libre de acuerdo al tipo de arteria**
- **Cuadro 3.19. Ayuda para la Clasificación de una Arteria**

- **Cuadro 3.20. Clases de Arteria de acuerdo con su función y categoría de proyecto**
- **Cuadro 3.21. Tiempo en Movimiento de un Segmento por Kilómetro**
- **Cuadro 3.22. Factor de Utilización de Carril**
- **Cuadro 3.23. Factor de Ajuste de Progresión, FP**
- **Cuadro 3.24. Criterios de Niveles de Servicio para Intersecciones y Arterias**
- **Cuadro 3.25. Características de las emisiones de vehículos motorizados**
- **Cuadro 3.26. Valores de intensidad y duración de ruido**
- **Cuadro 4.1. Comparativo de emisiones de CO₂**
- **Cuadro 4.2. Comparativo de emisiones de HC**
- **Cuadro 4.3. Comparativo de emisiones de CO**
- **Cuadro 4.4. Comparativo de emisiones de NO_x**
- **Cuadro 4.5. Comparativo de consumo de Combustible**
- **Cuadro 4.6. Comparativo de niveles de servicio**
- **Cuadro 4.7. Comparativo de intensidades de saturación**
- **Cuadro 4.8. Comparativo del consumo de combustible**
- **Cuadro 4.9. Comparativo de los tiempos de demora**

INDICE DE FIGURAS

- **Figura 3.1. Niveles de Servicio**
- **Figura 3.2. Grupos de Carriles típicos**
- **Figura 3.3. Ejemplo Ilustrativo de la Determinación de Grupos de Carriles Críticos para Fases Verdes Adelantadas y Retrasadas**
- **Figura 3.4. Ejemplo ilustrativo de la Determinación de Grupos de Carriles Críticos en un Semáforo Multifase Complejo**
- **Figura 3.5. Trayectorias vehiculares tiempo-espacio en un segmento arteria unicarril**
- **Figura 4.1. Aforo y Levantamiento de la intersección Camino a Sta. Teresa**
- **Figura 4.2. Aforo y Levantamiento de la intersección Corregidora**
- **Figura 4.3. Aforo y Levantamiento de la intersección Calvario**
- **Figura 4.4. Aforo y Levantamiento de la intersección Sta. Ursula**
- **Figura 4.5. Aforo y Levantamiento de la intersección Limantitla**
- **Figura 4.6. Aforo y Levantamiento de la intersección San Marcos**
- **Figura 4.7. Aforo y Levantamiento de la intersección Tlalpan**
- **Figura 4.8. Fotografía de la intersección Camino a Sta. Teresa**
- **Figura 4.9. Fotografía de la intersección Corregidora**
- **Figura 4.10. Fotografía de la intersección Calvario**
- **Figura 4.11. Fotografía de la intersección Sta. Ursula**
- **Figura 4.12. Fotografía de la intersección Limantitla**
- **Figura 4.13. Fotografía de la intersección San Marcos**
- **Figura 4.14. Fotografía de la intersección Tlalpan**



1.- Introducción

Hoy en día es imperiosa la necesidad de más y mejores vías de comunicación terrestres con el fin de incrementar la actividad económica. En la Ciudad de México se da un fenómeno inverso en el que la actividad económica ha crecido de tal manera que las vías de comunicación son insuficientes por lo que un mayor número de viajes deberán realizarse por las mismas avenidas. Es por lo anterior que los habitantes hemos identificado que el congestionamiento de las arterias principales y secundarias ha aumentado considerablemente en los últimos años.

La intención de este trabajo es dar soluciones concretas a los problemas con los que nos vemos afligidos todos los días al circular por las avenidas de la Ciudad de México. Esta tesis contiene en el capítulo dos la metodología inicial con la que definimos las condiciones del análisis, así como la forma de proceder para llevarlo a cabo. En el capítulo tres se presenta la base metodológica para el análisis de corredores semaforizados así como un anexo para la determinación de la emisión de contaminantes y costos en intersecciones. La etapa fundamental la integran los levantamientos en campo de cada una de las intersecciones en donde se presentan las características geométricas, operativas y de flujo vehicular. Se presenta el análisis de cada una de las intersecciones con el HCM/Cinema, donde se muestran los niveles de servicio; las intensidades de saturación; los consumos de combustible y las emisiones de contaminantes. En la siguiente sección se presentan las alternativas de soluciones parciales de bajo costo en las que se ven mejorados los puntos anteriormente mencionados. En el último punto de análisis, realizado con el PASSER II-90, aparece la integración final del conjunto de intersecciones operando como corredor.

Francisco José Alvarez Blum

2.- Metodología para la planeación de un proyecto de Transporte Urbano

Para la planeación de un proyecto de Transporte Urbano es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Definición de objetivos
2. Recopilación de información
3. Predicción de la demanda
4. Modelos de planificación

2.1.- Definición de objetivos.

En el curso de los últimos años, las investigaciones en materia de transporte han buscado identificar los objetivos explícitos de una manera sistemática y coherente. A continuación se hará una distinción entre los diferentes niveles de objetivos, mostrando la relación jerárquica existente entre los diferentes grupos. Con ello es factible precisar claramente las hipótesis y los fines que se esperan e indican de qué manera las decisiones relativas a un proyecto particular se integran a una serie de cuestiones más importantes.

Un objetivo no es más que una afirmación de un principio que expresa una situación esperada a la que se quiere llegar por medio de una acción racional. La definición de la manera de como se prevé un objetivo exige una buena comprensión de las necesidades de la población, determinadas por una base empírica o de acuerdo a proyectos realizados con anterioridad.

2.1.1.- Clasificación de los objetivos

Los objetivos pueden clasificarse en dos grupos principales, siendo los primeros de orden general o políticas de la planeación y los segundos objetivos propios de los sistemas de transporte. Entre ambos grupos existe una relación y una jerarquización decreciente.

Francisco José Alvarez Blum

- **Objetivos políticos:**

- **Objetivos globales.** Conciernen a la sociedad en general e intervienen todos los sectores institucionales. Por ejemplo se tiene: promover la igualdad social
- **Objetivos principales.** Son aquellos objetivos específicos de un solo sector institucional. Un ejemplo puede ser mejorar la accesibilidad

- **Objetivos del sistema de transporte:**

- **Objetivos intermedios.** Son estratégicos y relativos al conjunto de una serie de acciones concretas, por ejemplo dar prioridad a los autobuses en una ciudad
- **Objetivos de los proyectos.** Objetivos relativos a ciertos planes de acción particular, por ejemplo aumentar la capacidad de una calle dada

La preocupación propiamente dicha de los ingenieros en transporte o de los planificadores no consiste en establecer los objetivos, sino más bien en traducir los objetivos en términos tales que sea posible definir una acción concreta o una modificación al conjunto de operaciones de los sistemas de transporte. Solamente con una buena comprensión de las relaciones entre los diferentes niveles de objetivos es factible manejar las implicaciones de una línea de acción o las exigencias de una política en particular.

2.1.2.- Objetivos globales

Estos objetivos se presentan a un nivel más general y es aquí donde se sitúan las grandes filosofías políticas. Las áreas de preocupación aquí mencionadas no son

Francisco José Álvarez Blum

específicas de los transportes pero se aplican igualmente a todos los problemas de la política urbana, por ejemplo vivienda, educación, transportes, etc.

2.1.3.- Objetivos principales

Presentan un nivel de detalle en donde se pueden ver formulados los objetivos de transporte de manera específica. Es aquí, desde esta escala, que se pueden evaluar en términos fundamentales las diferentes alternativas de selección, entre las consecuencias de optar por diversas políticas posibles como lo muestra el cuadro 2.1.

Cada sector institucional posee su propio sistema de objetivos que son los principales fines esperados en cada área. Muchos indicadores (como el empleo, la salud) no tienen un solo objetivo principal que sea considerado como suficiente en sí mismo, por lo que la discusión mas bien se centra sobre la manera de cumplir esos objetivos. Los transportes representan un área secundaria (en su conjunto los transportes no resuelven una necesidad por ellos mismos, sino que permiten la realización de otras funciones) y resulta que existe una serie de objetivos importantes que ligán las necesidades de transporte a otras áreas institucionales. Esto supone que ciertos objetivos principales podrán esperarse gracias a las políticas tomadas en otros campos, así como también por las mejoras hechas en materia de transporte.

2.1.4.- Objetivos intermedios

A un nivel intermedio se pueden definir los objetivos en función de las características particulares de los sistemas de transporte y sus logros. Los objetivos a esta escala se refieren a un sector, que concierne a la implantación de sistemas de transporte y su compatibilidad reciproca, más que a los resultados de proyectos particulares y sus planes de acción con otros medios. Algunos ejemplos son:

Francisco José Alvarez Blum

-
- Conservar y mantener un sistema de vialidades compatibles con los flujos actuales y futuros de la circulación entre los orígenes y destinos dados

Francisco José Álvarez Blum

| Objetivos globales | Objetivos principales |
|--|---|
| Aumentar el bienestar de la comunidad, mejorando la calidad de la vida y su medio ambiente | Mejorar la accesibilidad a: la vivienda, el empleo, la educación, los servicios médicos, centros comerciales, lugares de descanso, los servicios públicos, las actividades sociales y culturales |
| Asegurar una utilización eficiente de los recursos | Proteger el ambiente contra: Carburantes, Terrenos y materias primas. Mejorar el acceso a fuentes de aprovisionamiento; Reciclar recursos |
| Promover una sociedad democrática, justa e igualitaria | Teniendo en cuenta intereses de cada uno de los grupos: Edad, sexo, situación familiar, ingresos y tipo de vivienda; modo de transporte (propietario de auto o no, discapacitados, etc.); el comercio y la industria; los administradores; instituciones involucradas Asegurar procesos políticos, administrativos adecuados a: Delimitación precisa de responsabilidades; una coordinación de los sectores públicos y privados; una participación del público en los procesos |
| Mejorar las bases económicas | Reducir costos del transporte; Reducir efectos directos e indirectos sobre el medio ambiente y la sociedad; Mejorar eficiencia económica |

Cuadro 2.1. Comparativo con ejemplos de algunos de los objetivos globales y principales.

- Implementar un sistema de transporte público urbano, capaz de responder a la demanda actual y futura de los desplazamientos
- Satisfacer a las necesidades de desplazamientos de peatones y ciclistas, permitiendo el acceso libre a todos los puntos, pero teniendo en cuenta las exigencias en materia de seguridad vial
- Proporcionar un buen servicio de transporte de carga dentro de las ciudades.
- Asegurar un equilibrio entre el transporte público y el privado
- Asegurar la complementariedad de los diferentes medios de transporte

2.1.5.- Objetivos de los proyectos

A este nivel se elaboran los planes de acción directa en el marco de un sistema de transporte, haciendo un llamado a las medidas técnicas como lo es la modernización

Francisco José Álvarez Blum

de una carretera en la que ya existía un servicio o bien a las medidas administrativas como pueden ser; el mejorar el funcionamiento de los autobuses o la regulación de los flujos de la circulación.

Un objetivo específico es asignado a todo proyecto o línea de acción de tal forma que permita una observación, una medida o una cuantificación directa. Estas medidas pueden ser particularmente ligadas al proyecto dado y no tener ningún nexo con otras medidas de un orden mucho más elevado; sin embargo, se deberá permitir controlar la eficiencia de tales planes de acción particulares.

Los objetivos particulares dependerán de los proyectos considerados, como la gama de estos proyectos es muy grande, sólo se darán aquí algunos ejemplos típicos.

- **Objetivos de proyectos relativos ciertos tramos de vialidades de una red:**
 - Determinar la capacidad de las vialidades en servicio
 - Definir normas de conservación del alumbrado público
 - Considerar los acondicionamientos especiales para ciertos medios de transporte en itinerarios seleccionados, por ejemplo de autobuses, bicicletas, y camiones de carga
 - Obtener índices de accidentes
 - Establecer restricciones de circulación en ciertas redes

- **Objetivos de los proyectos relativos a la gestión de la circulación:**
 - Reducción de los congestionamientos a un nivel y puntos dados
 - Restricción de la circulación en ciertas zonas
 - Prioridad de circulación a ciertos medios
 - Políticas de estacionamiento en determinadas zonas
 - Estrategias tarifarias en vialidades urbanas
 - Establecimiento de áreas prohibidas al acceso de vehículos

Francisco José Alvarez Blum

- **Objetivos de proyectos relativos a los proyectos de transporte público urbano:**
 - La penetración de los servicios en una zona no servida
 - La confiabilidad del servicio
 - Establecer sistemas de tarificación
 - Mejorar la correspondencia entre modos

- **Otros objetivos ligados a los proyectos de transporte son:**
 - Los proyectos relativos a la seguridad en las vías y el mejoramiento al medio ambiente
 - Las cuestiones sobre variaciones en los horarios de trabajo que si bien no son temas relativos a los transportes si pueden traer con secuencias directas en lo que concierne a la eficiencia y calidad de los servicios de transporte

Los objetivos que se formulen deberán ser preferentemente a un nivel de proyectos ejecutivos, convirtiendo la planificación de los transportes en un problema práctico. Por ejemplo, un especialista en tránsito podrá resolver conflictos de embotellamiento en cierta intersección de la ciudad, proponiendo algunas medidas que reduzcan o eliminen las demoras. Si se toma en cuenta las implicaciones que tendrán una serie de acciones sobre la circulación en general o sobre los planes de accesibilidad a los diferentes lugares de la ciudad, la buena comprensión de las relaciones entre los objetivos a diferentes niveles puede ayudar a reducir los impactos negativos de una determinada acción aislada. También se deberá estar consciente de la aparición de conflictos entre dos o más objetivos de problemas específicos, como puede ser por un lado la seguridad de los peatones y por el otro los incrementos de velocidades en los trayectos.

2.2.- Recopilación de información

Francisco José Álvarez Blum

Dentro del proceso de planificación del transporte público, la recopilación de datos para conocer la oferta y la demanda de viajes es una de las etapas más importantes que requiere del mayor cuidado para su obtención.

Los métodos comúnmente utilizados en la recopilación de los datos por muestreo son:

- **Observaciones:** Se realizan para obtener datos sobre el servicio de transporte (número de vehículos y pasajeros en cada una de las rutas de transporte)
- **Encuestas:** se utilizan generalmente para conocer la demanda en las rutas de transporte público de pasajeros o usuarios potenciales de una nueva ruta.

Estos métodos permiten conocer primeramente información actualizada sobre el número de viajes y la ubicación de los principales puntos atractores y generadores de viajes. Es, en cierta forma, el obtener una fotografía de lo que está sucediendo en distintos lugares y en un determinado momento. En segundo lugar, las encuestas de este tipo se utilizan para predecir el comportamiento del usuario, las necesidades de desplazamientos de los habitantes, clasificando sus necesidades con la finalidad de brindar un mejor servicio, más eficiente y de mayor calidad, conociendo la demanda potencial, la atendida y la insatisfecha.

Se presentan a continuación las principales etapas para conocer la oferta y demanda de los transportes urbanos en las ciudades, pudiéndose dividir en tres formas básicas:

- Información general
- Información sobre la oferta del transporte
- Información sobre la demanda del transporte

2.2.1.- Información general

Se obtiene de la consulta con autoridades rectoras, transportistas y documentos relativos a:

Francisco José Álvarez Blum

- Aspectos históricos (permite definir antecedentes de la estructura productiva y socioeconómica, la población y la infraestructura del transporte)
- El crecimiento de la ciudad (permite conocer los sectores dinámicos y su evolución respecto a las tendencias nacionales y las relacionadas con el área de estudio)
- La población actual y su evolución, así como las principales actividades económicas

Un ejemplo de los documentos oficiales que deben consultarse se muestran en la figura, la cual presenta la jerarquía documental que debe considerarse al estudiar el transporte público urbano.

2.2.2.- Población y su crecimiento

El contar con información sobre las tendencias de crecimiento de la población permite determinar demandas futuras y cambios de flujo vehicular, movimientos migratorios y los cambios en la estructura ocupacional de la población económicamente activa. Proporciona, además, elementos para conocer patrones de desplazamientos de pasajeros y de mercancías.

2.2.3.- Actividades económicas y usos del suelo

La revisión de los planes de desarrollo urbano y regional permite identificar centros generadores y atractores de viajes, la intensidad de los flujos para la mejor selección de los modelos matemáticos a utilizar en la determinación de la demanda de transporte.

2.2.4.- Infraestructura existente

Esta información se obtiene mediante de los programas del sector transporte, que definan las necesidades y los efectos del área de estudio y los datos sobre las vialidades (su clasificación, volúmenes de tránsito, velocidad de circulación, capacidad,

Francisco José Álvarez Blum

longitud, estado del pavimento y los estacionamientos (número de cajones en edificios y sobre la vía pública, los particulares y su rotación)).

Francisco José Álvarez Blum

2.2.5.- Legislación y tipo de administración

Es importante conocer las leyes y reglamentos que norman el transporte en el área de estudio y confrontar un panorama institucional con los agentes involucrados en el transporte, sus interrelaciones, sus intereses, tanto de las autoridades como de la administración y organización de los prestadores de los servicios. Esto permitirá identificar los principales problemas administrativos y legales en la estructura del transporte, para prepararse mejor y afrontar las demandas cambiantes que permitan incrementar la calidad y oportunidad en los servicios, de acuerdo con las exigencias de los usuarios.

La interrelación de estos elementos permitirá perfilar un primer diagnóstico que presente las principales características de operación de los transportes en el área urbana estudiada y conocer las tendencias que manifiestan cada uno de estos indicadores, también servirá para afinar los límites del área de estudio y una primera zonificación, de manera que esta subdivisión represente de manera aproximada los comportamientos relativamente homogéneos frente a otras zonas de mayor concentración de viajes, pero que tienen influencia sobre los otros.

2.2.6.- Información sobre la oferta de transporte en general

Su obtención presenta algunas veces cierto grado de dificultad y en ocasiones su veracidad no queda exenta de incertidumbre. El objetivo es conocer todos los recursos destinados al transporte de pasajeros y mercancías en la zona de estudio, la descripción de sus componentes y características con datos completos, relevantes y confiables.

La obtención de esta información se realiza por medio de inventarios, estadísticas o encuestas directas con autoridades y transportistas, también mediante estudios de campo para las mediciones de los transportes públicos como privados. En el caso del

Francisco José Alvarez Blum

transporte público la principal información debe provenir de las empresas transportistas, entre la que se tiene:

- Derroteros y paradas
- Horario y tiempo de recorrido
- Frecuencias (en hora de máxima demanda y horas valle)
- Tarifas
- Características de los vehículos (marcas, modelos, capacidad, estado físico, depósitos o encierros)

Esta información deberá obtenerse para el transporte público de pasajeros y las estadísticas no deberán limitarse a conocer las características de la oferta, sino también de su operación como es:

- Número de pasajeros transportados (por vehículo, por día) o pasajeros-kilómetro
- Recorridos por vehículo (vehículo-kilómetro)
- Personal en la empresa (salarios, edades y sexo)
- Cuentas de explotación (ingresos, gastos, así como inversiones en edificios y talleres)

Respecto a la calidad y confiabilidad de la información ésta generalmente será relativamente buena en los casos de empresas bien organizadas, no así para el caso de empresas con un escaso grado de organización.

2.2.7.- Información de los vehículos particulares

Los datos generales del número de autos particulares y las características sobre su utilización, se obtienen normalmente de:

- Registros de vehículos (incluyendo información sobre altas y bajas; las motocicletas y bicicletas)
- Estadísticas fiscales (tenencia y verificación de contaminantes)
- Ventas de vehículos nuevos y usados

Francisco José Álvarez Blum

- **Encuestas en hogares**

La información sobre la utilización de los automóviles es complicada de obtener, pero de manera indirecta se puede conocer algunas características a través del consumo de combustible.

Independientemente de la forma como se obtenga la información sobre la oferta del transporte, será importante realizar un análisis de los datos, identificando la problemática, sus orígenes, causas y consecuencias, para cada uno de los sistemas estudiados, lo que permitirá posteriormente determinar índices, definir parámetros y variables básicas (que determinarán el uso de los modelos en la siguiente etapa de análisis y su selección), una descripción preliminar de las limitaciones de los sistemas en su operación y administración.

2.2.8.- Información de la demanda de transporte

Dentro del proceso de planificación el conocimiento de la demanda es uno de los puntos más importantes que el planificador deberá obtener y manejar. La información de la demanda de viajes de pasajeros y su relación con la oferta, permitirá conocer las características y necesidades de transporte en el área de estudio, así como los niveles de servicio y de calidad ofrecidos. Una forma de obtener esta información es a través de las estadísticas de las empresas transportistas y de encuestas, que se pueden dividir de la siguiente forma:

- Características individuales de los usuarios lugar de residencia (origen), categoría socio-profesional, ingresos, tasa de motorización, edad y sexo
- Características de los desplazamientos (orígenes y destinos, motivo de los viajes, horarios, duración)

Para poder utilizar estos datos se han desarrollado tradicionalmente métodos basados en la observación del comportamiento real de los usuarios, como son los tipos de

transporte utilizado, el tiempo de viaje medido entre un par origen-destino y las tarifas, entre otros.

El conocimiento y la interpretación de la demanda actual, expresada por la movilidad, permite definir leyes empíricas llamadas comúnmente modelos, que toman generalmente la forma de relaciones matemáticas y que se utilizan para establecer la demanda futura. La utilización de modelos requiere que se establezcan ciertos supuestos previos de análisis en los pronósticos:

- Conocer lo mejor posible las características:
 - Demográficas (composición y evolución de la población)
 - Económicas (nivel de vida y motorización)
 - Urbanísticas y de usos del suelo (principales actividades en la ciudad)
- Suponer que las leyes que rigen el comportamiento actual de movilidad al interior de una ciudad, serán las mismas que para el horizonte de planificación.
- Considerar de manera implícita o explícita la demanda latente.

Los métodos de análisis consideran además que el usuario realiza una serie de elecciones sucesivas independientes una de otra, así por ejemplo:

- Determina el desplazarse o no
- Elige su destino
- Selecciona un horario
- Selecciona un medio de transporte
- Selecciona un itinerario

Ahora bien para determinar la demanda de transporte basándose en los supuestos indicados y tomando en cuenta la manera de realizar los viajes, se utilizan métodos que se puede resumir en una serie de cinco pasos o fases de modelos que son:

Francisco José Álvarez Blum

1. Modelos de generación de viajes (o de movilidad general)
2. Modelos de distribución geográfica (entre que origen destino se dan)
3. Modelos de repartición horaria (estimación de viajes en las horas pico)
4. Modelos de selección de medio de transporte (repartición por modo)
5. Modelo de selección de itinerarios (asignación)

Los modelos de distribución, de repartición modal, así como la fase de asignación, han sido ampliamente estudiados desde hace más de 30 años, sin embargo las fases de generación y de repartición horaria han sido los menos trabajadas, a pesar de la importancia que tienen en la definición de obras de infraestructura a realizarse y del total de las inversiones necesarias, cada uno de estos modelos y su aplicación se verá más adelante.

2.3.- Predicción de la demanda

En la mayoría de las ciudades la demanda de los desplazamientos crece con el aumento de la población y los niveles de vida (mayores ingresos, más tiempo libre, más actividad y más viajes).

El determinar la demanda lo más preciso posible, permite conocer la capacidad global de la infraestructura necesaria y el tamaño de las inversiones. En el caso de una sobreestimación de la demanda, las obras de infraestructura vial quedarán sobradas o sobredimensionadas, pero que con una acción inmediata correctiva hará posible retrasar algunas obras en el tiempo, con el fin de dar cabida al crecimiento real, rediseñando las redes de transporte con una mejor orientación hacia el equilibrio urbanístico. En el caso contrario de una subestimación de los viajes, la situación es mucho más preocupante ya que la falta de infraestructura traerá consigo una insuficiencia en la oferta de transporte y un rezago en el proceso de urbanización.

Francisco José Alvarez Blum

Las predicciones de la demanda global se pueden realizar con los siguientes métodos:

- Proyectar la demanda de manera proporcional a la evolución de la población o bien en función del aumento en la movilidad individual (cambios en la motorización debido al incremento en los niveles de vida)
- Por medio de la comparación con otras ciudades, donde el nivel de vida y la movilidad sean parecidos o un poco mayores

Algunos estudios realizados en ciudades de los Estados Unidos en los años sesentas mostraban que el número de viajes está en función del ingreso que recibe el jefe de familia y que variaba de entre cuatro y ocho viajes por familia. En ciudades europeas de gran tamaño este número puede llegar hasta diez, pero en países en vías de desarrollo la movilidad de las personas resulta inferior. Es indudable la serie de relaciones que existen entre los desplazamientos obligados (trabajo, escuela) y otros motivos (compras, salud, sociales y diversiones) y que están en función del nivel de vida de los habitantes. (ingresos-motorización-tiempo libre).

2.4.- Modelos de Planificación

La utilización de modelos obliga, en primer lugar, a la comprobación de que representará adecuadamente situaciones ya existentes y en segundo lugar a que las interacciones establecidas en el modelo sean establecidas en el tiempo, es decir, las variables deben reflejar los cambios que han de producirse a lo largo del periodo de estudio.

2.4.1.- Método clásico de la planificación de los transportes

Francisco José Álvarez Blum

Una de las etapas fundamentales en la planificación de los transportes es la estimación del número de viajes que se producen en una determinada área de estudio, así como también el número de viajes futuros y su distribución espacial.

Algunas de las formas utilizadas para su estimación han sido a partir de extrapolaciones de situaciones existentes en otras ciudades, o bien elaborando y utilizando modelos matemáticos, que no son otra cosa que la representación simplificada de situaciones reales. Al contrastarse con datos o información previa, sirven para predecir situaciones futuras, en función de la evolución de las variables contenidas en el modelo.

Antes de presentar cada uno de los modelos utilizados en las cuatro fases se describen algunos conceptos:

- **Viaje generado:** Por lo regular aquél que tiene uno de sus extremos de origen en el domicilio.
- **Viaje atraído:** Viaje generado en el domicilio visto desde el otro extremo.
- **Origen del viaje:** Lugar donde inicia.
- **Destino del viaje:** Lugar donde termina.

Un ejemplo son los viajes domicilio-trabajo, aquí el número de viajes atraídos estará en función directa del número de empleos, por lo que el coeficiente de atracción de viajes será proporcional al número de puestos requeridos.

El proceso de modelado inicia mediante la identificación de las variables que tienen un efecto significativo en la generación de los viajes, información general que dará un primer orden de ideas respecto al número y características de los viajes:

- Grado de motorización del área de estudio
- Densidad de población

Francisco José Álvarez Blum

- **Accesibilidad a los transportes públicos**
 - Número de hogares
 - Número de integrantes por familia
 - Tipos de medios de transporte utilizados
- Propósitos de los viajes
- Nivel de ingresos
 - Nivel de estudios o profesional
 - Distancias al centro de la ciudad

Para el caso de la planificación se recomienda el conocimiento preciso de las características de la generación de los viajes y de la manera en que interviene cada una de las variables.

Una vez identificadas las variables se deben considerar las características del área de estudio, incluyendo la mancha urbana y las regiones aledañas que se prevé que abarcará la zona para el horizonte de planeación. Una vez delimitada esta área, se procede a definir las unidades de análisis que pueden ser zonas o subzonas que agrupen actividades urbanas homogéneas (residenciales, industriales, comerciales, etc.) y que quedan circunscritas por límites naturales o coincidentes con calles y avenidas. Dentro de estas zonas o subzonas se deberá ubicar un punto virtual concentrador que normalmente se denomina centroide. Por otra parte, la información sobre las actividades urbanas debe describir la actividad que da origen a la zona, cuantificando el número de empleos, población y vivienda.

Asimismo, se requiere la información la relativa al sistema vial y de transporte existente. Para el primer caso, los datos sobre su tipo, geometría y características de operación así como su: longitud, número de carriles, sus principales intersecciones (nodos) y su capacidad, entre otros. Para el caso del transporte público urbano se necesita contar con sus derroteros, niveles de servicio, calidad y cobertura del servicio,

Francisco José Alvarez Blum

así como la cuantificación de las impedancias de cada tramo que representen el costo generalizado asociado a cada recorrido, y los viajes con un origen y un destino entre cada par de zonas. Este proceso se hace por medio de encuestas domiciliarias a las familias en sus hogares con la aplicación de un cuestionario a partir de una muestra representativa de cada zona. De estas encuestas se obtiene información sobre el número de viajes que se realizan diariamente, sus orígenes y destinos, los medios de transporte utilizados, el propósito de los viajes y otras características socioeconómicas de los viajeros. Los costos para realizar estas encuestas son altos por lo que se suele utilizar otros métodos como entrevistas telefónicas, por correspondencia y conteos del tránsito siempre y cuando se logre una información bastante confiable sobre los viajes que se realizan.

Los métodos para estimar la demanda futura de viajes y su comportamiento para un sistema determinado se basan generalmente en tendencias históricas, que van desde proyecciones simples, utilizando tasas de crecimiento a los volúmenes de viajes o de tránsito existentes, hasta la aplicación de los modelos de planeación de transporte.

Antes de describir de manera general las características de cada una de las fases del modelo clásico de planificación del transporte, la figura explica de manera gráfica y sencilla en qué consiste cada una de las etapas del modelo clásico.

2.4.2.- Modelo de generación de viajes

La generación de viajes es el proceso analítico que relaciona las actividades urbanas y los viajes. El número de viajes está dado en función de los usos del suelo y las características socioeconómicas de la población y los métodos utilizados permiten estimar la demanda futura de viajes que se generan en una determinada zona al asociarlo con las actividades urbanas.

La demanda de transporte resulta de la necesidad de intercambio de personas debidas al conjunto de actividades que se dan entre dos ubicaciones geográficas (un origen y un destino) y dependerá dicha generación del nivel de desarrollo de estas actividades. La demanda se puede dividir en: demanda efectiva, demanda insatisfecha y en demanda latente.

Los métodos de generación más utilizados se pueden clasificar en:

A.- Modelos agregados (usos del suelo)

Estos modelos relacionan el total de los viajes generados en cada zona con sus variables como son: población, nivel socioeconómico, número de hogares o familias, número de vehículos, entre otros.

La generación de viajes permite convertir los datos de entrada, referidos a la localización e intensidad de la futura actividad en el área urbana, en medidas de volúmenes de viajes. Por ello, reproducen el número futuro de viajes-persona o cosas a partir de una serie de variables independientes y representativas debiendo cumplir con la condición de que se ajusten bien a la situación inicial conocida.

B.- Modelos desagregados (de personas)

Estos modelos tienen como unidad de trabajo el hogar e intentan relacionar los viajes generados en los domicilios con características o atributos tales como: cantidad de personas que viven en el hogar, número de automóviles, nivel de ingresos familiares.

Estos métodos estadísticos son sensibles a las variaciones de las características de las personas y no a la zona donde realizan los viajes. Algunos de estos análisis son:

Francisco José Alvarez Blum

B.1.- Análisis de categorías o clasificación cruzada

Este método sirve para obtener tasas de generación de viajes y se basa en estimar la respuesta que se obtendrá en los hogares en función de algunos atributos. El procedimiento es el siguiente:

- Definir los atributos que serán utilizados como base para la estimación del número de viajes que se realizan por vivienda
- Tomar rangos de cada uno de estos atributos y dividirlos en un conjunto de clases (por ejemplo la tenencia de automóviles puede variar de 0, 1, 2, o más vehículos)
- Se obtiene la información en campo de los hogares
- Se calculan las tasas de generación de viajes al dividir, por ejemplo el número de viajes obtenido en campo entre el número de viviendas, para cada rango de los atributos
- Por último, el número total de viajes de área de estudio se obtiene al hacer la sumatoria de los productos de las tasas de viajes por el total de hogares o viviendas de la zona

El problema al que se enfrenta este análisis es que no permite la extrapolación fuera de sus clases y no existen medidas estadísticas de bondad de ajuste por lo que se requieren muestras muy grandes para tener confianza en los resultados.

B.2.- Análisis de clasificación múltiple

Es un método alternativo para definir clases y probar resultados de la clasificación cruzada el procedimiento consiste en:

- a) Definir una variable dependiente continua (como la tasa de viajes) y dos variables independientes discretas (por ejemplo tamaño de los hogares y número de automóviles)
- b) Calcular la media para la variable dependiente sobre la muestra completa de las viviendas
- c) Se pueden calcular las medias de cada renglón y columna de la matriz de clasificación cruzada, que pueden ser expresadas en términos de su desviación respecto de la media
- d) Observando el signo de las desviaciones, el valor de una celda puede ser estimado sumando a la media, las desviaciones correspondientes a la celda

La principal ventaja que se obtiene con este análisis es que se compensa parte del problema de tener pocas observaciones en las celdas entre las medidas de bondad de ajuste se utilizan el estadístico F y la r^2 .

B.3.- Análisis de regresión múltiple

En este análisis lo que se desea es encontrar una relación lineal entre el número de viajes generados o atraídos en cada zona y las características socioeconómicas promedio de los habitantes de dicha zona.

La forma de estos modelos se asemeja mucho al de una regresión (de ahí su nombre), y consiste en suponer una variable (objeto del estudio) que se le denomina variable dependiente (número de viajes), responde a los cambios de otras variables X, denominadas independientes (número de personas que trabajan en el hogar, ingresos, número de vehículos, etc.), que generalmente se buscan ajustar a una regresión lineal:

$$Y = k_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + \dots + k_n X_n + u$$

donde:

Francisco José Álvarez Blum

Y = producción o atracción de viajes en la zona i para un tipo de flujo considerado (se expresa en viajes de personas, vehículos, tonelada por unidad de tiempo)

k_i = son parámetros que se determinan por métodos estadísticos y que describen el comportamiento de la demanda

X_i = representa un factor de discrepancia entre el modelo y la realidad (variables explicativas de la demanda)

u = factor de corrección

Los modelos de generación de demanda relacionan las variables que describen la población o actividad económica de cada zona y las que caracterizan su patrón de uso y ocupación del suelo con el potencial de la zona como unidad productora (o bien atractora de viajes).

Para la aplicación de este modelo se requiere que las variables se ajusten bien a la teoría estadística que dice que las variables sean independientes entre sí y continuas, además que se ajusten sus resultados a una distribución normal, desafortunadamente esto en la práctica casi nunca se cumple, ya que generalmente existe una correlación entre variables y en cuanto a las distribuciones estas no siempre son normales.

2.4.3.- Modelos de distribución de viajes

Una vez conocido el número de viajes se distribuyen éstos entre todas las zonas del área de estudio, determinándose flujos de viaje entre pares de zonas, hasta llegar a formar una matriz de doble entrada, cuyos elementos sean el número de viajes entre zonas. Los modelos más utilizados en la etapa de distribución son los *modelos analógicos* que extrapolan una situación inicial, aplicando factores de crecimiento (corto plazo). Entre éstos se encuentran:

a.- Modelos sintéticos. Tratan de explicar la distribución de los viajes a partir de los hábitos de los usuarios en cuanto a la forma en que se producen los desplazamientos, es decir, reproducen una situación existente y sirven para prever una situación futura. Estos modelos tienen la forma general siguiente:

$$T_{ij} = V_{ij} * P_i(V_j)$$

donde:

T_{ij} = total de viajes entre zonas i, j (flujos futuros)

V_{ij} = viajes con origen y destino entre la zona i

$P_i(V_j)$ = función de probabilidad que mide los viajes con origen en la zona i y tienen su destino en j

Este método es el más simple y provee los flujos futuros entre un sector de origen y un sector de destino, corrigiendo los flujos observados en las encuestas del año base por uno o varios factores de crecimiento.

Entre los métodos que utilizan los modelos de factor de crecimiento están:

a) Método de factor uniforme

$$T_{ij} = FV_{ij}$$

b) Método del factor promedio

$$T_{ij} = \frac{F_i + F_j}{2} V_{ij}$$

c) Método de Detroit

$$T_{ij} = F_{ij} V_{ij} \quad \text{donde} \quad F_{ij} = \frac{F_i + F_j}{F}$$

d) Método de Furness (Fratar)

$$T_{ij} = T_{ij} a_i b_j$$

Francisco José Álvarez Blum

Es importante recordar que el empleo de estos métodos debe cumplir las siguientes restricciones:

$$\sum_j T_{ij} = O_i \text{ y } \sum_i T_{ij} = D_j$$

donde:

O_i = orígenes

D_j = destinos

b.- Modelos gravitarios. Estos modelos relacionan la demanda de viajes con la separación real entre sectores y se basan en el principio siguiente: el flujo fijo entre dos sectores $i \rightarrow j$ es proporcional a la generación (población) del sector origen, por la atracción (población, empleo, otro) del sector origen j y decrece con la distancia que los separa, quedando:

$$T_{ij} = P_i \frac{\frac{A_j}{D_{ij}^n}}{\sum_{j=1}^n \frac{A_j}{d_{ij}^n}}$$

donde:

T_{ij} = número de viajes entre i y j

P_i = número de viajes producidos o generados en i

A_j = número de viajes atraídos por la zona

d_{ij} = dificultad o impedancia para unir los sectores i y j (pueden ser la distancia, el tiempo de trayecto, los costos, etc.)

donde:

De manera general, dos formulaciones de la función de resistencia o impedancia de tránsito han sido las más utilizadas:

Francisco José Álvarez Blum

- *En función de una potencia*

$$T_{ij} = k \left[\frac{a_i * b_j}{d_{ij}^\beta} \right]$$

donde:

β = parámetro de ajuste que varía según el tipo de ciudad ($1.5 < \beta < 3.0$)

d_{ij} = costos

- *En función de una exponencial*

Si se reemplaza la potencia del denominador por una exponencial y la distancia d_{ij} por el costo generalizado C_{ij} se tiene:

$$T_{ij} = a_i b_j \exp(-\beta C_{ij})$$

Los modelos gravitacionales han sido principalmente aplicados a los análisis y a la previsión de viajes alternos (hogar-trabajo, hogar-escuela) en razón del lugar preponderante que se tiene con los tráficos a hora de máxima demanda, quedando:

a_i = población activa A_i del sector origen i

b_j = empleo E_j del sector destino j

En estos casos se considera como indicador de impedancia d_{ij} el costo generalizado del desplazamiento entre i y j . Sin embargo, los modelos gravitacionales pueden ser aplicados a otros tipos de desplazamientos, como:

- Compras (el indicador de atracción será la oferta comercial como por ejemplo el número de puestos de venta, empleos comerciales)
- Visitas (el indicador de atracción será un tipo de población)
- Diversiones

Francisco José Álvarez Blum

Algunas críticas a estos modelos son:

- Los cálculos son muchos, aún con equipo de cómputo, ya que el ejemplo para una ciudad de 50 sectores es necesario calcular 2,500 flujos (con varias iteraciones para los ajustes)
- El valor de los parámetros (sobre todo del parámetro que caracteriza la resistencia o impedancia del tránsito) puede variar según las categorías de la población y de los tipos de vías (radiales, tangenciales o centrales)
- La valoración de que los parámetros quedan constantes en el tiempo
 - por un lado hay un crecimiento en las actividades (lo que aumenta el número de empleos, de comercios, diversiones, entre otros) obligando a la población a desplazarse más, esto hace que disminuya el valor de B
 - también los cambios en los estilos de vida pueden variar disminuyendo la atracción para realizar viajes largos, lo que hace que B aumente

Una forma de revisar las variaciones de este parámetro es a través de encuestas sucesivas o hacer comparaciones de una ciudad a otra, en función de su nivel de vida en particular.

La principal crítica al modelo gravitacional es que su formulación no es más que un modelo analógico (con la ley de Newton) y no un modelo explicativo del comportamiento de los usuarios.

C.- Modelos de oportunidad. Su fundamento está en determinar la distribución de los viajes en función de analizar la separación relativa con factores socioeconómicos. Tratan de apoyar una explicación del comportamiento de los usuarios, quienes buscan hacer el desplazamiento más corto posible que les permita cumplir sus objetivos. Para ello, se clasifican los diferentes destinos posibles en orden creciente de distancias. Si d es el número de destinos posibles en un sector j y P la probabilidad que este destino

Francisco José Alvarez Blum

satisfaga los objetivos del desplazamiento; el usuario tendrá P^*d_a oportunidades de encontrarse en el sector j y si a la vez no elige un destino más próximo, entonces la probabilidad de que llegue al sector j será:

$$dP=(1-P) \times P^*d_j$$

donde:

$(1-P)$ = probabilidad de no haber seleccionado un destino más próximo:

P^*d_j = probabilidad de seleccionar el destino

D_p = probabilidad de llegar al destino

2.4.4.- Modelos de selección de medios de transporte

El objetivo de estos modelos consiste en obtener la mayor eficiencia en la utilización de los medios de transporte así como desarrollar una política que haga al transporte público más atractivo y utilizado, desalentando el uso del transporte privado (automóvil).

Los factores que influyen en la selección del medio para transportarse están determinados por las características de cada uno de ellos, en relación a:

- Las características del usuario:
 - El tipo de usuario
 - Tenencia de automóvil
 - Poseer licencia de conducir
 - Ingresos
 - Estructura familiar (edad, número de integrantes)
- Densidad residencial
 - características del viaje mismo
 - tipo de viaje a realizar
 - propósito del viaje
 - hora del día en que se realiza y características de la oferta del servicio
 - tiempos

Francisco José Alvarez Blum

-
- costos
 - disponibilidad

Los métodos más utilizados en el reparto modal se pueden clasificar de acuerdo a la época en que fueron desarrollados, así tenemos:

- Primera generación: método de Adams y método de San Pablo
- Segunda generación: método de Warner, Método de Barbier y Merlin, Método de Beesley
- Tercera generación: Método de McLynn et Watkins, Métodos de pre – distribución, Métodos de post – distribución, Métodos logit

Los métodos de la tercera generación se basan en la teoría económica de utilidad y en la psicología del comportamiento de los usuarios, los que a su vez incluyen elementos tales como: Tiempo de recorrido, costo del viaje, valor del tiempo, comodidad (Incomodidad de los recorridos a pie y los transbordos, espera del autobús, dificultad para estacionarse, elección entre autobús y metro, elección entre auto privado y transporte público urbano).

2.4.5.- Modelo de asignación

Estos modelos corresponden a la última etapa del proceso de modelación clásico y son de mucha importancia ya que de ellos se obtendrá información que servirá de base para la evaluación de los proyectos y de las políticas de transporte a aplicar.

Los datos de entrada consisten en la matriz origen-destino de la cual toma los datos y los asigna a la red, siguiendo la mejor ruta entre cada origen-destino. La información de salida es: flujos y costos.

La asignación del tránsito es un procedimiento para estimar el número de unidades de tránsito (personas, viajes, vehículos) que usarán cada porción individual de la red del sistema de transportación, ya sea en el presente o en alguna fecha objetivo futura. El proceso trata de alinearse con la demanda de los viajeros de tiempo de viaje y costo mínimo y máxima comodidad. El tiempo de viaje refleja con frecuencia el costo y la comodidad y ha sido un elemento principal al hacer las asignaciones de los viajes. El procedimiento se diseñó originalmente para las redes de carreteras; pero es aplicable a todos los segmentos de un sistema de transportación.

La asignación se puede llevar a cabo con base en los vehículos; pero este procedimiento se orienta a las carreteras y carece de flexibilidad modal. Trabajando con una base persona-viaje, los viajes se pueden asignar a cualquier ruta o modalidad de acuerdo con las divisiones existentes o por medio de pronósticos que utilizan modelos de elección modal. En el concepto de viaje eslabonado se requiere del enfoque persona-viaje, en el que el viaje se define como el movimiento de una persona desde el punto de origen hasta el punto de destino, independientemente de la ruta que siga o del número de modalidades que utilice. Así, el servicio rápido y otras modalidades ajenas a la carretera pueden entrar en la rutina de asignación.

El flujo actual, los itinerarios, los máximos y la distribución modal se determinan mediante estudios. Las proyecciones incluyen la determinación del porcentaje de viajes que se realizan en automóvil particular y los que se harán por servicio público o de otra clase. Luego se hacen las asignaciones entre las rutas mejoradas actuales o nuevas rutas, ya sea carretera o calle, vía férrea, o ambas, si se requiere mayor capacidad para satisfacer la demanda. La demanda se basa en un volumen de movimiento seleccionado probablemente durante las horas máximas o, en el caso de situaciones, específicas, como por ejemplo, el movimiento hacia la playa o el estadio deportivo durante los fines de semana.

Francisco José Alvarez Blum

El primer paso es la preparación de una red utilizando los datos correspondientes a calles, autobuses, vías férreas, capacidades y volúmenes de tránsito recopilados en el estudio para inventario. El área de estudio se divide en zonas o sectores y se localiza el centroide de cada uno con respecto a la densidad de población y generación de viajes. Los centroides se conectan con la red básica de calles arteriales y con las rutas o terminales del transporte público. Estas conexiones se incluyen en la red básica constituida por la vialidad primaria de la localidad. Los nodos se numeran consecutivamente. La red debe abarcar todas las autopistas, carreteras y arterias de conexión y distribución, así como todas las calles protegidas con señales de alto o con semáforos.

Las intersecciones o nodos se indican en la red y se numeran convenientemente para la obtención de soluciones computarizadas. Entre los nodos se deben determinar los parámetros de los segmentos de enlace: distancia, velocidades permitidas, demoras debidas a los semáforos, intersecciones con "alto" y vueltas. Se formulan cuadros que contienen los volúmenes de tránsito (actuales o proyectados) y el tiempo de viaje (incluyendo las demoras en intersecciones) para cada enlace de la red. Si se trata del transporte público habrá que incluir las pendientes, entronques, interconexiones, curvaturas restrictivas y terminales, así como los tiempos de parada y transferencia en las estaciones y los tiempos de recorrido de los trenes programados.

Se establecen "árboles" de recorrido mínimo desde el punto de destino hasta los diversos nodos de origen. Se eligen "rutas" principales en un punto de destino y se siguen hacia afuera a lo largo del "tronco" y sus ramas hasta los puntos de origen, tabulando (para uso de la computadora) las características de ruta, sobre todo la capacidad, la velocidad correspondiente y el tiempo de viaje acumulado. Después de hacer los ajustes y verificar la precisión (por ejemplo, que no falten conexiones ni se usen indebidamente las calles de un solo sentido), se formulan cuadros de viajes que indican los que se originan o terminan en cada centroide, de acuerdo con su origen,

Francisco José Alvarez Blum

destino y propósito. El objetivo es determinar el tiempo de viaje a través de las diversas rutas, que se usará para establecer el tiempo mínimo con diversas distribuciones de viajes.

El tránsito entre dos puntos cualesquiera, se asigna de acuerdo con uno de estos dos métodos: a) todo o nada o tiempo mínimo de viaje, b) la curva de desviación. Empleando el procedimiento del tiempo mínimo de viaje, los viajes se asignan al camino o ruta que ofrece el tiempo de recorrido más corto entre los puntos en cuestión. La tarea de asignación procede a lo largo de la ruta principal, alimentando el tránsito desde las ramas laterales. Sin embargo, a medida que se llega a la capacidad de la ruta disminuye la velocidad y aumenta el tiempo de viaje, de manera que la primera ruta deja de ser el camino de tiempo mínimo. Se elegirá entonces una ruta opcional y se le asignará el tránsito restante hasta que su capacidad se agote también, momento en que habrá que seleccionar una posible tercera ruta.

La relación entre capacidad y velocidad indica la probabilidad de que se presenten intercambios entre el tiempo de viajes (velocidad) y la capacidad, hasta llegar a un punto en que nada se logra ya, en cuanto a tiempo, tomando una ruta con preferencia a otra. Todas se vuelven igualmente atractivas con base en el tiempo.

La asignación con base en el tiempo mínimo se puede modificar recurriendo al concepto de la Curva de Desviación, el cual dice que no todos los viajes tomarán el camino más corto, sino únicamente aquellos para los cuales el tiempo es esencial. La curva de desviación indica el porcentaje de viajes que toman un camino de tiempo mayor que el mínimo. Esto se presenta en términos de la relación entre el tiempo más corto y los caminos alternativos cuyo tiempo de recorrido es mayor. Aplicando este concepto es posible agregar más viajes a la ruta de tiempo mínimo, o todo el proceso puede seguir el método de desviación.

Francisco José Alvarez Blum

El atractivo de una ruta se puede variar a veces aumentando la velocidad en una rama que conduce poco tránsito con el fin de hacerla más atractiva para el usuario. Si la rama está sobrecargada, se puede disminuir la velocidad para reducir también su atractivo y hacer que el viajero tome otro camino.

Se han elaborado otros métodos de asignación, pero no se usan tanto como el señalado. Por ejemplo, el método de corredor establece líneas divisorias (que forman un enrejado) entre las rutas principales. Todo el tránsito al norte (o al oeste) de la línea toma la ruta más próxima del norte (o del sur); todo el tránsito al sur (o al este) de la línea toma la ruta más próxima del sur (o al este). El método puede también hacer asignaciones a las diagonales.

Los métodos de asignación más utilizados son:

a.- Método de menor costo

Se basa en que la totalidad de los usuarios eligen la ruta con menor distancia de recorrido, o bien aquel trayecto que les proporciona el menor costo en sus tiempos de recorrido (relacionada con sus volúmenes de tránsito). Para realizar una asignación, una vez que se cuenta con la matriz de origen y destino, se considera que para ir de un punto *i* a un punto *j*, todos los conductores eligen el camino que supone para ellos el menor costo. Este método no es muy recomendado para comparar únicamente dos vialidades, pero si se trata de asignar el tránsito en una red vial urbana los errores se compensan y puede utilizarse, este método también se llama de *todo o nada* y tiene la ventaja de ser sencillo.

$$T = T_0 + (V \times C)$$

donde:

- T_0 = tiempo de recorrido
 V = volumen de tránsito
 C = capacidad de las vías

Si se introducen las restricciones de capacidad, el proceso debe ser un cálculo iterativo del tiempo de recorrido en cada etapa, suponiendo que en cada iteración se retoman las características de distribución geográfica y la selección del medio de transporte, puesto que dependen de los costos generalizados y por lo tanto de los tiempos de recorrido.

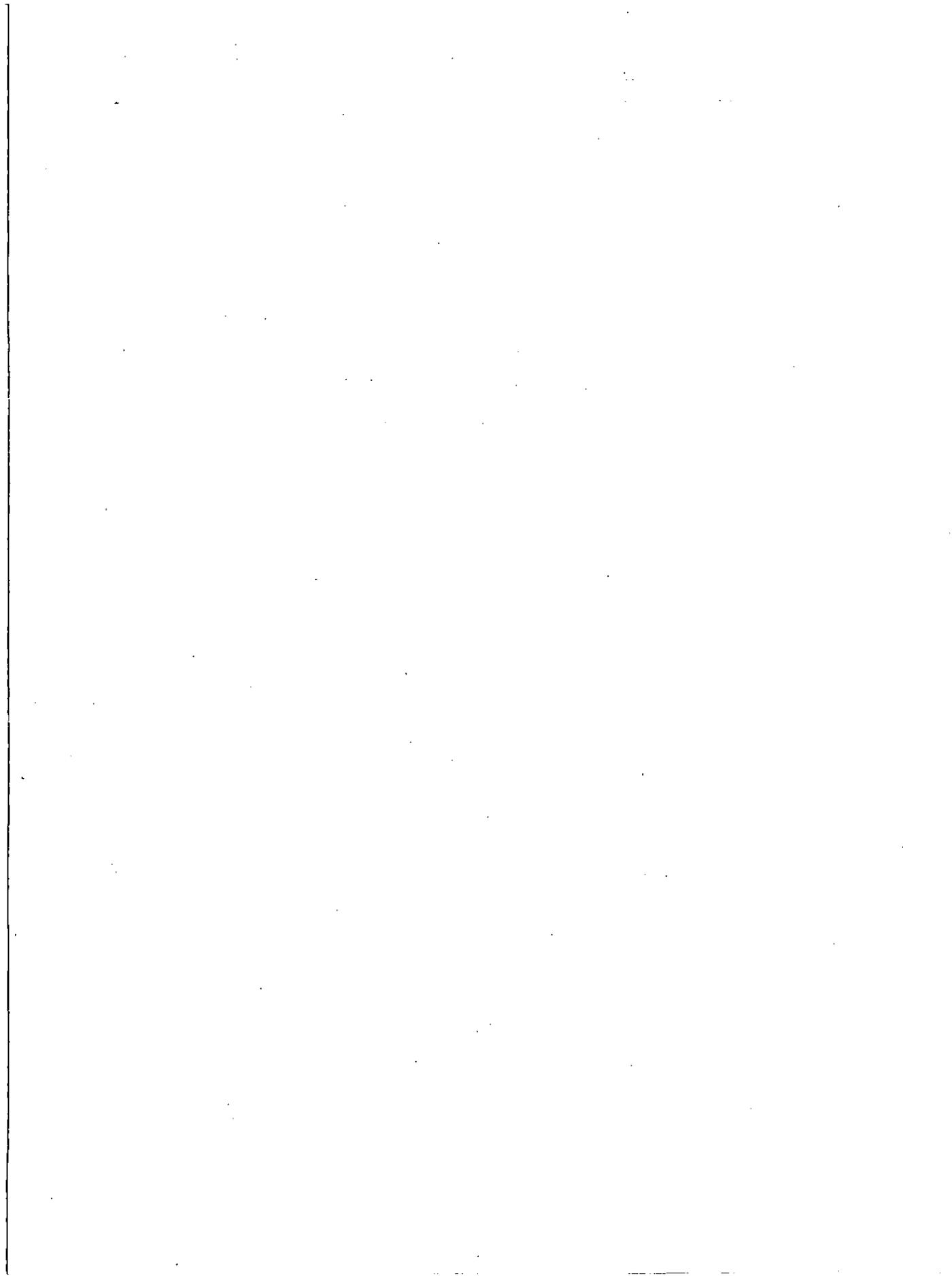
b.- Método que toma en cuenta la saturación de las vías

Todos los métodos indicados establecen una distribución del tránsito en función de las condiciones de la circulación en un momento dado. Pero éstas dependen también de la intensidad del tránsito que por lo regular es muy variable así que si se quiere tener más precisión se deberán repetir los cálculos para distintas situaciones del tránsito.

Una forma de efectuar esto consiste en aplicar cualquiera de los métodos anteriores para varias intensidades del tránsito y para diferentes velocidades en las vialidades que seguramente estarán más sobrecargadas, estimándose después el porcentaje del tránsito total que se producirá en una u otra situación.

El objetivo de cualquier asignación será permitir reconstruir una red que responda a una demanda, en función de los costos mínimos (construcción y funcionamiento, más los tiempos y el confort para los usuarios) por lo que se buscará el camino mínimo óptimo entre nodos de la red existente o a construirse. El orden de la asignación del tránsito no es indiferente lo que implica comenzar la asignación de los tránsitos potenciales a los recorridos más cortos. Posteriormente se determina para toda la red su rentabilidad, considerando el tránsito asignado y los costos de construcción. Se introducen entonces los diferentes flujos por orden de importancia decreciente y se determinan los caminos con costos mínimos, lo que nos lleva a un número limitado de redes a construir. Nuevamente se asigna el tránsito a esta red reducida lo cual permite contar con una base para efectuar una segunda iteración.

Francisco José Alvarez Blum



3.- Utilización de paquetes de cómputo en la Planificación de los Transportes Urbanos

Es indispensable el uso hoy en día de paquetes de cómputo para la simulación de problemas de transportes en los que su cálculo demanda un gran número de operaciones, es por eso que a continuación se presentan las cualidades y características de las opciones disponibles comercialmente.

3.1.- Aplicaciones de software en la planificación de los transportes

La planificación del transporte y el modelaje de la demanda de los viajes requería hasta hace unos años que el ingeniero o planificador pasara meses desarrollando y probando redes de tránsito y transporte. Más adelante estas redes se combinaban con la información del uso del suelo, para que los expertos en planificación procesaran la información para el modelaje. El procesamiento se hacía con grandes equipos sofisticados y los resultados se presentaban en cientos de hojas impresas de computadora.

Ahora, con el apoyo de las microcomputadoras se redujeron los tiempos y costos en el procesamiento de la información por medio de sistemas de análisis interactivos que integran los avances más recientes de gráficas y algoritmos de asignación viajes de transporte público. Con estas nuevas herramientas se puede participar directamente y de manera inmediata dentro del proceso de planificación, sin grandes conocimientos de computación, una vez que la base de datos se establece, visualizando la información básica y los resultados de los cálculos en forma gráfica o en listados.

Entre los antecedentes de la aplicación del modelaje en áreas urbanas y utilizando el proceso de planificación se encuentra el *Estudio de Tráfico del Área Metropolitana de Detroit* (1953-1955). Esta experiencia se expandió rápidamente en otras zonas

Francisco José Alvarez Blum

metropolitanas de los Estados Unidos como Chicago Filadelfia y Pittsburg, que permitieron formalizar las técnicas para el modelaje matemático en el proceso de planeación del transporte urbano.

No fue sino hasta los años setentas que la Federal Highway Administration con su departamento de *Urban Mass Transportation Administration* creó el paquete de software denominado *UTPS (Urban Transportation Planning System)*. Este paquete fue orientado inicialmente para ser utilizado en grandes equipos (IBM 360-375), que en esa época contaba con una reducida capacidad gráfica y la cantidad de información requerida provocaba un desaliento de los técnicos para utilizar este paquete.

Ahora con el uso de microcomputadoras se han elaborado programas de cómputo orientados a la planeación de los transportes urbanos, donde el tiempo requerido para una corrida de 12 horas en los antiguos equipos se redujo a solo 10 o 15 minutos, y se cuenta con menús gráficos, lenguajes más simples de comunicación entre los usuarios y la máquina, interfaces de graficación y un fácil manejo en la entrada de bases de datos y características de la red.

Estos nuevos paquetes comerciales son sistemas que incorporan gráficas en pantalla, edición y administración de bases de datos, comandos simples con ordenes orientadas a los usuarios y algo muy importante facilidades para el análisis de situaciones como por ejemplo qué pasa *si hago esto*.

Además la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten intercambiar y ampliar la información con empresas de transporte y dependencias de gobierno, lo que llevará hacia una verdadera evaluación de política de transporte urbano y sus impactos con el uso de suelo y el medio ambiente.

Entre los paquetes que existen en el mercado destacan los siguientes:

Francisco José Alvarez Blum

MOTORS; EMME/2; TRANUS; TRANSCAD; NETSIM; MANTRA; VIPS II; HCM / CINEMA; SIG; PASSER 90

A continuación se darán algunas de las características más importantes de algunos paquetes utilizados actualmente por los planificadores del transporte urbano:

MOTORS

Es un paquete con programas diseñados para la planeación de los sistemas de red vial y el sistema de transporte público. Su utilización requiere de un equipo de cómputo con capacidad mínima del CPU 386 con procesador matemático, memoria RAM de un Mega y disco duro de 40 MB, así como el apoyo de especialistas con conocimientos de las condiciones y características del área de estudio, como primer punto y como segundo punto toda la información mínima requerida por los diferentes programas que constituyen al MOTOR y que son:

- Programas de modelación de la demanda (D)- (10 programas). Este grupo de programas se analizan las tres primeras etapas de método clásico de obtención de la demanda y que son la generación de viajes, su distribución y la selección por modo de transporte.
- Programas de matrices (M) - (11 programas). Con estos programas se crean las matrices de viaje y se realizan todas las operaciones comunes de matrices.
- Programas de redes viales (P) - (18 programas). Se construyen y editan las redes viales, para su asignación y determinar la ruta más cercana entre nodos diferentes.
- Programas de redes de transporte público (T) - (6 programas). Sirven para construir y editar redes de transporte público.
- Programas de utilerías o auxiliares (U) - (3 programas) Sirven para especificar encabezados en los listados controlando su impresión, pudiendo convertir los archivos al formato ASCII.

Francisco José Alvarez Blum

La capacidad promedio de cada programa es de 400 zonas y 2,000 nodos, y en el caso de las redes de transporte público se limita a 800 nodos únicamente con aproximadamente 128 rutas.

EMME/2

El paquete EMME/2 fue desarrollado por la *Universidad de Montreal*, siendo un paquete muy poderoso para la planeación a largo plazo de las principales redes viales de una ciudad y los corredores de transporte público, incluyendo interacciones entre el flujo vial y la red de transporte público. El EMME/2 simula la asignación de todos los pasajeros en la matriz sobre las diferentes rutas y calcula los estándares de viaje de los pasajeros.

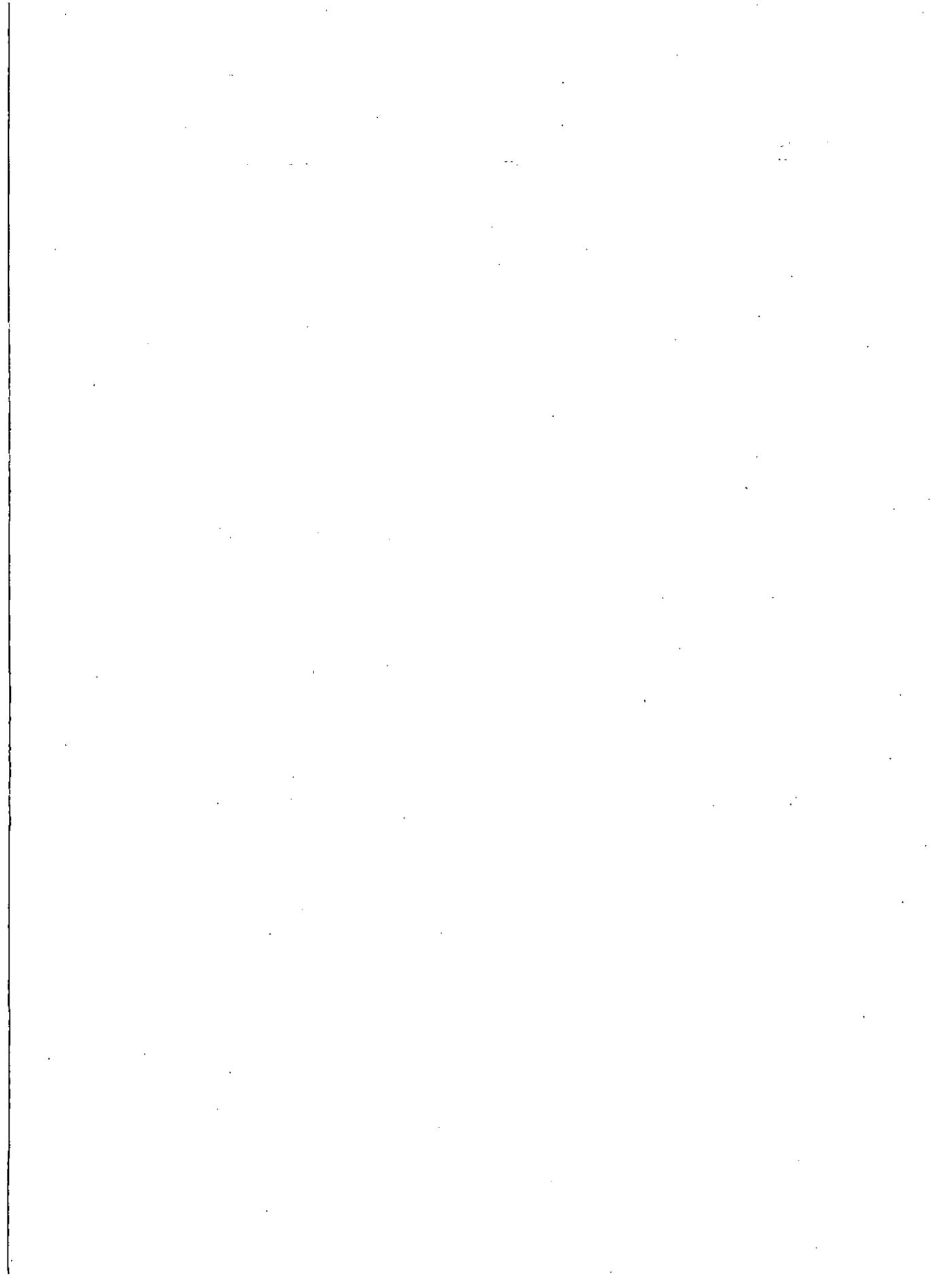
Las funciones que utiliza el EMME/2 como demandá, volumen/tiempo, tiempo de viaje en transporte público o privado, se especifican para el usuario, mediante expresiones algebraicas, proporcionando un marco de trabajo para la implantación de modelos de previsión de la demanda de viajes, variando desde una simple asignación de tráfico o de transporte público o el modelo clásico de las cuatro etapas, hasta la implantación de procedimientos de equilibrio multimodal que integran las funciones de demanda directamente en el procedimiento de asignación. El EMME/2 permite al planificador usar los modelos de su elección, de forma secuencial o simultánea, según su visión de análisis a desarrollar. Cualquier modelo de demanda puede implantarse usando simplemente el modelo de cálculo de matrices, o combinado este con ajustes bi/tridimensional de las matrices.

El procedimiento que se utiliza es un método de afectación de equilibrio con demanda fija o variable, que permite además calcular variables sobre los arcos o rutas específicas. La asignación del transporte público se basa el concepto de estrategias óptimas, proporciona facilidades para incluir diferentes percepciones en los

Francisco José Alvarez Blum

componentes del tiempo de viaje. También permite una asignación de viajes individuales en transporte público.

Francisco José Álvarez Blum



TRANUS

El TRANUS fue elaborado por la Universidad Central de Venezuela y considera la planificación de los transportes urbanos en base a las actividades de las diferentes zonas de una ciudad y los usos del suelo.

VIPS II

El VIPS II es desarrollado por la *Corporación Sueca de Transportation Systems* y está orientado a resolver problemas de planeación estratégica y operacional de redes y rutas de transporte público. Se compone de los siguientes elementos:

- **Análisis de redes y rutas de transporte público**
 - Identificación de puntos problemáticos en la red de transporte público.
 - Comparación rápida de un gran número de opciones de solución Cálculo del consumo de combustibles de diferentes opciones de solución
 - Estimación de las emisiones de contaminantes y de los niveles de ruido
 - Estudios de los efectos de la localización de las paradas y terminales en la demanda de los transportes.
 - Estudio de los efectos de diferentes estructuras tarifarias en la de manda del transporte.
- **Cálculo de las frecuencias óptimas para cada una de las líneas de transporte público analizadas.**
 - También es posible establecer horarios de paso de los vehículos de transporte público por parada, de tal manera que se proporcione un mejor servicio a los usuarios.
 - Optimización de la flota vehicular y de los recursos disponibles
 - Obtención de la información exacta de los costos e ingresos por concepto de operación de las diferentes líneas de transporte público analizadas.
 - Obtención de diversa información por línea, tipo de vehículo y empresa.

Francisco José Alvarez Blum

-
- Análisis estadístico de encuestas de viaje a bordo de vehículos de transporte público.
 - Presentación gráfica de resultados.
 - Ayudas de computación para el diseño de las rutas
 - Subrutinas para estimar impactos del sistema de transporte sobre el medio ambiente

El VIPS II supone que los usuarios tienen información sobre los tiempos de salida de las distintas rutas, por lo que producen una asignación más apegada a la realidad.

Trans CAD

El TransCAD es un Sistema de Información Geográfica utilizado en la solución de problemas de transporte, ya que provee un conjunto integrado de algoritmos más recientes, para resolver problemas analíticos en la planeación, manejo y operación de los transportes urbanos. Este paquete también es una plataforma adecuada para el desarrollo de sistemas de apoyo en la toma de decisiones con aplicaciones al transporte. Una de sus características es su arquitectura abierta y modular, que hace posible adicionar programas nuevos o ya existentes como módulos separados accesibles en sus menús. El TransCAD es capaz de leer archivos de Intergraph, ARC/INFO, AutocAD, y otros sistemas con manejo de base de datos.

Sistema de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica es una base de datos que integra una serie de herramientas geográficas. La técnica que los SIG utilizan consiste de un modelo de base de datos geo-relacional, asociado con un conjunto de información gráfica en forma de planos/mapas con base a los datos digitales.

Entre la información que los SIG proporcionan está:

- Tipos de ocupación de suelo (representación de áreas densas, medianas y poco densas).

Francisco José Alvarez Blum

- Areas servidas y no servidas por el transporte público
- Areas con accesibilidad satisfactoria y no de las redes de transporte (metro, autobuses, etc.).
- Mapa esquemático con las fases de evolución de las ciudades en el tiempo.

Estos paquetes combinan informaciones de: fotografías aéreas, mapas, videos, imágenes de satélite, censos y levantamientos topográficos.

Las principales aplicaciones en diversos campos son: la realización de proyectos de investigación, la administración de recursos, la planificación de nuevas actividades.

Para todo esto se requiere de un sistema de cómputo que construya, ordene, manipule y represente los datos de acuerdo con su posición en un plano o en el espacio. Para el caso del transporte público algunas aplicaciones son:

- Administración de la construcción
- Planeación de los transportes
- Ingeniería del tránsito
- Planeación urbana
- Distribuciones logísticas
- Operaciones de tráfico
- Tasas vehiculares (privados, prioridad a los servicios de emergencia, etc.)

En resumen, los diferentes paquetes desarrollados por instituciones educativas y privadas se basa en la combinación de datos, redes, escenarios, matrices y funciones. Una determinada red de transporte de la región estudiada se representa por una red multimodal, donde sus principales componentes son los diferentes medios de transporte, la red básica, las intersecciones y las rutas de transporte público. Toda esta información puede modificarse en cualquier momento utilizando los editores gráficos interactivos y las facilidades de los módulos de cálculo. Para cada nodo, arco, vueltas,

Francisco José Alvarez Blum

rutas de transporte o pequeños tramos, pueden especificarse con un determinado número de variables definidas por los usuarios. Cada escenario consiste en un conjunto completo de datos que describen la red y sus características.

Todos los datos relativos a una zona como son: demanda, variables socioeconómicas o impedancias, se almacenan en escalares, vectores o matrices. El manejo uniforme de todos los datos matriciales es base para el uso eficiente de las herramientas de análisis y de manipulación de las matrices. La agrupación por zonas, de acuerdo con ciertos criterios pueden ser usados para simplificar los datos de entrada o acceso, así como para producir salidas agregadas.

3.2.- Metodología para el análisis de corredores semaforizados

Los procedimientos para analizar corredores semaforizados permiten conocer las circunstancias en las que se encuentran con el fin de proponer mejoras globales a lo largo del corredor bajo análisis.

3.2.1.- Antecedentes

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos especialmente proyectados para facilitar el control del tránsito vehicular y peatonal, mediante indicaciones visuales con colores universalmente aceptados. Su finalidad es la de permitir el paso alternadamente a los flujos, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

Los primeros semáforos fueron instalados en Londres, Inglaterra en 1868 y eran accionados manualmente constituyendo únicamente una extensión del brazo del agente de tránsito. El primer semáforo eléctrico se instaló en Cleveland en 1914 y en 1917 en Salt Lake se introduce la interconexión de semáforos. En México fue hasta

Francisco José Alvarez Blum

1924 cuando se operó el primer semáforo mecánico constituido por un tubo con dos letreros "Adelante " y "Alto" y en 1932 el primero con operación eléctrica. Hoy se consideran éstos como piezas de museo y la complejidad actual involucra los últimos avances tecnológicos en cuanto a electrónica.

Es inconcebible hoy en día el control del tráfico en las ciudades más grandes del mundo sin el uso de los sistemas semaforizados más complejos. Éstos cuentan con coordinación computarizada y detectores de vehículos que permiten la asignación de los tiempos de acuerdo con la demanda de la vía.

La correcta incorporación de un sistema semafórico proporciona a la vía una gran cantidad de ventajas, por el otro lado dicha incorporación puede llevar a la vía a disminuir su eficiencia. Como conclusión, se deberá realizar un estudio exhaustivo que presente las condiciones de la intersección y del tráfico con el fin de aumentar su capacidad. Es también importante, una vez implantado el sistema, verificar que el sistema nos proporcione los resultados esperados.

Los planes de tiempos consisten de las siguientes partes:

- **Ciclo del sistema:** una longitud de ciclo específico que se adopta para todo el sistema
- **Reparto de tiempos:** a cada intersección semaforizada del sistema se le asigna un reparto de tiempo que depende de la demanda de tránsito. El reparto de tiempos se refiere a la porción del ciclo que se le asigna a cada fase.
- **Desfase:** a cada intersección del sistema se le asigna un desfase que se relaciona con el inicio de verde en la intersección en particular con la base de tiempo en la intersección con el controlador maestro. El desfase indicado en segundos, también controla la velocidad a la cual el tránsito puede viajar de intersección en intersección sin detenerse.

Francisco José Alvarez Blum

Las longitudes de ciclo, los repartos de tiempo y desfases pueden variar proporcionando diferentes planes de demandas variables. Por lo general, los sistemas de semáforos deben tener diferentes planes de tiempo para diferentes horas del día.

- **Tipos de Sistemas de Control de Semáforos**

Existen diversos métodos y equipos que conforman un sistema de control de tránsito por semáforos. Por lo general, la mayoría de los sistemas están comprendidos entre los que se mencionan a continuación:

(a) **Sistemas no interconectados:** los desfases de los controladores esclavos locales con respecto al controlador base son asignados manualmente en cada controlador. Una vez que se establece la coordinación el movimiento del tránsito de manera progresiva depende de la habilidad de cada controlador en las intersecciones individuales de mantener los tiempos apropiados.

(b) **Sistemas Coordinados de Tiempo Base:** este tipo de sistema ofrece coordinación sin necesidad de interconectar físicamente los controladores. Los controladores de tiempo base son relojes muy precisos que pueden ser programados para contener diversos planes de tiempo de acuerdo a la hora del día, día de la semana, incluyendo días de fiesta. La coordinación se mantiene asegurando que todos los controladores tengan exactamente la misma hora.

(c) **Sistemas Interconectados de Tiempo Fijo:** este sistema utiliza el mismo tipo de equipo descrito anteriormente para sistemas no interconectados, con la diferencia que en este caso están interconectados por medio de cables de semáforos. El número de planes de tiempo disponibles depende del número de desfases y el número de repartos de tiempo que permita el sistema. Un controlador dentro del sistema actúa como

Francisco José Alvarez Blum

controlador maestro y actúa como el coordinador de tiempo para los otros controladores del sistema.

(d) **Sistemas Dinámicos:** por lo general, este es un sistema interconectado de controladores de tiempo fijo que utiliza un controlador maestro que especifica la longitud del ciclo y los desfases requeridos. Se colocan detectores dentro del sistema para muestrear los volúmenes de tránsito-direcciones para determinar cual de las longitudes de ciclo disponible debería estar en operación. El controlador maestro debe ser un computador.

(e) **Sistemas Actuados e Interconectados:** por lo general este es un sistema pequeño que consiste de dos o más controladores actuados con uno que trabaja como el maestro del sistema. La capacidad de este tipo de sistemas para desfases es limitada. El controlador maestro puede ser flexible a la demanda o a una combinación de relojes de tiempo.

(f) **Sistemas de Control de Semáforos por medio de Computadores Digitales:** este es el más sofisticado de los sistemas de control de semáforos. Usa un computador digital para controlar, operar y supervisar el sistema de control de semáforos. Se dispone de planes de tiempo que pueden ser arreglados de diversas formas dependiendo de necesidades específicas. El sistema consiste en una computadora central, una red de comunicaciones (cableado, teléfono; radio o combinación), y equipo de campo (controladores, detectores. etc.)

- **Tiempos para Sistemas de Semáforos Simples**

Sistemas de semáforos de tiempo fijo se consiguen en los centros de ciudades o en arterias de grandes ciudades. Los patrones de tiempos para este tipo de sistema pueden ser catalogados como simultáneos, alternados o progresivos.

Francisco José Alvarez Blum

(a) **Sistemas Simultáneos:** en este tipo de sistema, todos los semáforos a lo largo de una calle dan la misma indicación al mismo tiempo. Por lo general, este tipo de sistemas no es recomendado porque reduce la capacidad, incrementa la velocidad o detiene gran parte del tránsito. Su uso es adecuado sólo donde la distancia entre intersecciones es muy corta, todas las intersecciones son semaforizadas y el volumen de tránsito en las calles principales es tan alto que requiere de la mayoría del verde.

(b) **Sistemas Alternados:** en este tipo de sistema, un grupo de semáforos da indicaciones alternas a una determinada calle al mismo tiempo. Este tipo de sistemas tiene aplicaciones limitadas porque requiere un reparto del ciclo del 50%- 50% que puede ser ineficiente para algunas intersecciones. Este tipo de sistema es adecuado para áreas centrales donde la distancia entre intersecciones es constante y las cuadras son completamente cuadradas, consiguiéndose en esos casos progresiones en todas las direcciones.

(c) **Sistemas Progresivos:** Hay dos tipos de sistemas progresivos: simples y flexibles. El sistema progresivo simple es aquel en el cual las caras de los semáforos controlan las indicaciones de verde de acuerdo a un programa de tiempo predeterminado de manera que permita que un grupo de vehículos (pelotón o columnas), se mueva continuamente a una tasa de velocidad predeterminada, que puede variar en diversas partes del sistema.

Los sistemas progresivos flexibles permiten que los intervalos en cada instalación de semáforos se ajusten a los requerimientos de los volúmenes de tránsito en la intersección y que los inicios del verde en semáforos diversos pueden ser independientes para obtener una eficiencia máxima en la intersección en particular.

3.2.2.- Manual de capacidad de carreteras

Francisco José Álvarez Blum

Este manual fue diseñado con el fin de proporcionar una herramienta para conocer todas las cualidades y peculiaridades de una intersección en cuanto a su operación y a su flujo vehicular. Su propósito es el de presentar una introducción a lo que el HCM/Cinema considera dentro de su operación.

3.2.2.1.- Análisis de intersecciones semaforizadas

Los procedimientos para el análisis de las intersecciones reguladas por semáforos y la determinación del nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio. El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe considerar una amplia variedad de condiciones prevalecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico rodado, composición del mismo, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. La metodología se centra en la determinación del nivel de servicio para condiciones prevalecientes conocidas o en proyecto, pero presenta alternativas de cálculo para la determinación de otras variables usando un nivel de servicio asumido o deseado.

La capacidad de una carretera se relaciona principalmente con las características geométricas de la misma, así como con la composición del tráfico rodado que la utiliza. Así pues, teniendo en cuenta alguna variación en la composición de la circulación, al cabo del tiempo, la capacidad de una instalación es generalmente un valor estable que únicamente puede mejorarse significativamente mediante mejoras geométricas.

En la intersección regulada por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad: la distribución del tiempo. Un semáforo esencialmente distribuye tiempo entre movimientos circulatorios conflictivos que pretenden utilizar el mismo espacio físico. La manera en cómo se distribuya el tiempo tiene un impacto significativo en el funcionamiento de la intersección y en la capacidad de la misma y de sus accesos.

Francisco José Alvarez Blum

Esta metodología se aplica a la capacidad y al nivel de servicio de los accesos a la intersección, y al nivel de la intersección como un todo. La capacidad se evalúa en términos de la relación entre la intensidad de la demanda y la capacidad (relación I/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (sg/v). La capacidad de la intersección como un todo no se aborda aquí porque el diseño y la semaforización de las intersecciones se centran en la adaptación de los movimientos importantes y accesos que componen la intersección. Por lo tanto la capacidad es solamente significativa cuando se aplica a estos movimientos y accesos importantes.

- **Semáforos**

Los semáforos modernos otorgan el tiempo de muchas maneras, desde la modalidad más sencilla de tiempos prefijados (tiempos fijos) y dos fases hasta la más compleja de tipo multifase. Esta sección describe la terminología básica de los semáforos y describe brevemente los tipos de operación semafórica y su impacto en la capacidad.

Generalmente se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semafóricas:

- **Ciclo:** Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.
- **Duración de ciclo:** El tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos, se representa con el símbolo "C".
- **Fase:** La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.

Francisco José Álvarez Blum

-
- **Intervalo:** Un periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes.
 - **Tiempo de cambio:** Los intervalos "amarillo" más el "todo rojo" que tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha; se expresa con el símbolo Y y se mide en segundos.
 - **Tiempo de verde:** El tiempo, dentro de una fase dada, durante la cual la indicación "verde" está a la vista; expresado con el símbolo G_1 (para la fase 1) y en segundos.
 - **Tiempo perdido:** El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento, estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio (durante el cual la intersección se evacua) y al principio de cada fase cuando los primeros coches de la cola sufren retrasos en el arranque.
 - **Tiempo de verde efectivo:** El tiempo durante una fase dada que es efectivamente disponible para los movimientos permitidos, generalmente se considera como el tiempo verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido para la fase en cuestión; expresada en segundos y notada con el símbolo g_i (para la fase i).
 - **Proporción de verde:** La proporción de verde efectivo en relación a la duración del ciclo, notada con el símbolo g_i/C (para la fase i).
 - **Rojo efectivo:** El tiempo durante el cual no se permite la circulación a un movimiento dado o un conjunto de movimientos; es la duración del ciclo menos el tiempo verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos y denotado con el símbolo r .

Los semáforos pueden operar en tres modalidades básicas, dependiendo del tipo de equipo de control empleado:

1.- Operación prefijada o de tiempos fijos: En esta operación la duración del ciclo, las fases, los tiempos de verde y los intervalos de cambio están todos prefijados. El semáforo rota por este ciclo definido de forma constante: cada ciclo es el mismo siendo la duración de ciclo y las fases constantes. Dependiendo del equipo disponible, se pueden utilizar varios reglajes de tiempo prefijados, entrando cada uno de ellos automáticamente en funcionamiento en momentos determinados del día.

2.- Operación semiaccionada por el tráfico: En la operación semiaccionada la calle principal en cuestión tiene una indicación "verde" durante todo el tiempo hasta que los detectores de las calles secundarias indiquen que un vehículo, o vehículos, han llegado a uno o ambos accesos secundarios. El semáforo muestra entonces una fase "verde" para la secundaria, después de un intervalo de cambio apropiado, que se mantiene hasta que todos los vehículos hayan pasado o hasta que el verde de la calle secundaria alcance un tiempo preestablecido máximo. En los sistemas semafóricos en progresión, el comienzo de las fases verdes de las calles secundarias puede estar restringido a unos momentos preestablecidos dentro del ciclo.

En este tipo de operación la longitud del ciclo y los tiempos de verde pueden variar de ciclo a ciclo según la demanda. Como el verde se otorga siempre a la calle principal a menos que exista demanda en las secundarias, los tiempos de verde para estas secundarias están virtualmente empleados al completo, mientras que todo el tiempo de verde "sobrante" se concede a la calle principal.

3.- Operación totalmente accionada: Todas las fases semafóricas están controladas por detectores. En general los tiempos de verde mínimos y máximos están especificados para cada fase así como la secuencia de fases. En esta forma de operación las duraciones del ciclo y los tiempos de verde pueden variar considerablemente según la

Francisco José Alvarez Blum

demanda. Ciertas fases del ciclo pueden ser opcionales, y pueden ser anuladas totalmente si los detectores no registran demanda.

Muchos sistemas semafóricos son controlados hoy en día por ordenadores. Allí donde se utilizan estos ordenadores las intersecciones individuales funcionan generalmente con control de tiempos fijos, controlando y seleccionando el ordenador, el plan de fases y la coordinación entre semáforos. En estos sistemas el ordenador actúa como controlador supervisor o director.

En una intersección regulada por semáforos la asignación de tiempo de verde no es lo único que tiene un impacto significativo sobre la capacidad y las operaciones, sino también la manera cómo se han dispuesto los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Las fases semafóricas pueden dar cabida a movimientos de giro protegidos o permitidos.

Un movimiento de giro permitido se realiza a través de, bien, un flujo peatonal conflictivo o bien un flujo vehicular en oposición. Así pues, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico de frente en sentido opuesto se considera como "permitido", como lo es un movimiento de giro a la derecha hecho al mismo tiempo que el cruce de peatones por un paso para peatones.

Los giros protegidos son aquellos que se llevan a cabo sin estos conflictos, como giros hechos durante una fase de giro a la izquierda exclusiva, o una fase de giro a la derecha durante la cual los movimientos conflictivos de los peatones están prohibidos.

Entonces la capacidad de una intersección depende en alto grado de la semaforización existente. Dado el abanico de posibles sistemas de control semafórico, esta capacidad es mucho más variable que en otros tipos de vías donde la capacidad depende principalmente de la geometría física de la carretera. De hecho, la semaforización, que

Francisco José Alvarez Blum

puede cambiarse con frecuencia y rápidamente, permite un amplio margen en la "gestión" de la capacidad física del espacio y la geometría de la intersección.

Los procedimientos de análisis de capacidad se basan en planes de semaforización conocidos o en proyecto. Se proporcionan apéndices para ayudar al analista a establecer planes semafóricos. Las políticas y métodos estatales o locales deberían ser consultados al efectuar estos cálculos. Los criterios incluidos en el manual de capacidades de carreteras están previstos para ayudar en el análisis de capacidad, y no deberían considerarse como normas aceptadas en el ámbito nacional ni como criterios o líneas directrices para la semaforización.

- **Capacidad y Nivel de Servicio**

Los conceptos de capacidad y nivel de servicio son tan fundamentales para el análisis de las intersecciones, como para todo tipo de instalaciones viarias. No obstante, estos dos conceptos no están tan estrechamente correlacionados en el análisis de las intersecciones como lo están en otros tipos de estructuras viarias. Los mismos resultados de los análisis permiten la determinación tanto de la capacidad como del nivel de servicio de la instalación. En intersecciones reguladas por semáforos, ambos conceptos se analizan por separado y no están relacionados entre sí de una manera sencilla. No obstante, es imprescindible tener en cuenta desde el principio que tanto la capacidad como el nivel de servicio han de ser considerados en todos sus aspectos para evaluar el funcionamiento global de una intersección regulada con semáforos.

El análisis de la capacidad de las intersecciones da como resultado el cálculo de las relaciones I/c para los movimientos individuales, y una relación I/c compuesta para la suma de los movimientos críticos o grupos de carriles presentes en la intersección. La relación I/c es la intensidad de circulación real o proyectada en un acceso o grupo de carriles determinado durante un intervalo punta de 15 minutos, dividida por la

Francisco José Alvarez Blum

capacidad del acceso o grupo de carriles designado. El nivel de servicio se basa en la demora media de parada por vehículo para varios movimientos dentro de la intersección. Mientras que la relación l/c afecta a la demora, existen otros parámetros que la afectan en mayor medida como son la calidad de la progresión, la duración de las fases verdes, las duraciones del ciclo y otros parámetros. Por tanto, para una relación l/c dada, se puede obtener una gama de valores de demora y viceversa. Por esta razón, tanto la capacidad como el nivel de servicio de la intersección deben ser cuidadosamente examinados.

- **Capacidad de las Intersecciones Reguladas por Semáforos**

La capacidad en las intersecciones se define para cada acceso. La capacidad del acceso en las intersecciones es la máxima intensidad de circulación (para el acceso en cuestión) que puede atravesar la intersección en las condiciones prevalecientes del tráfico, la carretera y la señalización. Generalmente, la intensidad de circulación se mide o proyecta para un período de 15min y la capacidad se determina en vehículos por hora.

Las condiciones del tráfico incluyen los volúmenes en cada acceso, la distribución de los vehículos por movimiento (a la izquierda, de frente, a la derecha), la distribución de los tipos de vehículos dentro de cada movimiento, la localización de las paradas de autobús y su utilización dentro del área de la intersección, las circulaciones peatonales que cruzan la calle y los movimientos por estacionamiento dentro del área de la intersección.

Las condiciones de la carretera abarcan la geometría básica de la intersección, incluyendo el número y la anchura de los carriles, las pendientes y las asignaciones de uso a los carriles (incluyendo los carriles de estacionamiento).

Francisco José Alvarez Blum

Las condiciones de semaforización incluyen una total definición de las fases semafóricas, la temporización o reglaje, el tipo de control y una evaluación de la progresión semafórica en cada acceso.

La capacidad de carriles o de grupos de carriles determinados también puede ser evaluada y determinada. Esto puede hacerse a fin de aislar los carriles que prestan servicio a un movimiento o serie de movimientos en particular, como un carril de giro obligatorio a la derecha o a la izquierda. Los carriles designados sobre los que realizar un análisis individual son denominados "grupos de carriles". El procedimiento aquí descrito contiene directrices para determinar cuándo y cómo se deben designar los grupos de carriles en un acceso.

La capacidad en las intersecciones reguladas por semáforo se basa en el concepto de saturación e intensidad de saturación. La intensidad de saturación se define como la máxima intensidad de circulación que puede circular por un acceso de una intersección o grupo de carriles dado en las condiciones de tráfico y de la carretera prevaletientes, suponiendo que el acceso o el grupo de carriles tenga un 100 por ciento de tiempo real disponible como tiempo de verde efectivo, la intensidad de saturación se representa con el símbolo S , y se expresa en unidades de vehículos por hora de tiempo de verde efectivo (v/hv).

El índice de saturación de un acceso o grupo de carriles dado se define como la relación entre la intensidad de circulación real del acceso o grupo de carriles, I , y la intensidad de saturación, el índice de saturación se representa por el símbolo, (I/S) , para el acceso o grupo de carriles i .

La capacidad de un grupo de carriles o acceso dado puede definirse como:

$$C_i = S_i \times (g/C)_i$$

donde:

C_i = capacidad del grupo de carriles o acceso i , en v/h

s_i = intensidad de saturación para el grupo de carriles o acceso i , en v/hv ; y

$(g/C)_i$ = relación de verde para el grupo de carriles o acceso i ,

La relación entre la intensidad de circulación y la capacidad, l/c , se representa por el símbolo X en el análisis de la intersección, también se denomina a esta variable como "grado de saturación".

Para un grupo de carriles o acceso dado i :

$$X_i = (l/c)_i = l_i / [s_i \times (g/C)_i]$$

$$X_i = l_i C / s_i g_i = (l/s)_i / (g/C)_i$$

donde:

X_i = relación l/c para el grupo de carriles o acceso i

l_i = intensidad de circulación real para el grupo de carriles o acceso en i en v/h

S_i = intensidad de saturación para el grupo de carriles o acceso i en v/hv

g_i = tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles o acceso i en sg

Los valores de X_i fluctúan entre 1.00 cuando la intensidad de circulación es igual a la capacidad, y 0.00 cuando la intensidad de circulación es cero,

La capacidad de toda la intersección no es un concepto importante, ni ha sido específicamente definido aquí. Es muy raro que todos los movimientos en una

intersección lleguen a saturarse a la misma hora del día, lo crítico es la facultad de los movimientos individuales para poder atravesar la intersección con alguna eficacia.

Otro concepto de capacidad que resulta de gran utilidad en el análisis de las intersecciones reguladas por semáforos es la l/c crítica, X_c , que es una relación l/c para toda la intersección, considerando solamente los grupos de carriles o accesos que tienen la intensidad de circulación l/c más alta para una fase semafórica dada.

Por ejemplo, en un semáforo de dos fases, los accesos opuestos se mueven durante el mismo tiempo de verde, por lo general, uno de estos dos accesos necesitará más tiempo de verde que el otro (es decir, que tendrá un índice de saturación más alto); éste sería el acceso "crítico" para la fase semafórica en estudio. Cada fase semafórica tendrá un grupo de carriles o acceso crítico que determinará los requisitos de tiempo de verde para la fase. Cuando las fases semafóricas se solapan, la identificación de estos grupos de carriles o accesos críticos resulta algo compleja.

La relación l/c crítica para la intersección se define en términos de grupos de carriles o accesos críticos:

$$X_c = \sum (l/s)_{ci} \times [C/(C-L)]$$

en donde:

X_c = relación l/c crítica para la intersección;

$\sum (l/s)_c$ = sumatorio de índices de saturación para todos los grupos de carriles o accesos críticos, i ;

C = duración del ciclo, en sg.: y

L = tiempo perdido total por ciclo calculado como la suma de los tiempos perdidos en "arranque" e intervalos de cambio menos la parte del intervalo de cambio utilizado por los vehículos en esta fase crítica.

Esta ecuación resulta muy útil para evaluar la intersección en general con respecto a la geometría y a la duración total de ciclo establecido, siendo también útil a la hora de calcular los reglajes de los semáforos cuando no son conocidos, ni están especificados por las políticas o normativas locales. Dicha ecuación permite obtener la relación l/c para todos los movimientos críticos, suponiendo que el tiempo de verde haya sido correcta o proporcionalmente establecido. Por consiguiente, es posible tener una relación l/c crítica inferior a 1.00 y a pesar de eso tener movimientos individuales sobresaturados dentro del ciclo semafórico. No obstante, una relación l/c crítica inferior a 1.00 es una clara indicación de que todos los movimientos que se producen en la intersección pueden ser acomodados dentro de la duración de ciclo y la secuencia de fases establecida, asignando el tiempo de verde proporcionalmente. En esencia, el tiempo total de verde disponible en la secuencia de fases resulta adecuado para controlar todos los movimientos sí se distribuye correctamente.

El análisis de capacidad se centra en el cálculo de las intensidades de saturación, relaciones l/c y las capacidades para los diferentes accesos o grupos de carriles de la intersección.

- **Nivel de Servicio para Intersecciones Reguladas por Semáforos**

El nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos se define en términos de demora. La demora consiste en una medida de la molestia, la frustración, el consumo de combustible y el tiempo de viaje perdido por el conductor. Específicamente los criterios de nivel de servicio se establecen en términos de la demora media de parada por vehículo para un período de análisis de 15min (ver cuadro 3.1).

Francisco José Alvarez Blum

La demora puede medirse directamente en la calle o bien ser estimada utilizando los procedimientos señalados anteriormente. La demora es una medida compleja y depende de una serie de variables que incluyen la calidad de la progresión, la duración del ciclo, la relación de verde y la relación l/c para el grupo de carriles o acceso en cuestión.

El nivel de servicio A describe las operaciones cuando existe muy poca demora, es decir, inferior a 5.0 segundos por vehículo. Esto ocurre cuando el avance es extremadamente favorable y la mayoría de los vehículos llegan durante la fase de verde. La mayoría de los vehículos no se detienen para nada. Los ciclos de corta duración también pueden contribuir a que la demora sea corta.

| Nivel de Servicio | Demora por parada por vehículo (sg) |
|-------------------|-------------------------------------|
| A | < 5.0 |
| B | 5.1 a 15.0 |
| C | 15.1 a 25.0 |
| D | 25.1 a 40.0 |
| E | 40.1 a 60.0 |
| F | > 60.0 |

Cuadro 3.1. Criterios de Nivel de Servicio para Intersecciones Reguladas por Semáforos

Francisco José Álvarez Blum

El nivel de servicio B describe aquellas operaciones cuya demora figura dentro de la gama de 5.1 a 15.0 segundos por vehículo. Esto ocurre generalmente con una buena progresión y con ciclos cortos. Se detienen más vehículos que con el nivel A dando lugar a una mayor demora media.

El nivel de servicio C describe aquellas operaciones cuya demora fluctúa entre 15.1 y 25.0 segundos por vehículo. Estas demoras más prolongadas pueden ser debidas a una progresión de calidad regular y/o a ciclos más prolongados. En este nivel es posible que se empiece a producir falta de capacidad en algún ciclo individualizado. En este nivel el número de vehículos que se detiene es significativo aunque muchos

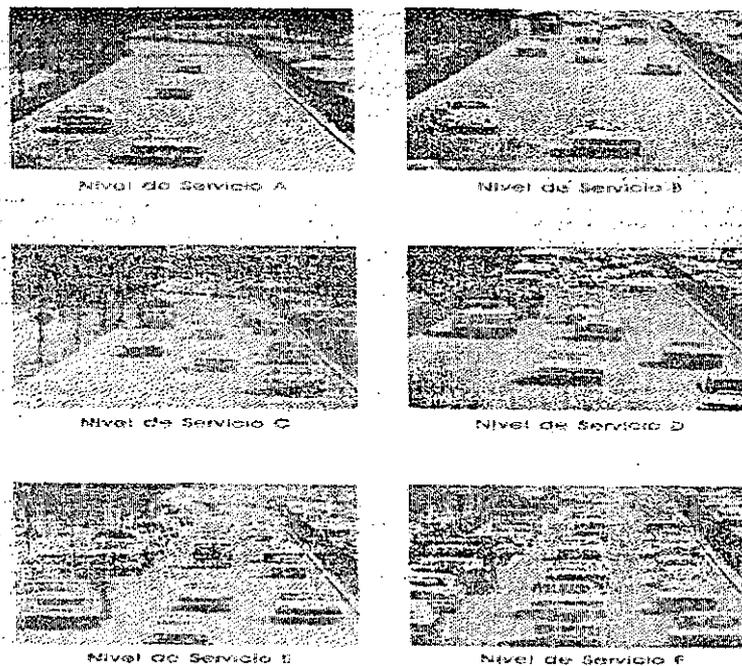


Figura 3.1. Niveles de servicio

atraviesan todavía la intersección sin detenerse.

El nivel de servicio D describe aquellas operaciones para las que la demora fluctúa entre 25.1 y 40.0 segundos por vehículo. En el nivel D la influencia de la congestión se hace más notable. Se pueden producir demoras más prolongadas debido a alguna combinación de progresión, duraciones de ciclo prolongadas, o altas relaciones l/c.

Muchos vehículos se detienen y la proporción de vehículos que no se detienen disminuye. Las faltas de capacidad en ciclos individuales son notorias.

El nivel de servicio E describe aquellas operaciones cuya demora se encuentra comprendida dentro del rango de 40.1 a 60.0 segundos por vehículo. Esto se considera el límite de demora aceptable. Estos altos valores de demora generalmente indican un avance lento, largas duraciones de ciclo y altas relaciones l/c. Se presenta con frecuencia una insuficiencia de ciertos ciclos individuales.

Francisco José Álvarez Blum

El nivel de servicio F describe aquellas operaciones cuya demora supera los 60.0 segundos por vehículo. Este nivel se considera inaceptable por la mayoría de los conductores. Esta condición se suele presentar cuando hay una sobresaturación, es decir, cuando las intensidades de circulación de llegada superan la capacidad de la

Francisco José Álvarez Blum

intersección. Esto también puede ocurrir con relaciones l/c altas, inferiores a 1.00, y muchos ciclos insuficientes. Una deficiente progresión y duraciones de ciclo prolongadas pueden ser asimismo las causas fundamentales de unos niveles de demora tan elevados.

- **Relaciones entre Capacidad y Nivel de Servicio**

Debido a que la demora es una medida compleja, su relación con la capacidad también lo es. Los niveles de servicio han sido establecidos con base en la aceptación de diferentes niveles de demora por parte de los conductores. Es importante destacar que este concepto no está relacionado con la capacidad de forma directa.

A diferencia de otros elementos analizados por el HCM, en los cuales el límite inferior del nivel E ha sido siempre definido como capacidad, es decir la relación l/c es, por definición, 1.00, no lo es para el análisis de intersecciones semaforizadas. Por ejemplo, es posible que existan demoras correspondientes al rango del nivel F (inaceptables) mientras que la relación l/c es inferior a 1.00, quizás tan baja como de 0.75 a 0.85. Con estas relaciones l/c pueden producirse demoras muy prolongadas cuando tiene lugar alguna combinación de las condiciones siguientes: (1) la duración del ciclo es prolongada, (el grupo de carriles en cuestión está en desventaja (tiene un largo tiempo de rojo) en la temporización del semáforo y/o (3) la progresión semafórica para los movimientos estudiados es deficiente.

Lo contrario también es posible: un acceso o un grupo de carriles saturado (es decir) relación $l/c = 1.00$ puede tener demoras cortas si: (1) la duración del ciclo es corta y/o (2) la progresión es favorable para el movimiento concreto. Por consiguiente, la designación del nivel F no implica automáticamente que la intersección, el acceso, o el grupo de carriles esté sobrecargado, como tampoco un nivel de servicio dentro del rango de A a E automáticamente implica que exista una capacidad sin usar disponible.

Francisco José Álvarez Blum

Los procedimientos y los métodos presentados exigen el análisis tanto de las condiciones de capacidad como del nivel de servicio para poder evaluar totalmente el funcionamiento de la intersección regulada por semáforos.

- **Niveles de Análisis**

1.- Análisis de la circulación: en este nivel debe proporcionarse una información pormenorizada sobre todas las condiciones prevalecientes del tráfico, la carretera y las condiciones de señalización. El método permite un análisis completo de la capacidad y del nivel de servicio y puede ser utilizado para evaluar distintos trazados alternativos y/o planes semafóricos.

2.- Análisis de planificación: a este nivel, sólo se hace referencia a la capacidad, debido a que no se dispone de la información necesaria para estimar la demora. Se requiere disponer de información sobre la geometría de la intersección y los movimientos de giro, pero los detalles de la semaforización y las distribuciones de los tipos de vehículos son innecesarios. El método proporciona unos resultados globalizados que permiten calcular si es probable o no que la intersección se sobresature. Como en el análisis de planificación no puede estimarse la demora, tampoco podrá abordarse aquí el nivel de servicio.

En el análisis de la circulación se utilizan futuras situaciones en las cuales los parámetros del tráfico, la geometría y el control estén bien definidos mediante previsiones y proyectos posibles soluciones. El procedimiento de planificación resulta útil a la hora de poner a prueba alternativas de proyecto generales de nuevas intersecciones en zonas de nueva urbanización, en que aún no se estén considerando los detalles relacionados con la semaforización y las características de la demanda.

La metodología del análisis de la circulación aquí proporcionado tiene en cuenta todos los detalles de cada uno de los cuatro componentes siguientes: las intensidades de

Francisco José Álvarez Blum

demanda o servicio de la intersección, la semaforización de la intersección, el diseño o características geométricas de la intersección y la demora o el nivel de servicio resultante de estos componentes. La metodología es capaz de tratar cualquiera de estos cuatro componentes como "incógnitas" a ser descritas a partir de los detalles de las otras tres.

Por consiguiente, el método puede utilizarse para:

1. Determinar el límite de servicio a partir de los detalles de la circulación, la semaforización y la geometría de la intersección.
2. Determinar las intensidades de servicio tolerables para niveles de servicios seleccionados conociendo los detalles de la semaforización y la geometría.
3. Determinación de la temporización o reglaje de los semáforos (para un plan de fases supuesto) conociendo el nivel de servicio deseado y los detalles de la circulación y la geometría.
4. Determinar la geometría básica (número o asignación de carriles), conociendo el nivel de servicio deseado y los detalles de la circulación y la semaforización.

• Metodología

a.) Análisis de la Circulación

El análisis de la circulación determina la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o acceso, así como el nivel de servicio de la intersección en conjunto. Para ello se necesita información detallada en relación con la geometría, tráfico y las condiciones de semaforización de la intersección. Estas son conocidas o previstas cuando se traten situaciones futuras.

Francisco José Álvarez Blum

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

a.1.) Módulo de Entrada

Los datos requeridos son detallados y variados, y pueden clasificarse en tres categorías, en el cuadro 3.2. pueden encontrarse las condiciones básicas de una intersección:

1.- Condiciones geométricas: La geometría de la intersección se suele presentar en forma diagramática y debe incluir toda la información relevante, incluidas las inclinaciones de los accesos, el número y anchura de los carriles y las condiciones de estacionamiento. Debe indicarse la existencia de carriles para giro a la izquierda o a la derecha, así como las longitudes de almacenamiento de estos carriles.

Allí donde no se conozcan los detalles de la geometría, éstos deben ser asumidos para poder continuar el análisis. Se deben utilizar en este caso las normas estatales o locales para fijar el diseño a tantear.

2.- Condiciones de la circulación: Se deben especificar los volúmenes de circulación para cada movimiento de cada acceso. La distribución por tipos de vehículo debe cuantificarse como porcentaje de vehículos pesados (%V) de cada movimiento, considerando "vehículo pesado" a todo vehículo con más de cuatro ruedas en contacto con el pavimento. También debe identificarse el número de autobuses locales en cada acceso. Sólo se debe incluir en este número a los autobuses con parada para recoger o descargar pasajeros en la intersección (bien sea esto en la parte del acceso, o de la salida de la intersección). Los autobuses que no tengan parada se consideran como vehículos pesados.

Francisco José Alvarez Blum

Se necesitan asimismo los flujos peatonales, puesto que éstos interferirán con los movimientos permitidos de giro a la izquierda y giro a la derecha. El flujo peatonal para un acceso vehicular es el flujo en el paso peatonal que interfiere con los giros a la derecha desde el acceso.

Una de las características del tráfico más críticas es la designación del "tipo de llegada" de cada acceso. Aquí se da una categorización general que intenta cuantificar aproximadamente la calidad de la progresión en el acceso. Se definen cinco tipos de llegada para el flujo de llegada dominante, como se definen a continuación:

- **Tipo 1** : Esta condición queda definida como la llegada a la intersección de una columna densa al comienzo de la fase roja. Esta es la peor condición de columna posible.
- **Tipo 2** : Esta condición puede ser una columna densa que llegue durante la mitad de la fase roja, o bien una columna dispersa que llegue a lo largo de toda la fase roja. Es mejor que el tipo 1 aunque todavía es una condición de columna desfavorable.
- **Tipo 3**: Esta condición representa la llegada totalmente aleatoria. Se produce cuando las llegadas se dispersan durante las fases verde y roja completas, y/o cuando el acceso esta totalmente descoordinado con otros semáforos bien porque se trate de una intersección aislada, o bien porque los semáforos cercanos operen con distintas longitudes de ciclo. Esta es una condición media.
- **Tipo 4**: Esta condición queda definida como la llegada de una columna densa en el centro de la fase verde, o bien una columna dispersa que llegue a lo largo de toda la fase verde. Esta es una condición de columna moderadamente favorable.

Francisco José Alvarez Blum

Tipo 5 : Esta condición se define como la llegada de una columna deriva al comienzo de la fase verde. Es la condición de columna más favorable.

La mejor manera de determinar el tipo de llegada es mediante su observación en el campo, pero puede aproximarse examinando los diagramas tiempo-espacio de la arteria o calle en estudio. Se debe determinar el tipo de llegada lo más exactamente posible, porque tendrá un impacto significativo en las estimaciones de la demanda y en la determinación del nivel de servicio como lo muestra el cuadro 3.3. Aunque no hay parámetros definitivos para cuantificar con precisión el tipo de llegada, la relación siguiente tiene cierta utilidad:

$$R_c = PVV/PTV$$

siendo:

R_c = relación de columna

PVV = porcentaje de todos los vehículos en movimiento que llegan durante la fase de verde; y

PTV = porcentaje del ciclo en verde para el movimiento estudiado; $PTV = (G/C) \times 100$

PVV debe observarse en el campo, mientras que PTV se calcula a través del reglaje del semáforo. El cuadro proporciona los campos de variación aproximados de R_c en función del tipo de llegada.

Otra condición del tráfico interesante es la actividad de los carriles de estacionamiento adyacentes a los grupos de carriles analizados. La actividad de estacionamiento se mide en términos del número de maniobras de estacionamiento a la hora a una distancia inferior a 75 m de la intersección, N_m . Se considera como maniobra de estacionamiento a todo vehículo que entre o abandone una celda de estacionamiento.

3.- Condiciones de semaforización - Se requiere una información completa sobre las condiciones de semaforización. Esto incluye un diagrama de fases que ilustre el plan

Francisco José Alvarez Blum

de fases, la duración del ciclo, los tiempos de verde, y los intervalos de cambio. Deben quedar identificadas las fases actuadas, incluyendo las fases activadas por los peatones mediante pulsadores. Allí donde no existan pulsadores para los peatones, se debe indicar el mínimo tiempo de verde de la fase, y debe ser tenido en cuenta en la programación o reglaje del semáforo. El mínimo tiempo de verde para una fase puede estimarse como:

$$G_p = 7.0 + (W / 1.2) - Y \quad \text{siendo:}$$

G_p = mínimo tiempo de verde, en seg. ;

W = distancia desde el bordillo al centro del carril de circulación mas alejado, de la carretera que se va a cruzar, o al refugio peatonal mas cercano, en m; y

Y = intervalo de cambio (ámbar + todo rojo), en seg.

| TIPO DE CONDICIÓN | PARÁMETRO | SÍMBOLO |
|-------------------------------|--|---|
| Condiciones geométricas | <ul style="list-style-type: none"> Tipo de área No. de carriles Anchura de carril, m Inclinaciones % Existencia de carriles exclusivos MI o MD Condiciones de estacionamiento | CBD u otro N A + (rampa) - (pendiente) L _a S o N |
| Condiciones del Tráfico | <ul style="list-style-type: none"> Volúmenes por movimiento, V/h Factor de hora punta Porcentaje de vehículos pesados Intensidad peatonal en conflicto No. de autobuses locales parando en intersección Actividad de estacionamientos maniobras/h Tipo de llegada | Q _i FHP %VP PTS N _B N _m |
| Condiciones de Semaforización | <ul style="list-style-type: none"> Duración del ciclo, seg. Tiempos Verdes, seg. Control predeterminado o accionado Pulsadores para peatones Tiempo verde peatonal mínimo Plan de fases | C G _i P o A S o N G _p |

Cuadro 3.2. Condiciones básicas de una intersección

Francisco José Alvarez Blum

En este cálculo se asume que el percentil 15 de la velocidad de marcha peatonal al cruzar una calle es de 1.2m/s. Este es inferior a la velocidad media de marcha de los peatones, 1.37 m/seg. El valor inferior intenta acomodarse a los peatones que caminan a velocidades inferiores a la media. Allí donde las normas locales utilicen criterios distintos, éstos deben utilizarse en estimaciones de los datos de cruce en lugar de la ecuación anterior.

Cuando las fases semafóricas sean actuadas, la duración del ciclo y los tipos de verde variarán de ciclo en ciclo en respuesta a la demanda. Con objeto de establecer valores para el análisis, se debe observar el funcionamiento del semáforo en el campo durante el mismo período de tiempo en el que se registran los volúmenes. Se utilizarán entonces los valores medios de la duración del ciclo y de los tiempos de verde.

Cuando deba definirse el reglaje semafórico como parte del análisis, se deben aplicar las normativas locales o estatales si son apropiadas para proyectar la semaforización a analizar. Debe notarse que la semaforización de tanteo no puede definirse hasta que se hayan completado los módulos de "ajuste de volúmenes" e "intensidades de saturación". En algunos casos los cálculos son iterativos porque los ajustes por giros a la izquierda permitidos utilizados en el módulo de "intensidades de saturación" depende del reglaje semafórico. Se tienen sugerencias para la estimación del reglaje de una señal actuada cuando no se disponga de datos de campo.

4.- Valores sustitutivos por omisión: Ocasionalmente no se dispondrá de alguno de los datos de campo indicados. Cuando falten variables críticas, puede ser necesario realizar un análisis de planeamiento. Sin embargo, se pueden utilizar valores sustitutivos por omisión para algunas de las variables, como se muestra en el cuadro 3.4, sin que los cálculos queden afectados seriamente. Debe tenerse cuidado al aplicar

Francisco José Alvarez Blum

estos valores y darse cuenta que los resultados serán más y más aproximados según se vayan utilizando más valores sustitutivos por omisión.

| Tipo de llegada | Variación de la relación de columna, R_c |
|-----------------|--|
| 1 | 0.00 a 0.50 |
| 2 | 0.51 a 0.85 |
| 3 | 0.86 a 1.15 |
| 4 | 1.16 a 1.50 |
| 5 | >1.51 |

Cuadro 3.3. Relaciones entre el tipo de llegada y la relación de columna

El módulo de entrada resume la información requerida para proseguir con el análisis. Esta información es la base para la selección de valores de cálculo y de procedimientos en los módulos siguientes.

| PARAMETRO | VAL. SUST. POR OMISION |
|--|--|
| Flujo peatonal conflictivo Intensidad, pt/h | Flujo pt. Reducido 50pt/h Flujo pt. Moderado 200pt/h Flujo pt. Intenso 400pt/h |
| Porcentaje de Vehículos pesados %VP | 2 % |
| Factor de hora punta FHP | 0.90 |
| Inclinación | 0% |
| No. de Autobuses, N_b | 0 autobuses/hora |
| No. de maniobras de estacionamiento, N_m | 20 maniobras/hora (cuando exista) |
| Tipo de llegada | 3 |

Cuadro 3.4. Valores Sustitutivos por Omisión a Utilizar en el Análisis de Circulación.

b.) Módulo de Ajustes de Volúmenes

En el módulo de ajustes de volúmenes se realizan tres pasos analíticos importantes: (1) se transforman los volúmenes de los movimientos en intensidades para los 15-min punta de análisis, (2) se establecen los grupos de carriles a analizar y (3) se ajustan los flujos de los grupos de carriles para tener en cuenta el desequilibrio en la utilización de los carriles.

1.- Ajuste de los volúmenes para reflejar las intensidades punta: El proceso de cálculo inicial es la conversión de las demandas, dadas como volúmenes horarios, en intensidades del período de 15min punta dentro de la hora. Se dividen los volúmenes de los movimientos por el factor de hora punta apropiado (FHP), que puede definirse bien para la intersección en conjunto, bien para cada acceso, bien para cada movimiento. De esta forma:

$$I_p = Q / \text{FHP}$$

donde:

I_p = intensidad durante el período punta de 15min , en v/h;

Q = volumen horario, en v/h; y

FHP = factor de hora punta

Dado que todos los movimientos de una intersección pueden no tener la punta en el mismo momento, se observan los flujos de 15 min directamente, y se seleccionan los periodos críticos de análisis. La conversión de los volúmenes horarios en intensidades punta por medio del FHP asume que todos los movimientos tienen la punta durante el mismo período de 15min, y por lo tanto es un planteamiento conservador.

2.- Determinación de los grupos de carriles a analizar - El procedimiento de análisis de la circulación es desagregado, es decir, que está pensado para considerar cada acceso a la intersección individualmente, y a cada grupo de carriles dentro de cada

Francisco José Alvarez Blum

acceso. Por lo tanto es necesario determinar los grupos de carriles apropiados para el análisis.

Se define como "grupo de carriles" a uno o más carriles de un acceso a una intersección que den servicio a uno o más movimientos de tráfico. La segmentación de la intersección en grupos de carriles es, en general, un proceso relativamente obvio en el que se considera tanto la geometría de la intersección como la distribución de los movimientos de tráfico. En general, se utiliza el menor número de grupos de carriles que describen adecuadamente el funcionamiento de la intersección. Se pueden aplicar las siguientes directrices:

a.- Todo carril o carriles para giro a la izquierda exclusivo deben designarse como un grupo de carriles separado. Esto es también aplicable a los carriles de giro a la derecha exclusivo.

b.- En aquellos accesos que tengan carriles exclusivos para giro a la izquierda y/a la derecha, se incluirán generalmente todos los demás carriles en un mismo grupo de carriles.

c.- Cuando en un acceso con más de un carril existe uno que puede utilizarse tanto por vehículos que giran a la izquierda como por vehículos de paso, es necesario determinar si las condiciones existentes permiten el que exista un equilibrio, o si existe tal cantidad de giros a la izquierda que el carril funciona esencialmente como un carril exclusivo de giro a la izquierda.

Para esta determinación se convierte la intensidad del giro a la izquierda en un flujo equivalente aproximado de vehículos de paso:

$$I_{IE} = I_l \times \frac{1.800}{1.400 - I_o}$$

Francisco José Álvarez Blum

en donde:

I_{IE} = intensidad aproximada equivalente de giros a la izquierda, en v/h;

I_l = intensidad real del giro a la izquierda, en v/h; y

I_0 = intensidad del tráfico total en sentido opuesto, en v/h.

Cuando I_0 es igual o mayor a 1.40 v/h, I_{IE} no tiene sentido. En estos casos no es posible el movimiento de giro a la izquierda en contra del flujo ni el sentido opuesto, y no debe considerarse el establecimiento de una fase MI protegida en el ciclo semafórico.

Se asume que en las condiciones más extremas, el flujo equivalente de giro a la izquierda I_{IE} , ocupa completamente el carril a la izquierda del acceso. Asimismo se asume que entonces el flujo restante se distribuye por igual entre los restantes carriles. Si la intensidad equivalente en el carril situado más a la izquierda excede de la intensidad media de los restantes carriles se asume que el carril actúa como un carril de giro a la izquierda exclusivo, y se establece un grupo de carriles separado. Si la intensidad equivalente de giro a la izquierda es inferior a la intensidad media de los restantes carriles se asume que los vehículos de paso compartirán el carril de la izquierda estableciendo un equilibrio, y entonces se considerará el acceso completo como un sólo grupo de carriles. Por lo tanto, sí:

$$I_{IE} \Rightarrow (I_a - I_l)/(N - 1)$$

siendo:

I_a = intensidad total del acceso, en v/h;

N = número total de carriles del acceso.

Se asume entonces que el carril de la izquierda actúa como un carril para giro a izquierda exclusivo, y se analiza el carril como un grupo de carriles separado. Si:

$$I_{IE} > (I_a - I_l)/(N - 1)$$

Se asume entonces que se producirá un uso compartido del carril de la izquierda. Se incluye entonces el carril como parte del acceso en el análisis.

Cuando a efectos del análisis se incluye uno o más carriles en un grupo de carriles, se tratará durante el resto de los cálculos a estos carriles cuando a una entidad única. La figura ilustra algunos agrupamientos habituales de carriles para el análisis.

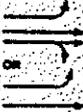
| NO. DE CARRILES | MOVIMIENTOS POR CARRILES | GRUPOS DE CARRILES POSIBLES |
|-----------------|--|--|
| 1 | $MI + MR + MD$  | ①  |
| 2 | MI EXC  $MR + MD$  | ②  |
| 3 | $MI + MR$  $MR + MD$  | ③  |
| 3 | MI EXC  MR  $MR + MD$  | ④  |

Figura 3.2. Grupos de Carriles típicos

El funcionamiento de un carril compartido por giros a la izquierda y movimientos de paso o de frente o rectos, con fases que permitan el giro a la izquierda es bastante complejo. Los vehículos que giran a la izquierda ejecutan su maniobra de giro a través de los intervalos huecos de la corriente de tráfico en sentido opuesto. El primer intervalo, sin embargo, no aparece hasta que la cola de los vehículos en sentido opuesto abandona la intersección. Si llega un vehículo que quiere girar a la izquierda durante el período en que la cola en sentido opuesto pasa por la intersección,

bloqueará de hecho su carril tanto para el tráfico de frente como para el que gira, hasta que aparece el primer intervalo. A partir de este momento, los vehículos que giran a la izquierda pueden pasar a través de los intervalos existentes en la corriente de tráfico en sentido opuesto hasta que acaba la fase de verde a partir de la cual hasta un máximo de dos vehículos podrán ejecutar la maniobra de giro durante el intervalo de cambio. Cualquier bloqueo o congestión del carril compartido influirá en la distribución por carriles, puesto que los vehículos se irán a los carriles adyacentes para evitar la turbulencia y las demoras. Existe otro factor que influye en la distribución entre carriles. Cuando un vehículo de frente llega a la intersección en el momento en que aparece un intervalo en el tráfico en sentido opuesto, no existirá la posibilidad de que ningún vehículo de giro a la izquierda pueda utilizar este intervalo.

Puede existir un gran número de vehículos con movimientos de frente del carril compartido, los cuales pueden bloquear tal cantidad de intervalos disponibles como para que no haya capacidad suficiente para los vehículos de giro a la izquierda

3.- Ajuste por la distribución entre carriles: se ajustan las intensidades de cada grupo de carriles para reflejar el uso desigual que se hace de los carriles; cuando existe más de un carril, el flujo no se dividirá por igual. El ajuste por la utilización de carriles tiene en cuenta esta situación, incrementando la intensidad de análisis para reflejar el flujo del carril que tiene mayor utilización. Por tanto:

$$I = I_g \times U$$

en donde:

I = intensidad de demanda ajustada del grupo de carriles, en v/h;

I_g = intensidad de demanda sin ajustar para el grupo de carriles, en v/h; y

U = factor de utilización de carril.

El factor de utilización de carril sólo se utiliza cuando se desea analizar al peor, o los dos peores carriles de un grupo de carriles. Cuando se deseen utilizar las condiciones

Francisco José Alvarez Blum

medias de un grupo de carriles, se puede tomar un valor de 1,00 para este factor. También se puede tomar un valor de 1,00 para este factor cuando la relación v/c del grupo de carriles se aproxime a 1,00 puesto que los carriles tienden a utilizarse más homogéneamente en estas situaciones. Cuando se utiliza, el factor asume que el carril más utilizado del grupo da servicio al 52,5 por ciento del flujo total, mientras que el carril más utilizado de un grupo de tres unidades da servicio al 36,7 por ciento del flujo total.

| No. de carriles con movimiento en recto en el grupo (excluyendo los carriles utilizados por los vehículos que giran a la izquierda) | Factor de utilización del carril, U |
|--|-------------------------------------|
| 1 | 1.00 |
| 2 | 1.05 |
| 3 | 1.10 |

Cuadro 3.5. Factores de Utilización de Carril

c.) Módulo de Intensidades de Saturación

En este módulo se calcula la intensidad de saturación para cada grupo de carriles. La intensidad de saturación es el flujo, en vehículos a la hora, al que puede dar servicio el grupo de carriles, asumiendo que la fase de verde esté siempre disponible para ese acceso es decir, que la relación de verde, g/C , es 1,00-. El cálculo comienza con la selección de una intensidad de saturación ideal que usualmente se toma como 1800 vehículos ligeros por hora de verde y carril ($v/hv/c$) y el ajuste de este valor para una variedad de condiciones prevalecientes no ideales:

$$s = s_0 N f_A f_{VP} f_f f_e f_{bb} f_{af} f_{MD} f_{MI}$$

Francisco José Alvarez Blum

en donde:

s = intensidad de saturación para el grupo de carriles estudiado expresada como total de todos los carriles del grupo de carriles con las condiciones prevalecientes en v/hv

s_0 = intensidad de saturación ideal por carril, normalmente 1800 $vl/hv/c$

N = número de carriles del grupo de carriles

f_A = factor de ajuste por anchura de carril, el estándar es el carril de 3,60 m

f_{VP} = factor de ajuste por vehículos pesados dentro de la circulación (cuadro 3.7.)

f_i = factor de ajuste por la inclinación del acceso (cuadro 3.8.)

f_e = factor de ajuste por la existencia de un carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles, y por la actividad de estacionamiento en ese carril (cuadro 3.9.)

f_{bb} = factor de ajuste por el efecto de bloqueo de los autobuses locales que paran dentro del área de la intersección (cuadro 3.10.)

f_a = factor de ajuste por el tipo de área (cuadro 3.11.)

f_{MD} = factor de ajuste por giros a la derecha (movimiento a la derecha) en el grupo de carriles (cuadro 3.12.)

f_{MI} = factor de ajuste por giros a la izquierda (movimiento a la izquierda) en el grupo de carriles (cuadro 3.13.), o calculado como se describe en los epígrafes siguientes:

1.- Factores de ajuste: Los factores de ajuste utilizados reflejan el efecto sobre las condiciones ideales, para las que la intensidad de saturación ideal de 1,800 $vl/hv/c$ tiene validez, ejerciendo aquella o aquellas condiciones prevalecientes distintas de las ideales.

El factor de anchura de carril, tiene en cuenta el impacto nocivo ejercido por los carriles estrechos sobre la intensidad de saturación, y contempla el incremento en el flujo que producen los carriles anchos. Los carriles de 3,60m son los estándar.

Francisco José Álvarez Blum

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Anchura de carril (m) | 2.40 | 2.70 | 3.00 | 3.30 | 3.60 | 3.90 | 4.20 | 4.50 | 4.80 |
| Factor de ajuste, f_A | 0.87 | 0.90 | 0.93 | 0.97 | 1.00 | 1.03 | 1.07 | 1.10 | Dos carriles |

Cuadro 3.6. Factor de Ajuste por Anchura de Carril

Los efectos de los vehículos pesados y de las inclinaciones de la rasante se tratan por separado mediante los factores, f_{VP} , y f_i respectivamente. Con su tratamiento por separado se admite que los vehículos ligeros al igual que los pesados se ven afectados por la inclinación de los accesos. El factor de ajuste por vehículos pesados tiene en cuenta el espacio adicional que ocupan estos vehículos y sus diferentes capacidades operativas en relación con los vehículos ligeros.

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Porcentaje de vehículos Pesados, %VP | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Factor de ajuste, f_{VP} | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.93 | 0.91 | 0.89 | 0.87 |

Cuadro 3.7. Factor de Ajuste por Vehículos Pesados

El factor de inclinación tiene en cuenta el efecto de la inclinación de la rasante sobre el funcionamiento de los vehículos.

| | | | | | | | |
|-------------------------|--------|------|------|---------|--------|------|------|
| | Bajada | | | A nivel | Subida | | |
| Inclinación, % | -6 | -4 | -2 | 0 | +2 | +4 | +6 |
| Factor de Ajuste, f_i | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 |

Cuadro 3.8. Factor de Ajuste por Inclinación de la Rasante

El factor de estacionamiento, f_e tiene en cuenta el efecto de fricción que ejerce el carril de estacionamiento sobre el flujo de los carriles adyacentes, así como el bloqueo ocasional de estos carriles por los vehículos que entran y salen de las celdas de estacionamiento.

| No. De carriles en el grupo | Sin estacionamiento | No. de maniobras de estacionamiento por hora, N_m | | | | |
|-----------------------------|---------------------|---|------|------|------|------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 1 | 1.00 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.70 |
| 2 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.89 | 0.87 | 0.85 |
| 3 | 1.00 | 0.97 | 0.95 | 0.93 | 0.91 | 0.89 |

Cuadro 3.9. Factor de Ajuste por Estacionamiento

El factor de bloqueo de autobuses, f_{bb} , tiene en cuenta el impacto de los autobuses de circulación local que paran para recoger o descargar pasajeros en una parada situada en la zona anterior o posterior de la intersección. Cuando se crea que los autobuses tienen una influencia fundamental en el funcionamiento de una intersección.

| No. de carriles en el grupo | No. de autobuses que paran por hora | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 1 | 1.00 | 0.96 | 0.92 | 0.88 | 0.83 |
| 2 | 1.00 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.92 |
| 3 | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.96 | 0.94 |

Cuadro 3.10. Factor de Ajuste por Bloqueo en Paradas de Autobuses, f_{bb}

El factor de tipo de área, f_a , tiene en cuenta la relativa ineficiencia de las intersecciones en zonas comerciales en comparación a aquellas situadas en otros lugares. Esto se debe fundamentalmente a la complejidad y congestión general existente en el entorno de las zonas comerciales.

Francisco José Alvarez Blum

| Tipo de zona | Factor f_a |
|---------------|--------------|
| Centro Urbano | 0.90 |
| Otras Zonas | 1.00 |

Cuadro 3.11. Factor de Ajuste por Tipo de Área

Los factores por giro dependen de muchos parámetros. La característica más importante es la forma de encajar los giros en la intersección. Los giros pueden realizarse mediante carriles exclusivos o compartidos, con fases semafóricas protegidas o permitidas o alguna combinación de estas condiciones. El impacto de los giros sobre las intensidades de saturación depende mucho de la manera en que se producen estas operaciones de giro.

El factor de giro a la derecha (movimiento a la derecha), f_{MD} , depende de las siguientes variables:

- a. De sí los giros a la derecha se realizan desde un carril exclusivo o compartido.
- b. Tipo de fases semafóricas (protegidas, permitidas, o protegidas y permitidas); una fase para giro a la derecha protegida no tiene ningún conflicto con los movimientos peatonales.
- c. El volumen de peatones que utiliza el paso peatonal.
- d. La proporción de giros a la derecha que utilizan un carril compartido
- e. La proporción de giros a la derecha que utilizan la porción protegida de una fase protegida y permitida.

Este último aspecto debe determinarse mediante observaciones de campo, pero se puede hacer una estimación grosera por medio del reglaje del semáforo. Esto se hace asumiendo que la proporción de vehículos que giran a la derecha y que utilizan la fase protegida es aproximadamente igual a la proporción de la fase de giro protegida.

Cuando se permite el giro a la derecha cuando el semáforo tiene una indicación en rojo, se puede reducir el volumen del giro a la derecha restándole el volumen de

vehículos que giran a la derecha durante la fase roja. Esto se hace sobre los volúmenes horarios, antes de convertirlos en intensidades.

| Caso | Tipo de Grupo de carriles | Factor de giro a la derecha, f_{MD} | | | | | | | |
|------|--|---|--|-----------|------|-----------|------|------------|------|
| 1 | Carril MD Exclusivo: Fase para el MD Protegido | 0.85 | | | | | | | |
| 2 | Carril MD exclusivo: fase para MD permitida | $F_{MD} = 0.85 - (pt./2100); pt. < 1700$ | | | | | | | |
| | | $F_{MD} = 0.05; pt. > 1700$ | | | | | | | |
| | | No. de Peatones conflic. (pt.) | 0 | 50 (Bajo) | 100 | 200 (Med) | 300 | 400 (alto) | 500 |
| | | Factor | 0.85 | 0.83 | 0.80 | 0.75 | 0.71 | 0.66 | 0.61 |
| 3 | Carriles MD exclusivo: Fases para movimiento protegido y permitido | $F_{MD} = 0.85 - (1 - P_{MDA})(pt./2100)$ | | | | | | | |
| | | $F_{MD} = 0.05$ (mínimo) | | | | | | | |
| | | No. de Peatones conflic. (pt.) | Prop. de MD que utilizará la fase protegida, P_{MDA} | | | | | | |
| | | | 0.00 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | |
| | 0 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | | |
| | 50 | 0.83 | 0.83 | 0.84 | 0.84 | 0.85 | 0.85 | | |
| | 100 | 0.80 | 0.81 | 0.82 | 0.83 | 0.84 | 0.85 | | |
| | 200 | 0.75 | 0.77 | 0.79 | 0.81 | 0.83 | 0.85 | | |
| | 300 | 0.71 | 0.74 | 0.76 | 0.79 | 0.82 | 0.85 | | |
| | 400 | 0.66 | 0.70 | 0.74 | 0.77 | 0.81 | 0.85 | | |
| | 600 | 0.56 | 0.62 | 0.68 | 0.74 | 0.79 | 0.85 | | |
| | 800 | 0.47 | 0.55 | 0.62 | 0.70 | 0.77 | 0.85 | | |
| | 1000 | 0.37 | 0.47 | 0.56 | 0.66 | 0.75 | 0.85 | | |
| | 1400 | 0.18 | 0.32 | 0.45 | 0.58 | 0.72 | 0.85 | | |
| | >1700 | 0.05 | 0.20 | 0.36 | 0.53 | 0.69 | 0.85 | | |
| 4 | Dos Carriles uso exclusivo MD; fase protegida | $F_{MD} = 1.0 - 0.15 P_{MD}$ | | | | | | | |
| | | Prop. de MD en el carril P_{MD} | 0.00 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | |
| | | Factor | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | |
| 5 | Carril para MD compartido; fase permitida | $F_{MD} = 1.0 - P_{MD} [0.15 + (pt./2100)]$ | | | | | | | |
| | | $F_{MD} = 0.05$ (mínimo) | | | | | | | |
| | | No. de Peatones conflic. (pt.) | Prop. De MD en el grupo de carriles, P_{MD} | | | | | | |
| | | | 0.00 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | |
| | | 0 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | |
| | | 50 | 1.00 | 0.97 | 0.93 | 0.90 | 0.86 | 0.83 | |
| | | 100 | 1.00 | 0.96 | 0.92 | 0.88 | 0.84 | 0.80 | |
| | | 200 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | |
| | | 400 | 1.00 | 0.93 | 0.86 | 0.80 | 0.73 | 0.66 | |
| | | 600 | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.74 | 0.65 | 0.56 | |
| 800 | 1.00 | 0.89 | 0.79 | 0.68 | 0.58 | 0.47 | | | |
| 1000 | 1.00 | 0.87 | 0.75 | 0.62 | 0.50 | 0.37 | | | |
| 1400 | 1.00 | 0.84 | 0.67 | 0.51 | 0.35 | 0.18 | | | |

Francisco José Alvarez Blum

| | | >1700 | 1.00 | 0.81 | 0.62 | 0.42 | 0.23 | 0.05 | |
|------|--|---|--|------|------|------|------|------|--|
| 6 | $F_{MD} = 1.0 - P_{MD} [0.15 + (pt./2100) (1 - P_{MD})]$ $F_{MD} = 0.05$ (mínimo) | | | | | | | | |
| | Prop. de MD que utiliza la fase protegida P_{MDA} | No. de Peatones confic. (pt.) | Prop. de MD en el grupo de carriles P_{MD} | | | | | | |
| | 0.00 | Todos | Igual que el caso 5 | | | | | | |
| | | 0 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | |
| | 0.20 | 50 | 1.00 | 0.97 | 0.93 | 0.90 | 0.86 | 0.83 | |
| | | 200 | 1.00 | 0.95 | 0.91 | 0.86 | 0.81 | 0.77 | |
| | | 400 | 1.00 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.76 | 0.70 | |
| | | 600 | 1.00 | 0.92 | 0.85 | 0.77 | 0.70 | 0.62 | |
| | | 1000 | 1.00 | 0.89 | 0.79 | 0.68 | 0.58 | 0.47 | |
| | | 1400 | 1.00 | 0.86 | 0.73 | 0.59 | 0.45 | 0.32 | |
| | | >1700 | 1.00 | 0.81 | 0.62 | 0.42 | 0.23 | 0.20 | |
| | | 0 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | |
| | 0.40 | 50 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.87 | 0.84 | |
| | | 200 | 1.00 | 0.96 | 0.92 | 0.88 | 0.83 | 0.79 | |
| | | 400 | 1.00 | 0.95 | 0.89 | 0.84 | 0.79 | 0.74 | |
| | | 600 | 1.00 | 0.94 | 0.87 | 0.81 | 0.74 | 0.68 | |
| | | 1000 | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.74 | 0.65 | 0.56 | |
| | | 1400 | 1.00 | 0.89 | 0.78 | 0.67 | 0.56 | 0.45 | |
| | | >1700 | 1.00 | 0.87 | 0.75 | 0.62 | 0.49 | 0.36 | |
| | | 0 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | |
| | 0.60 | 50 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.90 | 0.87 | 0.84 | |
| | | 200 | 1.00 | 0.96 | 0.92 | 0.89 | 0.85 | 0.81 | |
| | | 400 | 1.00 | 0.95 | 0.91 | 0.86 | 0.82 | 0.77 | |
| | | 600 | 1.00 | 0.94 | 0.89 | 0.84 | 0.79 | 0.74 | |
| | | 1000 | 1.00 | 0.93 | 0.86 | 0.80 | 0.73 | 0.66 | |
| | | 1400 | 1.00 | 0.92 | 0.83 | 0.75 | 0.67 | 0.58 | |
| | | >1700 | 1.00 | 0.91 | 0.81 | 0.72 | 0.62 | 0.53 | |
| | | 0 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | |
| 0.80 | 50 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | | |
| | 200 | 1.00 | 0.97 | 0.93 | 0.90 | 0.86 | 0.83 | | |
| | 400 | 1.00 | 0.96 | 0.92 | 0.89 | 0.85 | 0.81 | | |
| | 600 | 1.00 | 0.96 | 0.92 | 0.88 | 0.83 | 0.79 | | |
| | 1000 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | | |
| | 1400 | 1.00 | 0.94 | 0.89 | 0.83 | 0.77 | 0.72 | | |
| | >1700 | 1.00 | 0.94 | 0.88 | 0.81 | 0.75 | 0.69 | | |
| | 1.00 | Todos | Igual que el caso 4 | | | | | | |
| 7 | Acceso Unicarril | $F_{MD} = 0.90 - P_{MD} [0.135 + (pt./2100)]$ $F_{MD} = 0.05$ (mínimo) | | | | | | | |
| | | No. de Peat. conf. (pt.) | Prop. de MD en el carril único P_{MD} | | | | | | |
| | | 0 | 1.00 | 0.87 | 0.85 | 0.82 | 0.79 | 0.77 | |
| | | 50 | 1.00 | 0.87 | 0.84 | 0.81 | 0.77 | 0.74 | |
| | | 100 | 1.00 | 0.86 | 0.83 | 0.79 | 0.76 | 0.72 | |
| | | 200 | 1.00 | 0.86 | 0.81 | 0.77 | 0.72 | 0.68 | |
| | | 300 | 1.00 | 0.85 | 0.79 | 0.74 | 0.69 | 0.64 | |

Francisco José Alvarez Blum

| | | | | | | | | |
|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | 400 | 1.00 | 0.84 | 0.78 | 0.72 | 0.65 | 0.59 |
| | | 600 | 1.00 | 0.82 | 0.74 | 0.66 | 0.59 | 0.51 |
| | | 800 | 1.00 | 0.80 | 0.71 | 0.61 | 0.52 | 0.42 |
| | | 1000 | 1.00 | 0.79 | 0.67 | 0.56 | 0.45 | 0.34 |
| | | 1200 | 1.00 | 0.77 | 0.64 | 0.51 | 0.38 | 0.25 |
| | | 1400 | 1.00 | 0.75 | 0.61 | 0.46 | 0.31 | 0.16 |
| | | >1700 | 1.00 | 0.73 | 0.55 | 0.38 | 0.21 | 0.05 |
| 8 | Dos carriles uso exclusivo MD; fase protegida | 0.75 | | | | | | |

Cuadro 3.12. Factor de Ajuste por Giros a la Derecha

El factor de giro a la izquierda (movimiento a la izquierda), f_{MI} , está basado en unas variables similares, que son:

- Si los giros a la izquierda se hacen desde carriles exclusivos o compartidos.
- El tipo de fases (protegidas, permitidas, o protegidas y permitidas).
- Proporción de vehículos que giran a la izquierda que utilizan un carril compartido.
- El flujo en el sentido opuesto cuando se realizan los giros a la izquierda permitidos.

| Caso | Tipo de grupo de carriles | Factor de giro a la izquierda, f_{MI} | | | | | | |
|-------|--|---|--------------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1 | Carril exclusivo MI; fase protegida | 0.95 | | | | | | |
| 2 | Carril exclusivo MI; fase protegida | Procedimiento especial | | | | | | |
| 3 | Carril exclusivo MI; fases protegida y permitida | 0.95 es aconsejable tratar este caso como fases separadas una protegida y otra separada | | | | | | |
| 4 | Carril compartido MI; fase protegida | $F_{MI} = 1.0 / (1.0 + 0.05 P_{MI})$ | | | | | | |
| | | Prop. MI en carril P_{MI} | 0.00 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 |
| | | Factor | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 |
| 5 | Carril exclusivo MI; fase permitida | Procedimiento especial | | | | | | |
| 6 | Carril compartido MI; fases protegida y compartida | $F_{MI} = (1400 - Q_0) / [(1400 - Q_0) + (235 + 0.435 Q_0) P_{MI}] ; Q_0 < 1220$ | | | | | | |
| | | $F_{MI} = 1 / (1 + 4.525 P_{MI}) ; Q_0 > 1220 \text{ v/h}$ | | | | | | |
| | | Volumen sentido opuesto, Q_0 | Prop. giros a la izquierda, P_{MI} | | | | | |
| | | | 0.00 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 |
| | | 0 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.86 |
| | | 200 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.86 | 0.82 | 0.78 |
| | | 400 | 1.00 | 0.92 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.70 |
| | | 600 | 1.00 | 0.88 | 0.79 | 0.72 | 0.66 | 0.61 |
| | | 800 | 1.00 | 0.83 | 0.71 | 0.62 | 0.55 | 0.49 |
| 1000 | 1.00 | 0.74 | 0.58 | 0.48 | 0.41 | 0.36 | | |
| 1200 | 1.00 | 0.55 | 0.38 | 0.29 | 0.24 | 0.20 | | |
| >1220 | 1.00 | 0.52 | 0.36 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | | |
| 7 | Acceso unicarril | Procedimiento especial | | | | | | |
| 8 | Doble carril exclusivo MI; fase protegida | 0.92 | | | | | | |

Cuadro 3.13. Factor de Ajuste por Giros a la Izquierda

Los factores de giro tienen básicamente en cuenta el hecho de que estos movimientos no se pueden hacer con las mismas intensidades de saturación que los movimientos de paso. Consumen más cantidad del tiempo de verde disponible, y en consecuencia, una mayor parte de la capacidad disponible de la intersección.

2. Procedimiento especial. Factor de ajuste por giros a la izquierda cuando existen fases permitidas - Cuando un grupo de carriles tiene giros a la izquierda permitidos, el factor de ajuste por giro a la izquierda debe calcularse por medio de una serie de ecuaciones. Las ecuaciones tratan de aproximar el efecto de los flujos en estado de equilibrio al que llegan después de interaccionar los vehículos que giran a la izquierda (movimiento a la izquierda, MI), los que van de frente (movimiento en recto, MR) y los que vienen en sentido opuesto. El procedimiento contempla todos los giros a la izquierda permitidos, tanto si provienen de un carril exclusivo o compartido.

En las ecuaciones para la determinación del factor de ajuste por giros a la izquierda, f_{MI} , se utilizan las siguientes variables:

C = duración del ciclo, en seg.;

g = tiempo de verde efectivo, en seg.;

g_q = la parte de la fase verde que queda bloqueada a los vehículos que giran a la izquierda por el paso de una cola de vehículos en el sentido contrario,

$g_q = g - g_u$, en seg.;

g_u = la parte del tiempo de verde que no queda bloqueado por las colas de vehículos circulando en el sentido opuesto, en seg.;

g_f = tiempo inicial de la fase verde, durante la cual se pueden mover los vehículos que van de frente o de paso en un carril compartido MI/MR; el movimiento continúa hasta la llegada del primer vehículo MI, el cual espera hasta que la

cola en sentido opuesto se evacua, con lo que bloques el carril durante el tiempo restante de g_q , en seg.;

E_L = equivalente en vehículos con movimiento de paso, de Frente o en recto, para los giros a la izquierda con restricción por tráfico en el sentido opuesto:

I_a = intensidad total del acceso, en v/h;

I_p = intensidad del flujo principal del acceso; es la intensidad total del acceso menos los giros a la izquierda desde un carril exclusivo, o los existentes cuando se trata de un acceso de un solo carril, en v/h; el valor máximo de I_p es 1.399; se utiliza este valor para todos aquellos casos en los que $I_p > 1.399$;

I_{MI} = la intensidad de giro a la izquierda, en v/h;

P_{MI} = proporción de giros a la izquierda en un grupo de carriles;

P_{MIo} = proporción de giros a la izquierda en el sentido opuesto o contrario;

P_1 = proporción de giros a la izquierda existentes en un carril de giro a la izquierda compartido adyacente a la mediana;

P_R = proporción de los vehículos que circulan de frente, o en recto, existentes en el carril compartido adyacente a la mediana en el de giro a la izquierda;

N = número de carriles de un grupo de carriles o acceso;

N_0 = número de carriles del flujo principal circulando en sentido opuesto que obstaculizan el giro a la izquierda permitido:

I_0 = intensidad de flujo en sentido opuesto, al que se le debe descontar los giros a la izquierda realizados desde un carril exclusivo o los existentes cuando se trate de un acceso de un único carril del máximo valor de I_0 es 1.399; este valor se utiliza para todos aquellos casos en los que $I_0 > 1399$.

S_{op} = intensidad de saturación del acceso en sentido opuesto, en v/h;

Y_0 = relación de intensidades para el acceso en sentido opuesto; $Y_0 = I_0/S_{op}$

f_s = factor de saturación de giro a la izquierda.

El factor de ajuste por giro a la izquierda considera los tres flujos componentes existentes durante cualquier fase verde; (1) el flujo de frente, en un carril compartido

desde que comienza el verde hasta la llegada de un vehículo que gire a la izquierda, y bloquee el carril mientras espera a girar, (2) el flujo de un carril compartido o de un carril de giros a la izquierda durante el período no saturado del flujo en el sentido opuesto, y (3) los giros a la izquierda realizados al final de la fase verde por los vehículos que están ya esperando en la intersección un intervalo hueco apropiado en el flujo en sentido opuesto.

Para calcular el factor de ajuste por giro a la izquierda, el manual de capacidad de carreteras proporciona un formato, donde los principales elementos de cálculo son la intensidad de saturación para el flujo en sentido opuesto, relación de intensidades para el tráfico en sentido opuesto, la proporción de la fase verde, el factor de saturación para giros a la izquierda y el tiempo de la fase de verde durante el cual los vehículos que se mueven de frente pueden circular en el carril compartido hasta la llegada de un vehículo de giro a la izquierda.

Aunque este procedimiento de determinación del factor de giro a la izquierda cuando existen giros a la izquierda permitidos es algo complejo, constituye una representación analítica razonable del complejo proceso de equilibrio existente.

Debe advertirse que la determinación exacta del Factor de ajuste por giros a la izquierda exige que se conozcan los parámetros del reglaje del semáforo, la duración del ciclo y los tiempos de verde. Cuando se desconozca el reglaje del semáforo, se puede asumir un ciclo entre 60 y 90 seg., con los tiempos verdes proporcionales a los flujos medios por carril durante cada fase. Esta hipótesis puede ser iterada cuando se haya establecido un reglaje más definitivo, pero a menudo no es necesario, porque el impacto de éste en el factor final no es muy importante.

d.) Módulo de Análisis de Capacidad

Francisco José Álvarez Blum

En el módulo de análisis de capacidad se utilizan los resultados de cálculo de los módulos anteriores para obtener las variables básicas de la capacidad siguientes:

- 1.- Relación de intensidades de cada grupo de carriles.
- 2.- Capacidad de cada grupo de carriles
- 3.- Relación l/c de cada grupo de carriles
- 4.- Relación crítica l/c de la intersección completa

La capacidad de cada grupo de carriles se calcula con la siguiente ecuación:

$$c_i = s_i \times (g/C)$$

Si el reglaje del semáforo es desconocido se deberá estimar o asumir un plan de tiempos para poder hacer estos cálculos. La relación l/c de cada grupo de carriles se calcula directamente dividiendo los flujos ajusta dos entre las capacidades calculadas anteriormente.

El parámetro de capacidad que finalmente interesa es la relación l/c crítica, X_c , de la intersección, calculándose con:

$$X_c = \sum_i (l/s)_i * [C/(C-L)]$$

Esta relación indica la proporción de la capacidad disponible utilizada por los vehículos de los grupos de carriles críticos. Si esta relación es superior a 1.00 querrá decir que uno o más grupos de carriles están sobresaturados. Esto es una indicación de que el diseño de la intersección, la duración del ciclo, el plan de fases y/o el reglaje semafórico es inadecuado para la demanda en la relación de intensidades, l/c de entre los grupos de carriles que se mueven durante una fase semafórica, es el crítico.

Se utilizan los grupos de carriles críticos para la determinación del reglaje cuando éste deba ser estimado o asumido, de exceder a su capacidad incluso cuando la relación l/c crítica sea inferior a 1.00.

Francisco José Álvarez Blum

Para calcular esta relación se necesita identificar los grupos de carriles críticos. Cuando el proyecto del semáforo no tenga fases semafóricas solapadas la determinación del grupo de carriles críticos es inmediata. Las fases solapadas (tiempos de fases concurrentes) complican el tema al poderse mover varios grupos de carriles durante varias fases del ciclo semafórico. Para determinar los grupos de carriles críticos se pueden utilizar las siguientes normas:

- Cuando las fases no se solapan:
 - a. Sólo existirá un grupo de carriles crítico para cada fase semafórica.
 - b. El grupo de carriles que tiene la mayor reexistente o prevista.

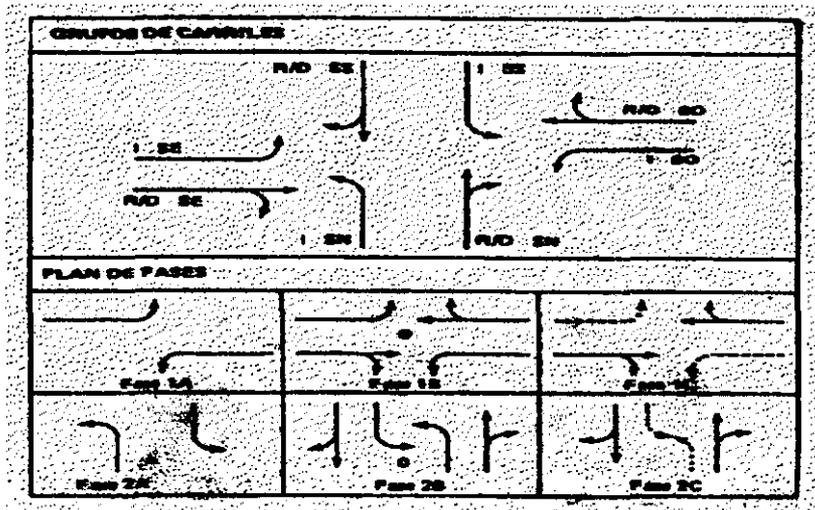
Si la relación es inferior a 1.00 querrá decir que el diseño, la duración del ciclo y el plan de fases son adecuados para dar servicio a todos los flujos críticos sin que la demanda exceda la capacidad, asumiendo que los tiempos de verde se hayan asignado proporcionalmente.

- Cuando las fases se solapan:
 - a. Se deben identificar, basándose en el plan de fases, aquellas combinaciones de grupos de carriles que puedan consumir la mayor cantidad de capacidad disponible. Estos serán los mismos grupos de carriles que controlarán el reglaje del semáforo cuando éste deba ser estimado. A continuación se presenta un ejemplo.

Considérese el caso de un plan de fases con giros a la izquierda permitidos al principio y al final de la fase de verde en una arteria con carriles exclusivos para giro a la izquierda. La figura muestra los grupos de carriles y el plan de fases.

Durante la primera fase sólo se mueven dos grupos de carriles, el MI/MR/MD SN (en sentido hacia el norte) y el grupo MI/MR/MD SS (en sentido hacia el Sur). Estos grupos no se mueven durante las otras fases. Por lo tanto la selección de un grupo de carriles críticos es inmediata, el grupo con la mayor relación de intensidades (I/c) es el crítico. En esta fase, el grupo de carriles chico es uno de estos dos: MI/MR/MD SN o MI/MR/MD SS.

Figura 3.3. Ejemplo Ilustrativo de la Determinación de Grupos de Carriles Críticos para Fases Verdes Adelantadas y Retrasadas



La segunda fase tiene dos solapes: el grupo de carriles MR/MD SE (en sentido hacia el Este) circula durante las fases 2A y 2B, el grupo de carriles MR/MD SO circula durante las fases 2B y 2C, el grupo de carriles MI SE circula en la fase 2A, y el grupo de carriles MI SO circula en la fase 2C. Por lo tanto, el grupo de carriles MR/MD SE puede ser el crítico para la suma de las fases 2A y 2B, siendo el MI SO el crítico en la fase 2C. El grupo de carriles MR/MD SO podría ser crítico para la suma de las fases 2B y 2C,

Francisco José Álvarez Blum

siendo el MI SE el crítico en la fase 2A. Por lo tanto pueden existir dos posibles combinaciones críticas de grupos de carriles para la fase 2 completa:

SS, SL y SO para sentidos norte, sur, este y Oeste. MI, MR y MD para movimiento de giro a la izquierda, en recto o de frente, y de giro a la derecha.

MR/MD SE + MI SO o MR/MD SO + MI SE

Para la determinación de la suma de la relaciones de intensidades de carril críticas de la intersección, existen cuatro posibilidades:

MI/MR/MD SN + MR/MD SE + MI SO

MI/MR/MD SS + MR/MD SE + MI SO

MI/MR/MD SN + MR/MD SO + MI SE

MI/MR/MD SS + MR/MD SO + MI SE

Francisco José Álvarez Blum

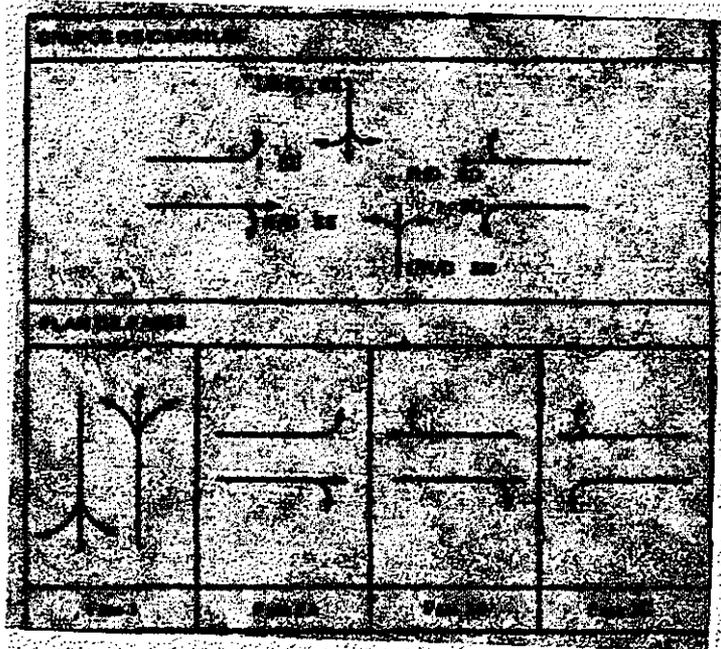


Figura 3.4. Ejemplo ilustrativo de la Determinación de Grupos de Carriles Críticos en un Semáforo Multifase Complejo

Se tomará la suma máxima y esta identificará el grupo de carriles críticos de cada intersección.

La figura proporciona un segundo ejemplo en el que ambas calles tienen un plan de fases similar. Se da una fase exclusiva a los giros a la izquierda seguida de una fase adelantada para la dirección del flujo que tiene el mayor número de giros a la izquierda. Durante cada una de estas porciones de cada fase, los giros a la izquierda quedan protegidos. La parte final de cada fase es para los movimientos de tráfico de frente y giros a la derecha, pudiéndose realizar giros a la izquierda en la modalidad de permitidos.

En la calle en sentido E-O, la suma de las fases 1A y 1B pueden estar controladas bien por el MI SE o por el MI SO, que sea mayor. Si el MI SE controla las Fases 1A y 1B, el MR/MD SO controla la Fase 1C. Si el MI SO controla las Fases 1A y 1B, el MR/MD SE controla la Fase 1C. Por lo tanto, las combinaciones posibles de movimientos críticos son las siguientes: MR/MD SE + MI SO o MR/MD SO + MI SE

La calle en sentido Norte Sur tiene fases similares, y los mismos resultados para las posibles combinaciones de flujos críticos: MR/MD SN + MI SS o MR/MD SS + MI SN

Nuevamente los movimientos críticos para la intersección completa pueden ser cualquiera de los siguientes:

MR/MD SE + MI SO + MR/MD SN + MI SS

MR/MD SE + MI SO + MR/MD SS + MI SN

MR/MD SO + MI SE + MR/MD SN + MI SS

MR/MD SO + MI SE + MR/MD SS + MI SN

b.- Al examinar los planes de fases para las distintas combinaciones de grupos de carriles críticos, debe tenerse en cuenta que no puede existir una fase, o porción de fase, con más de un grupo de carriles críticos. Por lo tanto, si un grupo de carriles es crítico para la suma de las fases x e y, ni la fase x ni la fase y pueden tener otro grupo de carriles crítico para esa fase individual, o para ninguna otra combinación de fases que contenga a las fases x o y.

c.- Cuando se tenga que estimar el reglaje semafórico, se utilizarán los grupos de carriles críticos para la determinación de la temporización del mismo.

e.) Módulo del Nivel de Servicio

Francisco José Álvarez Blum

En el módulo de nivel de servicio, se estima, para el grupo de carriles, la demora media en parada por vehículo, así como la media para cada acceso y para la intersección completa. El nivel de servicio está directamente relacionado con el valor de la demora.

1.- Demora asumiendo llegadas aleatorias

La demora para cada grupo de carriles se obtiene utilizando la fórmula siguiente:

$$d = 0.38C \frac{(1-g/C)^2}{1-(g/C)(X)} + 173X^2 \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)} \right]$$

en donde:

d = la demora media en parada por vehículo para un grupo de carriles, en sg/v.;

C = duración de ciclo, en seg.

g/C = relación de verde para el grupo de carriles (cociente entre el tiempo de verde efectivo y la duración del ciclo) relación de verde para el grupo de carriles; es el cociente del tiempo verde efectivo entre la duración del ciclo;

$X = l/C$ para el grupo de carriles

c = capacidad para el grupo de carriles.

La ecuación predice la demora media en parada por vehículo suponiendo un sistema de llegadas de vehículos aleatorio. El primer término de la ecuación tiene en cuenta la demora uniforme, es decir la demora producida cuando las llegadas del grupo de carriles estudiado se distribuyen uniformemente en el tiempo. El segundo término de la ecuación tiene en cuenta la demora incremental que producen las llegadas aleatorias en exceso a la de las llegadas uniformes, y a la demora adicional debida a los ciclos con capacidad insuficiente. La ecuación proporciona resultados razonables para los valores de X entre 0.0 y 1.0. Cuando se produce la sobresaturación durante largos períodos (>15min) es difícil estimar la demora con exactitud, pues los reboses de las

Francisco José Álvarez Blum

colas pueden extenderse hasta alcanzar las intersecciones adyacentes. La ecuación puede utilizarse con cuidado para valores de X de hasta 1.2 pero no se recomienda para estimar demoras para valores de X superiores al anterior. La sobresaturación, es decir, $X > 1.0$ es una situación no deseable que debe mejorarse si es posible.

A menudo es útil calcular los términos de demora uniforme y demora incremental por separado. Esto permite al analista distinguir la contribución relativa que tienen los ciclos individuales con capacidad insuficiente, sobre la demora total. En este caso:

$$d = d_1 + d_2$$

en donde:

d_1 = primer término de demora uniforme, en sg/v

d_2 = segundo término de demora incremental, en sg/v.

2.- Factor de ajuste de progresión

Como ya se ha mencionado la estimación de la demora, asume llegadas aleatorias. En la mayoría de los casos, las llegadas no son aleatorias, sino que los vehículos llegan en columna como resultado de la progresión semafórica, y de otros factores. Como parte de los datos de entrada de un análisis de la circulación, se definen cinco tipos de llegada y se debe especificar uno para cada grupo de carriles. Se multiplica la demora, obtenida de las ecuaciones, por el factor de ajuste de progresión dado en el cuadro 3.14.

Cuando la progresión semafórica es favorable al grupo de carriles estudiado, la demora será bastante inferior a la que se produciría con llegadas aleatorias. De la misma forma, cuando la progresión semafórica no es favorable, la demora puede ser bastante superior a la producida con llegadas aleatorias. La variación de la demora con la

Francisco José Álvarez Blum

calidad de la progresión decrece según la relación l/c (X) se acerca a 1,00, y es mayor para los semáforos de tiempos de fijos que para otros tipos de planes semaforicos. Las

| Tipo de semáforo | Tipos de grupos de carriles | Relación l/c | Tipo de llegada | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|------|------|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Predeterminado | MR,MD | < 0.6 | 1.85 | 1.35 | 1.00 | 0.72 | 0.53 |
| | | 0.8 | 1.50 | 1.22 | 1.00 | 0.82 | 0.67 |
| | | 1.0 | 1.40 | 1.18 | 1.00 | 0.90 | 0.82 |
| Accionado | MR,MD | < 0.6 | 1.54 | 1.08 | 0.85 | 0.62 | 0.40 |
| | | 0.8 | 1.25 | 0.98 | 0.85 | 0.71 | 0.50 |
| | | 1.0 | 1.16 | 0.94 | 0.85 | 0.78 | 0.61 |
| Semiaccionado | Calle principal MR,MD | < 0.6 | 1.85 | 1.35 | 1.00 | 0.72 | 0.42 |
| | | 0.8 | 1.50 | 1.22 | 1.00 | 0.82 | 0.53 |
| | | 1.0 | 1.40 | 1.18 | 1.00 | 0.90 | 0.65 |
| Semiaccionado | Calle secundaria MR,MD | < 0.6 | 1.48 | 1.18 | 1.00 | 0.86 | 0.70 |
| | | 0.8 | 1.20 | 1.07 | 1.00 | 0.98 | 0.89 |
| | | 1.0 | 1.12 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | Todos MI | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Cuadro 3.14. Factor de Ajuste por Progresión, FP

demoras de los movimientos de giro a la izquierda no resultan, en general, afectadas por la progresión: las fases de giro a la izquierda protegidos raramente entran en la progresión y la demora en giros a la izquierda permitidos depende fundamentalmente del tráfico en el sentido opuesto.

La demora es una variable compleja sensible a una variedad de condiciones locales y del entorno. Estos procedimientos proporcionan unas estimaciones razonables para las demoras esperadas en condiciones medias. Son de la mayor utilidad cuando se utilizan para comparar las condiciones de funcionamiento de varias alternativas geométricas o

Francisco José Alvarez Blum

semafóricas. Cuando se evalúen condiciones realmente existentes es aconsejable medir la demora en el campo.

3.- Agregación de las estimaciones de demora

El procedimiento de estimación de la demora proporciona la demora media de parada por vehículo para cada grupo de carriles. Es deseable agregar estos valores para conseguir la demora media del acceso a la intersección y la de la intersección completo. En general, esto se hace calculando las medias ponderadas, afectando a cada demora de grupo de carriles de su flujo ajustado.

Por lo tanto, la demora de un acceso se calcula:

$$d_A = \sum_i d_i I_i / \sum_i I_i$$

en donde:

d_A = demora del acceso A, en sg/v;

d_i = demora para el grupo de carriles i (del acceso A), en seg/v; y

I_i = flujo ajustado para el grupo de carriles i; en v/h.

Para calcular la demora media de la intersección se calcula la media de las demoras de los accesos:

$$d_I = \sum_A d_A I_A / \sum_A I_A$$

en donde:

d_I = demora media por vehículo para la intersección, en sg/v

I_A = flujo ajustado para el acceso A, en v/h.

4.- Determinación del nivel de servicio

El nivel de servicio de la intersección está directamente relacionado con la demora media en parada por vehículo. Una vez estimadas las demoras para cada grupo de

Francisco José Álvarez Blum

carril, y de agregarse para cada acceso y para la intersección completa, se determinan los niveles de servicio apropiados consultando dicho cuadro.

f.) Interpretación de Resultados

Los resultados de un análisis de la circulación proporcionarán dos resultados clave que deben considerarse:

- Las relaciones I/c de cada grupo de carriles y de la intersección completa.
- Las demoras medias de tiempo en parada para cada grupo de carriles y acceso, y para la intersección completa, y los niveles de servicio correspondientes.

Cualquier relación I/c mayor que 1.00 indica colapsos existentes o potenciales, situación que debe mejorarse. Cuando la relación I/c crítica es inferior a 1.00, pero existen relaciones I/c de algún grupo de carriles mayores que 1.00 quiere decir que el tiempo de verde no se ha asignado de manera apropiada, y se debe intentar un nuevo reglaje semafórico utilizando el plan de fases existente.

Cuando la relación I/C crítica es mayor que 1.00, indica que el proyecto general del trazado y de la temporización semafórica proporciona una capacidad inadecuada para los flujos existentes o previstos. Se pueden considerar algunas de las siguientes mejoras:

- Cambios fundamentales en la geometría de la intersección (número y utilización de los carriles)
- Alargamiento del ciclo semafórico
- Cambio del plan de fases

Francisco José Alvarez Blum

Asimismo, se deben consultar, cuando se estén desarrollando posibles mejoras, a las normas y estándares locales o estatales.

Debe tenerse en cuenta también que las relaciones l/c cercanas a 1.00 representan situaciones con poca capacidad disponible para absorber incrementos de la demanda. En particular cuando se estén utilizando volúmenes provisionales, las normales inexactitudes de los mismos pueden provocar que una intersección, que se esté proyectando para funcionar cerca de la capacidad, se sobresature.

El nivel de servicio es una medida del nivel de aceptación que los usuarios tienen de los niveles de demora de una intersección dada. Cuando las demoras sean inaceptables deben examinarse con cuidado las causas de las mismas. Si la mayor contribución a la demora la produce una progresión desfavorable, los cambios en el diseño de la intersección y en la semaforización de la misma tendrá muy poco impacto, se debe entonces intentar mejorar el desfase y la coordinación arterial. Cuando la progresión es razonable y siguen existiendo demoras inaceptables, se debe examinar la posibilidad de ampliar la capacidad mediante cambios en la geometría o en la semaforización. En algunos casos la demora será alta aun cuando la relación l/c sea baja. En estos casos, suele existir una mala progresión y/o unas duraciones de ciclo desproporcionadamente altas.

Puede existir una demora inaceptable tanto cuando la capacidad sea un problema como cuando ésta sea adecuada. Es más, uno a niveles de demora aceptables no aseguran automáticamente que la capacidad sea suficiente. El analista debe considerar simultáneamente los resultados de los módulos de análisis de capacidad y del nivel de servicio para obtener una imagen completa de funcionamiento de la intersección existente o proyectada.

g.) Análisis del Planeamiento

Francisco José Alvarez Blum

El análisis del planeamiento de las intersecciones es una evaluación general de la capacidad de una intersección sin considerar los detalles de la semaforización. Proporciona una evaluación básica de la probabilidad de que la capacidad sea superada para un conjunto dado de volúmenes de demanda y geometría.

Como la semaforización no se considera en el análisis de planeamiento no es posible evaluar la demora ni el nivel de servicio.

g.1.) Información de Entrada

El análisis de planeamiento necesita datos básicos relativos a:

- Geometría: número y utilización de los carriles de cada acceso
- Volúmenes: en v/h totales para cada movimiento

El procedimiento no considera los detalles de la anchura de carril, las condiciones de estacionamiento y otros aspectos, ni considera tampoco el número de camiones o autobuses en la circulación.

El análisis de planeamiento identifica los movimientos críticos en cada carril en vez de en cada grupo de carriles, como se hacía en el procedimiento de análisis de la circulación. Por lo tanto, los volúmenes deben asignarse por carril:

- Cuando existen carriles exclusivos para el giro, todos los vehículos que giran se asignan al carril del giro apropiado.
- Para carriles compartidos o de tráfico de frente, los volúmenes se distribuyen por igual entre los carriles disponibles.
- Cuando existen giros permitidos en los carriles compartidos, se asignan los vehículos a los carriles disponibles para el tráfico de frente y el tráfico compartido

Francisco José Álvarez Blum

de Corma que se iguale el número de vehículos ligeros equivalentes. Todos los vehículos que giran a la derecha y que siguen en recto tienen un equivalente en vehículo ligero (EVL) de 1,00, mientras que los giros a la izquierda permitidos tienen los siguientes valores de EVL:

| Volumen en sentido opuesto de frente y de giro a la derecha, Q_0 (v/h) | Equivalente en vehículo ligero (EVL) |
|---|--------------------------------------|
| 0 a 199 | 1.1 |
| 200 a 599 | 2.0 |
| 600 a 799 | 3.0 |
| 800 a 999 | 4.0 |
| < 1000 | 5.0 |

Cuadro 3.15. Equivalentes de volumen en sentido opuesto de frente y de giro a la derecha

Esta distribución queda condicionada a que todos los giros a la izquierda se asignen al carril compartido situado más a la izquierda.

g.2.) Análisis de la Capacidad

El análisis de la capacidad se realiza en su totalidad en vehículos mixtos a la hora. No se hace ninguna conversión para tener en cuenta la distribución en tipos de vehículos, los volúmenes de giro, las geometrias especiales. La única excepción a esta técnica sencilla se hace para los accesos de un único carril en donde se consideran los volúmenes de giro a la izquierda permitido en términos del numero total de vehículos ligeros equivalentes.

Como el diseño semafórico no es conocido en el análisis de planeamiento, las combinaciones de volúmenes de carriles críticos se identifican considerando los

Francisco José Álvarez Blum

movimientos conflictivos. Para una calle en sentido Norte Sur los conflictos críticos son el giro a la izquierda en sentido Norte con el movimiento en recto en sentido Sur y el giro a la izquierda en sentido Sur con el movimiento en recto en sentido Norte. El volumen crítico para la calle en sentido Norte Sur es la mayor suma de entre las siguientes:

- En el sentido Norte el volumen del giro a la izquierda más el volumen máximo de carril único del movimiento en sentido Sur en recto más el del giro a la derecha, o
- En el sentido Sur, el volumen de giro a la izquierda más el volumen máximo de carril único para el movimiento en sentido Norte en recto más el giro a la derecha.

De la misma forma, el volumen crítico para la calle este-oeste es la mayor suma de las dos siguientes:

- En el sentido Este, el volumen de giro a la izquierda más el máximo volumen de carril único del movimiento en sentido Oeste en recto más el del giro a la derecha, o
- En el sentido Oeste, el volumen del giro a la izquierda más el volumen máximo de carril único del movimiento en sentido Este en recto más el de giro a la derecha.

El volumen total crítico de la intersección es la suma de los volúmenes críticos de las calles Norte-Sur y Este-Oeste. El volumen crítico de la intersección se compara con los criterios del cuadro.

| Volumen crítico de la intersección, v/h | Relación con la capacidad probable |
|---|------------------------------------|
| 0 a 1200 | Inferior a la capacidad |
| 1201 a 1400 | Cercana a la capacidad |
| > 1401 | Superior a la capacidad |

Cuadro 3.16. Criterios de Capacidad para el Análisis de Planeamiento de Intersecciones Reguladas con Semáforos

Como la capacidad no puede definirse con precisión cuando el proyecto semafórico y los detalles de la geometría y de las condiciones del tráfico no están totalmente definidos, los resultados del análisis del planeamiento son determinaciones generales de las condiciones de tráfico más probables de la intersección.

La capacidad variará de forma considerable con la duración del ciclo, número de fases, tiempos perdidos, inclinaciones de la rasante, anchuras de carril, presencia de vehículos pesados y otros factores. Los valores del cuadro representan la gama de condiciones habituales:

- 1.- Duraciones de ciclo entre 30 y 120 seg.
- 2.- Tiempos perdidos entre 6 seg. por ciclo y 14 seg. por ciclo
- 3.- Porcentaje de vehículos pesados entre el 0 y el 10 por ciento
- 4.- Terreno llano.
- 5.- Anchuras de carril típicas entre 3.00 y 3.60 m.

Para este conjunto de condiciones, los volúmenes críticos inferiores a 1200 v/h estarán prácticamente siempre por debajo de la capacidad de la intersección, mientras que los valores superiores a 1400 v/h serán superiores a la capacidad de la intersección en la mayoría de los casos. Para los volúmenes críticos entre 1200 y 1400 v/h, es difícil arriesgar un juicio, puesto que las características específicas antes mencionadas tendrán una gran importancia a la hora de determinar si se excede o no la capacidad. En estos casos, la única posible evaluación general es afirmar que el volumen está cerca de la capacidad de la intersección, y que podría ser inferior o superior a ésta en función de las condiciones prevalecientes.

El análisis de planeamiento es una herramienta útil para la evaluación de la aptitud general de los distintos proyectos estudiados de una intersección. Estos análisis son, sin embargo, preliminares y de tipo general. Cuando avance el proceso de

Francisco José Álvarez Blum

planeamiento y se entre en la fase de dimensionamiento, para la que ya se dispondrá de una información más detallada, se debe realizar un análisis de la circulación para conseguir una estimación más exacta tanto de la capacidad como de la demora de la intersección.

3.3.- Uso del HCM / CINEMA

El HCM/Cinema es un programa que sirve al igual que el HCS y SIDRA para analizar el funcionamiento de una intersección semaforizada, utilizando los criterios del Manual de Capacidad de 1985.

El HCM/Cinema emplea una herramienta más amigable que la de los programas anteriores para diseño de intersecciones semaforizadas, ya que en ésta actúan gráficas apropiadas para las intersecciones hechas por las computadoras para una capacidad y niveles de servicio, es decir, es posible simular el funcionamiento de una intersección mediante animación. Con el poder de las gráficas y la animación en las imágenes se puede capacitar y observar cómo se están diseñando las nuevas intersecciones y cual será su función.

Las principales características que contiene el HCM/Cinema son:

- 1.- Amigable utiliza una serie de datos de entrada que se manejan fácilmente.
- 2.- Inmediatamente se captura la regeneración de cada una de las figuras.
- 3.- Paso por paso sobre la línea son guiados hacia el software.
- 4.-El menú format elimina lo necesario del conocimiento que requiera cada computadora.
- 5.-Los caracteres que aparecen en pantalla son grabados en el disco duro.
- 6.-TRANS-NETSIM es una simulación de operaciones de tránsito.
- 7.-Presenta una animación de la simulación del tránsito en movimiento.

Francisco José Alvarez Blum

8.-Contiene una opción de realzar y de utilizar la productividad.

El HCM/Cinema automáticamente dibuja los diagramas de las intersecciones o registra los datos en nuestras entradas. Cada cambio que se introduce inmediatamente tiene una respuesta y a la vez se va verificando conforme a nuestras especificaciones. Por default tiene bastantes valores que se pueden modificar en el proceso de entrada de datos.

El menú de manejo utiliza guías para cada situación que pueda usar en el HCM/Cinema para una mejora en el tiempo al igual que el SIDRA.

El HCM/Cinema contiene el TRAF-NETSIM, el cual es un simulador del modelo de tránsito. El HCM permite prevenirlo, con el fin de tener una mejor eficiencia. Este incluye: caminos de velocidad para viajar, retornos, consumos de combustibles y emisión de contaminantes. En conclusión, el simulador contiene datos que se pueden ver en una animación de tránsito así como los movimientos en los trazos de las intersecciones.

Con este sistema de animación se pueden identificar los problemas de circulación, los cuales se pueden analizar con el HCM, también se pueden señalar los efectos de las operaciones de tránsito. La animación además despliega un estudio imprevisto del impacto del flujo vehicular. Cuando se imprimen los resultados del estudio, es posible contar con un reporte de consumo de combustible por tipo de vehículo y además la cantidad de emisiones contaminantes (hidrocarburos, óxido de carbono y NO) por automóvil que circule en la intersección.

3.4.- Uso del PASSER II - 90

Francisco José Alvarez Blum

El programa de cómputo denominado PASSER II-90 permite realizar un análisis progresivo de la señalización para la evaluación de rutinas de sistemas de semáforos. Es un sistema de control de tránsito con un conjunto de métodos, técnicas, y equipos usados para coordinar el flujo de tránsito dentro de un área definida o a lo largo de una vialidad. El objetivo principal de un sistema de tránsito es el de proveer un movimiento continuo del tránsito a través de intersecciones semaforizadas con un mínimo de demoras. Este objetivo se logra proporcionando a cada semáforo un plan de tiempos apropiado que también trabaje en conjunto con todas las intersecciones semaforizadas del sistema. El PASSER II-90 es un programa para arterias. El PASSER II-90 fue desarrollado por el Departamento de Transporte de Texas y la Administración Federal de Caminos (Federal Highway Administration FHWA).

El PASSER II-90 es una herramienta útil para la ingeniería de tránsito en la optimización de la coordinación del sistema de semáforos arterial para reducir demoras, altos y, por lo tanto, consumo de combustible.

Sistema PASSER II-90

PASSER II-90 usa tres tipos de archivos para realizar sus operaciones: archivos de control, archivos ejecutables y el archivo para datos de entrada y salida.

Archivos de Control: El PASSER II-90 controla las operaciones del sistema con dos archivos tipo batch:

- 1.- PASSER 2.BAT corre el menú PASSER II y el procesador entrada/salida
- 2.- NEXTDO.BAT: corre el PASSER II y anima la simulación del programa

Algunos archivos de configuración y del menú de ayuda también se usan. Estos son:

Francisco José Alvarez Blum

- 1.- HARDDISK.DAT: contiene las rutas de los archivos del programa PASSER II. Se inicializa cuando el paquete se instala.
2. - *.BGI: Interfase gráfica utilizada para el modelo de simulación.
- 3.- IOSPEC.DAT: define el nombre de la ruta para salvar el problema en uso.
- 4.- MENU: es el archivo de ayuda para el procesador de entrada/salida.

El menú del programa PASSER II despliega un menú y ejecuta opciones específicas del menú que seleccione el usuario. Para correr el programa, escriba PASSER2. Cuando se entra al programa aparece una pantalla de presentación del sistema.

Posteriormente, se presenta el menú principal, en el cual únicamente es necesario elegir una de las opciones para acceder a ella. La primera opción es para abrir un nuevo archivo e iniciar el análisis de un nuevo problema. Al iniciar un nuevo problema aparece una pantalla de menú de entrada, en la cual se pueden ir alimentando los datos de tránsito, fases y datos adicionales, posteriormente aparece la pantalla de trabajo de los datos de la arteria en estudio, en ella se piden los datos básicos de la intersección como son número de intersecciones en el corredor, datos de identificación del problema, longitud del ciclo.

La segunda opción del menú principal permite cargar un archivo de datos con el que se ha trabajado previamente.

Una vez llenados los datos de entrada, aparecen una serie de pantallas donde se debe indicar la configuración de cada intersección que se encuentra dentro de la arteria en estudio y para ello aparece una pantalla como, donde se dan los datos de cada intersección a que se dio la información de todas las intersecciones, se debe dar la información referente a las fases permitidas en cada intersección.

En la opción tres es posible modificar los datos con los que se ha trabajado, cuando se elige esta opción aparece la pantalla de edición, en la cual se permite cambiar

Francisco José Alvarez Blum

información por cada intersección, adicionar una intersección a la arteria, borrar alguna intersección, modificar los datos de fases y movimientos.

Una vez que se le proporcionan al programa todos los datos del sistema de semáforos en estudio, entonces es necesario guardar los datos para poder entrar al menú de salida, que es donde se dan los resultados del análisis de la arteria, únicamente para acceder a esta opción es necesario elegir el número siete.

En el menú de salida, es posible ver la mejor solución a la arteria, los datos iniciales, medidas de efectividad, diagrama tiempo/espacio e imprimir los resultados del estudio. Además tiene la opción de presentar una vista animada del comportamiento de la arteria, lo cual facilita la toma de decisiones en el caso de contar con varios proyectos para establecer en un área determinada.

3.5.- Análisis del Impacto Ambiental en Intersecciones

Al analizar una propuesta de trabajo en el sector de transporte urbano, desde el punto de vista del impacto al medio ambiente se deben considerar cuatro puntos: (1) la situación actual del medio ambiente, (2) la identificación de los posibles impactos a consecuencia del trabajo propuesto, (3) la medida del impacto y (4) la interpretación de los datos obtenidos.

3.5.1- Situación Actual

En la descripción de la situación actual se deben tomar en cuenta la calidad del aire, el ruido y la imagen urbana existentes antes de comenzar las obras. Esta parte del estudio debe comenzar con un acopio de la información existente en agencias de

Francisco José Alvarez Blum

gobierno federal y local, municipios, universidades, etc. que puedan haber desarrollado estudios ambientales en el pasado. Luego se debe visitar el lugar de estudio tomando notas en detalle de estas variables, entrevistando habitantes del área y, en ciertos casos, por medio de encuestas con preguntas específicas.

3.5.1.1.- Identificación de Posibles Impactos

Los posibles impactos deben incluir los impactos directos e indirectos del proyecto presentado, incluyendo: Predicciones acerca de concentraciones de contaminantes, impactos en la salud humana, impactos en el bienestar social, impactos en la economía

Las metodologías utilizadas deben ser descritas para cada categoría considerada (imagen urbana, ruido y calidad del aire), duración de los proyectos (impactos a corto o largo plazo, impactos durante las obras y luego de terminadas las mismas) y las fuentes de información utilizadas.

3.5.1.2.- Medidas del Impacto

Indicadores específicos para ser utilizados en la evaluación cuantitativa del impacto deben ser sugeridos o recomendados. Se deben describir en detalle las metodologías utilizadas para estimar la magnitud del error introducido al medir el significado del impacto total.

Aquí se debe enfatizar el uso de medidas objetivas y no subjetivas, y el uso de opiniones profesionales en cada tema.

3.5.1.3.- Interpretación de Datos

Francisco José Álvarez Blum

Dependiendo del tipo de estudio los impactos se deben interpretar en escalas puntuales, locales o regionales. Se deben especificar los criterios y suposiciones empleados y describir el grado de certeza o confianza de los resultados.

También se debe presentar una descripción de impactos que tengan poca probabilidad de suceder, pero que de presentarse el caso en que sí sucedan, produzcan efectos muy grandes e importantes.

3.5.2.-Índice General de Estudios de Impacto en La Calidad del Aire y en la Imagen Urbana por Fuentes Móviles y por Ruido

Este índice estudios es una guía informativa del formato en que se deben presentar los estudios:

| |
|------------------|
| 1.- Introducción |
|------------------|

Francisco José Álvarez Blum

- 1.1. Descripción de la ciudad
- 1.2. Descripción del estudio
2. Revisión de leyes, reglamentos y estándares
 - 2.1. Calidad del aire
 - 2.2. Emisiones por fuentes móviles
3. Recopilación de datos
 - 3.1 Datos existentes
 - 3.1.1 Descripción del parque vehicular
 - 3.2 Equipos y metodologías de muestreo y de monitoreo
 - 3.3 Descripción cualitativa del medio ambiente en la ciudad
4. Revisión del estudio de transporte
 - 4.1 Descripción de las condiciones ambientales existentes
 - 4.1.1 Descripción cuantitativa de la calidad del aire en la ciudad
 - 4.1.2 Descripción cuantitativa del ruido en la ciudad
 - 4.2. Predicción de impactos
 - 4.3. Medidas de mitigación
5. Conclusiones y recomendaciones

Francisco José Alvarez Blum

3.5.3.- Calidad del Aire

Para determinar los niveles tolerados de contaminantes en el aire se llevan a cabo estudios epidemiológicos y toxicólogos de los efectos de varias concentraciones de estos contaminantes. Es de estos estudios que se derivan los estándares de la calidad del aire.

3.5.3.1.- Introducción y Objetivos Generales

El objetivo de estudiar la calidad del aire y de controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes móviles es el mantener un nivel de calidad para proteger la salud humana y el bienestar social. El bienestar social incluye la protección de plantas y animales, la prevención del deterioro de materiales (óxidos de metales, etc.) y el mantenimiento de los niveles naturales de visibilidad.

Ciertos contaminantes presentan efectos nocivos a diferentes concentraciones en personas que en animales o vegetales y por eso existen distintos estándares. En EE.UU. se diferencian los estándares primarios (para proteger la salud humana) de los secundarios (para proteger el bienestar social).

Para lograr niveles deseables de la calidad del aire, se debe seguir una política implementación de ciertas estrategias y tácticas como se ilustra a continuación:

Objetivo: Mantener la calidad del aire para proteger la salud humana y el bienestar social

Política: Mantener los estándares y control de emisiones

Estrategias: Plan regional de calidad del aire Control de emisión de contaminantes

Tácticas: Plan de Transporte Tecnología de control (Verificación)

Francisco José Alvarez Blum

3.5.3.1.1.- Plan de Transporte

Los distintos diseños y usos del transporte influyen en el tipo y la cantidad de contaminantes emitidos al medio ambiente. Por ejemplo, a alta velocidad en un viaje continuo los automóviles emiten niveles inferiores de hidrocarburos y de monóxido de carbono y más óxidos de nitrógeno. Lo contrario sucede a velocidades bajas. Además, al parar y recomenzar la marcha, los motores emiten más contaminantes que durante viajes continuos, sin detenerse. Esta característica puede ser usada como un argumento para crear carreteras de alta velocidad como táctica de control de la contaminación por fuentes móviles.

Pero se debe tener en cuenta también que la creación de estas carreteras pueden atraer más tráfico a la región considerada y así, como consecuencia, un aumento de emisiones por fuentes móviles.

Medidas menos costosas pueden utilizarse como alternativas a la construcción de nuevos caminos y carreteras como es el caso de la sincronización de semáforos en cruces importantes. Los estudios de transporte urbano deben fomentar y estimular el uso de transporte público, "carpooling", y otras medidas particulares a cada ciudad.

3.5.3.1.2.- Verificación

La táctica más común para lograr reducciones de contaminantes por fuentes móviles es la instalación uniforme de tecnologías de control de emisión. Esta medida es relativamente fácil de fomentar y no requiere un cambio de comportamiento por parte del sector de la población afectado. Estos requisitos incluyen una inspección semianual o anual (verificación) y un mantenimiento de los equipos de control de emisiones en los vehículos (convertidor catalítico). Estas tácticas a veces no sirven en

Francisco José Alvarez Blum

la práctica por corrupción de las estaciones de inspección de vehículos (la compra de calcomanías sin la inspección del vehículo), la desconexión del convertidor catalítico en zonas en que la gasolina sin plomo es más cara que la gasolina con plomo, etc.

La selección de tácticas es un proceso interactivo que incluye ajustes sucesivos, hasta que se llega a un equilibrio entre los objetivos sociales y el deseo de la sociedad de hacer sacrificios para lograr esos objetivos.

3.5.3.1.3.- Factores Determinantes de la Calidad del Aire

La calidad del aire está determinada por factores del medio ambiente que pueden ser divididos en dos clases:

- 1.- Elementos característicos del medio ambiente: Temperatura, humedad, viento (velocidad y dirección), altura de mezcla de aire en la atmósfera, régimen de lluvias, presión atmosférica y topografía.
- 2.- Emisiones antropogénicas, dentro de las cuales se encuentran las emisiones por fuentes móviles: polvo, humo, gases, vapores y partículas.

En un estudio de transporte primero se deben considerar las condiciones existentes en el área de estudio (elementos característicos del medio ambiente y emisiones antropogénicas) y, a partir de estos datos básicos, predecir el impacto que el plan presentado tendrá sobre dichas condiciones.

3.5.3.2.- Contaminantes Emitidos por Fuentes Móviles que Afectan la Calidad del Aire

Existen ocho contaminantes emitidos por fuentes móviles que deben ser considerados: (1) partículas, (2) óxidos de azufre, (3) hidrocarburos, (4) óxidos de nitrógeno, (5)

Francisco José Alvarez Blum

monóxido de carbono, (6) oxidantes fotoquímicos (ozono), (7) metales (plomo) y (8) olores. A continuación se describe cada uno de estos contaminantes en el cuadro 3.25.

| | Partículas | Oxidos de Azufre | Hidrocarburos | Oxidos de Nitrógeno | Monóxido de Carbono | Oxidantes Fotoquímicos | Metales | Olores |
|--------------------------------------|--|--|--|---|---|--|---|--|
| Efectos | <ul style="list-style-type: none"> Enfermedades respiratorias y cardiovasculares Visibilidad Oxidación en general | <ul style="list-style-type: none"> Bronquitis y emfisema pulmonar Enfermedades en plantas Baja productividad | <ul style="list-style-type: none"> Creación de oxidación fotoquímica y SMOG Tos / estornudos / dolor de cabeza / faringitis / faringitis Algunos carcinogénicos | <ul style="list-style-type: none"> SMOG Bronquitis / neumonía Cambio de color en fibras sintéticas | <ul style="list-style-type: none"> Estres Confusión Afectación del sistema nervioso y cardiovascular | <ul style="list-style-type: none"> Daños a vegetales Producción de oxidantes ozono | <ul style="list-style-type: none"> Neurotóxicos Bajo coeficiente mental Riñones, hígado, sistema reproductivo y anemia | <ul style="list-style-type: none"> Náuseas Perdida del apetito |
| Evaluación e Interpretación de datos | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L | <ul style="list-style-type: none"> GMMMA, CAFMR y SEDESO L |
| Límite espacial y temporal | <ul style="list-style-type: none"> Poca permanencia de concentración en el ambiente que requiere extenso monitoreo | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos | <ul style="list-style-type: none"> Concentración variada y su dispersión se calcula con modelos matemáticos |
| Efectos secundarios | <ul style="list-style-type: none"> Pérdidas económicas Accidentes | <ul style="list-style-type: none"> deterioro en la calidad del agua deterioro de la vegetación daños en la superficie | <ul style="list-style-type: none"> reducción en el valor de la propiedad cambio de uso de suelo | <ul style="list-style-type: none"> daños a la vegetación cambio de uso del suelo | <ul style="list-style-type: none"> sin determinar | <ul style="list-style-type: none"> deterioro de plantas y materiales | <ul style="list-style-type: none"> problemas neurológicos y de comportamiento | <ul style="list-style-type: none"> disminución del atractivo del área |

Cuadro 3.25. Características de las emisiones de vehículos motorizados

3.5.3.3.- Mitigación

Para reducir los impactos en la calidad del aire por fuentes móviles, se debe introducir un programa de control de las emisiones por fuentes móviles (verificación). Los vehículos que emiten mayor número de contaminantes son los que tienen motores diesel (principalmente partículas) y los vehículos viejos con poco mantenimiento.

El problema que existe, a pesar de la implementación de sistemas de verificación, es el crecimiento continuo del parque vehicular de los últimos años, el que se espera siga aumentando de la misma manera. Para mantener niveles deseados de emisiones por fuentes móviles totales se deberán establecer estándares más rigurosos en proporción directa al aumento del número de vehículos en circulación. Como las emisiones vehiculares no pueden ser disminuidas indefinidamente, el crecimiento continuo del tráfico y del parque vehicular va a crear un problema de impacto ambiental para el que en estos momentos no existe una solución definitiva.

Obviamente, para disminuir el número de viajes por vehículo se debe ayudar al desarrollo del transporte peatonal y en bicicletas. La voluntad de los habitantes de caminar y de andar en bicicleta se ve afectada por la densidad de población y por la calidad del medio ambiente en el cual se viaja.

Existe también el problema de educación de la población en general. En la Ciudad de México y otras, hay inspectores que venden las calcomanías de verificación sin que los vehículos sean inspeccionados. Otro problema fue originado en la misma ciudad cuando se implantó el decreto de que un día a la semana no se puede manejar ciertos vehículos. Esta medida no llevó a la población a utilizar sistemas alternativos de transporte (transporte público, transporte compartido) sino que mucha gente compró otro vehículo para poder manejar esos días. Como consecuencia, el parque vehicular en la Ciudad de México aumentó, y como la mayoría de estos automóviles

Francisco José Álvarez Blum

"secundarios" son más viejos emiten más contaminantes que los vehículos más modernos.

Una táctica de mitigación que se puede aplicar a nivel de administración de tránsito es la prohibición de entrada de vehículos a áreas delicadas del punto de vista ambiental.

Esta prohibición puede ser estructurada por de distintas maneras:

- Por tipo de vehículos (camiones, automóviles, etc.)
- Por hora del día (de día o de noche solamente, horarios, etc.)
- Tipo de acceso (pasar a través del área sin posibilidad de estacionamiento
- Restricciones de velocidad
- Acceso permitido solamente a comerciantes y residentes locales

Otra táctica de ingeniería de tránsito para mitigar el impacto ambiental es la mejora en señales en los cruces de calles, caminos y carreteras y la sincronización de semáforos.

La limitación de velocidades ha sido aplicada en varias ciudades del mundo como medida para disminuir emisiones por fuentes móviles. El consumo de combustible aumenta a partir de velocidades cerca de los 60 km/h, y sube más drásticamente a partir de los 80 km/h. La reducción de velocidad también disminuye el número de accidentes lo que es un impacto positivo en el desarrollo urbano.

Una vez que el estudio sea presentado, la ciudad tendrá otras opciones de mitigar los impactos en la calidad del aire incluyendo los enumerados a continuación:

a.- Selección de otra área para el proyecto. Una de las opciones es la de seleccionar un área alternativa, en la que se puedan desarrollar los programas de transporte que la ciudad necesite y al mismo tiempo reduciendo los impactos en la calidad del aire.

b.- Aumentar los programas de inspección ("verificación") y de mantenimiento vehicular.

Se puede priorizar el programa de inspecciones de vehículos en la zona del estudio para minimizar los impactos por los vehículos con más emisiones. Las organizaciones

Francisco José Alvarez Blum

dedicadas a la inspección de vehículos deberán tener auditorías independientes para controlar irregularidades.

c.- Retirar a los vehículos que no cumplan con los estándares de emisiones. Una vez que estos vehículos sean identificados deben ser retirados y prohibida su circulación.

d.- Concentrar esfuerzos en los contaminantes mayores. Los estados o municipalidades pueden dedicarse a minimizar las fuentes móviles contaminantes con más uso, como son los ómnibus, taxis y camiones comerciales.

e.- Proporcionar combustibles alternativos. Por ejemplo, gasolina sin plomo para poder utilizar convertidores catalíticos.

f.- Requerir instalación de sistemas de recuperación de vapores orgánicos. Las estaciones gasolineras pueden adoptar sistemas sencillos de recuperación de vapores durante las operaciones de carga de combustibles y de esta manera disminuir los precursores de ozono, o sea, los hidrocarburos en el aire.

3.5.4.- Ruido

El nivel de sonido (ruido) es un indicador importante de la calidad del medio ambiente. Distintos tipos de ruido pueden causar problemas de salud humana (mental y física) y en cambios estéticos del área.

3.5.4.1.- Variables a Considerar y Evaluar

Las variables más importantes del ruido que se deben considerar y evaluar son: (1) intensidad, (2) duración y (3) frecuencia del ruido. Al aumentar la intensidad y/o la duración del ruido, los efectos nocivos en el cuerpo humano aumentan proporcionalmente (sordera inducida por ruido, insomnio, etc.).

El ruido por impulsos es también un factor contaminante muy importante. Esta categoría incluye ruidos muy intensos y de poca duración (de un segundo o menos),

Francisco José Alvarez Blum

por ejemplo las explosiones de motores a gasolina que suenan como un disparo de arma de fuego.

Con respecto a la frecuencia, la gente se molesta más con ruidos de alta frecuencia y tonos puros tales como sirenas de vehículos de emergencia, claxones, etc. Para evaluar los impactos en el medio ambiente por ruido se debe hacer una revisión de los factores principales que son percibidos como ruido.

Francisco José Álvarez Blum

3.5.4.1.1.- Amplitud

La amplitud o magnitud de una fuente de ruido está relacionada con la presión del sonido creada por energía acústica. La magnitud se mide con una escala logarítmica en unidades llamadas decibeles (dB). Un aumento de 10 dB de un sonido equivale al doble en magnitud para el oído humano.

3.5.4.1.2.- Intensidad

La intensidad de un sonido o fuente de ruido es un valor subjetivo basado en la sensibilidad del oído humano hacia sonidos en la escala de frecuencias medias y altas. Los valores de intensidad y duración a los cuales el ruido no debe exceder para evitar efectos fisiológicos están presentados en el siguiente cuadro 3.26.

| Efectos fisiológicos | Intensidad | Duración |
|--|--------------------|------------|
| Sistemas orgánicos internos (1) | 75 dB(A) | cualquiera |
| Umbral del oído (de ruido continuo; | 80 dB(A) | 16 hr |
| si el sonido es intermitente se debe | 85 dB(A) | 8 hr |
| sumar, utilizando equipos especiales | 90 dB(A) | 4 hrs |
| o se debe consultar a un especialista) | 95 dB(A) | 2 hrs |
| | 100 dB(A) | 1 hr |
| | 105 dB(A) | 30 min |
| | 110 dB(A) | 15 min |
| | 115 dB(A) | 7.5 min |
| | >115 dB(A) | nunca |
| Umbral del oído humano | 140 dB(en el oído) | 100 msec |
| Regularidad del sueño | | |
| Causa de despertarse | 55 - 60 dB(A) | cualquiera |
| Cambios en el dormir | 35 - 45 dB(A) | cualquiera |

Francisco José Alvarez Blum

Cuadro 3.26. Valores de intensidad y duración de ruido**3.5.4.1.3.- Frecuencia**

Debido a la frecuencia, el ruido se mide típicamente utilizando un factor para obtener un valor total del ruido. Cuando el ruido es medido utilizando la escala de decibeles (dB, para respuestas o reacciones del oído humano) se les llama medidas dBA. A estos valores también se les refiere como el nivel de ruido de una comunidad.

La escala de dBA está basada en el carácter instantáneo de un sonido o ruido. El ruido producido por carreteras y caminos se puede evaluar de una mejor manera integrando en una unidad de tiempo las características del ruido.

Los impactos del tráfico en el nivel de ruido pueden predecirse de dos maneras:

- a.- Regulando los niveles de ruido en dBA.
- b.- Prediciendo los niveles de ruido que aumentarán de una manera significativa los niveles de ruido existentes en el área de estudio.

3.5.4.2.- Actividades que crean Ruido en Proyectos de Transporte Urbano**3.5.4.2.1.- Construcción**

La construcción de caminos y carreteras es una fuente de ruido por medio del uso de vehículos (camiones, automóviles), maquinaria de construcción (excavadoras, pavimentadoras, etc.) y herramientas a motor (sierras eléctricas, rompedoras de pavimento neumáticas, etc.). Este ruido afecta a las personas que trabajan en el proyecto, a la comunidad y a la gente que viaja en los alrededores.

Francisco José Alvarez Blum

3.5.4.2.2.- Tránsito Vehicular

Los vehículos que utilizan carreteras, calles y caminos son una fuente de ruido que afecta a la comunidad, siendo los camiones y los ómnibus la fuente de ruido más importante durante las horas del día. De noche, cualquier tipo de tránsito vehicular puede convertirse en un impacto por ruido.

La creación de carreteras grandes asimilan un mayor número de vehículos, lo que produce un efecto de ruido "en grupo" haciendo así más dificultosa la comunicación en las cercanías de estas carreteras.

3.5.4.3.- Efectos del Ruido

El ruido en el medio ambiente se refleja en varios efectos, de los cuales podemos destacar los siguientes:

Efectos Fisiológicos

El ruido puede afectar el cuerpo humano de tres maneras:

- a.- **Sistemas internos:** Estos son los sistemas fisiológicos esenciales, por ejemplo: el sistema cardiovascular (corazón, pulmones), gastrointestinal (estómago, intestinos), nervioso (nervios), muscular, endocrinal (glándulas). Cuando el ruido es percibido por las fibras nerviosas del oído éste puede afectar indirectamente los sistemas internos. Si el ruido es muy intenso, los vasos sanguíneos se contraen, aumenta el pulso, la respiración, la tensión y la fatiga, y puede causar mareos y pérdida del equilibrio. Estos efectos son generalmente temporarios y el cuerpo humano se adapta a ellos. Este proceso de adaptación es una indicación de cambio en las funciones del cuerpo humano y por ello no es deseable. Ruidos fuertes pueden afectar también la coordinación de movimientos y hacer más lentas las reacciones, lo que produce comportamientos erróneos.

Francisco José Alvarez Blum

- b.- Límite auditivo: Límite auditivo se define como el ruido de nivel más bajo que se puede percibir por el oído humano. Si el límite auditivo de una persona es más alto que lo normal, esta sordera parcial indica un efecto negativo. El ruido puede causar sordera total (temporal o permanente) y puede causar un sonido molesto en los oídos. Sordera, de cualquier grado, es un problema serio ya que causa accidentes por la dificultad de oír señales de atención, órdenes, etc. Además, la sordera puede traer aparejado problemas sociales, económicos, psicológicos y fisiológicos.
- c.- Dormir: Este es un proceso natural, de descanso, el cual es esencial para mantener normal el cuerpo y la mente humanos. El ruido puede afectar la profundidad, continuidad, duración y el valor de recuperación mental del dormir. Esto se ve reflejado en irritabilidad, cambios de comportamiento y cansancio. Además, el descanso y el dormir son esenciales para la recuperación de personas enfermas. Por estas razones es importante que el ruido se mantenga a un mínimo durante las horas de la noche y en las cercanías de hospitales.

También se han descrito los efectos del ruido y del stress en fetos humanos, los que antes se creía estaban aislados completamente del medio ambiente exterior.

Efectos Psicológicos

El ruido puede afectar la estabilidad mental y la respuesta psicológica de una persona (mal humor, ansiedad, miedo, etc.).

Mientras que el ruido por transporte no es causa de enfermedades mentales, éste agudiza problemas de personas que sufren de depresión y otras enfermedades mentales. Existen estudios que describen un número mayor de personas admitidas a hospitales mentales en zonas de impactos por ruido que en zonas residenciales más tranquilas.

Francisco José Álvarez Blum

Efectos en la Comunicación

El ruido puede afectar conversaciones de persona a persona y conversaciones telefónicas. La capacidad o facultad de transmitir y de recibir información, señales, mensajes y órdenes es esencial en la vida diaria de la gran mayoría de la gente. Interferencias temporales o interrupciones en la comunicación son molestas y hasta pueden ser peligrosas.

Efectos en el Trabajo y Quehaceres Diarios

El ruido puede afectar la capacidad humana de llevar a cabo tareas mecánicas y mentales a través de:

- Incremento de la tensión muscular
- Distracción y falta de concentración
- Enmascaro de señales auditivas
- Alarma causada por ruidos de alta intensidad

Las tareas mecánicas se ven afectadas por un aumento de errores y se requiere un esfuerzo más grande para mantenerse alerta. Las tareas mentales (por ejemplo la solución de problemas, la concentración creativa, etc.) se ven más afectadas por el ruido. Por eso es importante mantener el impacto por ruido a un nivel bajo en áreas de oficinas.

También se han desarrollado estudios del comportamiento de operarios en fábricas con altos índices de ruido y se llegó a la conclusión que estas personas son mas agresivas, menos sociales y se irritan más fácilmente que obreros que trabajan en condiciones más calmas.

Efectos en el Comportamiento Social

El comportamiento social se refiere a la habilidad de un individuo de funcionar normalmente a un nivel interpersonal. Areas de actividad social pueden ser afectadas por el ruido. Las zonas abiertas son las primeras en ser afectadas, limitando así la actividad social adentro de edificios, cambiando las costumbres locales (comer al aire libre, plazas de juegos de niños, etc.)

3.5.4.4.- Límites Temporales y Espaciales

Una actividad que produce ruido, en este caso particular el tránsito, debe ser localizado espacialmente de manera tal que el impacto en la comunidad sea mínimo. El aislamiento puede ser llevado a cabo por cambios en la localización geográfica y con el uso de barreras naturales (vegetación, colinas, etc.).

Los impactos de ruido afectan a la población en una manera distinta de día que de noche. El ruido producido por el tránsito se tolera durante el día pero de noche se espera que sea de un nivel mucho menor. Las actividades sociales en general se desarrollan en las cercanías de las residencias y zonas de recreo (calles peatonales, teatros, etc.). El ruido producido por el tránsito debe ser considerado al planear vialidades en estas áreas.

3.5.4.5.- Efectos Secundarios

Impactos del ruido traen aparejados efectos secundarios tales como la disminución en la eficiencia de trabajo, un incremento en la tasa de accidentes, falta de concentración y estrés.

Francisco José Alvarez Blum

Si la modificación del tránsito produce un incremento en la cantidad y la calidad del ruido, este impacto puede producir un cambio en el uso del área afectada, con consecuencias socioeconómicas negativas.

3.5.4.6.- Casos Especiales

Hay que considerar tres casos especiales de impacto por ruido producido por cambios en el transporte urbano;

- a.- Sordera parcial, causada por estar expuesto a ruidos de alta magnitud (mofles rotos de vehículos pesados, bocinas de camiones, etc.).
- b.- Sordera parcial, causada por maquinaria de construcción de calles y caminos (perforadoras neumáticas, etc.).
- c.- Insomnio, causado por el incremento de transporte urbano en zonas residenciales.

Las fuentes de ruido deben mantenerse a distancias prudentes de escuelas, hospitales, asilos de ancianos, bibliotecas, iglesias, teatros, etc., por lo tanto la vialidad y el transporte urbano deben ser planeados de acuerdo a ello.

3.5.4.7.- Mitigación

El mejor método de reducir, o de eliminar, el ruido es, obviamente, reducir las fuentes del mismo. El transporte urbano se puede redistribuir con cambios en las vialidades y el ruido se puede disminuir con las siguientes medidas:

- a.- Menor número de vehículos en el área afectada por medio de la redistribución del mismo.
- b.- Uso de barreras naturales (vegetación) o artificiales (murallas) para separar áreas de tránsito en zonas residenciales.
- c.- Mantenimiento de mofles en automóviles, camiones, ómnibus y motocicletas.

Francisco José Álvarez Blum

d.- Limitar el uso del claxon a casos necesarios y evitar su uso desmesurado como se nota diariamente en las ciudades mexicanas medias.

Como medida preventiva, durante el período de construcción de caminos y carreteras, el personal expuesto al ruido de maquinarias (perforadoras, camiones, pavimentadoras, etc.) debe usar protección auditiva.

3.5.5.- Imagen Urbana

Los impactos de proyectos de transporte sobre la imagen urbana incluyen cambios percibidos por medio de los sentidos, como la vista, el oído y el olfato. Los criterios de tolerancia de cambios en la imagen urbana están basados en criterios que pueden variar según las zonas y las ciudades consideradas. Los cambios visuales son probablemente los más familiares como los cambios estéticos y modificaciones de paisajes.

Para la evaluación ambiental de la imagen urbana se deben incluir las siguientes áreas:

- a.- Deterioro del paisaje: donde la creación de caminos rurales y los asentamientos reducen el paisaje visual a través de la pérdida de la vegetación. La primera medida de mitigación incluye el diseño de un proyecto que se combine con el paisaje.
- b.- Basura: el aumento de los viajes por los caminos aumenta los problemas de basura en las orillas de los caminos.
- c.- Erosión de tierra: bajo los caminos rurales puede ocurrir erosión de la tierra debido a una dispersión inadecuada del agua de lluvia.
- d.- Expansión urbana: los proyectos de transporte atraen industrias de servicio a lo largo de los caminos, los cuales reducen significativamente la perspectiva visual del área.
- e.- Ruido y polvo: Los proyectos de transporte pueden provocar impactos de polvo y ruido en poblaciones localizadas cerca de los caminos.

Francisco José Alvarez Blum

3.5.5.1.- Efectos

En general, cualquier actividad que altere la calidad o las características típicas de una zona se consideran como efectos en la imagen urbana. Percepciones visuales pueden ser alteradas por actividades de construcción, forestación, recreación, transporte, manejo de tierras y cualquier otro proyecto que incluya cambios de paisaje.

También se deben considerar efectos en la imagen urbana que afecten los sentidos del oído y del olfato debido a la presencia de actividades industriales, incineradores, operaciones de transporte aéreo, disposición de desechos, etc.

3.5.5.2.- Variables

Debido a los distintos valores y percepciones que las poblaciones tienen con respecto a la belleza del medio ambiente, la cuantificación de los impactos sobre la imagen urbana es un proceso muy delicado. Por el contrario, es más fácil llegar a acuerdos sobre lo que es feo o indeseable.

La formulación de criterios de imagen urbana debe ser llevada a cabo por personas que han tenido experiencia en proyectos, tomando en cuenta la sensibilidad de los habitantes del área a los cambios estéticos. Las técnicas de medida de estas variables son básicamente de dos tipos:

- 1.- **Subjetivo:** donde los procedimientos de análisis cualitativo están basados en el diseño de un profesional experto en el tema.
- 2.- **Objetivo:** Donde los procedimientos de análisis cuantitativo están basados en valores dados por estudios previos, por libros y tablas, etc. Lo básico de esta metodología es la creación y el establecimiento de estándares, controles

Francisco José Alvarez Blum

arquitectónicos, decretos de ubicación de letreros y otras obstrucciones de la vista en carreteras y criterios paisajísticos.

3.5.5.3.- Evaluación e Interpretación de Datos

A pesar de lo difícil que significa cuantificar los impactos en la imagen urbana se han desarrollado varios métodos de evaluación e interpretación de datos. Estas metodologías tienen dos formas generales:

a.- Metodologías numéricas. Valores numéricos relativos son dados relativamente a varios factores extrínsecos e intrínsecos que forman parte de la imagen urbana, teniendo en cuenta el valor individual y como parte del conjunto de los factores estudiados. Con estos procedimientos se logra dar un valor cuantitativo a las relaciones visuales, se le da un valor a los recursos estéticos y se describen las implicaciones de los cambios en la imagen urbana.

b.- Metodologías no-numéricas. Estas que ponen énfasis en los atributos visuales en una forma similar a la anterior, pero que evalúa a los elementos estéticos en términos de un análisis comparativo basado en un criterio preestablecido. Estos métodos no asignan valores numéricos pero, en algunos casos, se asigna un valor negativo. Los estudios se pueden agrupar en dos categorías:

1.- Metodologías visuales: en las cuales se lleva a cabo un inventario de los componentes visuales del medio ambiente y son estudiados por los profesionales a cargo del proyecto.

2.- Metodologías del análisis hecho por el usuario final del área: se debe identificar los sentimientos del público acerca de varios atributos estéticos de la zona y cómo reaccionarían frente a los impactos potenciales identificados.

Francisco José Álvarez Blum

3.5.5.4.- Condiciones Especiales

Debido a que el valor, la importancia y la expresión de belleza en la imagen urbana varía con cambios de percepción, es muy importante notar que las siguientes condiciones tienen mucha importancia en la determinación de los impactos en la imagen urbana:

- a.- El estado mental del observador: factores actuales perceptivos del medio ambiente y de la vida diaria en conjunto con experiencias pasadas y expectativas futuras, pueden causar impresiones variadas de la calidad de la imagen urbana.
- b.- Experiencias pasadas y características socioeconómicas del observador; cultura y las situaciones económica y social del observador influyen perspectiva de análisis de las calidades de la imagen urbana.
- c.- Contexto de la observación: en ciertos casos la estructura analizada se encuentra fuera de lugar y sería aceptable en otro lugar o bajo distintas condiciones.

3.5.5.5.- Mitigación

Los impactos ambientales controversiales. A pesar de buena calidad, de aguas económicas y otros "hechos sobre la imagen urbana son frecuentemente muy que generalmente la gente quiere vivir en zonas con aire limpias, paisajes naturales, y serenidad, los factores de vida" hacen que esto no sea siempre posible.

De todas maneras varios impactos sobre la imagen urbana pueden ser minimizados y deben ser tenidos en cuenta en la etapa de planificación. Estos varían mucho con las zonas del proyecto, la población, etc. y en última instancia con el beneficio económico y/o social que traerá aparejado un cambio en la estética local, el que es determinado por los valores intrínsecos a la zona de estudio.

Francisco José Alvarez Blum

3.6.- Evaluación de Costos

Los beneficios relacionados con el viaje son aquellos que resultan de un incremento en la accesibilidad cuando se mejora un sistema de transporte público. Estos beneficios representan una ventaja al usuario ya que el viaje puede ser realizado en menor tiempo, costo o inconveniencias por medio del transporte público que por otra alternativa. Los beneficios también pueden presentarse como ventaja al automovilista o al pasajero ya que se puede reducir el congestionamiento en algunas vialidades debido al incremento en el uso de transporte público. Finalmente, también pueden representar una ventaja al usuario que puede decidir hacer un viaje adicional por cualquier medio o puede cambiar de forma de viajar.

El beneficio más importante para el usuario del transporte público se refiere a los ahorros en el tiempo de viaje, mientras que otros beneficios adicionales se refieren a ahorros en los costos de combustible, peaje, tarifas y mantenimiento de los vehículos. Entre los beneficios intangibles del usuario se encuentran la comodidad del viaje, la posibilidad de hacer nuevos viajes que antes no realizaba o la satisfacción de su viaje de una mejor manera.

Los parámetros de tiempo que afectarán al valor del tiempo del usuario y que darán como resultado el costo generalizado estarán en función de las características que presente cada tramo del viaje completo.

En lo referente a las intersecciones analizadas se presenta un análisis económico comparativo entre la situación actual de la vía y una situación que contenga soluciones sencillas a dicha vialidad. Todo lo anterior con base en los excesivos consumos de combustibles debido al tiempo de espera o de demora que presenta la vía.

Francisco José Alvarez Blum

4.- Ejemplo de aplicación

El procedimiento para realizar el análisis del corredor semaforizado presenta varias etapas en las que se toma un periodo de tiempo considerable. Los pasos a seguir se muestran en los siguientes incisos.

4.1.- Características básicas de la vía

- Arteria principal de la Ciudad de México con tradición histórica
- Zona de comercio y habitacional
- Tres carriles
- Salida de la ciudad hacia el sur de la República
- Zona urbana con densidad de población alta
- Zona comercial
- Se realizaron levantamientos en campo de cada una de las intersecciones y dichos resultados se presentan en las figuras de la 4.1. a la 4.7

4.2.- Análisis del flujo vehicular

Se presentan en el punto 4.7. dos secciones, en donde la primera presenta la situación actual de las intersecciones de estudio. En la segunda sección se presenta una solución factible para el conjunto de intersecciones en donde se mejora el nivel de servicio con sólo algunas modificaciones. El cuadro 4.6. presenta una comparativa del nivel de servicio actual con el propuesto.

Modelo Financiero

A continuación se presenta el cálculo de la amortización de una deuda por medio de una serie de pagos iguales a lo largo de un periodo, en donde nuestra incógnita será el número de pagos que anulen la deuda. Este modelo surge del punto 4.7. en donde se realiza una comparativa de la condición actual con la solución propuesta. El monto del pago mensual se calcula de la diferencia de consumos de gasolina de ambas corridas durante un periodo de cinco horas diarias. La tasa de interés anualizada se tomó de 17.45% la cual es pesimista para ser lo más apegada a la realidad en el periodo a calcular. El modelo es el siguiente:

$$C_0 = (a / i) (1 - (1 + i)^{-n})$$

En donde:

C_0 : inversión inicial (6,000,000.00)

a: monto del pago mensual (131,250.00)

i: tasa de interés mensual (0.0135)

n: número de pagos (incógnita)

Resolviendo la ecuación encontramos que $n=72$ pagos mensuales se pagaría el proyecto lo que representa 6 años. Lo anterior se refiere a la inversión que se realizaría en este proyecto.

Modelo de Emisiones

El manual de cálculo de procedimientos para conocer los impactos por contaminantes editado por ITE (Institute of Transportation Engineers) nos indica que la fórmula básica para conocer la cantidad de sustancias emitidas por un vehículo es:

Francisco José Álvarez Blum

$$C_{tv} = N_{sv} \times C_{sc} + T_{dv} \times C_i$$

En donde:

N_{sv} : número de paradas por vehículo

C_{sc} : emisiones por cambio de velocidad

T_{dv} : demora promedio por vehículo

C_i : tasa promedio de emisión

Por lo anterior podemos concluir que con un mayor nivel de servicio de las intersecciones tendremos menor emisión de contaminantes.

A continuación se presentan los modelos de emisiones para cada intersección con la situación actual y la solución para los contaminantes más típicos que son CO_2 , HC, CO y NO_x y un adicional para consumo de combustible. Ver cuadros 4.1. a 4.5. Es claramente apreciable que los volúmenes unitarios emitidos por la solución propuesta son menores que en la situación actual excepto por Tlalpan ya que las demoras en dicha intersección son mayores.

CO_2

30mph

40mph

$$C_{tv} = N_{sv} \times C_{sc} + T_{dv} \times C_i$$

Actual

Solución

| Intersección | N_{sv} | C_{sc} | T_{dv} | C_i | C_{tv} | N_{sv} | C_{sc} | T_{dv} | C_i | C_{tv} |
|----------------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|
| C. Sta. Teresa | 0.30 | 12.00 | 60.00 | 1.57 | 97.80 | 0.27 | 21.00 | 18.10 | 1.57 | 34.0870 |
| Corregidora | 0.30 | 12.00 | 60.00 | 1.57 | 97.80 | 0.27 | 21.00 | 40.00 | 1.57 | 68.4700 |
| Calvario | 0.30 | 12.00 | 25.70 | 1.57 | 43.95 | 0.27 | 21.00 | 23.90 | 1.57 | 43.1930 |
| Sta. Ursula | 0.30 | 12.00 | 60.00 | 1.57 | 97.80 | 0.27 | 21.00 | 39.20 | 1.57 | 67.2140 |
| Limantitla | 0.30 | 12.00 | 29.70 | 1.57 | 50.23 | 0.27 | 21.00 | 11.30 | 1.57 | 23.4110 |
| San Marcos | 0.30 | 12.00 | 17.20 | 1.57 | 30.60 | 0.27 | 21.00 | 10.10 | 1.57 | 21.5270 |
| Tlalpan | 0.30 | 12.00 | 9.10 | 1.57 | 17.89 | 0.27 | 21.00 | 10.80 | 1.57 | 22.6260 |

Cuadro 4.1. Comparativo de emisiones de CO_2

Francisco José Álvarez Blum

HC**30mph****40mph**

$$Ctv = Nsv \times Csc + Tdv \times Ci$$

Actual**Solución**

| Intersección | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv |
|----------------|------|------|-------|-------|--------|------|------|-------|-------|--------|
| C. Sta. Teresa | 0.30 | 0.18 | 60.00 | 0.015 | 0.9540 | 0.27 | 0.27 | 18.10 | 0.015 | 0.3444 |
| Corregidora | 0.30 | 0.18 | 60.00 | 0.015 | 0.9540 | 0.27 | 0.27 | 40.00 | 0.015 | 0.6729 |
| Calvario | 0.30 | 0.18 | 25.70 | 0.015 | 0.4395 | 0.27 | 0.27 | 23.90 | 0.015 | 0.4314 |
| Sta. Ursula | 0.30 | 0.18 | 60.00 | 0.015 | 0.9540 | 0.27 | 0.27 | 39.20 | 0.015 | 0.6609 |
| Limantitla | 0.30 | 0.18 | 29.70 | 0.015 | 0.4995 | 0.27 | 0.27 | 11.30 | 0.015 | 0.2424 |
| San Marcos | 0.30 | 0.18 | 17.20 | 0.015 | 0.3120 | 0.27 | 0.27 | 10.10 | 0.015 | 0.2244 |
| Tlalpan | 0.30 | 0.18 | 9.10 | 0.015 | 0.1905 | 0.27 | 0.27 | 10.80 | 0.015 | 0.2349 |

Cuadro 4.2. Comparativo de emisiones de HC**CO****30mph****40mph**

$$Ctv = Nsv \times Csc + Tdv \times Ci$$

Actual**Solución**

| Intersección | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|---------|
| C. Sta. Teresa | 0.30 | 1.70 | 60.00 | 0.262 | 16.23 | 0.27 | 3.50 | 18.10 | 0.2620 | 5.6872 |
| Corregidora | 0.30 | 1.70 | 60.00 | 0.262 | 16.23 | 0.27 | 3.50 | 40.00 | 0.2620 | 11.4250 |
| Calvario | 0.30 | 1.70 | 25.70 | 0.262 | 7.24 | 0.27 | 3.50 | 23.90 | 0.2620 | 7.2068 |
| Sta. Ursula | 0.30 | 1.70 | 60.00 | 0.262 | 16.23 | 0.27 | 3.50 | 39.20 | 0.2620 | 11.2154 |
| Limantitla | 0.30 | 1.70 | 29.70 | 0.262 | 8.29 | 0.27 | 3.50 | 11.30 | 0.2620 | 3.9056 |
| San Marcos | 0.30 | 1.70 | 17.20 | 0.262 | 5.02 | 0.27 | 3.50 | 10.10 | 0.2620 | 3.5912 |
| Tlalpan | 0.30 | 1.70 | 9.10 | 0.262 | 2.89 | 0.27 | 3.50 | 10.80 | 0.2620 | 3.7746 |

Cuadro 4.3. Comparativo de emisiones de CO

Francisco José Álvarez Blum

NO_x**30mph****40mph**

$$Ctv = Nsv \times Csc + Tdv \times Ci$$

Actual**Solución**

| Intersección | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv |
|----------------|------|------|-------|--------|--------|------|------|-------|--------|--------|
| C. Sta. Teresa | 0.30 | 1.00 | 60.00 | 0.0040 | 0.5400 | 0.27 | 1.10 | 18.10 | 0.0040 | 0.3694 |
| Corregidora | 0.30 | 1.00 | 60.00 | 0.0040 | 0.5400 | 0.27 | 1.10 | 40.00 | 0.0040 | 0.4570 |
| Calvario | 0.30 | 1.00 | 25.70 | 0.0040 | 0.4028 | 0.27 | 1.10 | 23.90 | 0.0040 | 0.3926 |
| Sta. Ursula | 0.30 | 1.00 | 60.00 | 0.0040 | 0.5400 | 0.27 | 1.10 | 39.20 | 0.0040 | 0.4538 |
| Limantitla | 0.30 | 1.00 | 29.70 | 0.0040 | 0.4188 | 0.27 | 1.10 | 11.30 | 0.0040 | 0.3422 |
| San Marcos | 0.30 | 1.00 | 17.20 | 0.0040 | 0.3688 | 0.27 | 1.10 | 10.10 | 0.0040 | 0.3374 |
| Tlalpan | 0.30 | 1.00 | 9.10 | 0.0040 | 0.3364 | 0.27 | 1.10 | 10.80 | 0.0040 | 0.3402 |

Cuadro 4.4. Comparativo de emisiones de NO_x**Combustible****30mph****40mph**

$$Ctv = Nsv \times Csc + Tdv \times Ci$$

Actual**Solución**

| Intersección | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv | Nsv | Csc | Tdv | Ci | Ctv |
|----------------|-----|-------|-------|--------|--------|------|-------|-------|--------|--------|
| C. Sta. Teresa | 0.3 | 0.005 | 60.00 | 0.0022 | 0.1334 | 0.27 | 0.011 | 18.10 | 0.0022 | 0.0428 |
| Corregidora | 0.3 | 0.005 | 60.00 | 0.0022 | 0.1334 | 0.27 | 0.011 | 40.00 | 0.0022 | 0.0910 |
| Calvario | 0.3 | 0.005 | 25.70 | 0.0022 | 0.0579 | 0.27 | 0.011 | 23.90 | 0.0022 | 0.0556 |
| Sta. Ursula | 0.3 | 0.005 | 60.00 | 0.0022 | 0.1334 | 0.27 | 0.011 | 39.20 | 0.0022 | 0.0892 |
| Limantitla | 0.3 | 0.005 | 29.70 | 0.0022 | 0.0667 | 0.27 | 0.011 | 11.30 | 0.0022 | 0.0278 |
| San Marcos | 0.3 | 0.005 | 17.20 | 0.0022 | 0.0392 | 0.27 | 0.011 | 10.10 | 0.0022 | 0.0252 |
| Tlalpan | 0.3 | 0.005 | 9.10 | 0.0022 | 0.0214 | 0.27 | 0.011 | 10.80 | 0.0022 | 0.0267 |

Cuadro 4.5. Comparativo de consumo de Combustible

Francisco José Alvarez Blum

Los cuadros anteriores muestran la emisión unitaria (Ctv) en gr/veh y el consumo de combustible en gal/veh. Las velocidades muestran el cambio desde cero hasta la que se indica Csc, para lo cual los valores son obtenidos de las figuras 1 y 2 del manual de cálculo de procedimientos para conocer los impactos por contaminantes editado por ITE en la parte 5. Los valores de Ci son obtenidos del manual mencionado anteriormente en la tabla 2.

| Intersección | NS Condición actual | NS Solución propuesta |
|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Camino a Sta. Teresa | F | E |
| Corregidora | F | D |
| Calvario | D | C |
| Sta. Ursula | F | D |
| Limantilla | D | B |
| San Marcos | C | B |
| Tlalpan | B | B |

Cuadro 4.6. Comparativo de niveles de servicio

4.3.- Congestionamiento

En definitivo la vialidad presenta niveles de servicio que representan una alta condición de congestionamiento tal como lo muestran las fotografías que se presentan. Las imágenes 4.8 a 4.14 fueron tomadas a la hora pico de la tarde. El cuadro 4.7. que se

presenta a continuación muestra las intensidades de saturación actuales y las propuestas.

| Intersección | Intensidad de Saturación | Intensidad de Saturación de la solución |
|----------------------|--------------------------|---|
| Camino a Sta. Teresa | 2.12 | 0.97 |
| Corregidora | 2.07 | 1.93 |
| Calvario | 0.75 | 0.73 |
| Sta. Ursula | 2.88 | 0.97 |
| Limantitla | 0.82 | 0.76 |
| San Marcos | 0.61 | 0.61 |
| Tlalpan | 0.47 | 0.46 |

Cuadro 4.7. Comparativo de intensidades de saturación

A continuación se presenta el cuadro 4.8. comparativa de la eficiencia en el consumo del combustible de motores a gasolina que circulan a través de la intersección. Se presenta la situación actual comparada con la solución propuesta, los datos fueron tomados de las corridas de HCM/Cinema que se presentan en punto 4.7.

| Intersección | Millas por Galón actual | | | Millas por Galón solución | | |
|----------------------|-------------------------|----------|-----------|---------------------------|----------|-----------|
| | Autos | Camiones | Autobuses | Autos | Camiones | Autobuses |
| Camino a Sta. Teresa | 5.7 | 2.5 | 7.0 | 7.8 | 3.9 | 4.5 |
| Corregidora | 8.1 | 3.6 | 7.7 | 9.5 | 4.2 | 5.6 |
| Calvario | 9.0 | 4.7 | 3.9 | 9.4 | 5.3 | 3.7 |
| Sta. Ursula | 9.4 | 4.4 | 7.0 | 11.6 | 5.0 | 6.1 |
| Limantitla | 8.9 | 4.1 | 3.9 | 9.7 | 5.0 | 5.9 |
| San Marcos | 9.3 | 5.5 | 5.3 | 11.1 | 6.1 | 5.8 |
| Tlalpan | 14.2 | 6.3 | 6.8 | 16.1 | 6.6 | 6.9 |

Francisco José Álvarez Blum

| | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Promedio | 8.68 | 4.11 | 5.54 | 10.27 | 5.00 | 5.30 |
| Cambio % | - | - | - | 15.48 | 17.8 | -4.52 |

Cuadro 4.8. Comparativo del consumo de combustible

4.4.- Capacidad vial

Si contemplamos que la vía fue diseñada para dar servicio, con una proyección hasta los años sesentas, a niveles satisfactorios, podríamos decir que en esos tiempos la capacidad vial era buena. Si esa curva de proyección de la demanda en el tiempo es extendida hasta el año 2000 podremos inferir que las condiciones son completamente diferentes y que la capacidad vial hoy sigue siendo la misma pero con un nivel de servicio inferior.

4.5.- Semáforos

- El sistema semafórico utilizado en Insurgentes en el tramo analizado es del tipo no interconectado. Los desfases de los controladores esclavos locales con respecto al controlador base son asignados manualmente en cada controlador.

Los sistemas de semáforos de tiempo fijo operan en este caso. Los patrones de tiempos para este tipo de sistema son alternados, en los que un grupo de semáforos da indicaciones alternas a una determinada calle al mismo tiempo.

4.6.- Transporte Público

Son factores predominantes para el nivel de servicio y la intensidad de saturación el hecho de que el sistema de transporte público presente un retraso tecnológico en cuanto a capacidad en todos los rubros, ya que esto se refleja automáticamente en los niveles de servicio y en las intensidades de saturación. No sólo la tecnología representa un factor negativo dentro del contexto de una intersección, existen problemas sociales no cuantificables alrededor del transporte público. Lo anterior se

Francisco José Álvarez Blum

fundamenta en la idiosincrasia de los usuarios y de aquellos peatones quienes circulan en el ambiente de la intersección.

Es también importante señalar que de acuerdo con el cuadro 4.8, el rubro referente a transporte público representa una disminución en la eficiencia del consumo de combustible, debido a que la mayoría de las intersecciones aumentan su nivel de servicio en donde se puede asumir que dicha variación es despreciable y entonces los autobuses o transporte público aislados presentan un mismo nivel de servicio en la condición actual y en la solución propuesta.

4. 7.- Modelación con el HCM / Cinema

Ver anexo de corridas del HCM / Cinema

| Intersección | Demora Condición actual sec/veh | Demora Solución propuesta sec/veh |
|----------------------|---------------------------------------|---|
| Camino a Sta. Teresa | > 60 | 18.1 |
| Corregidora | > 60 | 40.0 |
| Calvario | 25.7 | 23.9 |
| Sta. Ursula | > 60 | 39.2 |
| Limantitla | 29.7 | 11.3 |
| San Marcos | 17.2 | 10.1 |
| Tlalpan | 9.1 | 10.8 |

Cuadro 4.9. Comparativo de los tiempos de demora

4.8.- Modelación con el Passer II - 90

Ver anexo de corridas del Passer II - 90

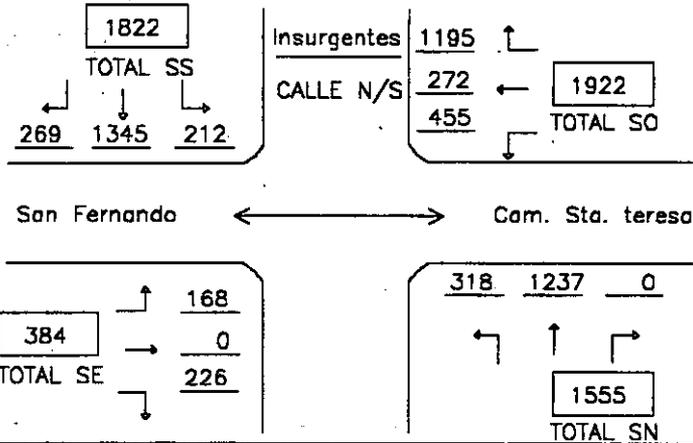
FORMULARIO DE ENTRADA

Intersección: Camino a Santa Teresa Fecha: 11-10-99
 Analista: Francisco Alvarez B. Período Analizado: 12-04-99 Tipo de Area CBD X Otro
 Proyecto No. 1 Ciudad/Estado: México D.F.



A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:

1. Valámenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles almacenamiento para giros
6. Líneas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobús



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Inclinación (%) | %VP | Carril Estacio. Adya. | | Autobús NB | FHP | Peats. conflicto (pt/h) | Carril Estacio. Adya. | | Tipo Lleg. |
|--------|-----------------|-----|-----------------------|----|------------|------|-------------------------|-----------------------|----|------------|
| | | | S & N | Nm | | | | S & N | Nm | |
| SE | 0 | 56 | N | — | — | 0.95 | — | N | — | 1 |
| SO | 0 | 47 | N | — | — | 0.96 | — | N | — | 1 |
| SN | 0 | 29 | N | — | — | 0.95 | — | N | — | 1 |
| SS | 0 | 31 | N | — | 25 | 0.96 | — | N | — | 1 |

Inclinación: +rampa, -pendiente
 VP: veh. más de 4 ruedas
 Nm: maniobras estacionam./hr.

NB: autobuses con parada/h
 FHP: factor de hora punta
 Peats: conflict. Peatones en conflicto/h

Min. reglaje: Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Tipo de llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| DIAGRAMA | | | | | | | | |
|----------|---------|---------|---------|------|------|------|------|------|
| | G=20seg | G=20seg | G=60seg | G= | G= | G= | G= | G= |
| | Y+R=3s | Y+R=3s | Y+R=3s | Y+R= | Y+R= | Y+R= | Y+R= | Y+R= |

Pred o Actuada

Giros Protegidos Giros Permitidos Peatones Duración del ciclo s

FIG. 4.1 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION CAMINO A STA. TERESA

FORMULARIO DE ENTRADA

Intersección: Corregidora

Fecha: 11-10-99

Analista: Francisco Alvarez B. Período Analizado: 09-04-99 Tipo de Área CBD X Otro

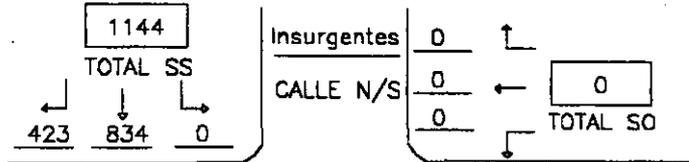
Proyecto No. 1

Ciudad/Estado: México D.F.

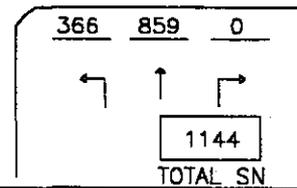
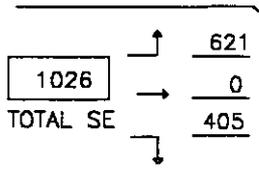


A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:

1. Volúmenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles
6. Isletas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobús



Corregidora



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Incl. nación (%) | %VP | Carril Estacio. Adya. | | Autobús NB | FHP | Peats. conflicto (pt/h) | Carril Estacio. Adya. | | Tipo Lleg. |
|--------|------------------|-----|-----------------------|----|------------|------|-------------------------|-----------------------|----|------------|
| | | | S & N | Nm | | | | S & N | Nm | |
| SE | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| SO | — | 28 | S | 20 | 29 | 0.96 | — | — | — | 2 |
| SN | — | 31 | N | — | 32 | 0.95 | — | — | — | 2 |
| SS | — | 29 | N | — | 19 | 0.96 | — | — | — | 2 |

Inclinación: +rampa, -pendiente
 VP: veh. más de 4 ruedas
 Nm: maniobras estacionam./hr.

NB: autobuses con parada/h
 FHP: factor de hora punta
 Peats: conflict. Peatones en conflicto/h

Min. reglaje: Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Tipo de llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| Diagrama | Diagrama | Diagrama | Diagrama | Diagrama | Diagrama | Diagrama | Diagrama | Diagrama |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | | | | |
| Reglaje | G= Y+R= |

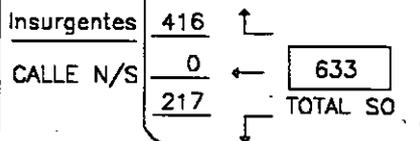
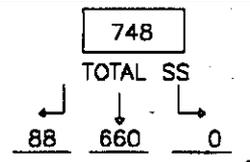
Pred o Actuada

Giros Protegidos Giros Permitidos Peatones Duración del ciclo s

FIG. 4.2 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION CORREGIDORA

FORMULARIO DE ENTRADA

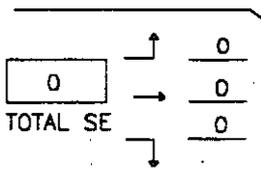
Intersección: Calvario Fecha: 11-10-99
 Analista: Francisco Alvarez B. Período Analizado: 08-04-99 Tipo de Area CBD X Otro
 Proyecto No. 1 Ciudad/Estado: México D.F.



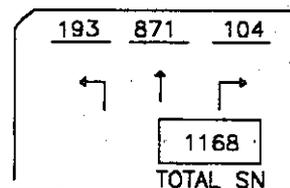
A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:

1. Volúmenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles almacenamiento para giros
6. Isletas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobús

Fuentes Brotantes



Calvario



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Inclínación (%) | %VP | Carril Estacio.Adya. | | Autobús NB | FHP | Peats.conflicto (pt/h) | Carril Estacio.Adya. | | Tipo Lleg. |
|--------|-----------------|-----|----------------------|----|------------|------|------------------------|----------------------|----|------------|
| | | | S & N | Nm | | | | S & N | Nm | |
| SE | 0 | 51 | N | — | — | 0.95 | — | N | — | 3 |
| SO | 0 | 31 | S | 15 | — | 0.96 | — | N | — | 3 |
| SN | 0 | 24 | N | — | — | 0.95 | — | N | — | 2 |
| SS | 0 | 19 | N | — | 25 | 0.96 | — | N | — | 1 |

Inclínación: +trampa, -pendiente
 VP:veh. más de 4 ruedas
 Nm:maniobras estacionam./hr.

NB:autobuses con parada/h
 FHP:factor de hora punta
 Peats:conflict.Peatones en conflicto/h

Min.reglaje:Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Tipo de llegada:Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| D I A G R A M A | | | | | | | | |
| | G= Y+R= |

Pred o Actuada

Giros Protegidos Giros Permitidos Peatones Duración del ciclo sa

FIG. 4.3 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION CALVARIO

FORMULARIO DE ENTRADA

Intersección: Sta. Ursula

Fecha: 11-10-99

Analista: Francisco Alvarez B.

Período Analizado: 09-04-99

Tipo de Area CBD X Otro

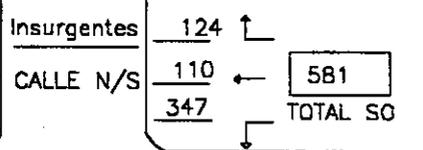
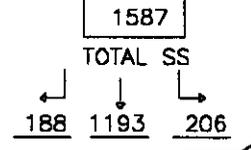
Proyecto No. 1

Ciudad/Estado: México D.F.

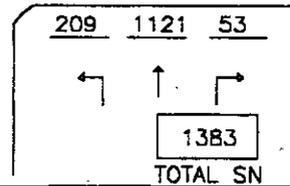
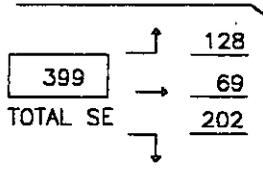


A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:

1. Volúmenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles almacenamiento para giros
6. Isletas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobús



Sta. Ursula



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Incl. nación (%) | %VP | Carril Estacio. Adya. | | Autobús NB | FHP | Peats.conflicto (pt/h) | Carril Estacio. Adya. | | Tipo Lleg. |
|--------|------------------|-----|-----------------------|----|------------|------|------------------------|-----------------------|----|------------|
| | | | S ó N | Nm | | | | S ó N | Nm | |
| SE | — | 43 | S | 10 | — | 0.95 | — | — | — | 3 |
| SO | — | 25 | S | 10 | — | 0.96 | — | — | — | 2 |
| SN | — | 33 | N | — | — | 0.95 | — | — | — | 3 |
| SS | — | 25 | S | 15 | 35 | 0.96 | — | — | — | 1 |

Inclinación: +rampa, -pendiente
 VP: veh. más de 4 ruedas
 Nm: maniobras estacionam./hr.

NB: autobuses con parada/h
 FHP: factor de hora punta
 Peats: conflict. Peatones en conflicto/h

Min. reglaje: Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Tipo de llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| DIAGRAMA | Diagram 1 | Diagram 2 | Diagram 3 | Diagram 4 | Diagram 5 | Diagram 6 | Diagram 7 | Diagram 8 |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Reglaje | G= Y+R= |

Pred o Actuado

Giros Protegidos
 Giros Permitidos
 _____ Peatones
 Duración del ciclo _____ sa

FIG. 4.4 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION STA. URSULA

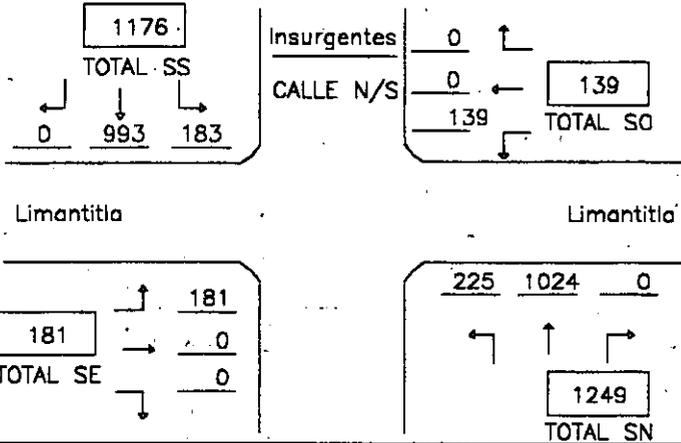
FORMULARIO DE ENTRADA

Intersección: Limantitla Fecha: 11-10-99
 Analista: Francisco Alvarez B. Período Analizado: 08-04-99 Tipo de Area CBD X Otro
 Proyecto No. 1 Ciudad/Estado: México D.F.



A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:

1. Volúmenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles almacenamiento para giros
6. Isletas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobús



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Inclinación (%) | %VP | Carril Estacio. Adya. | | Autobús NB | FHP | Peats.conflicto (pt/h) | Carril Estacio. Adya. | | Tipo Lleg. |
|--------|-----------------|-----|-----------------------|----|------------|------|------------------------|-----------------------|----|------------|
| | | | S & N | Nm | | | | S & N | Nm | |
| SE | — | 34 | N | — | — | 0.95 | — | — | — | 4 |
| SO | — | 37 | N | — | — | 0.96 | — | — | — | 3 |
| SN | — | 27 | N | — | 35 | 0.95 | — | — | — | 1 |
| SS | — | 22 | S | 20 | 38 | 0.96 | — | — | — | 1 |

Inclinación: +rampa, -pendiente
 VP: veh. más de 4 ruedas
 Nm: maniobras estacionam./hr.

NB: autobuses con parada/h
 FHP: factor de hora punta
 Peats: conflict. Peatones en conflicto/h

Min. reglaje: Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Tipo de llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DIAGRAMA | ↓ | ← | | | | | | |
| | ↑ | → | | | | | | |
| Reglaje | G= Y+R= |

Pred o Actuada

Giros Protegidos Giros Permitidos Peatones Duración del ciclo sa

FIG. 4.5 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION LIMANTITLA

FORMULARIO DE ENTRADA

Intersección: Callejón San Marcos

Fecha: 11-10-99

Analista: Francisco Alvarez B.

Período Analizado: 06-04-99

Tipo de Area

CBD X Otro

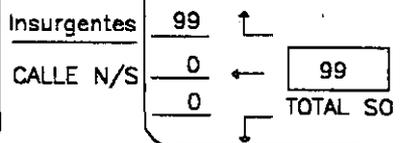
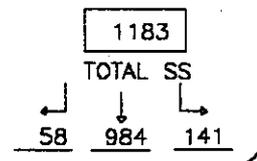
Proyecto No. 1

Ciudad/Estado: México D.F.

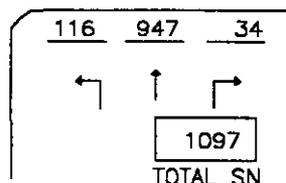
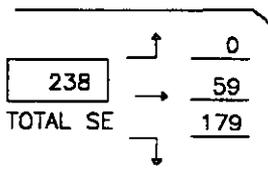


A IDENTIFICAR EN EL DIAGRAMA:

1. Volúmenes
2. Carriles, anchura de carriles
3. Movimiento de cada carril
4. Situación de los estacionamientos (EST)
5. Longitud carriles
6. Isletas (físicas o pintadas)
7. Paradas de autobuses



Callejón Sn. Marcos



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Inclínación (%) | %VP | Carril Estacio.Adya. | | Autobús NB | FHP | Peats.conflicto (pt/h) | Carril Estacio.Adya. | | Tipo Lieg. |
|--------|-----------------|-----|----------------------|----|------------|------|------------------------|----------------------|----|------------|
| | | | S δ N | Nm | | | | S δ N | Nm | |
| SE | — | 28 | N | — | — | 0.95 | — | — | — | 3 |
| SO | — | 38 | S | 20 | — | 0.96 | — | — | — | 4 |
| SN | — | 21 | S | 20 | 36 | 0.95 | — | — | — | 2 |
| SS | — | 20 | S | 20 | 28 | 0.96 | — | — | — | 1 |

Inclinación: +rampa, -pendiente
 VP: veh. más de 4 ruedas
 Nm: maniobras estacionam./hr.

NB: autobuses con parada/h
 FHP: factor de hora punta
 Peats: conflict. Peatones en conflicto/h

Min. reglaje: Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Tipo de llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| D I A G R A M A | ↓ | | ↶ | | | | | | |
| | ↑ | | | | | | | | |
| Re gla je | G= Y+R= |

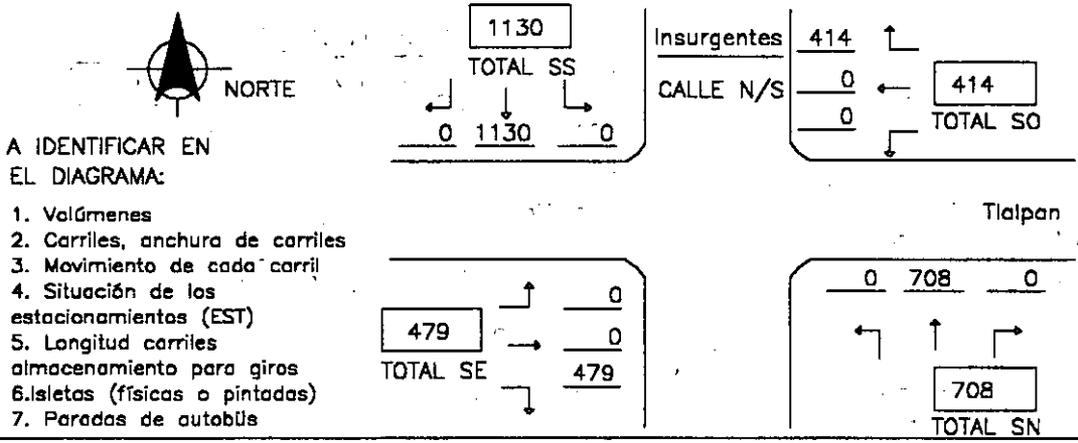
Pred o Actuada

↑ Giros Protegidos ↑ Giros Permitidos Peatones Duración del ciclo ____ sa

FIG. 4.6 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION CALLEJON SAN MARCOS

FORMULARIO DE ENTRADA

Intersección: Tlalpan Fecha: 11-10-99
 Analista: Francisco Alvarez B. Período Analizado: 06-04-99 Tipo de Area CBD X Otro
 Proyecto No. 1 Ciudad/Estado: México D.F.



CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE LA CIRCULACION

| ACCESO | Incl. nación (%) | %VP | Carril Estacio. Adya. | | Autobús NB25 | FHP | Peats.conflicto (pt/h) | Carril Estacio. Adya. | | Tipo Lleg. |
|--------|------------------|-----|-----------------------|----|--------------|------|------------------------|-----------------------|----|------------|
| | | | S & N | Nm | | | | S & N | Nm | |
| SE | — | 25 | N | — | 12 | 0.95 | — | — | — | 3 |
| SO | — | 21 | N | — | 20 | 0.96 | — | — | — | 3 |
| SN | — | 57 | N | — | 32 | 0.95 | — | — | — | 3 |
| SS | — | 15 | N | — | — | 0.96 | — | — | — | 2 |

Inclinación: +trampa, -pendiente NB: autobuses con parada/h
 VP: veh. más de 4 ruedas FHP: factor de hora punta Min. reglaje: Mínimo tiempo verde p/cruce peatonal
 Nm: maniobras estacionam./hr. Peats: conflict. Peatones en conflicto/h Tipo de Llegada: Tipos 1-5

PLAN DE FASES

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| D I A G R A M A | | | | | | | | |
| | Re gla je | G= Y+R= |

Pred o Actuada

Giros Protegidos Giros Permitidos Peatones Duración del ciclo s

FIG. 4.7 AFORO Y LEVANTAMIENTO DE LA INTERSECCION TLALPAN

5.- Conclusiones y Recomendaciones

La realización del proyecto de modificación para la optimización de la vía es rentable, lo que significa que en el tramo en análisis de 3055 m. con un recorrido por lt de 8.5 Km (1Mi/Gal = 0.4251 Km/lt), hablaremos de 6290 lt de combustible, a 1lt = 4.65M.N., en cinco horas pico actualmente equivalen a 29,250.00 pesos. Para el caso de la solución propuesta hablaremos de 5350 lts (10 Km/lt) que equivalen a 24,875.00 pesos. Este diferencial, de 4,375.00 pesos por día, proyectado en el tiempo nos indica que el proyecto será efectivamente rentable en cuestión del consumo energético dentro de la vía, tal como lo muestra el cálculo en el periodo que se indica. Considerando que el ahorro mensual será de 131,250.00 pesos, proyectaremos esto a lo largo de un periodo con una tasa mensual del 1.35%

La corrida financiera que se muestra en el punto 4.2, representa el flujo de efectivo que se generaría de ahorrar combustible. Se plantea una ecuación que se basa en una serie de pagos iguales en la que la incógnita a determinar es el número de periodos para que el proyecto pueda pagarse. Es obvio que dicha serie pueda modificarse en el futuro debido a las condiciones del corredor, tema que se tratará más adelante. Si el proyecto hoy en día tuviera un costo de seis millones de pesos, sería posible, a través del ahorro en combustible de las cinco horas pico de un día, pagarlo en seis años.

Los proyectos a realizar serán de actualización del sistema semafórico en el cual se integrará uno del tipo de control por medio de computadoras digitales y el otro de las modificaciones en campo a la vialidad.

Para este caso se ha omitido que la mejora del corredor en cuanto a su funcionalidad también ofrece beneficios en cuanto a ahorro de tiempo en horas hombre. Lo anterior es muy importante pero no se contemplo debido a que se debería de realizar una

Francisco José Alvarez Blum

encuesta del tipo origen-destino con el fin de conocer el tipo de personas que circulan por la vía durante el día. Además de no disponer de ningún tipo de información que nos pueda orientar respecto a dicha población; cantidades y niveles de ingreso.

Por otro lado es importante analizar la información de las corridas en cuanto a la emisión de contaminantes, en donde tenemos que para el caso de la solución aumentan algunos volúmenes. En el punto 4.2. se muestra una corrida del modelo de emisión de contaminantes en donde se confirma que a un mayor nivel de servicio menor consumo de combustible y menor emisión de contaminantes. En el caso de Tlalpan el nivel de servicio de la solución permanece como el de la situación actual, pero el tiempo de demora se aumenta por vehículo, de ahí el aumento.

En la elaboración de un plan integral de transporte estimamos que esta tesis representa el paso inmediato a seguir para dar soluciones a la vía. Cabe destacar que esta solución tendrá un tiempo de vigencia tan grande como permanezcan estables los volúmenes de utilización de ésta. El siguiente paso a seguir no podrá basarse en modificaciones de tipo estructural en las que se construyan grandes puentes a desnivel u otros Insurgentes en un segundo nivel, debido a su costo tan elevado ya que no sería rentable. De manera que el único camino posible para los recursos disponibles será de dos tipos: de transporte público y cultural. Se deberá de mejorar el sistema de transporte público con el fin de atraer usuarios de vehículos privados de tal suerte que el número de vehículos se viera disminuido por el excelente servicio. De cultura porque nuestra sociedad, la que tiene un vehículo propio, no acostumbra utilizar los medios públicos precisamente por sus inconveniencias e incomodidades. En resumen, la intención global de un plan integral de transporte es la de eliminar los vehículos privados de la circulación, mejorando los sistemas de transporte público como medio para eficientar las arterias existentes.

Francisco José Alvarez Blum

Bibliografía

1. Molinero, Angel R., 1997, Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración, 2ª Edición, Universidad Autónoma del Estado de México, 776pp, México
2. Hay, William W., 1998, Ingeniería de Transporte, Ed. Limusa, 737pp, México D.F.
3. Cal y Mayor, Rafael, 1994, Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones, 7ª edición, Ediciones Alfaomega, 517pp, México D.F.
4. Institute of traffic Engineers, 1950, Traffic Engineering Handbook, Conn, New Haven
5. Mannering, Fred L. And Kiliarsky, Walter P., 1990, Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis, John Wiley & Sons, Singapur
6. Secretaría de Desarrollo Social, Subsecretaría de desarrollo Urbano y Vivienda, Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, 1994, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas; Manual Normativo; Tomo VIII, SEDESOL, México
7. Secretaría de Desarrollo Social, Subsecretaría de desarrollo Urbano y Vivienda, Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, 1994, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas; Manual Normativo; Tomo IX, SEDESOL, México
8. Secretaría de Desarrollo Social, Subsecretaría de desarrollo Urbano y Vivienda, Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, 1994, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas; Manual Normativo; Tomo XII, SEDESOL, México
9. Chesher, Andrew and Robert Harrison, 1987, Vehicle Operating Costs, Banco Mundial, Washington D.C.
10. Beimborn, Eduard and Alan Horowitz, 1993, Measurement of Traffic Benefits, UMTA, Washington D.C.
11. Transportation Research Board, 1978, Traffic Control in Oversaturated Street Networks, NCHRP No194
12. Lutin J.M., 1976, Energy Savings for Work Trips: Analysis of Alternative Community Patterns for New Jersey, National Research Council
13. ITE Educational Foundation, Effect of Signal Timing on Fuel Consumption and Emissions Part 5

ANEXOS

HCM / CINEMA

Situación Actual

y

Solución

Francisco José Álvarez Blum

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: SAN FERNANDO
 WEST APPROACH: STA. TERESA
 ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM
 ANALYSIS PERIOD: P.M.

NORTH APPROACH: INSURGENTES
 SOUTH APPROACH: INSURGENTES
 ANALYSIS DATE: 04-01-99
 CASE: SNFSTAT

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 2 | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 3 | 2 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | LANE 2 | LANE 3 | LANE 4 | LANE 5 | LANE 6 |
|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | MOV. WIDTH |
| EB | L | 12.0 | R | 12.0 | | | |
| WB | LT | 12.0 | T | 12.0 | TR | 12.0 | |
| NB | LT | 12.0 | T | 12.0 | T | 12.0 | |
| SB | T | 12.0 | T | 12.0 | TR | 12.0 | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 168 | 0 | 226 | 0 | 1.00 | | 1.00 |
| WB | 455 | 272 | 1195 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| NB | 318 | 1237 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | |
| SB | 0 | 1345 | 269 | 212 | | 1.00 | 1.00 |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 168 | 0 | 226 | 0 | .95 | | .95 |
| WB | 455 | 272 | 1195 | 0 | .96 | .96 | .96 |
| NB | 318 | 1237 | 0 | 0 | .95 | .95 | |
| SB | 0 | 1345 | 269 | 212 | | .96 | .96 |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----|-----|-----|---|---|---|---|---|
| EB | | | L R | | | | | |
| WB | | LTR | | | | | | |
| NB | LT | | | | | | | |
| SB | TP | | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|----|---|---|---|---|---|
| Green | 78 | 23 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 120
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 5 | | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | | 2 | | 3 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 1 | 1 | 1 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | Y | N | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 10 | 0 | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 0 | 25 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 20.5 | 20.5 | 17.0 | 17.0 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt | | Peak | | Lane | | U | | v | |
|-----|-----|-----------|---------------|-----------|-----|----------------|-----------|------------------|-----|----------------|------------|---------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | Vol (vph) | PHF | Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Group Flow (vph) | Lns | Lane Util Fact | Flow (vph) | Proportion LT | RT |
| EB | L | 168 | 1.00 | 168 | .95 | 177 | L | 177 | 1 | 1.00 | 177 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | R | 238 | 1 | 1.00 | 238 | .00 | 1.00 |
| | R | 226 | 1.00 | 226 | .95 | 238 | | | | | | | |
| WB | L | 455 | 1.00 | 455 | .96 | 474 | LTR | 2002 | 3 | 1.10 | 2202 | .24 | .62 |
| | T | 272 | 1.00 | 272 | .96 | 283 | | | | | | | |
| | R | 1195 | 1.00 | 1195 | .96 | 1245 | | | | | | | |
| NB | L | 318 | 1.00 | 318 | .95 | 335 | L # | 335 | 1 | 1.00 | 335 | 1.00 | .00 |
| | T | 1237 | 1.00 | 1237 | .95 | 1302 | T | 1302 | 2 | 1.05 | 1367 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| SB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | TR | 1460 | 3 | 1.10 | 1606 | .00 | .04 |
| | T | 1345 | 1.00 | 1345 | .96 | 1401 | | | | | | | |
| | R | 269 | 1.00 | 269 | .96 | 59+ | | | | | | | |

+ RTOR volume not included # Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | S Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | Lane Flow S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .975 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1667 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .850 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1287 |
| WB | LTR | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .907 | .988 | 4791 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .120 | 214 |
| | T | 1800 | 2 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3546 |
| SB | TR | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | .965 | 1.00 | .994 | 1.00 | 5128 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|------|------|----------|------|
| Cycle Length C, (sec) | 0 | 0 | 90 | 0 |
| Effective Green, g (sec) | .000 | .000 | 33.428 | .000 |
| Number of Lanes, N | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 0 | 0 | 1637 | 0 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 0 | 0 | 1302 | 0 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 0 | 0 | 335 | 0 |
| Proportion of LT, Plt | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| Opposing Lanes, No | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 0 | 0 | 1399 | 0 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 0 | 0 | 5400 | 0 |
| Yo=Vo/Sop | .000 | .000 | .259 | .000 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | .000 | .000 | 13.647 | .000 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .000 | .000 | .001 | .000 |
| P1=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| gq=g-gu | .000 | .000 | 19.781 | .000 |
| Pt=1-P1 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/P1 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| E1=1800/(1400-Vo) | .000 | .000 | 1800.000 | .000 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+P1(E1-1)))+(2/g)(1+P1) | .000 | .000 | .120 | .000 |
| flt=(fm+N-1)/N | .000 | .000 | .120 | .000 |

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

| App. | Lane Group | v Adj. Flow (vph) | s Adj. Sat. (vphg) | v/s Flow Ratio | g/C Green Ratio | c Capacity (vph) | X v/c Ratio |
|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| EB | L | 177 | 1667 | .11 | .08 | 139 | 1.27 |
| | R | 238 | 1287 | .18 | .08 | 107 | 2.22 |
| WB | * LTR | 2202 | 4791 | .46 | .19 | 918 | 2.40 |
| NB | * L | 335 | 214 | 1.57 | .65 | 139 | 2.41 |
| | T | 1367 | 3546 | .39 | .65 | 2305 | .59 |
| SB | TR | 1606 | 5128 | .31 | .65 | 3333 | .48 |

* Critical Lane Group

Sum(v/s)crit = 2.24

Xc = 2.42

Cycle Length, C = 120 Sec

Lost Time Per Cycle, L = 9.0 Sec

LEVEL OF SERVICE WORKSHEET

| App | Lane Grp. | Delay 1 | | | Delay 2- | | | By Lane Group | | | -Approach- | |
|-----|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------|------------------------|-----|------------------------|-----|
| | | X v/c Ratio | g/C Green Ratio | d1 (sec /veh) | c Cap (vph) | d2 (sec /veh) | PF Prog Fact | Lane Grp. | Delay (sec /veh) | LOS | Delay (sec /veh) | LOS |
| EB | L | 1.27 | .08 | - | 139 | - | 1.00 | L | - | F | - | F |
| | R | 2.22 | .08 | - | 107 | - | 1.40 | R | - | F | - | F |
| WB | LTR | 2.40 | .19 | - | 918 | - | 1.40 | LTR | - | F | - | F |
| NB | L | 2.41 | .65 | - | 139 | - | 1.00 | L | - | F | - | F |
| | T | .59 | .65 | 9.1 | 2305 | .3 | 1.85 | T | 17.4 | C | - | F |
| SB | TR | .48 | .65 | 8.1 | 3333 | .1 | 1.85 | TR | 15.2 | C | 15.2 | C |

Delay invalid when X>1.2

Cycle = 120

Intersection
- F

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|---------------------------------------|-----|
| EB | L | 10 | .08 |
| | R | 10 | .08 |
| WB | *LTR | 23 | .19 |
| NB | *L | 78 | .65 |
| | T | 78 | .65 |
| SB | TR | 78 | .65 |

Cycle Length (C) is 120 secs.
* Critical Lane Group

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: SAN FERNANDO
 WEST APPROACH: STA. TERESA
 ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM
 ANALYSIS PERIOD: P.M.

NORTH APPROACH: INSURGENTES
 SOUTH APPROACH: INSURGENTES
 ANALYSIS DATE: 08-05-99
 CASE: SNFSTAT2

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 4 | 0 | 600 | 1 | 200 | 0 | 0 |
| WB | 5 | 3 | 800 | 1 | 100 | 1 | 300 |
| NB | 4 | 3 | 800 | 1 | 250 | 0 | 0 |
| SB | 4 | 3 | 800 | 0 | 0 | 1 | 200 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | LANE 1 | | LANE 2 | | LANE 3 | | LANE 4 | | LANE 5 | | LANE 6 | |
|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | MOV. | WIDTH |
| EB | L | 10.0 | L | 10.0 | R | 10.0 | R | 10.0 | | | | |
| WB | L | 12.0 | TR | 12.0 | R | 12.0 | R | 12.0 | R | 12.0 | | |
| NB | L | 12.0 | T | 12.0 | T | 12.0 | T | 12.0 | | | | |
| SB | T | 12.0 | T | 12.0 | T | 12.0 | R | 12.0 | | | | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 168 | 0 | 226 | 0 | 1.00 | | 1.00 |
| WB | 455 | 272 | 1195 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| NB | 318 | 1237 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | |
| SB | 0 | 1345 | 269 | 212 | | 1.00 | 1.00 |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 168 | 0 | 226 | 0 | .95 | | .95 |
| WB | 455 | 272 | 1195 | 0 | .96 | .96 | .96 |
| NB | 318 | 1237 | 0 | 0 | .95 | .95 | |
| SB | 0 | 1345 | 269 | 212 | | .96 | .96 |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----|----|-----|-----|---|---|---|---|
| EB | | | | L R | | | | |
| WB | | | LTR | | | | | |
| NB | T | LT | | | | | | |
| SB | TP | | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|----|----|---|---|---|---|
| Green | 37 | 25 | 36 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 125
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 2.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 5 | | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | | 2 | | 3 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 1 | 1 | 2 | 2 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | Y | N | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 10 | 0 | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 0 | 25 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.5 | 23.5 | 24.3 | 24.3 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Flow (vph) | Lns | U Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|-----------------|-----|-------------|-------------------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | | LT | RT |
| EB | L | 168 | 1.00 | 168 | .95 | 177 | L | 177 | 2 | 1.05 | 186 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | R | 238 | 2 | 1.05 | 250 | .00 | 1.00 |
| | R | 226 | 1.00 | 226 | .95 | 238 | | | | | | | |
| WB | L | 455 | 1.00 | 455 | .96 | 474 | L | 474 | 1 | 1.00 | 474 | 1.00 | .00 |
| | T | 272 | 1.00 | 272 | .96 | 283 | TR | 408 | 1 | 1.00 | 408 | .00 | .31 |
| | R | 1195 | 1.00 | 1195 | .96 | 1245 | R | 1120 | 3 | 1.10 | 1232 | .00 | 1.00 |
| NB | L | 318 | 1.00 | 318 | .95 | 335 | L | 335 | 1 | 1.00 | 335 | 1.00 | .00 |
| | T | 1237 | 1.00 | 1237 | .95 | 1302 | T | 1302 | 3 | 1.10 | 1432 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| SB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | T | 1401 | 3 | 1.10 | 1541 | .00 | .00 |
| | T | 1345 | 1.00 | 1345 | .96 | 1401 | R | 59 | 1 | 1.00 | 59 | .00 | 1.00 |
| | R | 269 | 1.00 | 269 | .96 | 59+ | | | | | | | |

+ RTOR volume not included

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | Lane Flow S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | L | 1800 | 2 | .930 | .975 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .920 | 3003 |
| | R | 1800 | 2 | .930 | .990 | 1.000 | .920 | 1.00 | 1.00 | .750 | 1.00 | 2287 |
| WB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1693 |
| | TR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .954 | 1.00 | 1700 |
| | R | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 4544 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1693 |
| | T | 1800 | 3 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5319 |
| SB | T | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5346 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | .900 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1356 |

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|---------------------------------------|-----|
| EB | L | 19 | .15 |
| | R | 19 | .15 |
| WB | *L | 36 | .29 |
| | TR | 36 | .29 |
| | R | 36 | .29 |
| NB | *L | 25 | .20 |
| | T | 64 | .51 |
| SB | *T | 37 | .30 |
| | R | 37 | .30 |

Cycle Length (C) is 125 secs.

* Critical Lane Group

NCH Summary Results for Case: SNFSTATZ

SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINATION DEL MS INDICION

P.M.

Version 2.4

| App Group | Lane | v/c | X Ratio | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|------|-----|---------|-----------------|-----|
| EB | L | .86 | .41 | 16.0 | D |
| | R | .11 | .72 | 64.7 | F |
| | All | | | 52.8 | E |
| WB | *L | .28 | .97 | 58.3 | E |
| | TH | .24 | .10 | 55.7 | E |
| | R | .27 | .94 | 59.9 | E |
| All | | | 58.7 | E | |
| NB | *L | .28 | .99 | 72.4 | F |
| | T | .27 | .58 | 21.1 | C |
| | All | | | 46.0 | D |
| SB | *L | .29 | .97 | 59.9 | E |
| | R | .64 | .45 | 33.2 | D |
| | All | | | 51.1 | E |
| Intersect | | .91 | .97 | 49.4 | E |

| | | | | | |
|------|---|----|---|------|---|
| 1345 | | | | 1195 | |
| 259 | | | | 272 | |
| | | | | 4th | |
| 168 | | | | 1237 | |
| 226 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 37 | 2 | 25 | 2 | 36 | 2 |
| | | | | | |

NETSIM Results for Case: SNESTAT2

SAN FERNANDO/INSURGENTES

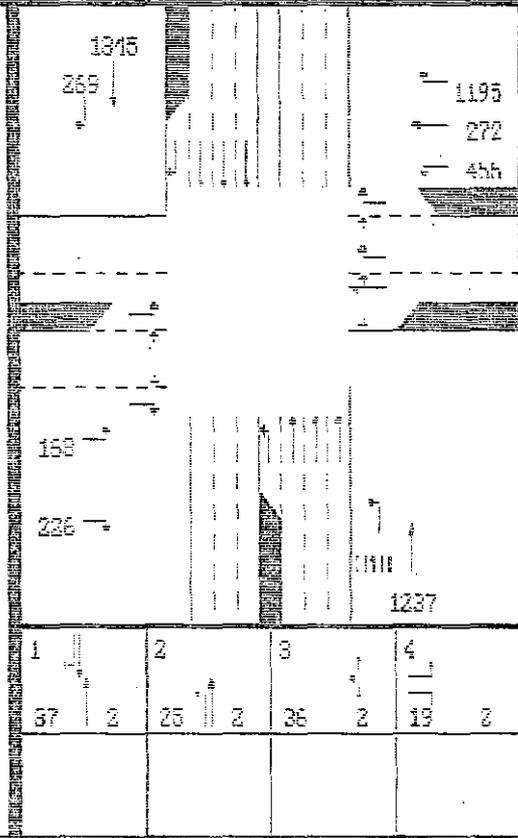
DETERMINATION OF PEAK PERIOD

P.M.

Version 2.14

Simulation indicates specified peak period volumes exceed entry capacity of following approaches probably due to spillback into upstream intersection:

WENTWOOD



NETSIM Results for Case: SNFSTAT2

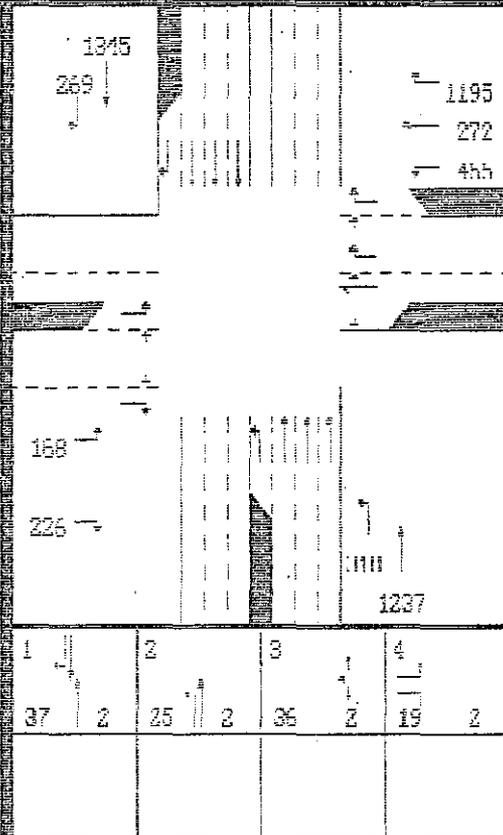
SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NO. SELECCION

P.M.

Version 2.0

| Spillback in | | | | |
|--------------|-------|------------------------|-----------------|-------------------------------|
| App | Group | Avg Lane Storage (veh) | Avg Speed (mph) | Worst Lane (% of Peak Period) |
| EN | L | 6 | 11.5 | .8 |
| | R | 7 | 9.4 | .8 |
| | All | 13 | 9.4 | .8 |
| WB | L | 4 | 1.9 | 74.2 |
| | TR | 11 | 2.0 | 49.9 |
| | R | 20 | 6.5 | .8 |
| | All | 35 | 3.8 | 74.2 |
| NB | L | 5 | 9.5 | 9.4 |
| | T | 16 | 14.6 | .8 |
| | All | 21 | 12.1 | 11.4 |
| SB | T | 29 | 8.3 | .8 |
| | R | 1 | 14.4 | 18.1 |
| | All | 30 | 11.5 | 18.1 |
| Intersect. | | 119 | 6.4 | |



NETSIM Results for Case: SNFSTAT2

SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NO. SELECCION

P.M.

Version 2.0

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EN | 2.0 | .2 | .8 | 4.1 | 2.2 | .8 |
| WB | 18.2 | .3 | .8 | 5.2 | 2.5 | .8 |
| NB | 5.8 | .3 | .8 | 12.2 | 6.1 | .8 |
| SB | 6.6 | .2 | .2 | 9.5 | 4.4 | 4.5 |
| All | 24.1 | .9 | .2 | 7.8 | 3.9 | 4.5 |

Auto Pollutant Emissions

(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOx |
|----|-------|--------|--------|
| EN | 115.2 | 2641.1 | 521.1 |
| WB | 581.3 | 8177.8 | 1486.8 |
| NB | 385.8 | 5162.1 | 976.1 |

| ITEM | QUANTITY | UNIT PRICE | TOTAL |
|------|----------|------------|--------|
| SB | 489.8 | 7719.7 | 1177.5 |
| All | 1881.4 | 7000.1 | 1881.2 |

IDENTIFYING INFORMATION

```

=====
EAST APPROACH: CORREGIDORA          NORTH APPROACH: INSURGENTES
WEST APPROACH: CORREGIDORA          SOUTH APPROACH: INSURGENTES
ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM    ANALYSIS DATE: 04-29-99
ANALYSIS PERIOD: A.M.              CASE: CORREGI
    
```

INTERSECTION GEOMETRY

```

=====
          LANE          LEFT TURN          RIGHT TURN
APP.  APPROACH  OUTBOUND  LENGTH  ---POCKET---  ---POCKET---
      LANES    LANES    (FEET)  LANES (FEET)  LANES (FEET)
-----
EB     2         0         600     0         0         0         0
WB     0         1         0       0         0         0         0
NB     3         3         600     0         0         0         0
SB     3         3         600     0         0         0         0
    
```

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

```

          LANE 1      LANE 2      LANE 3      LANE 4      LANE 5      LANE 6
APP. MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH
-----
EB  L   12.0 R   12.0
WB
NB  LT  12.0 T   12.0 T   12.0
SB  T   12.0 T   12.0 TR  12.0
    
```

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

```

=====
          CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH)          GROWTH FACTORS
APP.  LEFT  THRU  RIGHT  RTOR          LEFT  THRU  RIGHT
-----
EB     621    0    405    0          1.00          1.00
WB     0      0     0      0
NB     366   859    0      0          1.00    1.00
SB     0     834   423    0          1.00    1.00
    
```

```

          MOVEMENT VOLUMES (VPH)          PEAK HOUR FACTORS
APP.  LEFT  THRU  RIGHT  RTOR          LEFT  THRU  RIGHT
-----
EB     621    0    405    0          .95          .95
WB     0      0     0      0
NB     366   859    0      0          .95    .95
SB     0     834   423    0          .96    .96
    
```

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|----|---|---|---|---|---|---|
| EB | L P | | | | | | | |
| WB | | | | | | | | |
| NB | | LT | | | | | | |
| SB | | TP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 20 | 82 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 108
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | | 2 | | | | 2 | 3 | | | 2 | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | | | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | | 2 | 2 |
| PERCENT GRADE | 0 | | 0 | 0 |
| CURB PARKING | 5 | | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | | 32 | 19 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 17.0 | | 11.5 | 11.5 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | Peak Mvt Flow (vph) | PHF | Lane Grp. | Lane Group Flow (vph) | Lns | U- Lane Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|---------------------|-----|-----------|-----------------------|-----|-------------------|-------------------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | | LT | RT |
| EB | L | 621 | 1.00 | 621 | .95 | 654 | L | 654 | 1 | 1.00 | 654 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | R | 426 | 1 | 1.00 | 426 | .00 | 1.00 |
| | R | 405 | 1.00 | 405 | .95 | 426 | | | | | | | |
| NB | L | 366 | 1.00 | 366 | .95 | 385 | L # | 385 | 1 | 1.00 | 385 | 1.00 | .00 |
| | T | 859 | 1.00 | 859 | .95 | 904 | T | 904 | 2 | 1.05 | 949 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| SB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | TR | 1310 | 3 | 1.10 | 1441 | .00 | .34 |
| | T | 834 | 1.00 | 834 | .96 | 869 | | | | | | | |
| | R | 423 | 1.00 | 423 | .96 | 441 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1693 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .900 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1363 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .138 | 246 |
| | T | 1800 | 2 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | .936 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3319 |
| SB | TR | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | .972 | 1.00 | .950 | 1.00 | 4936 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|------|------|--------|------|
| Cycle Length C, (sec) | 0 | 0 | 90 | 0 |
| Effective Green, g (sec) | .000 | .000 | 35.556 | .000 |
| Number of Lanes, N | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 0 | 0 | 1289 | 0 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 0 | 0 | 904 | 0 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 0 | 0 | 385 | 0 |
| Proportion of LT, Plt | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| Opposing Lanes, No | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 0 | 0 | 1310 | 0 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 0 | 0 | 5400 | 0 |
| Yo=Vo/Sop | .000 | .000 | .243 | .000 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | .000 | .000 | 18.117 | .000 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .000 | .000 | .056 | .000 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| gq=g-gu | .000 | .000 | 17.438 | .000 |
| Pt=1-Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| El=1800/(1400-Vo) | .000 | .000 | 20.000 | .000 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(El-1)))+(2/g)(1+Pl) | .000 | .000 | .138 | .000 |
| flt=(fm+N-1)/N | .000 | .000 | .138 | .000 |

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|---------------------------------------|-----|
| EB | *L | 20 | .19 |
| | R | 20 | .19 |
| NB | *L | 82 | .76 |
| | T | 82 | .76 |
| SB | TR | 82 | .76 |

Cycle Length (C) is 108 secs.
 * Critical Lane Group

NCH Summary Results for Case: CORREGI

CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO A.M.

Version 2.4

| | X | Delay | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-----|-----|--|--|
| Lane | v/s | v/c | (sec/ | | | | |
| App Group | Ratio | Ratio | veh) | LOS | | | |
| | | | | | 834 | | |
| | | | | | 423 | | |

NCH Summary Results for Case: CORREGI

CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO A.M.

Version 2.4

| | X | Delay | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-----|-----|--|-----|
| Lane | v/s | v/c | (sec/ | | | | |
| App Group | Ratio | Ratio | veh) | LOS | | | |
| EH | XL | 1.00 | 2.00 | F | 834 | | |
| | R | .81 | 1.69 | F | 423 | | |
| | All | | | F | | | |
| MR | XL | 1.57 | 2.86 | F | | | |
| | T | .29 | .38 | 4.6 | 485 | | |
| | All | | | F | | | 859 |
| SB | TR | .29 | .38 | 4.6 | | | |
| | All | | | 4.6 | | | |
| Intersect | | 1.95 | 2.87 | F | | | |

NETSIM Results for Case: CORREGI

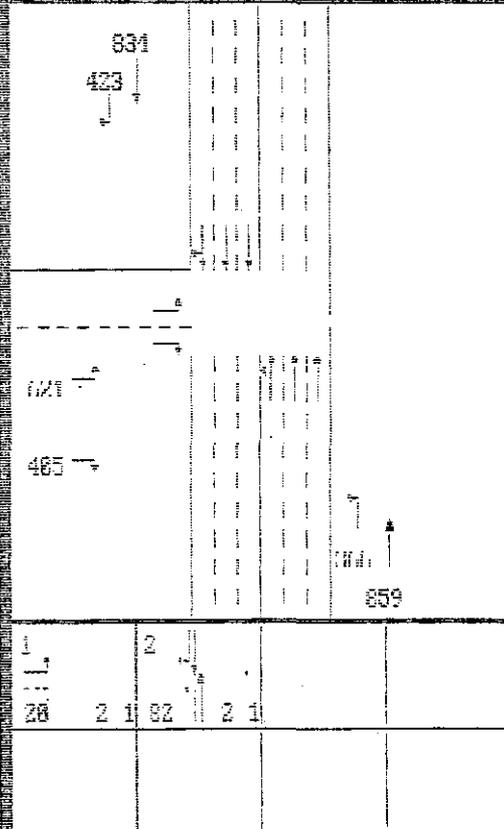
CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO A.M.

Version 2.0

Simulation indicates specified peak period volumes exceed entry capacity of following approaches probably due to spillback into upstream intersection:

CONTINUO



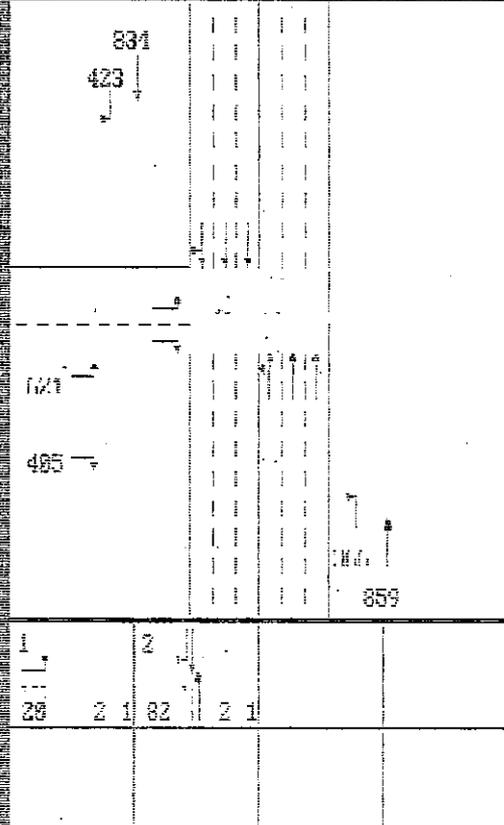
NETSIM Results for Case: CORREGI

CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO A.M.

Version 2.11

| | | Spillback in | | |
|------------|-------|--------------|-------|------------|
| | | Avg | Worst | Lane |
| | | Lane Storage | Speed | (% of Peak |
| App | Group | (veh) | (mph) | Period) |
| KH | L | 26 | 1.4 | 72.8 |
| | R | 5 | 8.7 | .0 |
| | All | 31 | 1.8 | 72.8 |
| NB | L | 6 | 18.8 | .0 |
| | T | 4 | 19.9 | .0 |
| | All | 10 | 14.1 | .0 |
| SB | TR | 8 | 18.6 | .0 |
| | All | 8 | 18.6 | .0 |
| Intersect. | | 49 | 7.8 | |



NETSIM Results for Case: CORREGI

CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO A.M.

Version 2.11

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| KH | 4.7 | .1 | .1 | 8.9 | 1.1 | .6 |
| NB | .8 | .8 | .8 | .8 | .8 | .8 |
| SB | 3.8 | .2 | .1 | 11.4 | 5.8 | 8.7 |
| All | 10.4 | .6 | .2 | 8.1 | 3.6 | 7.7 |

Auto Pollutant Emissions
(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|----|--------|--------|-------|
| KH | 1121.4 | 5671.1 | 714.1 |
| NB | .8 | .8 | .8 |
| SB | 228.7 | 4172.7 | 888.9 |

| TYPE | NUMBER | AMOUNT | TOTAL |
|------|--------|--------|--------|
| SB | 283.4 | 3213.7 | 775.2 |
| ALL | 272.4 | 4117.0 | 1041.2 |

IDENTIFYING INFORMATION

```

=====
EAST APPROACH: CORREGIDORA          NORTH APPROACH: INSURGENTES
WEST APPROACH:                      SOUTH APPROACH: INSURGENTES
ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM    ANALYSIS DATE: 04-29-99
ANALYSIS PERIOD: A.M.              CASE: CORREG2
    
```

INTERSECTION GEOMETRY

```

=====
APP.  APPROACH  OUTBOUND  LANE  LEFT TURN  RIGHT TURN
      LANES    LANES    LENGTH  ---POCKET--- ---POCKET---
                        (FEET)  LANES (FEET)  LANES (FEET)
-----
EB    4         0         600     1         20        1         100
WB    0         1         0        0         0         0         0
NB    4         3         900     1        300        0         0
SB    4         3         900     0         0         1        300
    
```

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

```

APP.  LANE 1  LANE 2  LANE 3  LANE 4  LANE 5  LANE 6
MOV.  MOV.  MOV.  MOV.  MOV.  MOV.  MOV.
WIDTH WIDTH WIDTH WIDTH WIDTH WIDTH WIDTH
-----
EB    L    12.0  L    12.0  R    12.0  R    12.0
WB
NB    L    12.0  T    12.0  T    12.0  T    12.0
SB    T    12.0  T    12.0  T    12.0
    
```

```

L - EXCLUSIVE LEFT TURN          T - EXCLUSIVE THROUGH
LT - LEFT TURN / THROUGH         TR - THROUGH / RIGHT TURN
LR - LEFT TURN / RIGHT TURN     R - EXCLUSIVE RIGHT TURN
LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
    
```

TRAFFIC VOLUMES

```

=====
CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH)          GROWTH FACTORS
APP.  LEFT  THRU  RIGHT  RTOR          LEFT  THRU  RIGHT
-----
EB    621   0    405    0          1.00          1.00
WB    0     0     0     0
NB    366  859   0     0          1.00  1.00
SB    0    834  423    0          1.00  1.00
    
```

```

MOVEMENT VOLUMES (VPH)          PEAK HOUR FACTORS
APP.  LEFT  THRU  RIGHT  RTOR          LEFT  THRU  RIGHT
-----
EB    621   0    405    0          .95          .95
WB    0     0     0     0
NB    366  859   0     0          .95  .95
SB    0    834  423    0          .96  .96
    
```

SIGNAL SETTINGS - OPERATIONAL ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|----|----|---|---|---|---|---|
| EB | L P | | | | | | | |
| WB | | | | | | | | |
| NB | | T | LT | | | | | |
| SB | | TP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|----|---|---|---|---|---|
| Green | 40 | 65 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 144
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | | 2 | | | | 2 | 3 | | | 2 | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | | | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | | 2 | 2 |
| PERCENT GRADE | 0 | | 0 | 0 |
| CURB PARKING | 5 | | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | | 32 | 19 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.5 | | 17.5 | 17.5 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group Flow (vph) | Lns | U v Lane Util Fact | Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|-----------------------|-----|--------------------|-----------------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | | LT | RT |
| EB | L | 621 | 1.00 | 621 | .95 | 654 | L | 654 | 2 | 1.05 | 687 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | R | 426 | 2 | 1.05 | 447 | .00 | 1.00 |
| | R | 405 | 1.00 | 405 | .95 | 426 | | | | | | | |
| NB | L | 366 | 1.00 | 366 | .95 | 385 | L | 385 | 1 | 1.00 | 385 | 1.00 | .00 |
| | T | 859 | 1.00 | 859 | .95 | 904 | T | 904 | 3 | 1.10 | 994 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| SB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | T | 869 | 3 | 1.10 | 956 | .00 | .00 |
| | T | 834 | 1.00 | 834 | .96 | 869 | R | 441 | 1 | 1.00 | 441 | .00 | 1.00 |
| | R | 423 | 1.00 | 423 | .96 | 441 | | | | | | | |

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | L | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .920 | 3279 |
| | R | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | .950 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 2878 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1693 |
| | T | 1800 | 3 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | .956 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5085 |
| SB | T | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5346 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | .924 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1400 |

HCM Summary Results for Case: CORREG2

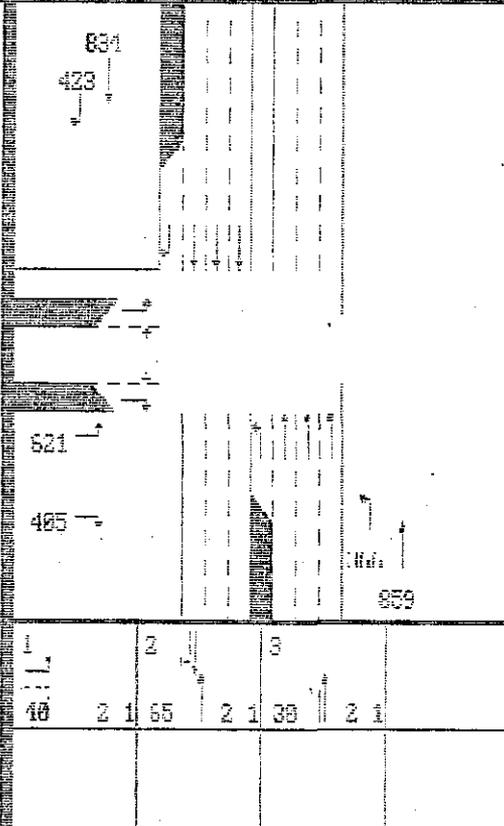
CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINATION BY: SULLIVAN

A.M.

Version 2.14

| App | Group | Lane | v/s | Ratio | X v/s | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|-------|------|------|-------|-------|-----------------|-----|
| EB | *L | | .21 | | .75 | 31.6 | D |
| | | R | .15 | | .56 | 31.5 | D |
| | | All | | | | 37.0 | D |
| NB | *L | | .23 | | 1.09 | 111.4 | F |
| | | T | .20 | | .29 | 9.4 | F |
| | | All | | | | 17.9 | D |
| SB | T | | .18 | | .40 | 27.2 | D |
| | | R | .31 | | .70 | 32.2 | D |
| | | All | | | | 20.7 | D |
| Intersect | | | 1.81 | | 1.93 | - | D |



NETSIM Results for Case: CORREG2

CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINATION BY WILKINSON

A.M.

Version 7.14

| | | | | | Spillback in | | | | |
|------------|-------|---------|-----------|------------|--------------|--------|--------|-----|-----|
| | | | | | 634 | | | | |
| | | | | | 423 | | | | |
| | | | | | ↓ | | | | |
| | Lane | Storage | (Vg Speed | Worst Lane | | | | | |
| App | Group | (veh) | (mph) | (% of Peak | | | | | |
| Period) | | | | | | | | | |
| DN | L | 16 | 5.8 | 1.6 | | | | | |
| | R | 8 | 6.8 | .8 | | | | | |
| | All | 24 | 5.3 | 1.6 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | 621 | | | | |
| | | | | | 485 | | | | |
| | | | | | ↓ | | | | |
| NB | L | 9 | 2.5 | 38.7 | | | | | |
| | T | 11 | 18.4 | .8 | | | | | |
| | All | 20 | 11.1 | 181.7 | | | | | 859 |
| | | | | | | | | | |
| SB | T | 13 | 15.8 | .8 | 1 | 2 | 3 | | |
| | R | 5 | 5.6 | 18.7 | | | | | |
| | All | 18 | 12.0 | 14.7 | 18 | 2 1 65 | 2 1 38 | 2 1 | |
| | | | | | | | | | |
| Intersect. | | 62 | 9.2 | | | | | | |

NETSIM Results for Case: CORREG2

CORREGIDORA / INSURGENTES

DETERMINATION NO. 03/10/11

A.M.

Version 2.11

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| CH | 4.1 | .2 | .4 | 6.6 | 11.1 | .4 |
| WB | .0 | .0 | .0 | .0 | .0 | .0 |
| NB | 5.0 | .3 | .2 | 10.5 | 4.9 | 6.8 |
| SB | 4.9 | .2 | .2 | 11.1 | 4.0 | 4.3 |
| All | 14.5 | .7 | .4 | 9.5 | 4.2 | 3.6 |

Auto Pollutant Emissions
(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|-----|--------|--------|--------|
| CH | 1001.2 | 2717.1 | 971.1 |
| WB | .0 | .0 | .0 |
| NB | 263.3 | 4167.3 | 898.5 |
| SB | 256.2 | 4199.5 | 902.9 |
| All | 2019.6 | 5987.1 | 1974.5 |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: FUENTES BROT
 WEST APPROACH: CALVARIO
 ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM
 ANALYSIS PERIOD: P.M.

NORTH APPROACH: INSURGENTES
 SOUTH APPROACH: INSURGENTES
 ANALYSIS DATE: 04-01-99
 CASE: CALVARIO

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 1 | 2 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 2 | 1 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | | LANE 2 | | LANE 3 | | LANE 4 | | LANE 5 | | LANE 6 | |
|------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | MOV. | WIDTH |
| EB | LTR | | 12.0 | | | | | | | | | | |
| WB | L | | 12.0 | TR | 12.0 | | | | | | | | |
| NB | LT | | 12.0 | T | 12.0 | TR | 12.0 | | | | | | |
| SB | T | | 12.0 | T | 12.0 | TR | 12.0 | | | | | | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 123 | 47 | 135 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| WB | 217 | 0 | 416 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| NB | 193 | 871 | 104 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| SB | 0 | 660 | 88 | 0 | | 1.00 | 1.00 |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 123 | 47 | 135 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| WB | 217 | 0 | 416 | 0 | .96 | .90 | .96 |
| NB | 193 | 871 | 104 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| SB | 0 | 660 | 88 | 0 | | .96 | .96 |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| EB | LTP | | | | | | | |
| WB | LTP | | | | | | | |
| NB | | LTP | | | | | | |
| SB | | TP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 60 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 113
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 3 | 2 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | Y | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 15 | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 0 | 25 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 20.5 | 20.5 | 17.0 | 17.0 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt | | Peak | Lane | Lane | | U | v | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|-----------|-----|----------------|------|------------------|-----|----------------|------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | Vol (vph) | PHF | Mvt Flow (vph) | | Group Flow (vph) | Lns | Lane Util Fact | | Flow (vph) | LT |
| EB | L | 123 | 1.00 | 123 | .95 | 129 | LTR | 320 | 1 | 1.00 | 320 | .40 | .44 |
| | T | 47 | 1.00 | 47 | .95 | 49 | | | | | | | |
| | R | 135 | 1.00 | 135 | .95 | 142 | | | | | | | |
| WB | L | 217 | 1.00 | 217 | .96 | 226 | L | 226 | 1 | 1.00 | 226 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | TR | 433 | 1 | 1.00 | 433 | .00 | 1.00 |
| | R | 416 | 1.00 | 416 | .96 | 433 | | | | | | | |
| NB | L | 193 | 1.00 | 193 | .95 | 203 | L # | 203 | 1 | 1.00 | 203 | 1.00 | .00 |
| | T | 871 | 1.00 | 871 | .95 | 917 | TR | 1026 | 2 | 1.05 | 1077 | .00 | .11 |
| | R | 104 | 1.00 | 104 | .95 | 109 | | | | | | | |
| SB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | TR | 780 | 3 | 1.10 | 858 | .00 | .12 |
| | T | 660 | 1.00 | 660 | .96 | 688 | | | | | | | |
| | R | 88 | 1.00 | 88 | .96 | 92 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | Lane Flow S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | LTR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .840 | .541 | 810 |
| WB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .602 | 1073 |
| | TR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .825 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1250 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .359 | 640 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .984 | 1.00 | 3489 |
| SB | TR | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | .965 | 1.00 | .982 | 1.00 | 5066 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|--------|--------|--------|------|
| Cycle Length C, (sec) | 113 | 113 | 113 | 0 |
| Effective Green, g (sec) | 47.715 | 47.715 | 59.285 | .000 |
| Number of Lanes, N | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 320 | 659 | 1229 | 0 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 191 | 433 | 1026 | 0 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 129 | 226 | 203 | 0 |
| Proportion of LT, Plt | .403 | 1.000 | 1.000 | .000 |
| Opposing Lanes, No | 1 | 1 | 3 | 0 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 433 | 191 | 780 | 0 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .403 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/((1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm)))) | 1800 | 1336 | 5400 | 0 |
| Yo=Vo/Sop | .241 | .143 | .144 | .000 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | 27.035 | 36.825 | 50.217 | .000 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .604 | .756 | .387 | .000 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .403 | 1.000 | 1.000 | .000 |
| gq=g-gu | 20.679 | 10.890 | 9.069 | .000 |
| Pt=1-Pl | .597 | .597 | .597 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | 2.947 | .000 | .000 | .000 |
| El=1800/(1400-Vo) | 1.861 | 1.489 | 2.903 | .000 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(E1-1)))+(2/g)(1+Pl) | .541 | .602 | .359 | .000 |
| flt=(fm+N-1)/N | .541 | .602 | .359 | .000 |

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

| App. | Lane Group | v Adj. Flow (vph) | s Adj. Sat. (vphg) | v/s Flow Ratio | g/C Green Ratio | c Capacity (vph) | X v/c Ratio |
|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| EB | * LTR | 320 | 810 | .40 | .53 | 430 | .74 |
| WB | L | 226 | 1073 | .21 | .53 | 570 | .40 |
| | TR | 433 | 1250 | .35 | .53 | 664 | .65 |
| NB | * L | 203 | 640 | .32 | .42 | 266 | .76 |
| | TR | 1077 | 3489 | .31 | .42 | 1451 | .74 |
| SB | TR | 858 | 5066 | .17 | .42 | 2107 | .41 |

* Critical Lane Group

Sum(v/s)crit = .71 Xc = .75
 Cycle Length, C = 113 Sec Lost Time Per Cycle, L = 6.0 Sec

LEVEL OF SERVICE WORKSHEET

| App | Lane Grp. | X v/c Ratio | Delay 1 g/C Green Ratio | d1 (sec /veh) | Delay 2- c Cap (vph) | d2 (sec /veh) | By Lane Group PF Prog Lane Fact Grp. | Delay (sec /veh) | LOS | Approach- Delay (sec /veh) | LOS |
|-----|-----------|-------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|---|------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| EB | LTR | .74 | .53 | 15.6 | 430 | 4.7 | 1.00 LTR | 20.3 | C | 20.3 | C |
| WB | L | .40 | .53 | 12.0 | 570 | .2 | 1.00 L | 12.2 | B | 14.7 | B |
| | TR | .65 | .53 | 14.4 | 664 | 1.6 | 1.00 TR | 16.1 | C | | |
| NB | L | .76 | .42 | 21.5 | 266 | 8.3 | 1.00 L | 29.8 | D | 28.0 | D |
| | TR | .74 | .42 | 21.2 | 1451 | 1.5 | 1.22 TR | 27.6 | D | | |
| SB | TR | .41 | .42 | 17.6 | 2107 | .1 | 1.85 TR | 32.8 | D | 32.8 | D |

Cycle = 113

Intersection
 25.7 D

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE-GROUP -- DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|-------|------------|---------------------------------------|-------|
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| EB | *LTR | 60 | .53 |
| WB | L | 60 | .53 |
| | TR | 60 | .53 |
| NB | *L | 47 | .42 |
| | TR | 47 | .42 |
| SB | TR | 47 | .42 |

Cycle Length (C) is 113 secs.
* Critical Lane Group

MOB Summary Results for Case: CALVARIO

FUENTES BRO/INSURGENTES

DETERMINACION DE MS

P.M.

Version 2.11

| App | Group | Ratio | X Ratio | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----|-----------|-------|---------|-----------------|-----|
| EN | *LTH | .44 | .74 | 24.1 | C |
| | ALL | | | 28.3 | C |
| | | | | | |
| UB | L | .21 | .48 | 12.2 | B |
| | TR | .15 | .15 | 16.1 | C |
| | ALL | | | 14.7 | B |
| NB | *L | .32 | .76 | 29.8 | D |
| | TR | .31 | .74 | 27.6 | D |
| | ALL | | | 29.4 | D |
| SB | TR | .17 | .41 | 32.8 | D |
| | ALL | | | 32.8 | D |
| | Intersect | .71 | .75 | 25.7 | D |

| | | | | | |
|-----|-----|----|-----|--|-----|
| 669 | | | | | |
| 89 | | | | | |
| | | | | | 416 |
| | | | | | 9 |
| | | | | | 217 |
| | | | | | |
| 120 | | | | | |
| 47 | | | | | |
| 135 | | | | | |
| | | | | | 871 |
| 1 | 2 | | | | |
| 68 | 2 1 | 47 | 2 1 | | |

NETSIM Results for Case: CALVARIO

FUENTES BRO/INSURGENTES

DETERMINACION DE NS

P.M.

Version 2.14

| | | Spillback in | | | | | | |
|------------|-------|--------------|-------|------------|--|--|--|--|
| | | avg | avg | Worst Lane | | | | |
| Lane | | Storage | Speed | Cz of Peak | | | | |
| App | Group | (veh) | (mph) | Period) | | | | |
| KH | LTH | 5 | 12.1 | .8 | | | | |
| | All | 3 | 12.6 | .0 | | | | |
| WB | L | 2 | 13.1 | .0 | | | | |
| | TR | 5 | 9.9 | .8 | | | | |
| | All | 7 | 10.9 | .0 | | | | |
| NB | L | 7 | 7.5 | .0 | | | | |
| | TR | 8 | 11.2 | .0 | | | | |
| | All | 15 | 9.5 | .8 | | | | |
| SB | TR | 16 | 5.5 | .0 | | | | |
| | All | 16 | 5.5 | .0 | | | | |
| Intersect. | | 11 | 8.4 | | | | | |

NETSIN Results for Case: CALVARIO

FUENTES BROT/INSURGENTES

DETERMINACION DE NO:

P.M.

Version 2.11

Fuel Consumption

| | -----Gallons----- | | | -----Miles Per Gallon----- | | |
|-----|-------------------|--------|-------|----------------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EN | .1 | .1 | .1 | 14.1 | 7.1 | .1 |
| WD | 1.5 | .1 | .0 | 12.6 | 5.9 | .0 |
| ND | 3.7 | .2 | .0 | 9.2 | 4.7 | .0 |
| SB | 3.3 | .1 | .2 | 6.4 | 2.8 | 3.9 |
| All | 9.2 | .4 | .2 | 9.0 | 4.7 | 3.9 |

Auto Pollutant Emissions

(Grams/Mile-Hour)

| | -----HC----- | -----CO----- | -----NOX----- |
|-----|--------------|--------------|---------------|
| | EN | 51.0 | 700.5 |
| WD | 128.0 | 1782.0 | 315.9 |
| ND | 381.1 | 5366.0 | 1033.1 |
| SB | 272.5 | 4846.2 | 852.9 |
| All | 1012.7 | 11594.7 | 2349.0 |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: FUENTES BROT
 WEST APPROACH: CALVARIO
 ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM
 ANALYSIS PERIOD: P.M.

NORTH APPROACH: INSURGENTES
 SOUTH APPROACH: INSURGENTES
 ANALYSIS DATE: 08-06-99
 CASE: CALVAR2

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 1 | 2 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 3 | 1 | 600 | 1 | 100 | 0 | 0 |
| NB | 4 | 3 | 600 | 1 | 200 | 0 | 0 |
| SB | 4 | 3 | 600 | 0 | 0 | 1 | 200 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | LANE 2 | LANE 3 | LANE 4 | LANE 5 | LANE 6 |
|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | MOV. WIDTH |
| EB | LTR | 12.0 | | | | | |
| WB | L | 10.0 | T 12.0 | R 12.0 | | | |
| NB | L | 10.0 | T 12.0 | T 12.0 | TR 12.0 | | |
| SB | T | 12.0 | T 12.0 | T 12.0 | R 10.0 | | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 123 | 47 | 135 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| WB | 217 | 0 | 416 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| NB | 193 | 871 | 104 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| SB | 0 | 660 | 88 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 123 | 47 | 135 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| WB | 217 | 0 | 416 | 0 | .96 | .90 | .96 |
| NB | 193 | 871 | 104 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| SB | 0 | 660 | 88 | 0 | | .96 | .96 |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| EB | LTP | | | | | | | |
| WB | LTP | | | | | | | |
| NB | | LTP | | | | | | |
| SB | | TP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 62 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 130
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 2.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | | 2 | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 3 | 2 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | Y | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 15 | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 0 | 25 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.0 | 23.0 | 19.5 | 19.5 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current Vol (vph) | Growth Factor | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Flow (vph) | Lns | U Lane Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion LT | RT |
|-----|-----|-------------------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|-----------------|-----|------------------|-------------------|---------------|------|
| EB | L | 123 | 1.00 | 123 | .95 | 129 | LTR | 320 | 1 | 1.00 | 320 | .40 | .44 |
| | T | 47 | 1.00 | 47 | .95 | 49 | | | | | | | |
| | R | 135 | 1.00 | 135 | .95 | 142 | | | | | | | |
| WB | L | 217 | 1.00 | 217 | .96 | 226 | L | 226 | 1 | 1.00 | 226 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | T | 0 | 1 | 1.00 | 0 | .00 | .00 |
| | R | 416 | 1.00 | 416 | .96 | 433 | R | 433 | 1 | 1.00 | 433 | .00 | 1.00 |
| NB | L | 193 | 1.00 | 193 | .95 | 203 | L | 203 | 1 | 1.00 | 203 | 1.00 | .00 |
| | T | 871 | 1.00 | 871 | .95 | 917 | TR | 1026 | 3 | 1.10 | 1129 | .00 | .11 |
| | R | 104 | 1.00 | 104 | .95 | 109 | | | | | | | |
| SB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | T | 688 | 3 | 1.10 | 757 | .00 | .00 |
| | T | 660 | 1.00 | 660 | .96 | 688 | R | 92 | 1 | 1.00 | 92 | .00 | 1.00 |
| | R | 88 | 1.00 | 88 | .96 | 92 | | | | | | | |

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow S | Lanes | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-------------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| EB | LTR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .840 | .609 | 912 |
| WB | L | 1800 | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .627 | 1039 |
| | T | 1800 | 1 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1800 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .825 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1250 |
| NB | L | 1800 | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .342 | 567 |
| | TR | 1800 | 3 | 1.000 | .985 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .984 | 1.00 | 5234 |
| SB | T | 1800 | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 5346 |
| | R | 1800 | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | .900 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1268 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|--------|--------|--------|------|
| Cycle Length C, (sec) | 130 | 130 | 130 | 0 |
| Effective Green, g (sec) | 67.439 | 67.439 | 58.561 | .000 |
| Number of Lanes, N | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 320 | 659 | 1229 | 0 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 191 | 433 | 1026 | 0 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 129 | 226 | 203 | 0 |
| Proportion of LT, Plt | .403 | 1.000 | 1.000 | .000 |
| Opposing Lanes, No | 1 | 1 | 3 | 0 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 433 | 191 | 780 | 0 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .403 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 1800 | 1336 | 5400 | 0 |
| Yo=Vo/Sop | .241 | .143 | .144 | .000 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | 47.622 | 57.003 | 46.500 | .000 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .604 | .756 | .387 | .000 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .403 | 1.000 | 1.000 | .000 |
| gq=g-gu | 19.816 | 10.436 | 12.061 | .000 |
| Pt=1-Pl | .597 | .597 | .597 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | 2.943 | .000 | .000 | .000 |
| El=1800/(1400-Vo) | 1.861 | 1.489 | 2.903 | .000 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(El-1)))+(2/g)(1+Pl) | .609 | .627 | .342 | .000 |
| flt=(fm+N-1)/N | .609 | .627 | .342 | .000 |

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|---------------------------------------|-----|
| ---- | ----- | ----- | --- |
| EB | *LTR | 62 | .48 |
| WB | L | 62 | .48 |
| | T | 62 | .48 |
| | R | 62 | .48 |
| NB | *L | 64 | .49 |
| | TR | 64 | .49 |
| SB | T | 64 | .49 |
| | R | 64 | .49 |

Cycle Length (C) is 130 secs.

* Critical Lane Group

HCM Summary Results for Case: CALVARZ

PUNTES BROT/INSURGENTES

DETERMINACION DE MR SUBLICION

P.M.

Version 2.14

| | Lane | v/s | X v/c | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|-------|-------|-------|-----------------|-----|
| App Group | Ratio | Ratio | | | |
| EH | xLTH | .05 | .74 | 25.2 | D |
| | All | | | 25.2 | D |
| UE | L | .22 | .46 | 17.7 | C |
| | T | .MM | .MM | MM | A |
| | R | .35 | .73 | 23.8 | C |
| | All | | | 21.7 | C |
| NE | *L | .36 | .73 | 26.1 | D |
| | TR | .22 | .44 | 22.0 | C |
| | All | | | 22.6 | C |
| SE | I | .14 | .29 | 27.5 | D |
| | R | .87 | .15 | 25.4 | D |
| | All | | | 27.0 | D |
| Intersect | | .71 | .73 | 23.9 | C |

The diagram shows a vertical timeline with vehicle counts and delay values. Key values include 668, 88, 121, 47, 135, 416, 0, 217, 871, 62, 2, 61, and 2.

NETSIM Results for Case: CALUAR2

FUENTES BRO1/INSURGENTES

DETERMINACION DE MEJORA

P.M.

Version 2.11

| | | Spillback in | | | | | | |
|------------|-------|--------------|-------|------------|------------------|---|----|-----|
| | | avg | avg | Worst Lane | | | | |
| Lane | | Storage | Speed | (x of Peak | | | | |
| App | Group | (veh) | (mph) | Period) | | | | |
| EN | LTH | 1 | 14.0 | .0 | 659 88 | | | 416 |
| | All | 3 | 10.8 | .0 | | | | |
| UB | L | 1 | 8.9 | 8.6 | 121 47 135 | | | 871 |
| | T | 1 | 22.2 | .0 | | | | |
| | R | 5 | 9.1 | .0 | | | | |
| | All | 7 | 10.0 | 8.6 | | | | |
| NB | L | 2 | 6.1 | 2.4 | 100 104 | | | 871 |
| | TR | 10 | 13.4 | .0 | | | | |
| | All | 12 | 11.0 | 2.4 | | | | |
| SB | T | 14 | 6.2 | .0 | 1 62 | 2 | 64 | 2 |
| | R | 1 | 2.8 | .0 | | | | |
| | All | 15 | 5.0 | .0 | | | | |
| Intersect. | | 37 | 9.8 | | | | | |

NETSIM Results for Case: CALUAR2

FUENTES BRO1/INSURGENTES

DETERMINACION DE NE NEMLICHIN

P.R.

Version 2.11

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| BU | .7 | .4 | .4 | 12.11 | 5.91 | .4 |
| WB | 1.6 | .1 | .0 | 11.8 | 5.5 | .0 |
| NB | 3.3 | .2 | .0 | 16.5 | 5.0 | .0 |
| SB | 3.3 | .1 | .2 | 6.5 | 3.9 | 3.7 |
| All | 8.8 | .4 | .2 | 9.4 | 5.0 | 3.7 |

Auto Pollutant Emissions
(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|-----|--------|---------|--------|
| BU | 57.4 | 1111.1 | 1491.1 |
| WB | 128.2 | 1858.0 | 3411.3 |
| NB | 261.7 | 4601.9 | 9351.3 |
| SB | 269.0 | 4933.6 | 8661.8 |
| All | 1791.1 | 11511.1 | 5711.2 |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: STA. URSULA
 WEST APPROACH: STA. URSULA
 ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM
 ANALYSIS PERIOD: P.M.

NORTH APPROACH: INSURGENTES
 SOUTH APPROACH: INSURGENTES
 ANALYSIS DATE: 04-29-99
 CASE: URSULA

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 2 | 2 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 2 | 2 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | LANE 2 | LANE 3 | LANE 4 | LANE 5 | LANE 6 |
|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | MOV. WIDTH |
| EB | LT | 12.0 | TR | 12.0 | | | |
| WB | LT | 12.0 | TR | 12.0 | | | |
| NB | LT | 12.0 | T | 12.0 | TR | 12.0 | |
| SB | LT | 12.0 | T | 12.0 | TR | 12.0 | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 128 | 69 | 202 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| WB | 347 | 110 | 124 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| NB | 209 | 1121 | 53 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| SB | 206 | 1193 | 188 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 128 | 69 | 202 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| WB | 347 | 110 | 124 | 0 | .96 | .96 | .96 |
| NB | 209 | 1121 | 53 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| SB | 206 | 1193 | 188 | 0 | .96 | .96 | .96 |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| EB | LTP | | | | | | | |
| WB | LTP | | | | | | | |
| NB | | LTP | | | | | | |
| SB | | LTP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 18 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 117
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 2 | 3 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | Y | Y | N | Y |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 20 | 20 | 0 | 30 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 0 | 35 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.0 | 23.0 | 17.0 | 17.0 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group Flow (vph) | Lns | U Lane Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|-----------------------|-----|------------------|-------------------|------------|-----|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | | LT | RT |
| EB | L | 128 | 1.00 | 128 | .95 | 135 | LTR | 421 | 2 | 1.05 | 442 | .32 | .51 |
| | T | 69 | 1.00 | 69 | .95 | 73 | | | | | | | |
| | R | 202 | 1.00 | 202 | .95 | 213 | | | | | | | |
| WB | L | 347 | 1.00 | 347 | .96 | 361 | L # | 361 | 1 | 1.00 | 361 | 1.00 | .00 |
| | T | 110 | 1.00 | 110 | .96 | 115 | TR | 244 | 1 | 1.00 | 244 | .00 | .53 |
| | R | 124 | 1.00 | 124 | .96 | 129 | | | | | | | |
| NB | L | 209 | 1.00 | 209 | .95 | 220 | L # | 220 | 1 | 1.00 | 220 | 1.00 | .00 |
| | T | 1121 | 1.00 | 1121 | .95 | 1180 | TR | 1236 | 2 | 1.05 | 1298 | .00 | .05 |
| | R | 53 | 1.00 | 53 | .95 | 56 | | | | | | | |
| SB | L | 206 | 1.00 | 206 | .96 | 215 | L # | 215 | 1 | 1.00 | 215 | 1.00 | .00 |
| | T | 1193 | 1.00 | 1193 | .96 | 1243 | TR | 1439 | 2 | 1.05 | 1511 | .00 | .14 |
| | R | 188 | 1.00 | 188 | .96 | 196 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | LTR | 1800 | 2 | 1.000 | .985 | 1.000 | .890 | 1.00 | 1.00 | .924 | .774 | 2257 |
| WB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .459 | 818 |
| | TR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .800 | 1.00 | 1.00 | .921 | 1.00 | 1313 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .054 | 96 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .993 | 1.00 | 3539 |
| SB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .118 | 210 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | .870 | .930 | 1.00 | .980 | 1.00 | 2826 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|---|--------|--------|----------|--------|
| Cycle Length C, (sec) | 117 | 117 | 117 | 117 |
| Effective Green, g (sec) | 35.906 | 35.906 | 75.094 | 75.094 |
| Number of Lanes, N | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 421 | 605 | 1456 | 1654 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 421 | 244 | 1236 | 1399 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 135 | 361 | 220 | 215 |
| Proportion of LT, Plt | .321 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Opposing Lanes, No | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 244 | 421 | 1399 | 1236 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .321 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/((1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 1800 | 3054 | 3600 | 3600 |
| Yo=Vo/Sop | .136 | .138 | .389 | .343 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | 23.189 | 22.941 | 48.458 | 53.184 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .723 | .612 | .001 | .102 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .862 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| gq=g-gu | 12.717 | 12.965 | 26.636 | 21.910 |
| Pt=1-Pl | .138 | .138 | .138 | .138 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | .319 | .000 | .000 | .000 |
| E1=1800/(1400-Vo) | 1.557 | 1.839 | 1800.000 | 10.976 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(E1-1)))+(2/g)(1+Pl) | .549 | .459 | .054 | .118 |
| flt=(fm+N-1)/N | .774 | .459 | .054 | .118 |

NON Summary Results for Case: SNFSTAT

SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NS

P.M.

Version 2.11

| App Group | Lane | v/c Ratio | X v/c Ratio | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|------|-----------|-------------|-----------------|-----|
| EH | L | .11 | 1.27 | - | F |
| | R | .18 | 2.22 | - | F |
| | All | | | - | F |
| WB | *LTA | .46 | 2.48 | - | F |
| | All | | | | F |
| NB | *L | 1.57 | 2.41 | - | F |
| | T | .38 | .58 | 17.4 | C |
| | All | | | | F |
| SB | TR | .31 | .48 | 15.2 | C |
| | All | | | 15.2 | C |
| Interscet | | 2.24 | 2.42 | - | F |

| | | | |
|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | |
| 78 | 21 | 23 | 3 |
| | | 19 | 21 |

NETSIM Results for Case: SMPSTAT

SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NS

P.M.

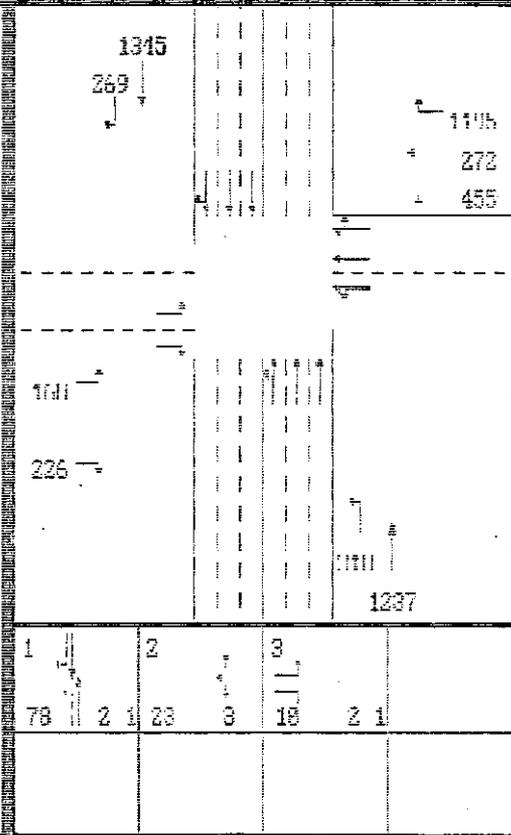
Version 2.14

Simulation indicates specified peak period volumes exceed entry capacity of following approaches probably due to spillback into upstream intersection:

UNSATURATED SATURATED

Simulation results indicate that the peak period traffic movements identified by X are oversaturated and cannot be serviced

| Approach | Left | Thru | Right |
|----------|------|------|-------|
| EB | | | X |



NETSIM Results for Case: SNFSTAT

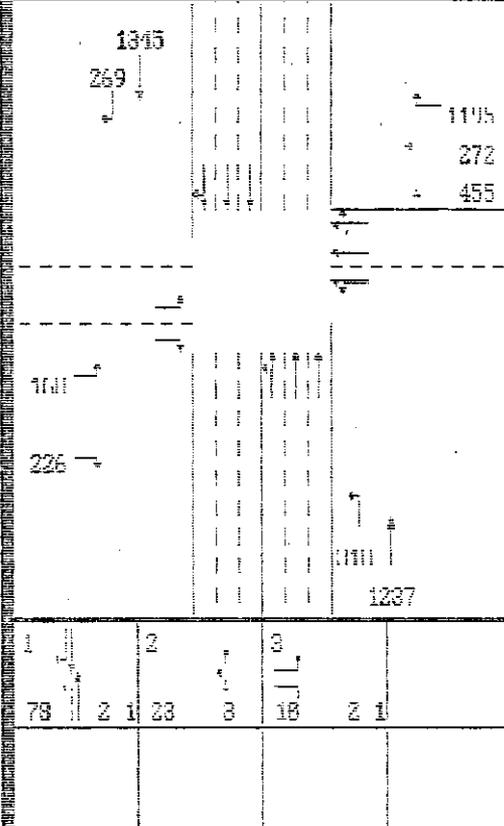
SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINATION DEL MN

P.M.

Version 2.0

| Spillback in | | | | |
|--------------|------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| App Group | Lane | Avg Storage (veh) | Avg Speed (mph) | Worst Lane (% of Peak Period) |
| EN | L | 11 | 2.0 | .8 |
| | R | 29 | 1.8 | 4.4 |
| | All | 28 | 1.4 | 4.4 |
| WB | LTR | 31 | 2.8 | 68.1 |
| | All | 31 | 2.8 | 68.1 |
| NB | L | 26 | 1.1 | 42.8 |
| | T | 7 | 18.6 | .6 |
| | All | 33 | 11.1 | 42.8 |
| SB | TR | 13 | 14.8 | .8 |
| | All | 13 | 14.8 | .8 |
| Intersect. | | 185 | 1.8 | |



NETSIM Results for Case: SNFSTAT

SAN FERNANDO/INSURGENTES

DETERMINATION DEL MN

P.M.

Version 2.0

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EN | 4.8 | .1 | .4 | 2.4 | 1.2 | .8 |
| WB | 4.7 | .3 | .8 | 3.2 | 1.7 | .8 |
| NB | 6.8 | .3 | .8 | 5.2 | 3.1 | .8 |
| SB | 3.4 | .1 | .1 | 14.8 | 6.7 | 7.8 |
| All | 18.1 | .9 | .1 | 5.7 | 2.5 | 7.8 |

Auto Pollutant Emissions

(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|----|--------|--------|--------|
| EN | 1641.9 | 4057.1 | 647.9 |
| WB | 372.1 | 5881.9 | 715.1 |
| NR | 463.8 | 7928.8 | 1149.1 |

| TYPE | AMOUNT | PERCENT | PERCENT |
|------|--------|---------|---------|
| SB | 271.1 | 4499.5 | 841.8 |
| All | 1157.4 | 12277.9 | 1146.1 |

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

| App. | Lane Group | v Adj. Flow (vph) | s Adj. Sat. (vphg) | v/s Flow Ratio | g/C Green Ratio | c Capacity (vph) | X v/c Ratio |
|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| EB | LTR | 442 | 2257 | .20 | .15 | 347 | 1.27 |
| WB | * L | 361 | 818 | .44 | .15 | 126 | 2.87 |
| | TR | 244 | 1313 | .19 | .15 | 202 | 1.21 |
| NB | * L | 220 | 96 | 2.29 | .79 | 76 | 2.89 |
| | TR | 1298 | 3539 | .37 | .79 | 2813 | .46 |
| SB | L | 215 | 210 | 1.02 | .79 | 167 | 1.29 |
| | TR | 1511 | 2826 | .53 | .79 | 2246 | .67 |

* Critical Lane Group

Sum(v/s)crit = 2.73

Xc = 2.88

Cycle Length, C = 117 Sec

Lost Time Per Cycle, L = 6.0 Sec

LEVEL OF SERVICE WORKSHEET

| App | Lane Grp. | --- Delay 1 --- | | | -- Delay 2-- | | --- By Lane Group --- | | | -Approach- | | |
|-----|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------|------------------------|------------|------------------------|-----|
| | | X v/c Ratio | g/C Green Ratio | d1 (sec /veh) | c Cap (vph) | d2 (sec /veh) | PF Prog Fact | Lane Grp. | Delay (sec /veh) | LOS | Delay (sec /veh) | LOS |
| EB | LTR | 1.27 | .15 | - | 347 | - | 1.00 | LTR | - | F | - | F |
| WB | L | 2.87 | .15 | - | 126 | - | 1.00 | L | - | F | - | F |
| | TR | 1.21 | .15 | - | 202 | - | 1.18 | TR | - | F | - | F |
| NB | L | 2.89 | .79 | - | 76 | - | 1.00 | L | - | F | - | F |
| | TR | .46 | .79 | 3.0 | 2813 | .1 | 1.00 | TR | 3.0 | A | - | F |
| SB | L | 1.29 | .79 | - | 167 | - | 1.00 | L | - | F | - | F |
| | TR | .67 | .79 | 4.0 | 2246 | .6 | 1.50 | TR | 6.9 | B | - | F |

- Delay invalid when X>1.2

Cycle = 117

Intersection
- F

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|------------------------------|-----|
| EB | LTR | 18 | .15 |
| WB | *L | 18 | .15 |
| | TR | 18 | .15 |
| NB | *L | 93 | .79 |
| | TR | 93 | .79 |
| SB | L | 93 | .79 |
| | TR | 93 | .79 |

Cycle Length (C) is 117 secs.

* Critical Lane Group

MON Summary Results for Case: URSULA

STA. URSULA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.0

| App Group | Lane | v/vs Ratio | X v/vs Ratio | Delay (sec/veh) | LOS | Chart Data |
|-----------|-------|------------|--------------|-----------------|-----|------------|
| KH | LW | .24 | 1.27 | - | F | |
| | All | | | - | F | |
| | ----- | | | | | |
| WB | L | .44 | 2.87 | - | F | |
| | TR | .19 | 1.21 | - | F | |
| | All | | | - | F | |
| NB | L | 2.29 | 2.83 | - | F | |
| | TR | .37 | .46 | 3.8 | A | |
| | All | | | | F | |
| SB | L | 1.62 | 1.23 | - | F | |
| | TR | .53 | .67 | 6.9 | B | |
| | All | | | | F | |
| Intersect | | 2.73 | 2.88 | - | F | |

NETSIM Results for Case: URSULA

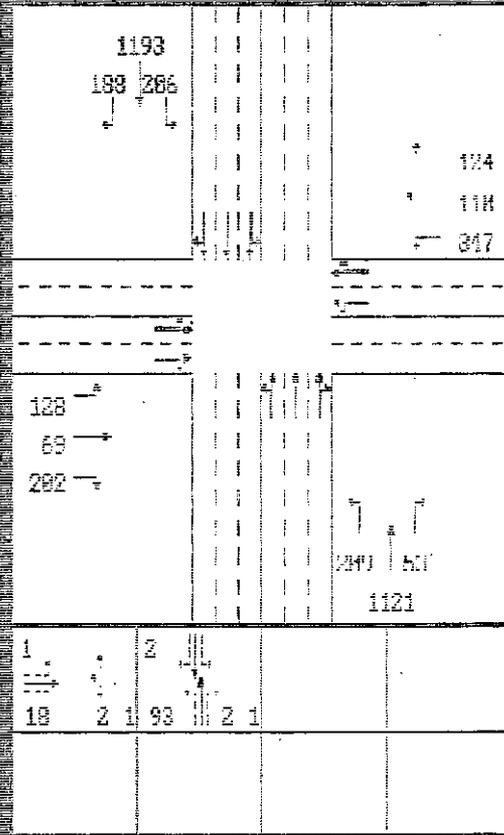
STA. URSULA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.0

Simulation indicates specified peak period volumes exceed entry capacity of following approaches probably due to spillback into upstream intersection:

CONTINUED



| | |
|----|--------|
| 1 | 2 |
| 18 | 2 1 93 |
| | 2 1 |

NETSIM Results for Case: URSULA

STA. URSULA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.11

| Spillback in | | | | | 1193 | | | |
|--------------|---------|-----------------|------------|------------|------|-----|---|----|
| | | | | | 188 | 266 | | |
| Lane | Storage | Avg Speed (mph) | Worst Lane | Period (%) | | | | |
| App Group | (veh) | | | | | | | |
| NH | LTH | 11 | 4.5 | .8 | | | | |
| | All | 11 | 4.5 | .8 | | | | |
| WB | L | 22 | 1.6 | 37.8 | | | | |
| | TR | 2 | 7.0 | .8 | | | | |
| | All | 24 | 2.8 | 37.8 | 128 | | | |
| NB | L | 8 | 8.1 | .8 | 69 | | | |
| | TR | 5 | 28.5 | .8 | 202 | | | |
| | All | 13 | 11.8 | .8 | 1121 | | | |
| SB | L | 4 | 15.8 | .8 | 1 | 2 | | |
| | TR | 7 | 17.2 | .8 | 18 | 2 | 1 | 93 |
| | All | 11 | 16.1 | .8 | | | | |
| Intersect. | 59 | 7.7 | | | | | | |

NETSIM Results for Case: URSULA

STA. URSULA / INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.11

| Fuel Consumption | | | | | | |
|------------------|-------|--------|------------------|-------|--------|-------|
| Gallons | | | Miles Per Gallon | | | |
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| NH | 1.7 | .2 | .8 | 11.6 | 11.1 | .8 |
| WB | 3.7 | .1 | .8 | 3.1 | 1.8 | .8 |
| NB | 3.2 | .1 | .8 | 13.8 | 7.5 | .8 |
| SB | 3.1 | .1 | .1 | 15.8 | 7.6 | 7.8 |
| All | 11.7 | .4 | .1 | 9.4 | 4.4 | 7.8 |

| Auto Pollutant Emissions (Grams/Mile-Hour) | | | |
|---|----|-------|--------|
| | HC | CO | NOX |
| NH | | 141.5 | 1975.7 |
| WB | | 297.1 | 4285.6 |
| NB | | 258.4 | 3921.7 |
| SB | | | 778.7 |

| | | | |
|-----|-------|--------|-------|
| SS | 244.9 | 8779.4 | 796.2 |
| All | 205.8 | 8474.5 | 631.1 |

IDENTIFYING INFORMATION

```

=====
EAST APPROACH: STA. URSULA           NORTH APPROACH: INSURGENTES
WEST APPROACH: STA. URSULA           SOUTH APPROACH: INSURGENTES
ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM      ANALYSIS DATE: 04-29-99
ANALYSIS PERIOD: P.M.                 CASE: URSULA2
  
```

INTERSECTION GEOMETRY

```

=====
          APPROACH      OUTBOUND      LANE      LEFT TURN      RIGHT TURN
          LANES         LANES        LENGTH  ---POCKET---  ---POCKET---
APP.      LANE 1         LANE 2        (FEET)  LANES (FEET)  LANES (FEET)
-----
EB        3             2             600     1      150         0         0
WB        3             2             600     1      150         0         0
NB        5             3             800     1      300         1        200
SB        5             3             800     1      300         1        200
  
```

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

```

          LANE 1      LANE 2      LANE 3      LANE 4      LANE 5      LANE 6
APP. MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH
-----
EB  L   12.0 T   12.0 TR  10.0
WB  L   12.0 L   12.0 TR  10.0
NB  L   10.0 T   12.0 T   12.0 T   12.0 R   10.0
SB  L   10.0 T   12.0 T   12.0 T   12.0 R   10.0
  
```

```

L - EXCLUSIVE LEFT TURN           T - EXCLUSIVE THROUGH
LT - LEFT TURN / THROUGH          TR - THROUGH / RIGHT TURN
LR - LEFT TURN / RIGHT TURN      R - EXCLUSIVE RIGHT TURN
LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
  
```

TRAFFIC VOLUMES

```

=====
          CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH)          GROWTH FACTORS
          -----
APP.      LEFT      THRU      RIGHT      RTOR          LEFT      THRU      RIGHT
-----
EB        128       69       202       0             1.00     1.00     1.00
WB        347      110      124       0             1.00     1.00     1.00
NB        209     1121      53        0             1.00     1.00     1.00
SB        206     1193     188       0             1.00     1.00     1.00
  
```

```

          MOVEMENT VOLUMES (VPH)          PEAK HOUR FACTORS
          -----
APP.      LEFT      THRU      RIGHT      RTOR          LEFT      THRU      RIGHT
-----
EB        128       69       202       0             .95     .95     .95
WB        347      110      124       0             .96     .96     .96
NB        209     1121      53        0             .95     .95     .95
SB        206     1193     188       0             .96     .96     .96
  
```

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|----|---|---|---|---|---|---|
| EB | LTP | | | | | | | |
| WB | LTP | | | | | | | |
| NB | | TR | L | | | | | |
| SB | | TR | L | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|----|---|---|---|---|---|
| Green | 26 | 36 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 90
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 31.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 2 | 3 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | Y | Y | N | Y |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 10 | 10 | 0 | 15 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 0 | 35 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 27.8 | 27.8 | 19.8 | 19.8 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group | | U Lane Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|------------|-----|------------------|-------------------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | (vph) | Lns | | | LT | RT |
| EB | L | 128 | 1.00 | 128 | .95 | 135 | L | 135 | 1 | 1.00 | 135 | 1.00 | .00 |
| | T | 69 | 1.00 | 69 | .95 | 73 | TR | 286 | 2 | 1.05 | 300 | .00 | .74 |
| | R | 202 | 1.00 | 202 | .95 | 213 | | | | | | | |
| WB | L | 347 | 1.00 | 347 | .96 | 361 | L | 361 | 2 | 1.05 | 379 | 1.00 | .00 |
| | T | 110 | 1.00 | 110 | .96 | 115 | TR | 244 | 1 | 1.00 | 244 | .00 | .53 |
| | R | 124 | 1.00 | 124 | .96 | 129 | | | | | | | |
| NB | L | 209 | 1.00 | 209 | .95 | 220 | L | 220 | 1 | 1.00 | 220 | 1.00 | .00 |
| | T | 1121 | 1.00 | 1121 | .95 | 1180 | T | 1180 | 3 | 1.10 | 1298 | .00 | .00 |
| | R | 53 | 1.00 | 53 | .95 | 56 | R | 56 | 1 | 1.00 | 56 | .00 | 1.00 |
| SB | L | 206 | 1.00 | 206 | .96 | 215 | L | 215 | 1 | 1.00 | 215 | 1.00 | .00 |
| | T | 1193 | 1.00 | 1193 | .96 | 1243 | T | 1243 | 3 | 1.10 | 1367 | .00 | .00 |
| | R | 188 | 1.00 | 188 | .96 | 196 | R | 196 | 1 | 1.00 | 196 | .00 | 1.00 |

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|--------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | L | 1200* | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .507 | 602 |
| | TR | 1200* | 2 | .970 | .985 | 1.000 | .920 | 1.00 | 1.00 | .888 | 1.00 | 1873 |
| WB | L | 1200* | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .635 | 1509 |
| | TR | 1200* | 1 | .930 | .990 | 1.000 | .850 | 1.00 | 1.00 | .921 | 1.00 | 865 |
| NB | L | 1200* | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1050 |
| | T | 1200* | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3564 |
| | R | 1200* | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 939 |
| SB | L | 1200* | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .950 | 1050 |
| | T | 1200* | 3 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3564 |
| | R | 1200* | 1 | .930 | .990 | 1.000 | .825 | .860 | 1.00 | .850 | 1.00 | 666 |

* Value set by user

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|--------|--------|------|------|
| Cycle Length C, (sec) | 90 | 90 | 0 | 0 |
| Effective Green, g (sec) | 21.506 | 21.506 | .000 | .000 |
| Number of Lanes, N | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 421 | 605 | 0 | 0 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 286 | 244 | 0 | 0 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 135 | 361 | 0 | 0 |
| Proportion of LT, Plt | 1.000 | 1.000 | .000 | .000 |
| Opposing Lanes, No | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 244 | 286 | 0 | 0 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 1800 | 3600 | 0 | 0 |
| Yo=Vo/Sop | .136 | .079 | .000 | .000 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | 10.765 | 15.595 | .000 | .000 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .723 | .696 | .000 | .000 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | 1.000 | 1.000 | .000 | .000 |
| gq=g-gu | 10.741 | 5.911 | .000 | .000 |
| Pt=1-Pl | .138 | .138 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| El=1800/(1400-Vo) | 1.557 | 1.616 | .000 | .000 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(E1-1)))+(2/g)(1+Pl) | .507 | .635 | .000 | .000 |
| flt=(fm+N-1)/N | .507 | .635 | .000 | .000 |

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|---------------------------------------|-----|
| EB | L | 26 | .29 |
| | TR | 26 | .29 |
| WB | L | 26 | .29 |
| | *TR | 26 | .29 |
| NB | *L | 19 | .21 |
| | T | 36 | .40 |
| | R | 36 | .40 |
| SB | L | 19 | .21 |
| | *T | 36 | .40 |
| | R | 36 | .40 |

Cycle Length (C) is 90 secs.
 * Critical Lane Group

NCH Summary Results for Case: URSULA2

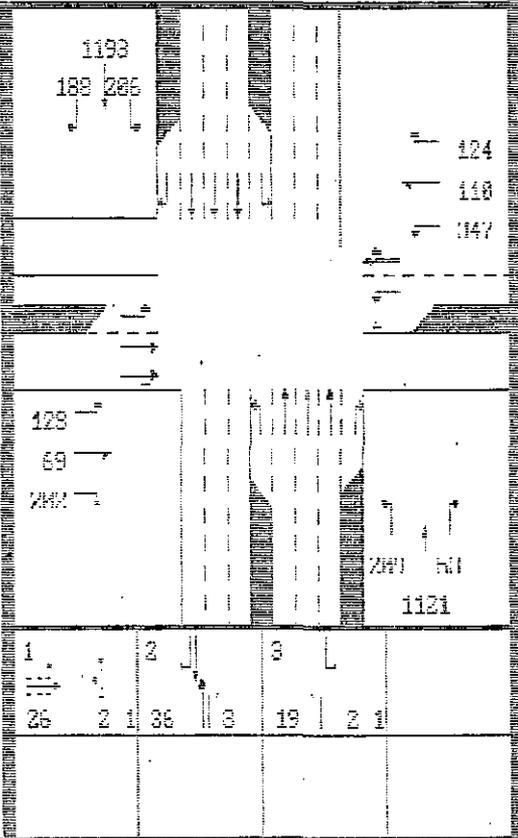
STA. URSULA / INSURGENTES

LEVEL OF SERVICE SELECTION

P.M.

Version 2.14

| App Group | Lane | Use | Ratio | X Ratio | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|------|-----|-------|---------|-----------------|-----|
| EB | L | | .22 | .70 | 15.1 | D |
| | TR | | .16 | .55 | 21.6 | C |
| | All | | | | 25.8 | D |
| WB | L | | .25 | .87 | 34.9 | D |
| | *TH | | .20 | .80 | 72.0 | F |
| | All | | | | 49.7 | E |
| NB | *L | | .21 | .89 | 79.8 | F |
| | T | | .36 | .91 | 25.9 | D |
| | H | | .46 | .15 | 11.1 | H |
| | All | | | | 31.7 | D |
| SB | L | | .26 | .97 | 64.8 | F |
| | *T | | .38 | .96 | 43.6 | E |
| | H | | .29 | .74 | 16.0 | D |
| | All | | | | 45.4 | E |
| Intersect | | | .88 | .97 | 39.2 | D |



NETSIM Results for Case: URSULA2

STA. URSULA / INSURGENTES

NIVEL DE SERVICIO INDICADO

P.M.

Version 2.4

| | | Spillback in | | | | | |
|------------|-------|--------------|---------|-------------|--|--|--|
| | | Avg | Avg | Worst Lane | | | |
| | | Lane Storage | Speed | (% of Peak) | | | |
| App Group | (veh) | (mph) | Period) | | | | |
| KH | L | 1 | 11.2 | .4 | | | |
| | TR | 4 | 18.9 | .0 | | | |
| | All | 5 | 9.6 | .0 | | | |
| WB | L | 5 | 9.1 | .0 | | | |
| | TR | 2 | 11.5 | .4 | | | |
| | All | 7 | 8.9 | .0 | | | |
| NB | L | 3 | 4.9 | 1.3 | | | |
| | T | 15 | 13.8 | .0 | | | |
| | H | 1 | 6.1 | .0 | | | |
| | All | 19 | 12.2 | 1.3 | | | |
| SB | L | 2 | 5.9 | .6 | | | |
| | T | 18 | 13.2 | .0 | | | |
| | H | 2 | 4.0 | .0 | | | |
| | All | 22 | 11.0 | .0 | | | |
| Intersect. | 53 | 11.3 | | | | | |

NETSIM Results for Case: URSULA2

STA. URSULA / INSURGENTES

NIVEL DE SERVICIO SOLICITADO

P.M.

Version 2.14

Fuel Consumption

| | -----Gallons----- | | | -----Miles Per Gallon----- | | |
|-----|-------------------|--------|-------|----------------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EU | 1.4 | .1 | .4 | 11.5 | 4.4 | .4 |
| WE | 2.2 | .1 | .8 | 7.7 | 3.1 | .8 |
| ME | 4.3 | .1 | .8 | 12.9 | 6.2 | .8 |
| SE | 5.8 | .1 | .2 | 12.3 | 5.8 | 6.1 |
| All | 12.5 | .5 | .2 | 11.6 | 5.8 | 6.1 |

Auto Pollutant Emissions
(Grams/Mile-Hour)

| | -----HC----- | -----CO----- | -----NOX----- |
|-----|--------------|--------------|---------------|
| EU | 114.4 | 11671.4 | 2401.5 |
| WE | 171.2 | 2959.8 | 682.6 |
| ME | 258.8 | 4888.8 | 741.5 |
| SE | 382.6 | 4816.1 | 896.8 |
| All | 214.6 | 11421.4 | 1811.6 |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: LIMANTITLA
 WEST APPROACH: LIMANTITLA
 ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM
 ANALYSIS PERIOD: P.M.

NORTH APPROACH: INSURGENTES
 SOUTH APPROACH: INSURGENTES
 ANALYSIS DATE: 04-29-99
 CASE: LIMANTIT

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 1 | 1 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 1 | 1 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | LANE 2 | LANE 3 | LANE 4 | LANE 5 | LANE 6 |
|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | MOV. WIDTH |
| EB | LT | 10.0 | | | | | |
| WB | LT | 10.0 | | | | | |
| NB | LT | 12.0 | T 12.0 | T 12.0 | | | |
| SB | LT | 12.0 | T 12.0 | T 12.0 | | | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 181 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | |
| WB | 139 | 0 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | |
| NB | 225 | 1024 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | |
| SB | 183 | 993 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 | |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 181 | 0 | 0 | 0 | .95 | .90 | |
| WB | 139 | 0 | 0 | 0 | .96 | .90 | |
| NB | 225 | 1024 | 0 | 0 | .95 | .95 | |
| SB | 183 | 993 | 0 | 0 | .96 | .96 | |

SIGNAL SETTINGS - OPERATIONAL ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| EB | LT | | | | | | | |
| WB | LT | | | | | | | |
| NB | | LT | | | | | | |
| SB | | LT | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 45 | 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 140
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | WEST | | NORTH | | SOUTH | | | | |
|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|---|---|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | | |
| 2 | 2 | | 3 | 2 | | 2 | 4 | | 2 | 4 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | | | | |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 4 | 3 | 1 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | N | Y | Y |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 0 | 35 | 20 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 35 | 38 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.0 | 23.0 | 7.8 | 7.8 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group (vph) | U Lns | v Util Fact | Adj. Proportion | | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|------------------|-------|-------------|-----------------|------|-----|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | LT | RT | |
| EB | L | 181 | 1.00 | 181 | .95 | 191 | LT | 191 | 1 | 1.00 | 191 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| WB | L | 139 | 1.00 | 139 | .96 | 145 | LT | 145 | 1 | 1.00 | 145 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| NB | L | 225 | 1.00 | 225 | .95 | 237 | L # | 237 | 1 | 1.00 | 237 | 1.00 | .00 |
| | T | 1024 | 1.00 | 1024 | .95 | 1078 | T | 1078 | 2 | 1.05 | 1132 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| SB | L | 183 | 1.00 | 183 | .96 | 191 | L # | 191 | 1 | 1.00 | 191 | 1.00 | .00 |
| | T | 993 | 1.00 | 993 | .96 | 1034 | T | 1034 | 2 | 1.05 | 1086 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | LT | 1800 | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .952 | 1578 |
| WB | LT | 1800 | 1 | .930 | .985 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .952 | 1570 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .199 | 355 |
| | T | 1800 | 2 | 1.000 | .980 | 1.000 | .860 | .930 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2822 |
| SB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .178 | 317 |
| | T | 1800 | 2 | 1.000 | .980 | 1.000 | .890 | .924 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2901 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|------|------|--------|--------|
| Cycle Length C, (sec) | 0 | 0 | 140 | 140 |
| Effective Green, g (sec) | .000 | .000 | 87.000 | 87.000 |
| Number of Lanes, N | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 0 | 0 | 1315 | 1225 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 0 | 0 | 1078 | 1034 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 0 | 0 | 237 | 191 |
| Proportion of LT, Plt | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| Opposing Lanes, No | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 0 | 0 | 1034 | 1078 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 0 | 0 | 3600 | 3600 |
| Yo=Vo/Sop | .000 | .000 | .287 | .299 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | .000 | .000 | 65.643 | 64.346 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .000 | .000 | .229 | .201 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| gq=g-gu | .000 | .000 | 21.357 | 22.654 |
| Pt=1-Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| El=1800/(1400-Vo) | .000 | .000 | 4.918 | 5.590 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(El-1)))+(2/g)(1+Pl) | .000 | .000 | .199 | .178 |
| flt=(fm+N-1)/N | .000 | .000 | .199 | .178 |

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

| App. | Lane Group | v Adj. Flow (vph) | s Adj. Sat. (vphg) | v/s Flow Ratio | g/C Green Ratio | c Capacity (vph) | X v/c Ratio |
|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| EB | * LT | 191 | 1578 | .12 | .34 | 530 | .36 |
| WB | LT | 145 | 1570 | .09 | .34 | 527 | .28 |
| NB | * L | 237 | 355 | .67 | .62 | 221 | 1.07 |
| | T | 1132 | 2822 | .40 | .62 | 1754 | .65 |
| SB | L | 191 | 317 | .60 | .62 | 197 | .97 |
| | T | 1086 | 2901 | .37 | .62 | 1803 | .60 |

* Critical Lane Group

Sum(v/s)crit = .79

Xc = .82

Cycle Length, C = 140 Sec

Lost Time Per Cycle, L = 6.0 Sec

LEVEL OF SERVICE WORKSHEET

| App | Lane Grp. | Delay 1 | | | Delay 2 | | | By Lane Group | | | Approach | |
|-----|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----|------------------------|-----|
| | | X v/c Ratio | g/C Green Ratio | d1 (sec /veh) | c Cap (vph) /veh) | d2 (sec /veh) | PF Prog Fact | Lane Grp. /veh) | Delay (sec /veh) | LOS | Delay (sec /veh) | LOS |
| EB | LT | .36 | .34 | 26.7 | 530 | .2 | .72 | LT | 19.4 | C | 19.4 | C |
| WB | LT | .28 | .34 | 25.9 | 527 | .1 | 1.00 | LT | 25.9 | D | 25.9 | D |
| NB | L | 1.07 | .62 | 20.1 | 221 | 71.7 | 1.00 | L | 91.8 | F | 32.4 | D |
| | T | .65 | .62 | 12.7 | 1754 | .6 | 1.50 | T | 20.0 | C | | |
| SB | L | .97 | .62 | 19.2 | 197 | 40.9 | 1.00 | L | 60.1 | F | 28.8 | D |
| | T | .60 | .62 | 12.2 | 1803 | .4 | 1.85 | T | 23.3 | C | | |

Cycle = 140

Intersection
29.7 D

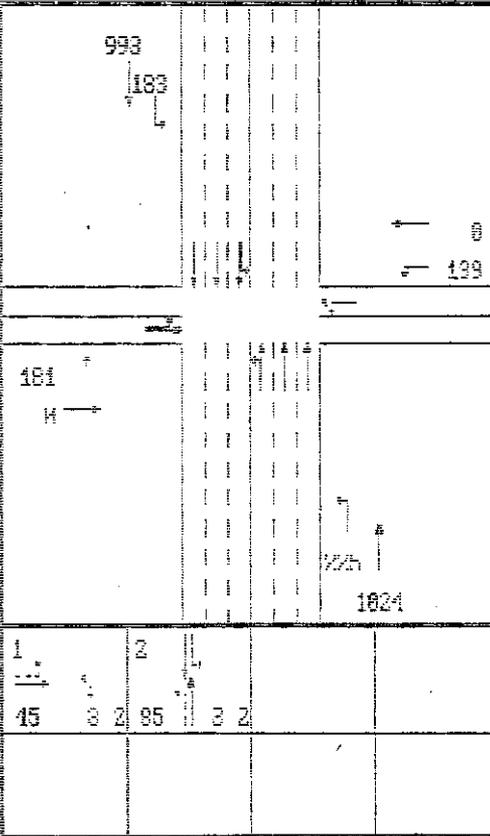
HCM Summary Results for Case: LIMANTIT

LIMANTITLA /INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 7.14

| App Group | Lane | v/c Ratio | X v/c Ratio | Delay (sec) | LOS |
|-----------|------|-----------|-------------|-------------|-----|
| EN | ALT | .12 | .16 | 19.4 | C |
| | All | | | 19.4 | C |
| WB | LT | .09 | .28 | 25.9 | D |
| | All | | | 25.9 | D |
| NB | RL | .67 | 1.07 | 91.8 | F |
| | T | .48 | .65 | 29.0 | C |
| | All | | | 12.4 | D |
| SB | L | .68 | .97 | 60.1 | F |
| | T | .37 | .68 | 29.3 | C |
| | All | | | 20.0 | D |
| Intersect | | .75 | .82 | 29.7 | D |



IDENTIFYING INFORMATION

```

=====
EAST APPROACH: LIMANTITLA           NORTH APPROACH: INSURGENTES
WEST APPROACH: LIMANTITLA           SOUTH APPROACH: INSURGENTES
ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM     ANALYSIS DATE: 04-29-99
ANALYSIS PERIOD: P.M.                CASE: LIMANT2
    
```

INTERSECTION GEOMETRY

```

=====
APP.   APPROACH   OUTBOUND   LANE   LEFT TURN   RIGHT TURN
      LANES     LANES     LENGTH  ---POCKET--- ---POCKET---
      LANE 1     LANE 2     (FEET)  LANE 1 (FEET)  LANE 2 (FEET)
-----
EB     1           1           600     0           0           0           0
WB     1           1           600     0           0           0           0
NB     3           3           600     0           0           0           0
SB     3           3           600     0           0           0           0
    
```

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

```

APP.  MOV.  LANE 1  LANE 2  LANE 3  LANE 4  LANE 5  LANE 6
      MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH
-----
EB   LT   10.0
WB   LT   10.0
NB   LT   12.0 T   12.0 T   12.0
SB   LT   12.0 T   12.0 T   12.0
    
```

```

L   - EXCLUSIVE LEFT TURN           T   - EXCLUSIVE THROUGH
LT  - LEFT TURN / THROUGH           TR  - THROUGH / RIGHT TURN
LR  - LEFT TURN / RIGHT TURN       R   - EXCLUSIVE RIGHT TURN
LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
    
```

TRAFFIC VOLUMES

```

=====
CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH)           GROWTH FACTORS
APP.   LEFT   THRU   RIGHT   RTOR           LEFT   THRU   RIGHT
-----
EB     181     0       0       0           1.00  1.00
WB     139     0       0       0           1.00  1.00
NB     225    1024    0       0           1.00  1.00
SB     183     993    0       0           1.00  1.00
    
```

```

MOVEMENT VOLUMES (VPH)           PEAK HOUR FACTORS
APP.   LEFT   THRU   RIGHT   RTOR           LEFT   THRU   RIGHT
-----
EB     181     0       0       0           .95   .90
WB     139     0       0       0           .96   .90
NB     225    1024    0       0           .95   .95
SB     183     993    0       0           .96   .96
    
```

SIGNAL SETTINGS - OPERATIONAL ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| EB | LT | | | | | | | |
| WB | LT | | | | | | | |
| NB | | LT | | | | | | |
| SB | | LT | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|-----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 20 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 130
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | | |
|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | 2 | | 3 | 2 | | 2 | 4 | | 2 | 4 | |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | | | | |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 4 | 3 | 1 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | N | Y | Y |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 0 | 35 | 20 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 35 | 38 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.0 | 23.0 | 7.8 | 7.8 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group Flow (vph) | Lns | U Lane Util Fact | v Adj. Flow Proportion | | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|-----------------------|-----|------------------|------------------------|------|-----|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | LT | RT | |
| EB | L | 181 | 1.00 | 181 | .95 | 191 | LT | 191 | 1 | 1.00 | 191 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| WB | L | 139 | 1.00 | 139 | .96 | 145 | LT | 145 | 1 | 1.00 | 145 | 1.00 | .00 |
| | T | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| NB | L | 225 | 1.00 | 225 | .95 | 237 | L # | 237 | 1 | 1.00 | 237 | 1.00 | .00 |
| | T | 1024 | 1.00 | 1024 | .95 | 1078 | T | 1078 | 2 | 1.05 | 1132 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |
| SB | L | 183 | 1.00 | 183 | .96 | 191 | L # | 191 | 1 | 1.00 | 191 | 1.00 | .00 |
| | T | 993 | 1.00 | 993 | .96 | 1034 | T | 1034 | 2 | 1.05 | 1086 | .00 | .00 |
| | R | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | LT | 1800 | 1 | .930 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .952 | 1578 |
| WB | LT | 1800 | 1 | .930 | .985 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .952 | 1570 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .220 | 392 |
| | T | 1800 | 2 | 1.000 | .980 | 1.000 | .860 | .930 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2822 |
| SB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .197 | 351 |
| | T | 1800 | 2 | 1.000 | .980 | 1.000 | .890 | .924 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2901 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|------|------|---------|---------|
| Cycle Length C, (sec) | 0 | 0 | 130 | 130 |
| Effective Green, g (sec) | .000 | .000 | 102.000 | 102.000 |
| Number of Lanes, N | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 0 | 0 | 1315 | 1225 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 0 | 0 | 1078 | 1034 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 0 | 0 | 237 | 191 |
| Proportion of LT, Plt | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| Opposing Lanes, No | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 0 | 0 | 1034 | 1078 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 0 | 0 | 3600 | 3600 |
| Yo=Vo/Sop | .000 | .000 | .287 | .299 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | .000 | .000 | 90.717 | 90.032 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .000 | .000 | .229 | .201 |
| P1=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| gq=g-gu | .000 | .000 | 11.283 | 11.968 |
| Pt=1-P1 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/P1 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| E1=1800/(1400-Vo) | .000 | .000 | 4.918 | 5.590 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+P1(E1-1)))+(2/g)(1+P1) | .000 | .000 | .220 | .197 |
| flt=(fm+N-1)/N | .000 | .000 | .220 | .197 |

HCN Summary Results for Case: LIMANTZ

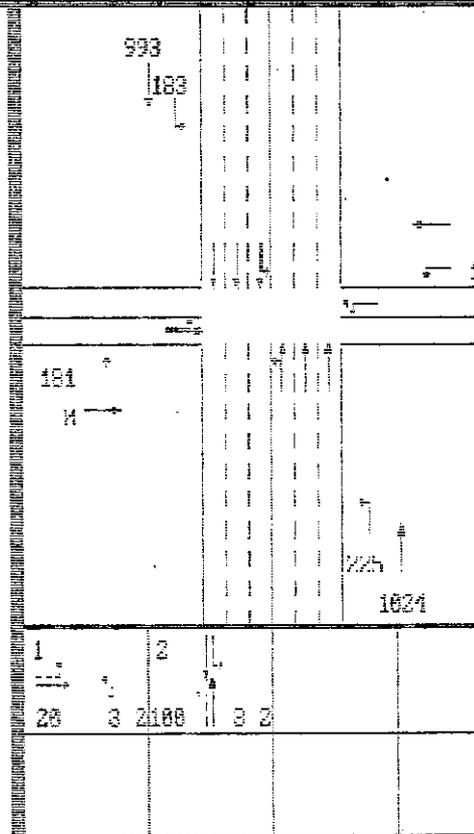
LIMANTITLA / INSURGENTES

DETERMINATION NO: 50101010

P.M.

Version 2.1

| App | Lane | wd | X Ratio | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|------|-----|---------|-----------------|-----|
| EB | RT | .12 | .77 | 36.7 | D |
| | All | | | 36.7 | D |
| WB | LT | .69 | .55 | 39.3 | D |
| | All | | | 39.3 | D |
| NB | RL | .60 | .77 | 13.4 | B |
| | T | .40 | .51 | 7.4 | B |
| | All | | | 11.4 | B |
| SB | L | .54 | .69 | 10.1 | B |
| | T | .37 | .48 | 7.0 | B |
| | All | | | 7.5 | B |
| Interscet | | .73 | .76 | 11.3 | B |



NETSIM Results for Case: LIMANT2

LIMANTITLA / INSURGENTES

DETERMINATION OF DELAY

P.M.

Version 2

| | | Spillback in | | | | | | |
|------------|-------|--------------|-------|------------|----------------|--|--|--|
| | | Avg | Avg | Worst Lane | | | | |
| Lane | | Storage | Speed | (% of Peak | | | | |
| App | Group | (veh) | (mph) | Period) | | | | |
| EW | LT | 4 | 4.0 | .8 | 993 | | | |
| | All | 4 | 4.8 | .8 | 153 | | | |
| WB | LT | 3 | 3.8 | .8 | 181 | | | |
| | All | 7 | 5.0 | .8 | 1824 | | | |
| NB | L | 8 | 7.6 | .8 | | | | |
| | T | 6 | 15.2 | .8 | | | | |
| | All | 14 | 16.4 | .8 | | | | |
| SB | L | 6 | 8.9 | .8 | 1 | | | |
| | T | 6 | 14.8 | .8 | 2 | | | |
| | All | 12 | 11.6 | .8 | 25 3 2 100 3 2 | | | |
| Intersect. | | 33 | 9.9 | | | | | |

NETSIM Results for Case: LIMANT2

LIMANTITLA / INSURGENTES

DETERMINATION BY: INDUCTION

P.M.

Version 2.1

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| CH | .9 | .4 | .4 | 5.0 | 3.1 | .4 |
| WB | .5 | .9 | .8 | 8.8 | .8 | .8 |
| NB | 3.5 | .3 | .2 | 18.1 | 3.1 | 6.1 |
| SB | 3.1 | .3 | .2 | 18.4 | 3.1 | 5.8 |
| All | 7.9 | .6 | .4 | 9.7 | 3.8 | 3.9 |

Auto Pollutant Emissions

(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|-----|-------|--------|-------|
| CH | 111.4 | 1115.4 | 215.5 |
| WB | 39.1 | 539.8 | 89.7 |
| NB | 275.7 | 4717.7 | 945.3 |
| SB | 248.7 | 4428.7 | 887.3 |
| All | 157.9 | 2677.6 | 512.2 |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: U.HABIT

NORTH APPROACH: INSURGENTES

WEST APPROACH: C.SAN MARCOS

SOUTH APPROACH: INSURGENTES

ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM

ANALYSIS DATE: 04-29-99

ANALYSIS PERIOD: P.M.

CASE: MARCOS

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|--------|--------------|--------|
| | | | | POCKET LANES | (FEET) | POCKET LANES | (FEET) |
| EB | 2 | 1 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 1 | 1 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | LANE 2 | LANE 3 | LANE 4 | LANE 5 | LANE 6 |
|------|------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | | WIDTH | WIDTH | WIDTH | WIDTH | WIDTH | WIDTH |
| EB | T | 12.0 | R 12.0 | | | | |
| WB | TR | 12.0 | | | | | |
| NB | LT | 12.0 | T 12.0 | TR 12.0 | | | |
| SB | LT | 12.0 | T 12.0 | TR 12.0 | | | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 0 | 59 | 179 | 0 | | 1.00 | 1.00 |
| WB | 0 | 100 | 99 | 0 | | 1.00 | 1.00 |
| NB | 116 | 947 | 34 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| SB | 141 | 984 | 58 | 0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 0 | 59 | 179 | 0 | | .95 | .95 |
| WB | 0 | 100 | 99 | 0 | | .90 | .96 |
| NB | 116 | 947 | 34 | 0 | .95 | .95 | .95 |
| SB | 141 | 984 | 58 | 0 | .96 | .96 | .96 |

SIGNAL SETTINGS - OPERATIONAL ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----|-----|---|---|---|---|---|---|
| EB | TP | | | | | | | |
| WB | TP | | | | | | | |
| NB | | LTP | | | | | | |
| SB | | LTP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|-----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 40 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 146
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 4 | 2 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | Y | Y | Y |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 20 | 20 | 20 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 36 | 28 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.0 | 23.0 | 14.0 | 14.0 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group Flow (vph) | Lns | U Lane Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|-----------------------|-----|------------------|-------------------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | | | | | LT | RT |
| EB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | T | 62 | 1 | 1.00 | 62 | .00 | .00 |
| | T | 59 | 1.00 | 59 | .95 | 62 | R | 188 | 1 | 1.00 | 188 | .00 | 1.00 |
| | R | 179 | 1.00 | 179 | .95 | 188 | | | | | | | |
| WB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | TR | 214 | 1 | 1.00 | 214 | .00 | .48 |
| | T | 100 | 1.00 | 100 | .90 | 111 | | | | | | | |
| | R | 99 | 1.00 | 99 | .96 | 103 | | | | | | | |
| NB | L | 116 | 1.00 | 116 | .95 | 122 | L # | 122 | 1 | 1.00 | 122 | 1.00 | .00 |
| | T | 947 | 1.00 | 947 | .95 | 997 | TR | 1033 | 2 | 1.05 | 1085 | .00 | .03 |
| | R | 34 | 1.00 | 34 | .95 | 36 | | | | | | | |
| SB | L | 141 | 1.00 | 141 | .96 | 147 | L # | 147 | 1 | 1.00 | 147 | 1.00 | .00 |
| | T | 984 | 1.00 | 984 | .96 | 1025 | TR | 1085 | 2 | 1.05 | 1139 | .00 | .06 |
| | R | 58 | 1.00 | 58 | .96 | 60 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | T | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1782 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1515 |
| WB | TR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .800 | 1.00 | 1.00 | .835 | 1.00 | 1190 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .180 | 321 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | .890 | .928 | 1.00 | .995 | 1.00 | 2929 |
| SB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .206 | 367 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | .890 | .944 | 1.00 | .992 | 1.00 | 2970 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

=====

| | EB | WB | NB | SB |
|--|------|------|---------|---------|
| Cycle Length C, (sec) | 0 | 0 | 146 | 146 |
| Effective Green, g (sec) | .000 | .000 | 100.000 | 100.000 |
| Number of Lanes, N | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 0 | 0 | 1155 | 1232 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 0 | 0 | 1033 | 1085 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 0 | 0 | 122 | 147 |
| Proportion of LT, Plt | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| Opposing Lanes, No | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 0 | 0 | 1085 | 1033 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 0 | 0 | 3600 | 3600 |
| Yo=Vo/Sop | .000 | .000 | .301 | .287 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | .000 | .000 | 80.155 | 81.489 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .000 | .000 | .197 | .229 |
| Pl=Plt(1+((N-1)*g)/(fs*gu+4.5)) | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| gq=g-gu | .000 | .000 | 19.845 | 18.511 |
| Pt=1-Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| El=1800/(1400-Vo) | .000 | .000 | 5.714 | 4.905 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(E1-1)))+(2/g)(1+Pl) | .000 | .000 | .180 | .206 |
| flt=(fm+N-1)/N | .000 | .000 | .180 | .206 |

NCH Summary Results for Case: MARCOS

U.HABIT

/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.T.

Version 2.14

| | Lane | W/O | X | Delay | |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----|
| App Group | Ratio | Ratio | Ratio | (sec/veh) | LOS |
| EN | T | .81 | .41 | 38.4 | D |
| | R | .12 | .15 | 33.9 | D |
| | All | | | 33.6 | D |
| UB | *TR | .18 | .66 | 31.8 | D |
| | All | | | 31.9 | D |
| NB | L | .38 | .55 | 11.2 | B |
| | TR | .37 | .54 | 12.1 | B |
| | All | | | 12.0 | B |
| SB | *L | .48 | .59 | 11.7 | B |
| | TR | .38 | .56 | 17.8 | C |
| | All | | | 16.4 | C |
| Intersect | | .58 | .61 | 17.2 | C |

The diagram illustrates the lane layout and traffic flow for the intersection. It shows four main approaches: EN (East-North), UB (West-Brighton), NB (North-Brighton), and SB (South-Brighton). Lane numbers and flow directions are indicated by arrows. For example, the EN approach has lanes 931, 58, and 141. The NB approach has lanes 39 and 179. The SB approach has lanes 111 and 114. The intersection itself is labeled with 917. The diagram also shows the relative positions of the approaches and the flow of traffic through the intersection.

NETSIM Results for Case: MARCOS

U.HABIT

/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.11

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EH | .7 | .4 | .4 | 9.7 | 4.1 | .4 |
| WB | .8 | .0 | .0 | 7.2 | .0 | .0 |
| NB | 2.9 | .1 | .2 | 16.9 | 6.0 | 6.0 |
| SB | 3.9 | .1 | .2 | 8.5 | 5.5 | 4.6 |
| All | 8.4 | .2 | .8 | 9.9 | 5.5 | 5.8 |

Auto Pollutant Emissions
(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|-----|--------|---------|--------|
| EH | 51.4 | 701.1 | 114.2 |
| WB | 63.1 | 968.7 | 218.2 |
| NB | 232.5 | 4166.5 | 824.1 |
| SB | 318.1 | 5676.4 | 1068.7 |
| All | 1111.4 | 21114.2 | 5011.1 |

| NETSIM Results for Case: MARCOS | | | | | U.HABIT | | INSURGENTES | |
|--|------|---------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------|-------------|-----|
| DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M. | | | | | | | Version 2.0 | |
| App Group | Lane | Storage (veh) | Spillback in | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | Avg Speed (mph) | Worst Lane (% of Peak) | | | | |
| EH | T | 2 | 6.8 | .0 | 984 58 141 | | | 99 |
| | R | 3 | 7.2 | .0 | | | | |
| | ALL | 5 | 6.7 | .0 | | | | |
| WB | TR | 3 | 6.8 | .0 | | | | 186 |
| | ALL | 3 | 6.8 | .0 | | | | |
| NB | L | 5 | 9.4 | .0 | 59 → 179 → | | | 947 |
| | TR | 6 | 15.1 | .0 | | | | |
| | ALL | 11 | 12.6 | .0 | | | | |
| SB | L | 7 | 6.6 | .0 | 1 → 48 | 2 1180 | | 2 1 |
| | TR | 9 | 9.8 | .0 | | | | |
| | ALL | 16 | 11.5 | .0 | | | | |
| Intersect. | | 35 | 9.3 | | | | | |

IDENTIFYING INFORMATION

```

=====
EAST APPROACH: U.HABIT                NORTH APPROACH: INSURGENTES
WEST APPROACH: C.SAN MARCOS          SOUTH APPROACH: INSURGENTES
ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM     ANALYSIS DATE: 04-29-99
ANALYSIS PERIOD: P.M.                CASE: MARCOS2
=====
    
```

INTERSECTION GEOMETRY

```

=====
APP.  APPROACH  OUTBOUND  LANE  LEFT TURN  RIGHT TURN
      LANES    LANES    LENGTH  ---POCKET--- ---POCKET---
                        (FEET)  LANES (FEET)  LANES (FEET)
-----
EB    2         1         600     0         0         0         0
WB    1         1         600     0         0         0         0
NB    3         3         600     0         0         0         0
SB    3         3         600     0         0         0         0
=====
    
```

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

```

APP.  MOV.  LANE 1  LANE 2  LANE 3  LANE 4  LANE 5  LANE 6
      MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH MOV. WIDTH
-----
EB    T    12.0  R    12.0
WB    TR   12.0
NB    LT   12.0  T    12.0  TR   12.0
SB    LT   12.0  T    12.0  TR   12.0
=====
    
```

```

L - EXCLUSIVE LEFT TURN          T - EXCLUSIVE THROUGH
LT - LEFT TURN / THROUGH         TR - THROUGH / RIGHT TURN
LR - LEFT TURN / RIGHT TURN     R - EXCLUSIVE RIGHT TURN
LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
    
```

TRAFFIC VOLUMES

```

=====
CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH)                GROWTH FACTORS
APP.  LEFT  THRU  RIGHT  RTOR                LEFT  THRU  RIGHT
-----
EB    0    59   179   0                    1.00  1.00  1.00
WB    0   100   99    0                    1.00  1.00  1.00
NB   116  947   34    0                    1.00  1.00  1.00
SB   141  984   58    0                    1.00  1.00  1.00
=====
    
```

```

=====
MOVEMENT VOLUMES (VPH)                PEAK HOUR FACTORS
APP.  LEFT  THRU  RIGHT  RTOR                LEFT  THRU  RIGHT
-----
EB    0    59   179   0                    .95   .95   .95
WB    0   100   99    0                    .90   .96   .96
NB   116  947   34    0                    .95   .95   .95
SB   141  984   58    0                    .96   .96   .96
=====
    
```

SIGNAL SETTINGS - OPERATIONAL ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|----|-----|---|---|---|---|---|---|
| EB | TP | | | | | | | |
| WB | TP | | | | | | | |
| NB | | LTP | | | | | | |
| SB | | LTP | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 20 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 76
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 2 |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 4 | 2 | 1 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | Y | Y | Y |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 20 | 20 | 20 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 0 | 0 | 36 | 28 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 23.0 | 23.0 | 14.0 | 14.0 |

VOLUME ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Mvt | Current | | Mvt Vol (vph) | PHF | Peak Mvt Flow (vph) | Lane Grp. | Lane Group | | U Lane Util Fact | v Adj. Flow (vph) | Proportion | |
|-----|-----|-----------|---------------|---------------|-----|---------------------|-----------|------------|-----|------------------|-------------------|------------|------|
| | | Vol (vph) | Growth Factor | | | | | Flow (vph) | Lns | | | LT | RT |
| EB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | T | 62 | 1 | 1.00 | 62 | .00 | .00 |
| | T | 59 | 1.00 | 59 | .95 | 62 | R | 188 | 1 | 1.00 | 188 | .00 | 1.00 |
| | R | 179 | 1.00 | 179 | .95 | 188 | | | | | | | |
| WB | L | 0 | 1.00 | 0 | .90 | 0 | TR | 214 | 1 | 1.00 | 214 | .00 | .48 |
| | T | 100 | 1.00 | 100 | .90 | 111 | | | | | | | |
| | R | 99 | 1.00 | 99 | .96 | 103 | | | | | | | |
| NB | L | 116 | 1.00 | 116 | .95 | 122 | L # | 122 | 1 | 1.00 | 122 | 1.00 | .00 |
| | T | 947 | 1.00 | 947 | .95 | 997 | TR | 1033 | 2 | 1.05 | 1085 | .00 | .03 |
| | R | 34 | 1.00 | 34 | .95 | 36 | | | | | | | |
| SB | L | 141 | 1.00 | 141 | .96 | 147 | L # | 147 | 1 | 1.00 | 147 | 1.00 | .00 |
| | T | 984 | 1.00 | 984 | .96 | 1025 | TR | 1085 | 2 | 1.05 | 1139 | .00 | .06 |
| | R | 58 | 1.00 | 58 | .96 | 60 | | | | | | | |

Defacto left turn lane

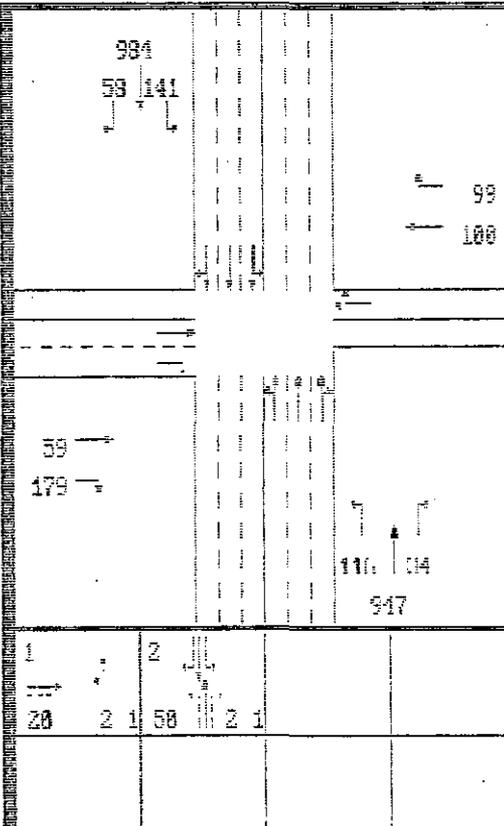
SATURATION FLOW ADJUSTMENT WORKSHEET

| App | Lane Group | Ideal Lane Flow | | Lane Width f w | Heavy Veh f HV | Grade f g | Pkg. f p | Bus Block f bb | Area Type f a | Right Turn f RT | Left Turn f LT | s Adj. Sat. Flow vphg |
|-----|------------|-----------------|-------|----------------|----------------|-----------|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | | S | Lanes | | | | | | | | | |
| EB | T | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1782 |
| | R | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .850 | 1.00 | 1515 |
| WB | TR | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | .800 | 1.00 | 1.00 | .835 | 1.00 | 1190 |
| NB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .216 | 385 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | .890 | .928 | 1.00 | .995 | 1.00 | 2929 |
| SB | L | 1800 | 1 | 1.000 | .990 | 1.000 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .241 | 429 |
| | TR | 1800 | 2 | 1.000 | .990 | 1.000 | .890 | .944 | 1.00 | .992 | 1.00 | 2970 |

SUPPLEMENTARY WORKSHEET FOR LEFT-TURN ADJUSTMENT FACTOR

| | EB | WB | NB | SB |
|--|------|------|--------|--------|
| Cycle Length C, (sec) | 0 | 0 | 76 | 76 |
| Effective Green, g (sec) | .000 | .000 | 50.000 | 50.000 |
| Number of Lanes, N | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total Approach Flow Rate, Va (vph) | 0 | 0 | 1155 | 1232 |
| Mainline Flow Rate, Vm (vph) | 0 | 0 | 1033 | 1085 |
| Left-Turn Flow Rate, Vlt (vph) | 0 | 0 | 122 | 147 |
| Proportion of LT, Plt | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| Opposing Lanes, No | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Opposing Flow Rate, Vo (vph) | 0 | 0 | 1085 | 1033 |
| Prop. of LT in Opp. Vol., Plto | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Sop=(1800*No)/(1+Plto((400+Vm)/(1400-Vm))) | 0 | 0 | 3600 | 3600 |
| Yo=Vo/Sop | .000 | .000 | .301 | .287 |
| gu=(g-C*Yo)/(1-Yo) | .000 | .000 | 38.783 | 39.537 |
| fs=(875-0.625*Vo)/1000 | .000 | .000 | .197 | .229 |
| Pl=Plt(1+(((N-1)*g)/(fs*gu+4.5))) | .000 | .000 | 1.000 | 1.000 |
| gq=g-gu | .000 | .000 | 11.217 | 10.463 |
| Pt=1-Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| gf=2*Pt(1-(Pt**0.5gq))/Pl | .000 | .000 | .000 | .000 |
| E1=1800/(1400-Vo) | .000 | .000 | 5.714 | 4.905 |
| fm=gf/g+(gu/g)(1/(1+Pl(E1-1)))+(2/g)(1+Pl) | .000 | .000 | .216 | .241 |
| flt=(fm+N-1)/N | .000 | .000 | .216 | .241 |

| HCM Summary Results for Case: NARC032 | | | | | U.HABIT | | /INSURGENTES | |
|---------------------------------------|-----------|-------|---------|-------|---------|--|--------------|-----|
| DETERMINATION FOR SOLUTION | | | | | P.M. | | Version 2.4 | |
| | | | X Delay | | | | | |
| | Lane | v/c | v/c | (sec/ | | | | |
| | App Group | Ratio | Ratio | veh) | LOS | | | |
| EB | T | .41 | .41 | 16.0 | C | | | 99 |
| | R | .12 | .47 | 18.6 | C | | | 100 |
| | All | | | 18.0 | C | | | |
| WB | *TR | .18 | .68 | 19.1 | C | | | |
| | All | | | 19.1 | C | | | |
| NB | L | .32 | .48 | 6.1 | B | | | |
| | TR | .37 | .36 | 7.6 | B | | | |
| | All | | | 7.5 | B | | | |
| SB | L | .34 | .52 | 6.6 | B | | | |
| | *TR | .38 | .58 | 10.8 | B | | | |
| | All | | | 10.0 | B | | | |
| Intersect | | .56 | .61 | 18.4 | B | | | |



| NETSIM Results for Case: MARCOS2 | | | | | U.HABIT | INSURGENTES |
|----------------------------------|-------|---------|--------|-------------|---------|-------------|
| DETERMINATION OF SOLUTION | | | | | P.M. | Version 2.4 |
| Spillback in | | | | | | |
| | | Avg | Avg | Worst Lane | 581 | |
| | Lane | Storage | Speed | (% of Peak) | 58 | 141 |
| App Group | (veh) | (mph) | Period | | | |
| EM | T | 1 | 14.0 | .0 | | 99 |
| | R | 2 | 10.9 | .0 | | 100 |
| | All | 3 | 10.9 | .0 | | |
| UB | TR | 3 | 7.2 | .0 | | |
| | All | 3 | 7.2 | .0 | | |
| ND | L | 4 | 13.4 | .0 | 59 | |
| | TR | 5 | 17.1 | .0 | 179 | |
| | All | 9 | 15.5 | .0 | | 110 114 |
| | | | | | | 947 |
| SB | L | 4 | 11.5 | .0 | 1 | 2 |
| | TR | 7 | 13.7 | .0 | | |
| | All | 11 | 12.0 | .0 | 25 | 2 1 50 2 1 |
| Intersect. | | 26 | 12.8 | | | |

| NETSIN Results for Case: NARC082 | | | U.HABIT / INSURGENTES | | | |
|---|---------------------|----------------|-----------------------|------------------------------|--------|-------|
| DETERMINACION DE EMISIONES | | | P.N. | | | |
| Version 2.4 | | | | | | |
| Fuel Consumption | | | | | | |
| | ----- Gallons ----- | | | ----- Miles Per Gallon ----- | | |
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EN | .5 | .4 | .4 | 111.6 | 5.6 | .4 |
| WB | .8 | .8 | .8 | 6.9 | .8 | .8 |
| NE | 2.6 | .1 | .2 | 12.1 | 6.5 | 6.3 |
| SB | 3.1 | .1 | .1 | 11.8 | 6.8 | 5.4 |
| All | 7.0 | .2 | .9 | 14.4 | 6.4 | 5.8 |
| Auto Pollutant Emissions (Grams/Mile-Hour) | | | | | | |
| | ----- HC ----- | ----- CO ----- | ----- NOx ----- | | | |
| EN | | 42.6 | 566.3 | 185.7 | | |
| WB | | 64.7 | 1829.7 | 241.8 | | |
| NE | | 284.5 | 3312.8 | 778.8 | | |
| SB | | 244.8 | 4847.4 | 991.6 | | |
| All | | 1197.2 | 22966.6 | 5956.9 | | |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: TLALPAN

NORTH APPROACH: INSURGENTES

WEST APPROACH: TLALPAN

SOUTH APPROACH: INSURGENTES

ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM

ANALYSIS DATE: 04-29-99

ANALYSIS PERIOD: P.M.

CASE: TLALPAN

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 2 | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 2 | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | LANE 1 | | LANE 2 | | LANE 3 | | LANE 4 | | LANE 5 | | LANE 6 | |
|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | MOV. | WIDTH |
| EB | LR | 12.0 | R | 12.0 | | | | | | | | |
| WB | LR | 12.0 | R | 12.0 | | | | | | | | |
| NB | T | 12.0 | T | 12.0 | T | 12.0 | | | | | | |
| SB | T | 12.0 | T | 12.0 | T | 12.0 | | | | | | |

- L - EXCLUSIVE LEFT TURN
- LT - LEFT TURN / THROUGH
- LR - LEFT TURN / RIGHT TURN
- LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN
- T - EXCLUSIVE THROUGH
- TR - THROUGH / RIGHT TURN
- R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 10 | 0 | 479 | 0 | 1.00 | | 1.00 |
| WB | 10 | 0 | 414 | 0 | 1.00 | | 1.00 |
| NB | 0 | 708 | 0 | 0 | | 1.00 | |
| SB | 0 | 1130 | 0 | 0 | | 1.00 | |

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 10 | 0 | 479 | 0 | .96 | | .96 |
| WB | 10 | 0 | 414 | 0 | .96 | | .95 |
| NB | 0 | 708 | 0 | 0 | | .95 | |
| SB | 0 | 1130 | 0 | 0 | | .96 | |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| EB | L P | | | | | | | |
| WB | L P | | | | | | | |
| NB | | T | | | | | | |
| SB | | T | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 23 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 60
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | | 5 | 2 | | 7 | 5 | | | 3 | | |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | | |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 3 | 3 | 2 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | N | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 12 | 20 | 32 | 0 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 20.5 | 20.5 | 8.5 | 8.5 |

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

| App. | Lane Group | v Adj. Flow (vph) | s Adj. Sat. (vphg) | v/s Flow Ratio | g/C Green Ratio | c Capacity (vph) | X v/c Ratio |
|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| EB | LR | 260 | 1501 | .17 | .38 | 575 | .45 |
| | * R | 249 | 1420 | .18 | .38 | 544 | .46 |
| WB | LR | 228 | 1487 | .15 | .38 | 570 | .40 |
| | R | 218 | 1358 | .16 | .38 | 521 | .42 |
| NB | T | 820 | 5033 | .16 | .52 | 2600 | .32 |
| SB | * T | 1295 | 5319 | .24 | .52 | 2748 | .47 |

* Critical Lane Group

Sum(v/s)crit = .42 Xc = .47
 Cycle Length, C = 60 Sec Lost Time Per Cycle, L = 6.0 Sec

LEVEL OF SERVICE WORKSHEET

| App | Lane Grp. | --- Delay 1 --- | | | -- Delay 2-- | | --- By Lane Group --- | | | -Approach- Delay | | |
|-----|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------|------------------------|---------------------|---------------|-----|
| | | X v/c Ratio | g/C Green Ratio | d1 (sec /veh) | c Cap (vph) | d2 (sec /veh) | PF Prog Fact | Lane Grp. | Delay (sec /veh) | LOS | (sec /veh) | LOS |
| EB | LR | .45 | .38 | 10.5 | 575 | .4 | 1.00 | LR | 10.9 | B | 10.9 | B |
| | R | .46 | .38 | 10.5 | 544 | .4 | 1.00 | R | 11.0 | B | | |
| WB | LR | .40 | .38 | 10.2 | 570 | .3 | 1.00 | LR | 10.5 | B | 10.6 | B |
| | R | .42 | .38 | 10.3 | 521 | .3 | 1.00 | R | 10.7 | B | | |
| NB | T | .32 | .52 | 6.4 | 2600 | .0 | 1.00 | T | 6.4 | B | 6.4 | B |
| SB | T | .47 | .52 | 7.0 | 2748 | .1 | 1.35 | T | 9.6 | B | 9.6 | B |

Cycle = 60

Intersection
9.1 B

HCM Summary Results for Case: TLALPAN
 DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

TLALPAN / INSURGENTES
 Version 2.4

| App Group | Lane | v/c Ratio | X v/c Ratio | Delay (sec/veh) | LOS |
|-----------|------|-----------|-------------|-----------------|-----|
| EB | LR | .17 | .45 | 18.9 | H |
| | RB | .18 | .45 | 11.0 | B |
| | All | | | 18.9 | B |
| NB | LR | .15 | .48 | 18.5 | B |
| | H | .10 | .42 | 18.7 | H |
| | All | | | 18.6 | B |
| NB | T | .16 | .32 | 6.4 | B |
| | All | | | 6.4 | B |
| SB | T | .24 | .47 | 9.6 | B |
| | All | | | 9.6 | B |
| Intersect | | .42 | .47 | 9.1 | B |

| | | | | | |
|------|----|----|----|--|-----|
| 1130 | | | | | |
| | | | | | 414 |
| | | | | | 18 |
| 18 | | | | | |
| 478 | | | | | 708 |
| 1 | 2 | | | | |
| 23 | 21 | 81 | 21 | | |

NETSIN Results for Case: TLALPAN

TLALPAN

INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.14

| | | Spillback in | | | | | | | | |
|------------|---------|--------------|------------|------------|------|---|---|----|---|-----|
| | | Avg | Avg | Worst Lane | | | | | | |
| Lane | Storage | Speed | (x of Peak | | | | | | | |
| App Group | (veh) | (mph) | Period) | | | | | | | |
| EH | LR | 2 | 12.4 | .8 | 1130 | | | | | 414 |
| | R | 3 | 11.0 | .8 | | | | | | |
| | All | 5 | 11.6 | .8 | | | | | | |
| WB | LR | 2 | 13.7 | .8 | 10 | | | | | 10 |
| | R | 2 | 11.0 | .8 | | | | | | |
| | All | 4 | 12.8 | .8 | | | | | | |
| NB | T | 5 | 17.1 | .8 | 473 | | | | | 783 |
| | All | 5 | 17.1 | .8 | | | | | | |
| SB | I | 8 | 17.7 | .8 | 23 | 2 | 1 | 31 | 2 | 1 |
| | All | 8 | 17.7 | .8 | | | | | | |
| Intersect. | | 22 | 15.2 | | | | | | | |

NETSIM Results for Case: TLALPAN

TLALPAN

/INSURGENTES

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO P.M.

Version 2.14

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| WH | 1.4 | .1 | .1 | 11.6 | 5.0 | 5.7 |
| WB | .8 | .1 | .1 | 14.7 | 5.8 | 5.8 |
| WB | 1.2 | .1 | .1 | 16.8 | 7.1 | 8.2 |
| SB | 2.5 | .2 | .8 | 13.3 | 6.6 | .8 |
| All | 5.5 | .6 | .3 | 14.2 | 6.3 | 6.8 |

Auto Pollutant Emissions
(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|-----|-------|--------|-------|
| WH | 111.6 | 1149.2 | 211.7 |
| WB | 64.3 | 982.2 | 178.5 |
| WB | 99.2 | 1568.8 | 319.5 |
| SB | 194.9 | 3168.2 | 739.2 |
| All | 111.4 | 1075.1 | 111.7 |

IDENTIFYING INFORMATION

EAST APPROACH: TLALPAN

NORTH APPROACH: INSURGENTES

WEST APPROACH: TLALPAN

SOUTH APPROACH: INSURGENTES

ANALYST: FRANCISCO ALVAREZ BLUM

ANALYSIS DATE: 04-29-99

ANALYSIS PERIOD: P.M.

CASE: TLALPAN2

INTERSECTION GEOMETRY

| APP. | APPROACH LANES | OUTBOUND LANES | LANE LENGTH (FEET) | LEFT TURN | | RIGHT TURN | |
|------|----------------|----------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | | | POCKET LANES | POCKET (FEET) | POCKET LANES | POCKET (FEET) |
| EB | 2 | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| WB | 2 | 0 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NB | 3 | 3 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SB | 3 | 3 | 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MOVEMENTS SERVICED BY LANE AND LANE WIDTHS (FEET)

| APP. | MOV. | LANE 1 | | LANE 2 | | LANE 3 | | LANE 4 | | LANE 5 | | LANE 6 | |
|------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | MOV. | WIDTH |
| EB | LR | | 12.0 | R | | 12.0 | | | | | | | |
| WB | LR | | 12.0 | R | | 12.0 | | | | | | | |
| NB | T | | 12.0 | T | | 12.0 | T | | 12.0 | | | | |
| SB | T | | 12.0 | T | | 12.0 | T | | 12.0 | | | | |

L - EXCLUSIVE LEFT TURN

T - EXCLUSIVE THROUGH

LT - LEFT TURN / THROUGH

TR - THROUGH / RIGHT TURN

LR - LEFT TURN / RIGHT TURN

R - EXCLUSIVE RIGHT TURN

LTR - LEFT TURN / THROUGH / RIGHT TURN

TRAFFIC VOLUMES

CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH)

GROWTH FACTORS

| APP. | CURRENT TRAFFIC VOLUMES (VPH) | | | | GROWTH FACTORS | | |
|------|-------------------------------|------|-------|------|----------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 10 | 0 | 479 | 0 | 1.00 | | 1.00 |
| WB | 10 | 0 | 414 | 0 | 1.00 | | 1.00 |
| NB | 0 | 708 | 0 | 0 | | 1.00 | |
| SB | 0 | 1130 | 0 | 0 | | 1.00 | |

MOVEMENT VOLUMES (VPH)

PEAK HOUR FACTORS

| APP. | MOVEMENT VOLUMES (VPH) | | | | PEAK HOUR FACTORS | | |
|------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------|-------|
| | LEFT | THRU | RIGHT | RTOR | LEFT | THRU | RIGHT |
| EB | 10 | 0 | 479 | 0 | .96 | | .96 |
| WB | 10 | 0 | 414 | 0 | .96 | | .95 |
| NB | 0 | 708 | 0 | 0 | | .95 | |
| SB | 0 | 1130 | 0 | 0 | | .96 | |

SIGNAL SETTINGS - DESIGN ANALYSIS

=====

CONTROL TYPE : PRETIMED

PHASING: MOVEMENTS SERVICED

| APP. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| EB | L P | | | | | | | |
| WB | L P | | | | | | | |
| NB | | T | | | | | | |
| SB | | T | | | | | | |

L=Left Turn; T=Through; R=Right, no Peds; P=Right w Ped conflict

TIMING BY PHASE* (SECONDS)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|----|----|---|---|---|---|---|---|
| Green | 29 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yellow | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| All Red | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DURATION OF PEDESTRIAN ONLY PHASE (SECS) 0
 CYCLE LENGTH (SECS) 75
 LOST TIME PER PHASE (SECS) 3.0

* Timing omitted by user and computed by HCM/Cinema

TRAFFIC AND ROADWAY CONDITIONS

=====

AREA TYPE - NON-CBD

PERCENT HEAVY VEHICLES

| EAST | | | WEST | | | NORTH | | | SOUTH | | |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT | LEFT | THRU | RIGHT |
| 2 | | 5 | 2 | | 7 | 5 | | | 3 | | |

| | EAST | WEST | NORTH | SOUTH |
|------------------------------------|------|------|-------|-------|
| CONFLICTING PEDESTRIANS/HOUR | 0 | 0 | | |
| PLATOON ARRIVAL TYPE | 3 | 3 | 3 | 2 |
| PERCENT GRADE | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CURB PARKING | N | N | N | N |
| NUMBER OF PARKING MANEUVERS/HOUR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NUMBER OF BUSES STOPPING/HOUR | 12 | 20 | 32 | 0 |
| PEDESTRIAN BUTTON | N | N | N | N |
| MINIMUM GREEN TIME FOR PEDESTRIANS | 20.5 | 20.5 | 8.5 | 8.5 |

CAPACITY ANALYSIS WORKSHEET

| App. | Lane Group | v Adj. Flow (vph) | s Adj. Sat. (vphg) | v/s Flow Ratio | g/C Green Ratio | c Capacity (vph) | X v/c Ratio |
|------|------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| EB | LR | 260 | 1501 | .17 | .39 | 580 | .45 |
| | * R | 249 | 1420 | .18 | .39 | 549 | .45 |
| WB | LR | 228 | 1487 | .15 | .39 | 575 | .40 |
| | R | 218 | 1358 | .16 | .39 | 525 | .42 |
| NB | T | 820 | 5033 | .16 | .53 | 2684 | .31 |
| SB | * T | 1295 | 5319 | .24 | .53 | 2837 | .46 |

* Critical Lane Group
 Sum(v/s)crit = .42 Xc = .46
 Cycle Length, C = 75 Sec Lost Time Per Cycle, L = 6.0 Sec

LEVEL OF SERVICE WORKSHEET

| App | Lane Grp. | --- Delay 1 --- | | | -- Delay 2-- | | --- By Lane Group --- | | | -Approach- Delay | | |
|-----|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------|------------------------|---------------------|---------------|-----|
| | | X v/c Ratio | g/C Green Ratio | d1 (sec /veh) | c Cap (vph) | d2 (sec /veh) | PF Prog Fact | Lane Grp. | Delay (sec /veh) | LOS | (sec /veh) | LOS |
| EB | LR | .45 | .39 | 13.0 | 580 | .4 | 1.00 | LR | 13.4 | B | 13.4 | B |
| | R | .45 | .39 | 13.0 | 549 | .4 | 1.00 | R | 13.4 | B | | |
| WB | LR | .40 | .39 | 12.7 | 575 | .2 | 1.00 | LR | 12.9 | B | 13.0 | B |
| | R | .42 | .39 | 12.8 | 525 | .3 | 1.00 | R | 13.1 | B | | |
| NB | T | .31 | .53 | 7.4 | 2684 | .0 | 1.00 | T | 7.4 | B | 7.4 | B |
| SB | T | .46 | .53 | 8.2 | 2837 | .1 | 1.35 | T | 11.2 | B | 11.2 | B |

Cycle = 75

Intersection
10.8 B

EFFECTIVE GREEN TIMES AND g/C BY LANE GROUP - DESIGN ANALYSIS

=====

| App. | Lane Group | g Effective Green Time (Sec) | g/C |
|------|------------|------------------------------|-----|
| EB | LR | 29 | .39 |
| | *R | 29 | .39 |
| WB | LR | 29 | .39 |
| | R | 29 | .39 |
| NB | T | 40 | .53 |
| SB | *T | 40 | .53 |

Cycle Length (C) is 75 secs.
* Critical Lane Group

NETSIN Results for Case: TLALPAN2

TLALPAN

INSURGENTES

DETERMINATION BY SUBJECT

P.M.

Version 2.0

Fuel Consumption

| | Gallons | | | Miles Per Gallon | | |
|-----|---------|--------|-------|------------------|--------|-------|
| | Autos | Trucks | Buses | Autos | Trucks | Buses |
| EH | 1.0 | .1 | .0 | 10.7 | 6.6 | 7.1 |
| WB | .8 | .1 | .1 | 13.7 | 6.7 | 6.3 |
| NB | 3.5 | .5 | .4 | 18.7 | 7.4 | 7.1 |
| SB | 3.6 | .3 | .0 | 14.9 | 5.4 | .8 |
| All | 8.9 | 1.0 | .6 | 16.1 | 6.6 | 6.9 |

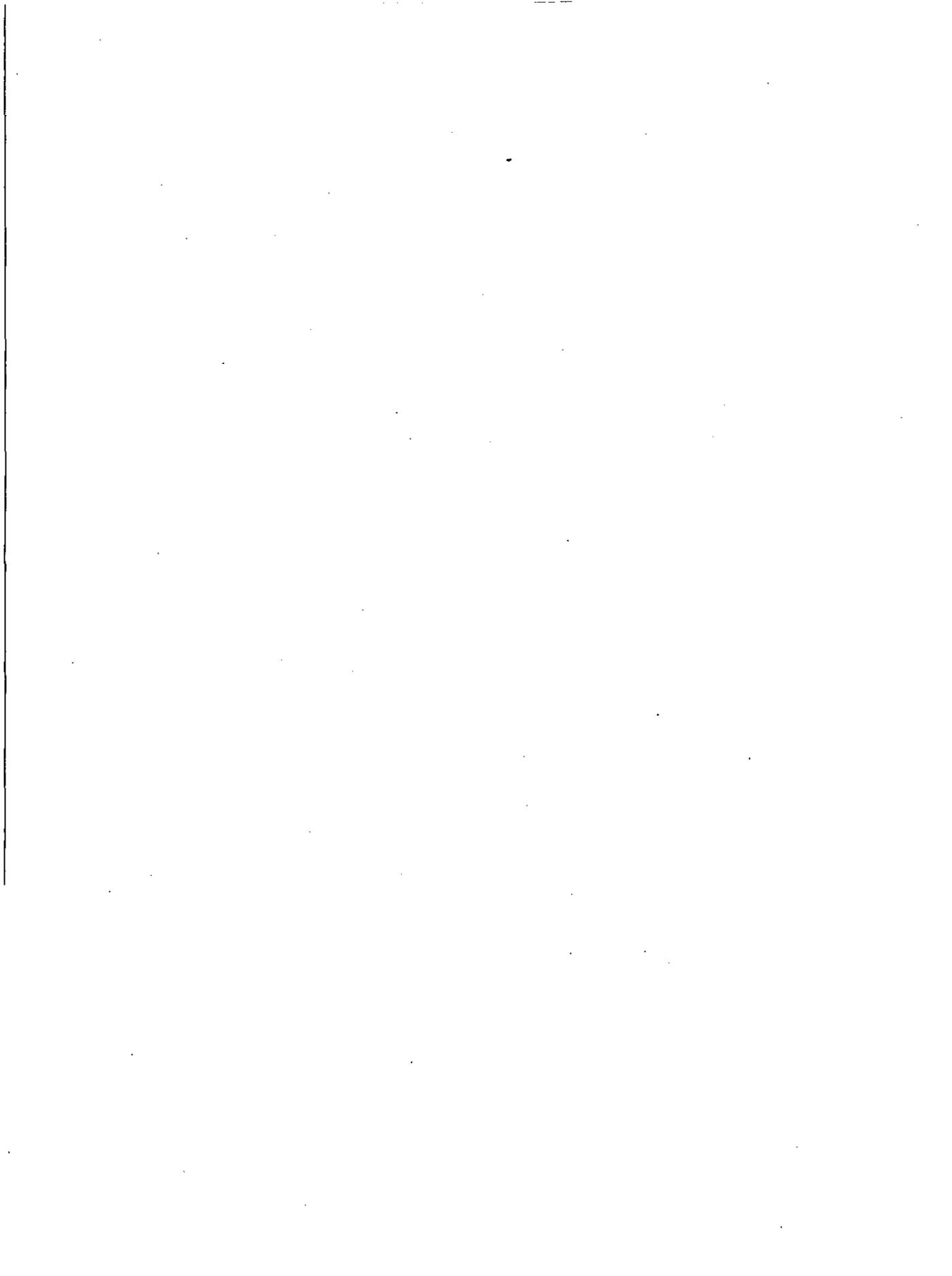
Auto Pollutant Emissions

(Grams/Mile-Hour)

| | HC | CO | NOX |
|-----|-------|--------|--------|
| EH | 101.4 | 1100.0 | 212.7 |
| WB | 69.3 | 953.2 | 176.2 |
| NB | 31.6 | 1163.7 | 265.5 |
| SB | 171.9 | 2657.5 | 626.2 |
| All | 374.1 | 5874.4 | 1280.6 |

| NEPSIN Results for Case: TLALPAN2 | | | | TLALPAN | /INSURGENTES |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|---------|--------------|
| DETERMINATION OF MILITATION | | | | P.M. | Version 2.0 |
| | | | | 1130 | |
| Spillback in | | | | | |
| Avg Lane Storage | | | | | |
| Avg Speed (X of Peak) | | | | | |
| Worst Lane Period | | | | | |
| App | Group | (veh) | (mph) | | |
| EB | LR | 2 | 11.1 | .8 | 414 |
| | R | 3 | 12.5 | .8 | |
| | All | 5 | 11.8 | .8 | 18 |
| WB | LR | 2 | 12.9 | .8 | |
| | R | 2 | 10.6 | .8 | |
| | All | 4 | 11.5 | .8 | 18 |
| NB | T | 13 | 22.6 | .8 | |
| | All | 13 | 22.6 | .8 | 788 |
| SB | T | 11 | 28.2 | .8 | |
| | All | 11 | 28.2 | .8 | |
| Intersect. | | | | 29 | 2 1 40 2 1 |

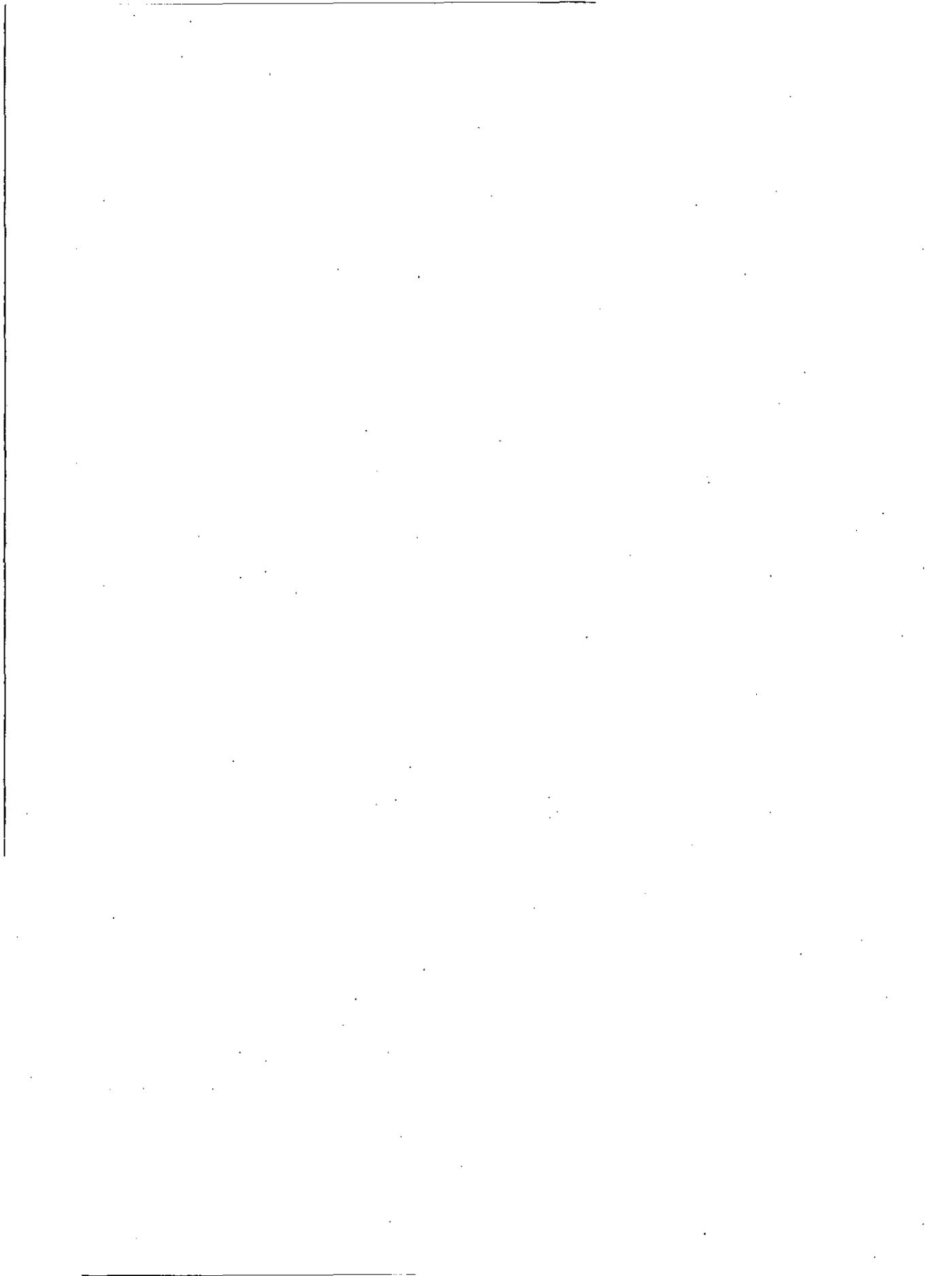
| HCM Summary Results for Case: TLALPAN2 | | | | TLALPAN | INSURGENTES |
|--|-------|-------|---------------|---------|--------------|
| DETERMINATION FOR SOLUTION | | | | P.M. | Version 2.14 |
| | | X | Delay | 1136 | |
| | Lane | v/c | v/c (sec/veh) | | |
| App Group | Ratio | Ratio | LOS | | 414 |
| NR | LR | .17 | .45 | 10.4 | N |
| | *R | .18 | .45 | 13.4 | B |
| | All | | | 13.4 | B |
| NR | LR | .35 | .49 | 12.9 | B |
| | R | .16 | .42 | 10.1 | N |
| | All | | | 13.0 | B |
| NR | T | .16 | .34 | 7.4 | B |
| | All | | | 7.4 | B |
| SR | *I | .24 | .46 | 11.2 | B |
| | All | | | 11.2 | B |
| Intersect | | .42 | .46 | 10.8 | B |



Passer II-90

Solución

Francisco José Álvarez Blum
Cta: 9250584-1



(COVER)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

- PROGRESSION MODE.
- SPEED VARIATION.

**** INPUT DATA SUMMARY ****

| NUMBER OF INTERSECTIONS | LOWER CYCLE LENGTH | UPPER CYCLE LENGTH | CYCLE INCREMENT |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 7 | 70 | 250 | 20 |

| MASTER INTERSECTION | REFERENCE INTERSECTION | REFERENCE POINT | SYSTEMWIDE LOST TIME |
|------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | BEGIN | 3.0 |

(EMBED.DAT)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

TRAFFIC CONTROL TYPE: LEFT TURN SNEAKERS: DELAY UNIT:

PRETIMED OPERATION 2.0 VEHICLES TOTAL DELAY

IDEAL SATURATION FLOW: PHASE LOST TIME: LOS DELAY CRITERIA:

1900 PCPHGPL 3.0 SECONDS A - 6.5 SECS/VEH
B - 19.5 SECS/VEH
ANALYSIS PERIOD: LEFT TURN PHASING: C - 32.5 SECS/VEH
D - 52.0 SECS/VEH
15 MINUTES APPROACH-BASED E - 78.0 SECS/VEH
F - 78.0 SECS/VEH

PERMITTED LEFT TURN MODEL: (6) TTI MODEL

MODEL COEFFICIENTS: VO = Opp Sat Flow (vph) = 1750
T = LT Critical Gap (sec) = 4.5
H = LT Headway (sec) = 2.5

(ART.SUMY)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST PROGRESSION SOLUTION SUMMARY ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE LENGTH = 70 SECS (MAXIMIN CYCLE > 120 SECS)
EFFICIENCY = .22 (FAIR PROGRESSION)
ATTAINABILITY = 1.00 (INCREASE MIN. THROUGH PHASE)

BAND A = 15 SECS AVERAGE SPEED = 38 MPH
BAND B = 0 SECS AVERAGE SPEED = 38 MPH

NOTE: ARTERIAL PROGRESSION EVALUATION CRITERIA

EFFICIENCY 0.00 - 0.12 - "POOR PROGRESSION"
0.13 - 0.24 - "FAIR PROGRESSION"
0.25 - 0.36 - "GOOD PROGRESSION"
0.37 - 1.00 - "GREAT PROGRESSION"

ATTAINABILITY 1.00 - 0.99 - "INCREASE MIN THRU PHASE"
 0.99 - 0.70 - "FINE-TUNING NEEDED"
 0.69 - 0.00 - "MAJOR CHANGES NEEDED"

(INT.SUMY)

PASSER II-90
 DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** INTERSECTION PERFORMANCE SUMMARY ****

CYCLE LENGTH = 70 SECS SYSTEM MAXIMIN CYCLE = 863 SECS

INT CROSS STREET PHASE MIN.DELAY INTERSECTION AVERAGE DELAY INT
 NO INTERSECTION ART CRS CYCLE (SECS) V/C RATIO (SECS/VEH) NO

| INT NO | CROSS STREET | PHASE | MIN.DELAY | INTERSECTION | AVERAGE DELAY | INT NO |
|--------|--------------|-------|-----------|--------------|---------------|--------|
| 1 | Camino a Sta | 1 2 | 863 | 1.15 | 10185.4 | 1 |
| 2 | Corregidora | 2 2 | 445 | 1.21 | 6591.1 | 2 |
| 3 | Calvario | 1 4 | 593 | 1.21 | 5969.9 | 3 |
| 4 | Sta Ursula | 1 2 | 593 | 1.21 | 6410.3 | 4 |
| 5 | Limantitla | 2 2 | 593 | 1.21 | 5647.3 | 5 |
| 6 | San Marcos C | 1 2 | 594 | 1.21 | 5606.4 | 6 |
| 7 | Tlalpan | 2 4 | 445 | 1.21 | 5818.0 | 7 |

(BEST.SOLN)

PASSER II-90
 DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION.... NEMA PHASE DESIGNATION ****

*** INT. 1 .0 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL LEFTS (1+5)
 Camino a Sta .0 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (4+8)

| | ARTERIAL STREET | | | | CROSS STREET | | | |
|-------------------|-----------------|------|------|-------|--------------|-----|------|-------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | TOTAL | 4+8 | 3+8 | 3+7 | TOTAL |
| PI E TIME (SECS) | 15.0 | 7.1 | 22.2 | 44.3 | 12.9 | .0 | 12.8 | 25.7 |
| PHASE TIME (%) | 21.4 | 10.1 | 31.7 | 63.3 | 18.4 | .0 | 18.3 | 36.7 |

----- MEASURES OF EFFECTIVENESS -----

PHASE (NEMA) 5[4] 6 1[5] 2 3[5] 4 7[5] 8
 PHASE DIRECTION SBLTPM NBTHRU NBLTPR SBTHRU EBLTPR WBTHRU WBLTPR EBTHRU

PHASE TIME (SEC) 15.0 29.3 22.1 22.2 12.8 12.9 12.8 12.9
 *V/C-RATIO 2.58 1.60 2.20 2.19 4.29 4.25 4.38 4.26
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F F F
 DELAY (SECS/VEH) 4814.8 725.9 2667.1 2621.3 27671.326698.130666.527405.8
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F F F
 QI E (VEH/LANE) 1071.8 262.9 696.7 688.3 3685.5 3588.2 3998.5 3673.2
 STOPS (STOPS/HR) 38551. 6147. 19881. 17674. 43105. 93955. 11536. 19213.
 TOTAL INTERSECTION DELAY FUEL CONSUMPTION MINIMUM DELAY CYCLE
 10185.40 SECS/VEH ***** GAL/HR > 120 SECS

(BEST.SOLN)

PASSER II-90
 DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION CONTINUED.... NEMA PHASE DESIGNATION ****
 *** INT. 2 42.0 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (2+6)
 Corregidora 60.0 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (4+8)

| ARTERIAL STREET | | CROSS STREET | | TOTAL | | TOTAL | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------|-------|-------|--|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 2+5 1+5 | 4+8 3+8 3+7 | TOTAL | 4+8 3+8 3+7 | TOTAL | | |
| PHASE TIME (SECS) | 19.3 .0 19.3 38.6 | 15.7 .0 15.7 31.4 | | | | | |
| PHASE TIME (%) | 27.6 .0 27.6 55.1 | 22.4 .0 22.4 44.9 | | | | | |

----- MEASURES OF EFFECTIVENESS -----

PHASE (NEMA) 5[5] 6 1[5] 2 3[5] 4 7[5] 8
 PHASE DIRECTION SBLTPR NBTHRU NBLTPR SBTHRU EBLTPR WBTHRU WBLTPR EBTHRU
 PHASE TIME (SEC) 19.4 19.3 19.3 19.4 15.7 15.7 15.7 15.7
 *V, RATIO 2.47 2.69 2.58 2.58 3.31 .00 .00 3.31
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F
 DELAY (SECS/VEH) 4138.9 5641.3 4830.0 4822.3 11588.3 .0 .011524.6
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F
 QUEUE (VEH/LANE) 962.1 1209.0 1075.4 1081.5 2006.4 .0 .01994.7
 STOPS (STOPS/HR) 19760. 20300. 18438. 17027. 21672. 0. 0. 28047.
 TOTAL INTERSECTION DELAY FUEL CONSUMPTION MINIMUM DELAY CYCLE
 6591.15 SECS/VEH 7038.02 GAL/HR > 120 SECS

(BEST.SOLN)

PASSER II-90
 DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION CONTINUED.... NEMA PHASE DESIGNATION ****
 ** INT. 3 6.1 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL LEFTS (1+5)
 Calvario 8.7 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS LT 7 LEADS (4+7)

| ARTERIAL STREET | | CROSS STREET | | TOTAL | | TOTAL | |
|-------------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------|-------|--|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 1+6 2+6 | 4+7 3+7 3+8 | TOTAL | 4+7 3+7 3+8 | TOTAL | | |

PHASE TIME (SECS) 20.1 .0 20.1 40.2 14.9 14.9 .0 29.8
 PHASE TIME (%) 28.7 .0 28.7 57.4 21.3 21.3 .0 42.6
 ----- MEASURES OF EFFECTIVENESS -----
 PHASE (NEMA) 5[5] 6 1[5] 2 3[5] 4 7[5] 8
 PHASE DIRECTION SBLTPR NBTHRU NBLTPR SBTHRU EBLTPR WBTHRU WBLTPR EBTHRU
 PE TIME (SEC) 20.1 20.1 20.1 20.1 14.9 14.9 29.8 .0
 *V/C-RATIO 2.46 2.46 2.46 2.46 3.57 3.55 1.59 .00
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F F
 DELAY (SECS/VEH) 4047.9 4075.3 4070.3 4112.7 15485.714799.0 929.5 .0
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F F
 QUEUE (VEH/LANE) 945.4 956.7 950.8 960.6 2472.4 2387.0 334.5 .0
 STOPS (STOPS/HR) 16945. 15347. 11610. 9959. 9489. 20662. 509. 0.
 TOTAL INTERSECTION DELAY FUEL CONSUMPTION MINIMUM DELAY CYCLE
 5969.88 SECS/VEH 4457.95 GAL/HR > 120 SECS

(BEST.SOLN)

PASSER II-90
 DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION CONTINUED.... NEMA PHASE DESIGNATION ****
 *** INT. 4 35.8 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL LEFTS (1+5)
 Sta Ursula 51.1 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS DUAL THRS (4+8)

| | ARTERIAL STREET | | | CROSS STREET | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|------|--------------|------|-----|------|-------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | TOTAL | 4+8 | 3+8 | 3+7 | TOTAL |
| PHASE TIME (SECS) | 19.4 | .0 | 19.5 | 38.9 | 15.5 | .0 | 15.6 | 31.1 |
| PHASE TIME (%) | 27.7 | .0 | 27.9 | 55.6 | 22.1 | .0 | 22.3 | 44.4 |

----- MEASURES OF EFFECTIVENESS -----
 PHASE (NEMA) 5[5] 6 1[5] 2 3[5] 4 7[5] 8
 PHASE DIRECTION SBLTPR NBTHRU NBLTPR SBTHRU EBLTPR WBTHRU WBLTPR EBTHRU
 PHASE TIME (SEC) 19.4 19.5 19.4 19.5 15.6 15.5 15.6 15.5
 *V/C-RATIO 2.56 2.55 2.56 2.55 3.34 3.38 3.32 3.37
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F F F
 DELAY (SECS/VEH) 4709.2 4643.6 4679.6 4586.9 12094.512523.812027.412489.2
 LEVEL OF SERVICE F F F F F F F F
 QUEUE (VEH/LANE) 1053.5 1047.8 1048.8 1035.1 2073.5 2119.3 2066.5 2121.3
 STOPS (STOPS/HR) 20079. 19963. 25364. 22769. 14386. 16861. 9275. 11590.
 TOTAL INTERSECTION DELAY FUEL CONSUMPTION MINIMUM DELAY CYCLE
 6410.34 SECS/VEH 6990.59 GAL/HR > 120 SECS

(E .SOLN)

PASSER II-90
 DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION CONTINUED.... NEMA PHASE DESIGNATION ****

*** INT. 5 7.5 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (2+6)
 Limantla 10.7 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (4+8)

| | ARTERIAL STREET | | | | CROSS STREET | | | |
|---------------------------------------|------------------|--------|---------------------|--------|--------------|---------|---------|----------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 1+6 | 1+5 | TOTAL | 4+8 | 3+8 | 3+7 | TOTAL |
| PHASE TIME (SECS) | 20.0 | .0 | 20.0 | 40.0 | 15.0 | .0 | 15.0 | 30.0 |
| PHASE TIME (%) | 28.6 | .0 | 28.6 | 57.1 | 21.4 | .0 | 21.4 | 42.9 |
| ----- MEASURES OF EFFECTIVENESS ----- | | | | | | | | |
| PHASE (NEMA) | 5[5] | 6 | 1[5] | 2 | 3[5] | 4 | 7[5] | 8 |
| PHASE DIRECTION | SBLTPR | NBTHRU | NBLTPR | SBTHRU | EBLTPR | WBTHRU | WBLTPR | EBTHRU |
| PHASE TIME (SEC) | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| *V/C-RATIO | 2.48 | 2.47 | 2.48 | 2.47 | 3.55 | 3.61 | 3.52 | 3.52 |
| LEVEL OF SERVICE | F | F | F | F | F | F | F | F |
| DELAY (SECS/VEH) | 4165.5 | 4147.2 | 4182.2 | 4145.7 | 15319.7 | 16615.5 | 14971.1 | 114966.9 |
| LEVEL OF SERVICE | F | F | F | F | F | F | F | F |
| QUEUE (VEH/LANE) | 967.3 | 968.7 | 970.0 | 970.6 | 2469.7 | 2622.4 | 2420.9 | 2445.7 |
| STOPS (STOPS/HR) | 16173. | 16676. | 15235. | 15738. | 7590. | 4980. | 6052. | 6052. |
| TOTAL INTERSECTION DELAY | FUEL CONSUMPTION | | MINIMUM DELAY CYCLE | | | | | |
| 5647.27 SECS/VEH | 4294.98 GAL/HR | | > 120 SECS | | | | | |

(BEST.SOLN)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION CONTINUED.... NEMA PHASE DESIGNATION ****

*** INT. 6 12.5 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL LEFTS (1+5)
 Sta Marcos C 17.9 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (4+8)

| | ARTERIAL STREET | | | | CROSS STREET | | | |
|---------------------------------------|------------------|--------|---------------------|--------|--------------|---------|---------|---------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 2+5 | 2+6 | TOTAL | 4+8 | 3+8 | 3+7 | TOTAL |
| PHASE TIME (SECS) | 20.4 | .0 | 20.0 | 40.4 | 14.8 | .0 | 14.8 | 29.6 |
| PHASE TIME (%) | 29.1 | .0 | 28.6 | 57.7 | 21.1 | .0 | 21.1 | 42.3 |
| ----- MEASURES OF EFFECTIVENESS ----- | | | | | | | | |
| PHASE (NEMA) | 5[5] | 6 | 1[5] | 2 | 3[5] | 4 | 7[5] | 8 |
| PHASE DIRECTION | SBLTPR | NBTHRU | NBLTPR | SBTHRU | EBLTPR | WBTHRU | WBLTPR | EBTHRU |
| PHASE TIME (SEC) | 20.4 | 20.0 | 20.4 | 20.0 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 |
| *V/C-RATIO | 2.41 | 2.37 | 2.45 | 2.44 | 3.59 | 3.75 | 3.59 | 3.55 |
| LEVEL OF SERVICE | F | F | F | F | F | F | F | F |
| DELAY (SECS/VEH) | 3784.0 | 3556.8 | 3997.1 | 3979.6 | 16035.6 | 19372.0 | 15833.9 | 15240.6 |
| LEVEL OF SERVICE | F | F | F | F | F | F | F | F |
| QUEUE (VEH/LANE) | 900.6 | 828.4 | 937.7 | 938.6 | 2550.7 | 2985.2 | 2518.8 | 2443.8 |
| STOPS (STOPS/HR) | 13139. | 12601. | 15192. | 15358. | 6060. | 4033. | 8049. | 7951. |
| TOTAL INTERSECTION DELAY | FUEL CONSUMPTION | | MINIMUM DELAY CYCLE | | | | | |
| 5606.35 SECS/VEH | 4262.31 GAL/HR | | > 120 SECS | | | | | |

(BEST.SOLN)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** BEST SOLUTION CONTINUED.... NEMA PHASE DESIGNATION ****

** I. 7 46.6 SEC OFFSET ART ST PHASE SEQ IS DUAL THRU (2+6)

Taipan 66.6 % OFFSET CROSS ST PHASE SEQ IS LT 7 LEADS (4+7)

| | ARTERIAL STREET | | | | CROSS STREET | | | |
|-------------------|-----------------|-----|------|-------|--------------|-----|------|-------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 1+6 | 1+5 | TOTAL | 4+7 | 4+8 | 3+8 | TOTAL |
| PHASE TIME (SECS) | 20.3 | .0 | 20.4 | 40.7 | 14.6 | .0 | 14.7 | 29.3 |
| PHASE TIME (%) | 29.0 | .0 | 29.1 | 58.1 | 20.9 | .0 | 21.0 | 41.9 |

----- MEASURES OF EFFECTIVENESS -----

| | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|--------|--------|---------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| PHASE (NEMA) | 5[5] | 6 | 1[5] | 2 | 3[5] | 4 | 7[5] | 8 |
| PHASE DIRECTION | SBLTPR | NBTHRU | NBLTPR | SBTHRU | EBLTPR | WBTHRU | WBLTPR | EBTHRU |
| PHASE TIME (SEC) | 20.4 | 20.3 | 20.4 | 20.3 | 14.7 | 14.6 | 14.6 | 14.7 |
| *V/C-RATIO | 2.42 | 2.44 | 2.42 | 2.43 | .00 | 3.65 | .00 | 3.59 |
| LEVEL OF SERVICE | F | F | F | F | F | F | F | F |
| DELAY (SECS/VEH) | 3841.5 | 3963.1 | 3809.2 | 3888.6 | .016343.9 | .015409.9 | | |
| LEVEL OF SERVICE | F | F | F | F | F | F | | |
| QUEUE (VEH/LANE) | 912.4 | 932.4 | 905.5 | 927.1 | .02561.0 | .02456.8 | | |
| STOPS (STOPS/HR) | 14226. | 9197. | 20252. | 14471. | 0.14487. | 0.16075. | | |
| TOTAL INTERSECTION DELAY | FUEL CONSUMPTION | | | MINIMUM DELAY CYCLE | | | | |
| 5818.00 SECS/VEH | 4625.50 GAL/HR | | | > 120 SECS | | | | |

(ART.MOE)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** TOTAL ARTERIAL SYSTEM PERFORMANCE ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE LENGTH = 70 SECS BAND A = 15 SECS BAND B = 0 SECS
AVERAGE PROGRESSION SPEED - BAND A = 38 MPH BAND B = 38 MPH

.22 EFFICIENCY 1.00 ATTAINABILITY

AVERAGE INTERSECTION DELAY TOTAL SYSTEM DELAY TOTAL NUMBER VEHICLES
7051.1 SECS/VEH 55693.5 VEH-HR/HR 28435.

TOTAL SYSTEM FUEL CONSUMPTION TOTAL SYSTEM STOPS MAXIMIN CYCLE
47573.35 GAL/HR 859702. STOPS > 120 SECS

(ART.MOE)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

EFFICIENCY VERSUS CYCLE LENGTH

| CYCLE LENGTH | CUMULATIVE EFFICIENCY |
|-----------------|--------------------------|
| 70 | .00 |
| 90 | .00 |
| 110 | .00 |
| 130 | .00 |
| 150 | .00 |
| 170 | .00 |
| 190 | .00 |
| 210 | .00 |
| 230 | .00 |
| 250 | .00 |

(ART.MOE)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

EFFICIENCY VERSUS CYCLE LENGTH

| <u>CYCLE LENGTH</u> | <u>CUMULATIVE EFFICIENCY</u> |
|-------------------------|----------------------------------|
| BEST SOLUTION | 70 .11 |

(PIN.SET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 1 : Camino a Sta COORD PHASE : 0 OFFSET : .0 SEC : 0.0%

*-[MASTER AND SYSTEM INTERSECTION]

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 15.0 | 29.3 | 22.1 | 22.2 | 12.8 | 12.9 | 12.8 | 12.9 |
| PERCENT SPLIT (%) | 21.0% | 42.0% | 32.0% | 32.0% | 18.0% | 18.0% | 18.0% | 18.0% |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS | |
| DURATION (SEC) | 15.0 | 7.1 | 22.2 | 12.9 | .0 | 12.8 | 44.3 | 25.7 |
| CYCLE COUNT (SEC) | .0 | 15.0 | 22.1 | 44.3 | 57.2 | 57.2 | .0 | 44.3 |
| CYCLE COUNT (%) | 0.0% | 21.0% | 32.0% | 63.0% | 82.0% | 82.0% | 0.0% | 63.0% |

(PIN.SET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 2 : Corregidora COORD PHASE : 0 OFFSET : 42.0 SEC : 60.0%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 19.4 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.7 |

LEFT TURN LAG -- LAG -- LAG -- LAG --

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------------|------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 2+5 | 1+5 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS | |
| DURATION (SEC) | 19.3 | .1 | 19.3 | 15.7 | .0 | 15.7 | 38.7 | 31.4 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 42.0 | 61.3 | 61.4 | 10.7 | 26.4 | 26.4 | 42.0 | 10.7 |
| CYCLE COUNT (%) | 60.% | 88.% | 88.% | 15.% | 38.% | 38.% | 60.% | 15.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 3 : Calvario COORD PHASE : 0 OFFSET : 6.1 SEC : 9.%

| | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| DURATION-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 14.9 | 14.9 | 29.8 | .0 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.% | 29.% | 29.% | 29.% | 21.% | 21.% | 43.% | 0.% |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | -- | -- |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LEAD | -- |

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|-----|------------|------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+7 | 3+7 | 3+8 | MAIN CROSS | |
| DURATION (SEC) | 20.1 | .0 | 20.1 | 14.9 | 14.9 | .0 | 40.2 | 29.8 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 6.1 | 26.2 | 26.2 | 46.3 | 61.2 | 6.1 | 6.1 | 46.3 |
| CYCLE COUNT (%) | 9.% | 37.% | 37.% | 66.% | 87.% | 9.% | 9.% | 66.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
M INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 4 : Sta Ursula COORD PHASE : 0 OFFSET : 35.8 SEC : 51.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 19.4 | 19.5 | 19.4 | 19.5 | 15.6 | 15.5 | 15.6 | 15.5 |
| PHASE SPLIT (%) | 28.% | 28.% | 28.% | 28.% | 22.% | 22.% | 22.% | 22.% |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS |
| DURATION (SEC) | 19.4 | .0 | 19.5 | 15.5 | .0 | 15.6 | 38.9 31.1 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 35.8 | 55.2 | 55.2 | 4.7 | 20.2 | 20.2 | 35.8 4.7 |
| CYCLE COUNT (%) | 51.% | 79.% | 79.% | 7.% | 29.% | 29.% | 51.% 7.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 5 : Limantitla COORD PHASE : 0 OFFSET : 7.5 SEC : 11.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.% | 29.% | 29.% | 29.% | 21.% | 21.% | 21.% | 21.% |
| PHASE REVERSAL | 6 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 1+6 | 1+5 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS |
| DURATION (SEC) | 20.0 | .0 | 20.0 | 15.0 | .0 | 15.0 | 40.0 30.0 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 7.5 | 27.5 | 27.5 | 47.5 | 62.5 | 62.5 | 7.5 47.5 |
| CYCLE COUNT (%) | 11.% | 39.% | 39.% | 68.% | 89.% | 89.% | 11.% 68.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 6 : San Marcos C COORD PHASE : 0 OFFSET : 12.5 SEC : 18.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.4 | 20.0 | 20.4 | 20.0 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.% | 29.% | 29.% | 29.% | 21.% | 21.% | 21.% | 21.% |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------------|------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS | |
| DURATION (SEC) | 20.4 | .0 | 20.0 | 14.8 | .0 | 14.8 | 40.4 | 29.6 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 12.5 | 32.9 | 32.9 | 52.9 | 67.7 | 67.7 | 12.5 | 52.9 |
| CYCLE COUNT (%) | 18.% | 47.% | 47.% | 76.% | 97.% | 97.% | 18.% | 76.% |

(PIN SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 · MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(1) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF MAIN STREET GREEN
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 0 REF PNT = BEGIN

INTRSC 7 : Tlalpan COORD PHASE : 0 OFFSET : 46.6 SEC : 67.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.4 | 20.3 | 20.4 | 20.3 | 14.7 | 14.6 | 14.6 | 14.7 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.% | 29.% | 29.% | 29.% | 21.% | 21.% | 21.% | 21.% |
| PHASE REVERSAL | 6 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | -- | -- |
| LEFT TURN | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- | LEAD | -- |

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------------|------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 1+6 | 1+5 | 4+7 | 4+8 | 3+8 | MAIN CROSS | |
| DURATION (SEC) | 20.3 | .0 | 20.4 | 14.6 | .0 | 14.7 | 40.7 | 29.3 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 46.6 | 66.9 | 66.9 | 17.3 | 31.9 | 31.9 | 46.6 | 17.3 |
| CYCLE COUNT (%) | 67.% | 96.% | 96.% | 25.% | 46.% | 46.% | 67.% | 25.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 1 : Camino a Sta COORD PHASE : 2 OFFSET : .0 SEC : 0.0
*-[MASTER AND SYSTEM INTERSECTION]

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 15.0 | 29.3 | 22.1 | 22.2 | 12.8 | 12.9 | 12.8 | 12.9 |
| PHASE SPLIT (%) | 21.0 | 42.0 | 32.0 | 32.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS |
| DURATION (SEC) | 15.0 | 7.1 | 22.2 | 12.9 | .0 | 12.8 | 44.3 25.7 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 47.9 | 62.9 | .0 | 22.2 | 35.1 | 35.1 | 47.9 22.2 |
| CYCLE COUNT (%) | 68.0 | 90.0 | 0.0 | 32.0 | 50.0 | 50.0 | 68.0 32.0 |

(PIN.SET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 2 : Corregidora COORD PHASE : 2 OFFSET : 19.9 SEC : 28.0

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 19.4 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.7 |
| PHASE SPLIT (%) | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 28.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 | 22.0 |
| PHASE REVERSAL | 6 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|-----|------|------------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 2+5 | 1+5 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS |
| DURATION (SEC) | 19.3 | .1 | 19.3 | 15.7 | .0 | 15.7 | 38.7 31.4 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 19.9 | 39.2 | 39.3 | 58.6 | 4.3 | 4.3 | 19.9 58.6 |
| CYCLE COUNT (%) | 28.0 | 56.0 | 56.0 | 84.0 | 6.0 | 6.0 | 28.0 84.0 |

(PIN.SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 3 : Calvario COORD PHASE : 2 OFFSET : 4.1 SEC : 6.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 20.1 | 14.9 | 14.9 | 29.8 | .0 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.% | 29.% | 29.% | 29.% | 21.% | 21.% | 43.% | 0.% |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | -- | -- |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LEAD | -- |

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|-----|------|------|------|------|------------|------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+7 | 3+7 | 3+8 | MAIN CROSS | |
| DURATION (SEC) | 20.1 | .0 | 20.1 | 14.9 | 14.9 | .0 | 40.2 29.8 | |
| CYCLE COUNT (SEC) | 54.0 | 4.1 | 4.1 | 24.2 | 39.1 | 54.0 | 54.0 24.2 | |
| CYCLE COUNT (%) | 77.% | 6.% | 6.% | 35.% | 56.% | 77.% | 77.% | 35.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90

DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****

Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 4 : Sta Ursula COORD PHASE : 2 OFFSET : 33.1 SEC : 47.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 19.4 | 19.5 | 19.4 | 19.5 | 15.6 | 15.5 | 15.6 | 15.5 |
| PHASE SPLIT (%) | 28.% | 28.% | 28.% | 28.% | 22.% | 22.% | 22.% | 22.% |
| PHASE REVERSAL | -- | -- | -- | -- | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LEAD | -- | LEAD | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| CONCURRENT PHASES | 1+5 | 1+6 | 2+6 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|

DURATION (SEC) 19.4 .0 19.5 15.5 .0 15.6 38.9 31.1
CYCLE COUNT (SEC) 13.7 33.1 33.1 52.6 68.1 68.1 13.7 52.6
CYCLE COUNT (%) 20.% 47.% 47.% 75.% 97.% 97.% 20.% 75.%

(PIN.SET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 5 : Limantla COORD PHASE : 2 OFFSET : 55.4 SEC : 79.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.% | 29.% | 29.% | 29.% | 21.% | 21.% | 21.% | 21.% |
| PHASE REVERSAL | 6 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | 8 | 7 |
| LEFT TURN | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|------|-----|------|------|------|------|------------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 1+6 | 1+5 | 4+8 | 3+8 | 3+7 | MAIN CROSS |
| DURATION (SEC) | 20.0 | .0 | 20.0 | 15.0 | .0 | 15.0 | 40.0 30.0 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 55.4 | 5.4 | 5.4 | 25.4 | 40.4 | 40.4 | 55.4 25.4 |
| CYCLE COUNT (%) | 79.% | 8.% | 8.% | 36.% | 58.% | 58.% | 79.% 36.% |

(PIN.SET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 6 : San Marcos C COORD PHASE : 2 OFFSET : 10.8 SEC : 15.%

| | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.4 | 20.0 | 20.4 | 20.0 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 |

CYCLE COUNT (%) 86.0% 15.0% 15.0% 44.0% 65.0% 65.0% 86.0% 44.0%

(P. ET)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

**** SUMMARY OF PASSER II-90 BEST SIGNAL TIMING SOLUTION ****
Mexico D.F. Insurgentes Sur DISTRICT 77 08/08/99 RUN NO. 1

CYCLE = 70. SECONDS SPLIT = 1 2 3. OFFSET = 1 2 3.

DEFAULT(2) : SAME MASTER & SYS INT, OFFSET TO BEGINNING OF NEMA PHASE 2
MAST INT = 1 SYS INT = 1 SYS OFFSET = .0 REF MOVMT = 2 REF PNT = BEGIN

INTRSC 7 : Tlalpan COORD PHASE : 2 OFFSET : 24.5 SEC : 35.0%

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DUAL-RING PHASE # | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| PHASE SPLIT (SEC) | 20.4 | 20.3 | 20.4 | 20.3 | 14.7 | 14.6 | 14.6 | 14.7 |
| PHASE SPLIT (%) | 29.0% | 29.0% | 29.0% | 29.0% | 21.0% | 21.0% | 21.0% | 21.0% |
| PHASE REVERSAL | 6 | 5 | 2 | 1 | 4 | 3 | -- | -- |
| LEFT TURN | LAG | -- | LAG | -- | LAG | -- | LEAD | -- |

| | | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| CONCURRENT PHASES | 2+6 | 1+6 | 1+5 | 4+7 | 4+8 | 3+8 | MAIN CROSS |
| DURATION (SEC) | 20.3 | .0 | 20.4 | 14.6 | .0 | 14.7 | 40.7 29.3 |
| CYCLE COUNT (SEC) | 24.5 | 44.8 | 44.8 | 65.2 | 9.8 | 9.8 | 24.5 65.2 |
| CYCLE COUNT (%) | 35.0% | 64.0% | 64.0% | 93.0% | 14.0% | 14.0% | 35.0% 93.0% |

(TS.DIAGM)

PASSER II-90
DECEMBER 93 MULTIPHASE ARTERIAL PROGRESSION PROGRAM VERSION 2.0

RUN NO 1 DISTRICT 77 Insurgentes Sur 08/08/99 CYCLE = 70 SECONDS
HORIZONTAL SCALE 1 INCH = 30 SECS (1 inch = 10 characters)
VERTICAL SCALE 1 INCH = 1000 FEET (1 inch = 6 lines)

