

5 2e1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES**

" A R A G O N "

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA-ECONOMICA
DEL PUENTE ZACATAL**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL ITITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
ALFREDO DUARTE ARANDA

SAN JUAN DE ARAGON,

MEXICO 1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAG.
INTRODUCCION	1
I.- ANTECEDENTES	3
I.1 Precedentes	3
I.2 Localización	4
I.3 Situación Actual	4
I.4 Area de Influencia	6
II.- ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO	9
II.1 Inventarios de Características de las Carreteras	9
II.1.1 Características Geométricas	11
II.1.2 Características Operacionales	14
II.2 Tiempos de Recorridos	17
II.2.1 Ruta Mex 180	18
II.2.2 Ruta Mex 186-261	18
II.3 Estudios de Origen y Destino	20
II.4 Estudios en la Zona del Transbordador	22
II.4.1 Movimiento de Lanchas para el Transporte de pasajeros	22
II.4.2 Volúmenes y Clasificación Vehicular	22
II.4.3 Número de Vehículos Transportados	26

III.-	ANALISIS (SITUACION ACTUAL)	29
III.1	Análisis de Capacidad	29
III.1.1	Método Simplificado de Capacidad	30
III.1.2	Cálculo de Volúmenes y Niveles de Servicio	39
III.2	Demoras	45
III.2.1	Determinación de las Demoras en el Cruce de Zacatal a Cd. del Carmen	47
III.2.1.1	Factor de Conversión de Volumen Diario a Volumen Horario (K)	47
III.2.1.2	Factor Direccional del Tránsito (fd)	48
III.2.1.3	Determinación de Líneas de Espera	49
III.2.2	Determinación de las Demoras por Exceso en Longitud de Recorrido en la Ruta Mex 186-261	56
III.3	Conclusiones Preliminares	57
IV	ALTERNATIVAS DE SOLUCION	59
IV.1	Generación de Alternativas	59
IV.2	Descripción de Alternativas .	61
IV.2.1	Alternativa Cero	61
IV.2.2	Alternativa Uno	61
IV.2.3	Alternativa Dos	62

IV.3	Asignación de Tránsito	63
IV.3.1	Tránsito Actual	63
IV.3.2	Tránsito Desviado o Inducido	64
IV.3.3	Tránsito Generado	66
IV.3.4	Tránsito Asignado	67
IV.4	Sección Transversal de las Alternativas	67
V.-	EVALUACION DE ALTERNATIVAS	79
V.I.	Definiciones y Premisas para la Evaluación de Alternativas	79
V.I.1	Definiciones	80
V.I.2	Premisas	82
V.2	Alternativa Cero	84
V.2.1	Evaluación Técnica	85
V.2.2	Evaluación Económica	85
V.2.2.1	Costo de Construcción y Mantenimiento	85
V.2.2.2	Costo de Operación	88
V.2.2.3	Costo de Demoras	91
V.2.2.4	Costo Global del Transporte	97
V.3	Alternativa Uno.	97
V.3.1	Evaluación Técnica	97
V.3.2	Evaluación Económica	100

V.3.2.1	Costo de Construcción y Mantenimiento	100
V.3.2.2	Costo de Operación	101
V.3.2.3	Costo de Demoras	103
V.3.2.4	Costo Global del Transporte	105
V.4	Alternativa Dos	107
V.4.1	Evaluación Técnica	107
V.4.2	Evaluación Económica	109
V.4.2.1	Costo de Construcción y Mantenimiento	109
V.4.2.2	Costo de Operación	110
V.4.2.3	Costo de Demoras	112
V.4.2.4	Costo Global del Transporte	114
VI.-	ELECCION DE LA UBICACION DEL PUENTE	117
VI.1	Indicadores Económicos	117
VI.I.1	Indice de Rentabilidad (IR)	118
VI.I.2	Costo Neto Presente (CNP)	119
VI.I.3	Valor Neto Presente (VNP)	119
VI.I.4	Indice de Rentabilidad Inmediata (IRI)	120
VI.2	Indicadores Económicos Alternativa Uno	121
VI.3	Indicadores Económicos Alternativa Dos	123
VI.4	Resumen de Indicadores Económicos	125

VII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
VII.1	Conclusiones	129
VII.2	Recomendaciones	134
VII.3	Proyecto Estructural del Puente	135
BIBLIOGRAFIA		143
INDICE DE TABLAS		147
INDICE DE FIGURAS		151

I N T R O D U C C I O N

Un indicador del grado de desarrollo de una nación, es el estado que guarde su sistema de transporte terrestre y en especial su sistema carretero, ya que de vital importancia es proporcionar los medios necesarios para el movimiento expedito y oportuno de materias primas y bienes de consumo a lo largo del país.

Actualmente al emprender la ejecución de una obra de la magnitud como la que aquí se estudia, hace indispensable antes de decidir su realización, el evaluar diferentes tipos de alternativas de solución, conjuntando el mayor número de factores que intervengan en la elección del tipo de solución a desarrollar

Dos son los objetivos principales que se persiguen al desarrollar el presente trabajo de tesis, además del de culminar la carrera de Ingeniero Civil.

1. Ayudar a la integración de una ruta expedita entre las ciudades de Matamoros, Tams. y Puerto Juárez, Q. Roo., la cual comunicará y unirá la Costa del Golfo de México.

2. Presentar por medio de un ejemplo real, un modelo de evaluación de proyectos que pueda en un momento dado servir como material de apoyo dentro de la materia de Ingeniería Económica, del plan de estudios de la carrera de Ingeniero Civil.

Cabe hacer la aclaración, que el presente análisis se enfoca únicamente desde el punto de vista operacional, incluyendo a manera de información en las recomendaciones el anteproyecto estructural del Puente.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

En este capítulo, se presenta un panorama general de la situación operacional actual prevaleciente en el área de influencia de la obra motivo de estudio.

1.1 Precedentes

La ruta MEX-180 une a las ciudades de Matamoros, Tams. y Puerto Juárez, Q. Roo., en un recorrido a través de los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, con longitud de 2378 km a lo largo de toda la costa del Golfo de México perteneciente a nuestro país.

Con objeto de consolidar a mediano plazo, una vía expedita que una los puntos extremos de la ruta, el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en coordinación con los Gobiernos de los Estados involucrados, estudia y realiza actualmente la construcción de obras de infraestructura como son: El "Puente Tampico" sobre el Río Pánuco, en el Estado de Tamaulipas, el puente "Sánchez Magallanes" salvando la unión del Golfo de México con la Laguna del Carmen, y el "Boca de Panteones" ubicado en la boca del mismo

nombre (unión de la Laguna Machona y el Golfo de México), en el Estado de Tabasco; ante tal situación, en la carretera Costera del Golfo sólo restará el Puente "Zacatal" en el Estado de Campeche, para dar continuidad a esta vía, uniendo así los extremos de este del país.

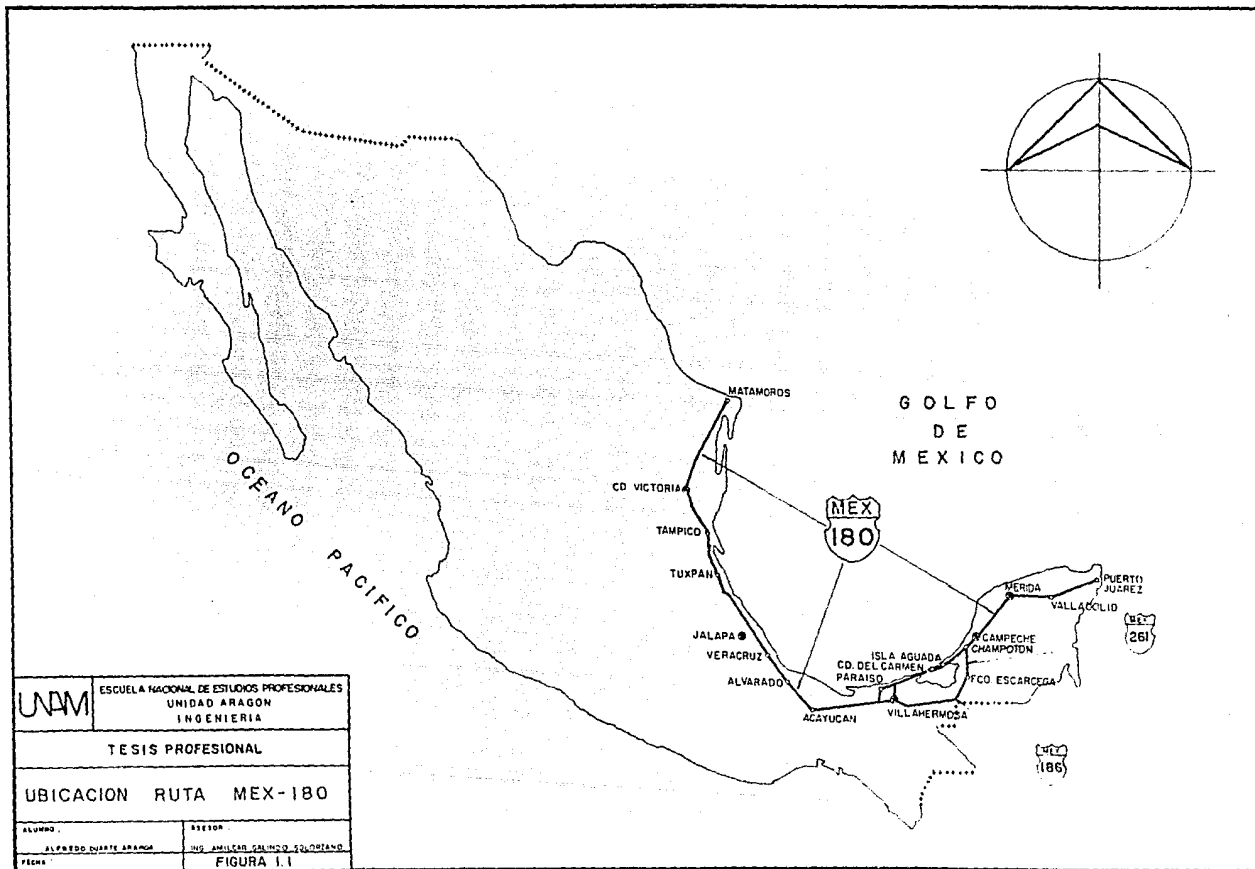
Dado que la distancia entre Punta Zacatal y la Isla del Carmen es de 4.00 km aproximadamente, el realizar una obra de infraestructura de tal magnitud requiere de un gran despliegue de recursos técnicos y económicos, por lo que se hace necesaria la realización de un análisis económico-operacional con objeto de definir el tipo de obra, ubicación y momento idóneos para su realización.

1.2 Localización

La obra en estudio, se localiza en el Estado de Campeche, en el Km. 163+170 de la carretera Villahermosa-Cd. del Carmen, salvando la boca que une a la Laguna de Términos con el Golfo de México, figura 1.1.

1.3 Situación Actual

El tránsito de largo itinerario que circula entre la Península de Yucatán y el resto del país o viceversa, se encuentra con dos opciones: circular por la ruta Costera del Golfo (MEX-180), cruzando de Zacatal a Cd. del Carmen por medio de un

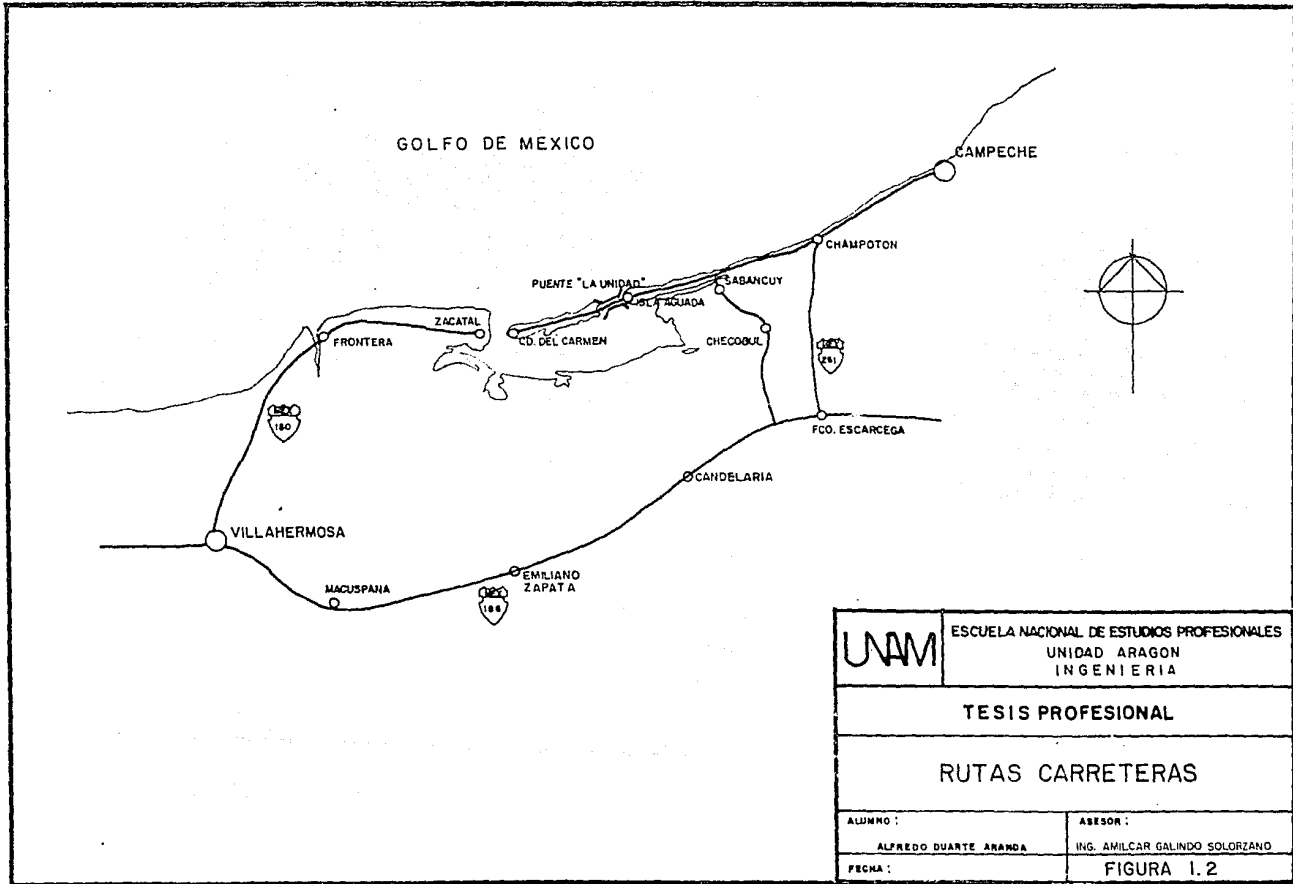


chalán, conllevando las demoras que esto le ocasiona, o transitar por las carreteras Villahermosa-Francisco Escárcega (MEX-186) y Francisco Escárcega-Champotón (MEX-261), aceptando un recorrido en exceso de 69.50 km, figura 1.2

Actualmente, el cruce de Zacatal a Cd. del Carmen se realiza mediante el uso de un chalán, que opera entre las 4:00 h y las 24:00 h iniciando sus recorridos en el sentido Cd. del Carmen-Zacatal y finalmente de Zacatal a Cd. del Carmen; el tiempo de recorrido en un sentido, esto es el transcurrido entre la carga, el traslado y la descarga de vehículos en una dirección, es de una hora, lo que indica que cada dos horas se realiza un viaje en el mismo sentido, originando demoras al usuario, las cuales se ven incrementadas en periodos de máxima demanda y cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables (durante lluvias o tormentas), ya que por seguridad el servicio se suspende totalmente.

I.4 Area de Influencia

Dado que en el presente estudio intervendrá en primer lugar un análisis regional del impacto de la obra en las carreteras de la zona, y en segundo se analizará su influencia local en la vialidad de Ciudad del Carmen, se hace necesario delimitar su área de influencia.



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES UNIDAD ARAGON INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
RUTAS CARRETERAS	
ALUMNO:	ASESOR:
ALFREDO DUARTE ARANDA	ING. AMILCAR GALINDO SOLORIZANO
FECHA:	FIGURA 1.2

Desde el punto de vista regional y como el cruce en estudio se localiza en una de las rutas susceptibles de ser utilizadas por el tránsito de largo itinerario, su área de influencia se delimita precisamente por ambas rutas las que tendrán como puntos comunes las ciudades de Villahermosa, Tab. y Champotón, Camp. Por otro lado, localmente su ámbito será la vialidad de conexión entre las carreteras Villahermosa-Cd. del Carmen y Cd. del Carmen-Campeche, así como la relación entre ésta y la vialidad urbana, sin olvidar las repercusiones que puedan presentarse por su implementación.

CAPITULO II

ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO

En este capítulo, se presentan los estudios por medio de los cuales se recabó la información que servirá como base a los análisis que se desarrollarán en el presente estudio.

II.1 Inventarios de Características de las Carreteras

Las características de las carreteras, se dividen en dos grupos:

- A) Geométricas
- B) Operacionales

Dentro de las características geométricas, se incluyen todas -- aquellas peculiaridades físicas de las vías en estudio, que de cualquier forma intervengan en su operación como pueden ser :

- a) Ancho de corona
- b) Ancho de calzada
- c) Ancho y número de carriles
- d) Ancho y número de acotamientos
- e) Tipo de terreno.

Asimismo se incluirán las particulares batimétricas de la Laguna de Términos y de su canal de navegación.

En las características operacionales se integran todas aquellas peculiaridades generadas por la circulación del flujo vehicular en las carreteras involucradas, como ejemplo de éstas podemos citar las siguientes:

- a) Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)
- b) Clasificación Vehicular A = % de automóviles.
B = % de autobuses.
C = % de camiones.
- c) Tasa anual de crecimiento del tránsito (i)

Además en este grupo se incluirán las características operacionales del transbordador como:

- a) Horario
- b) Capacidad
- c) Tiempos de: carga
recorrido
descarga
- d) Tiempo promedio de viaje
- e) Tarifas

II.1.1. Características Geométricas.

RUTA MEX 180

Carr. Villahermosa - Cd. del Carmen

Tramo : Villahermosa - Límite de Estados Tabasco/Campeche

Longitud del tramo = 97.44 km.

Ancho de corona = 7.00 m

Ancho de calzada = 7.00 m

Número y ancho de carriles = 2 x 3.50 m

Número y ancho de acotamientos = 0.00 m

Tipo de terreno = Plano

Tramo : Límite de Estados Tabasco/Campeche - Cd. del Carmen

Longitud del tramo = 69.73 km.

Ancho de corona = 6.50 m

Ancho de calzada = 6.50 m

Número y ancho de carriles = 2 x 3.25 m

Número y ancho de acotamientos = 0.00 m.

Tipo de terreno = Plano

Carr. Cd. del Carmen - Campeche

Tramo : Cd. del Carmen - Puerto Real

Longitud del tramo = 37.00 km.

Ancho de corona = 6.60 m

Ancho de calzada = 6.60 m

Número y ancho de carriles = 2 x 3.30 m

Número y ancho de acotamientos = 0.00 m

Tipo de terreno = Plano

Tramo : Puerto Real - Champotón

Longitud del tramo = 104.80 km.

Ancho de corona = 6.20 m

Ancho de calzada = 6.20 m

Número y ancho de carriles = 2 x 3.10 m

Número y ancho de acotamientos = 0.00 m

Tipo de terreno = Plano

RUTA MEX 186

Carr. Villahermosa - Francisco Escárcega

Tramo : Villahermosa - Límite de Estados Tabasco/Campeche

Longitud del tramo = 154.60 km.
Ancho de corona = 8.00 m
Ancho de calzada = 7.00 m
Número y ancho de carriles = 2 x 3.50 m
Número y ancho de acotamientos = 2 x 0.50 m
Tipo de terreno = Plano

NOTA : El tramo Villahermosa-"T" Aeropuerto cuenta con una sección transversal de cuatro carriles con faja separadora central y tiene una longitud de 12:00 km.

Tramo : Límite de Estados Tabasco/Campeche - Francisco Escárcega

Longitud del tramo = 142.40 km
Ancho de corona = 7.50 m
Ancho de calzada = 6.50 m
Número y ancho de carriles = 2 x 3.25 m
Número y ancho de acotamientos = 2 x 0.50 m
Tipo de terreno = Plano

RUTA MEX 261

Carr. Francisco Escárcega - Champotón.

Longitud de Tramo = 81.40 km.
Ancho de corona = 7.50 m
Ancho de calzada = 6.50 m
Número y ancho de carriles = 2 x 3.25 m
Número y ancho de acotamientos = 2 x 0.50 m
Tipo de terreno = 50 % Plano
50 % Lomerío

De la Laguna de Términos y del Canal de Navegación

Profundidad media de la Laguna = \pm 3.00 m en la gran extensión interior de la Laguna

Profundidad media del canal de navegación:

Frente al puerto = \pm 9.00 m

Frente al muelle del transbordador = \pm 12.00 m (a 50 m termina canal)

II.1.2. Características Operacionales.

RUTA MEX - 180

Carr. Villahermosa - Cd. del Carmen

TDPA (1988) = 1827 veh/día

Clasificación vehicular : A = 68 %
B = 9 %
C = 23 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito $i = 4 \%$

Carr. Cd. del Carmen - Campeche

Tramo : Cd. del Carmen - Champotón

TDPA (1988) = 876 veh/día

Clasificación vehicular : A = 64 %
B = 4 %
C = 32 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito $i = 4 \%$

RUTA MEX - 186

Carr. Villahermosa - Francisco Escárcega

TDPA (1988) = 2854 veh/día

Clasificación vehicular = A = 56 %
B = 5 %
C = 39 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito $i = 4 \%$

RUTA MEX - 261

Carr. Francisco Escárcega - Champotón

TDPA (1988) = 1721 veh/día

Clasificación vehicular : A = 53 %
B = 6 %
C = 41 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito $i = 3 \%$

Zona de cruce del Transbordador

TDPA (1988) = 634 veh/día

Clasificación vehicular : A = 68 %
B = 9 %
C = 23 %

Del Transbordador

Capacidad = 40 veh

Horario = 4:00 h - 23:00 h

Zacatal - Cd. del Carmen.- Horas nones empezando a las 5:00 h

Cd. del Carmen - Zacatal.- Horas pares empezando a las 4:00 h

Tiempo de carga = 0.25 h

Tiempo de recorrido = 0.50 h

Tiempo de descarga = 0.25 h

Tiempo promedio de viaje = 1.00 h

Tarifa (1988)

Automóviles, Pick-Up, Panel	\$3,000.00
Automóviles, Pick-Up, Panel c/remolque	\$4,500.00
Autobuses, vehículos PEMEX	\$4,500.00
Camiones de carga de dos ejes	\$7,500.00
Camiones de carga de tres ejes	\$10,500.00
Camiones de carga de cinco o más ejes	\$12,500.00
Motocicletas y Triciclos	\$ 500.00

II.2. Tiempos de Recorrido

Para conocer el tiempo promedio de viaje entre Villahermosa, Tab. y Champotón, Camp., se realizaron por medio del método del vehículo flotante, dos estudios de tiempos de recorrido, uno por cada ruta - en estudio.

Cabe aclarar, que el método del vehículo flotante comprende la - realización de cuando menos tres recorridos, tomando como resultado el promedio de los tiempos registrados en cada uno de ellos; en el - presente estudio sólo se realizó un recorrido por cada ruta, debido a las grandes longitudes que implicaría recorrer tres veces cada -- una de ellas, en descargo de esto, se realizaron los estudios en - períodos que comprenden horas pico, en días en los cuales la circu-

lación vehicular se encuentra fuera de cualquier efecto provocado -
por eventualidades que alteren su comportamiento.

II.2.1. Ruta MEX - 180

Carr. Villahermosa - Cd. del Carmen

Tramo : Villahermosa - Zacatal 2 h 30 min 13 seg

Tramo : Zacatal - Cd. del Carmen (Transbor-
dador) 1 h 00 min 00 seg

Carr. Cd. del Carmen - Campeche

Tramo : Cd. del Carmen - Champotón 1 h 52 min 49 seg

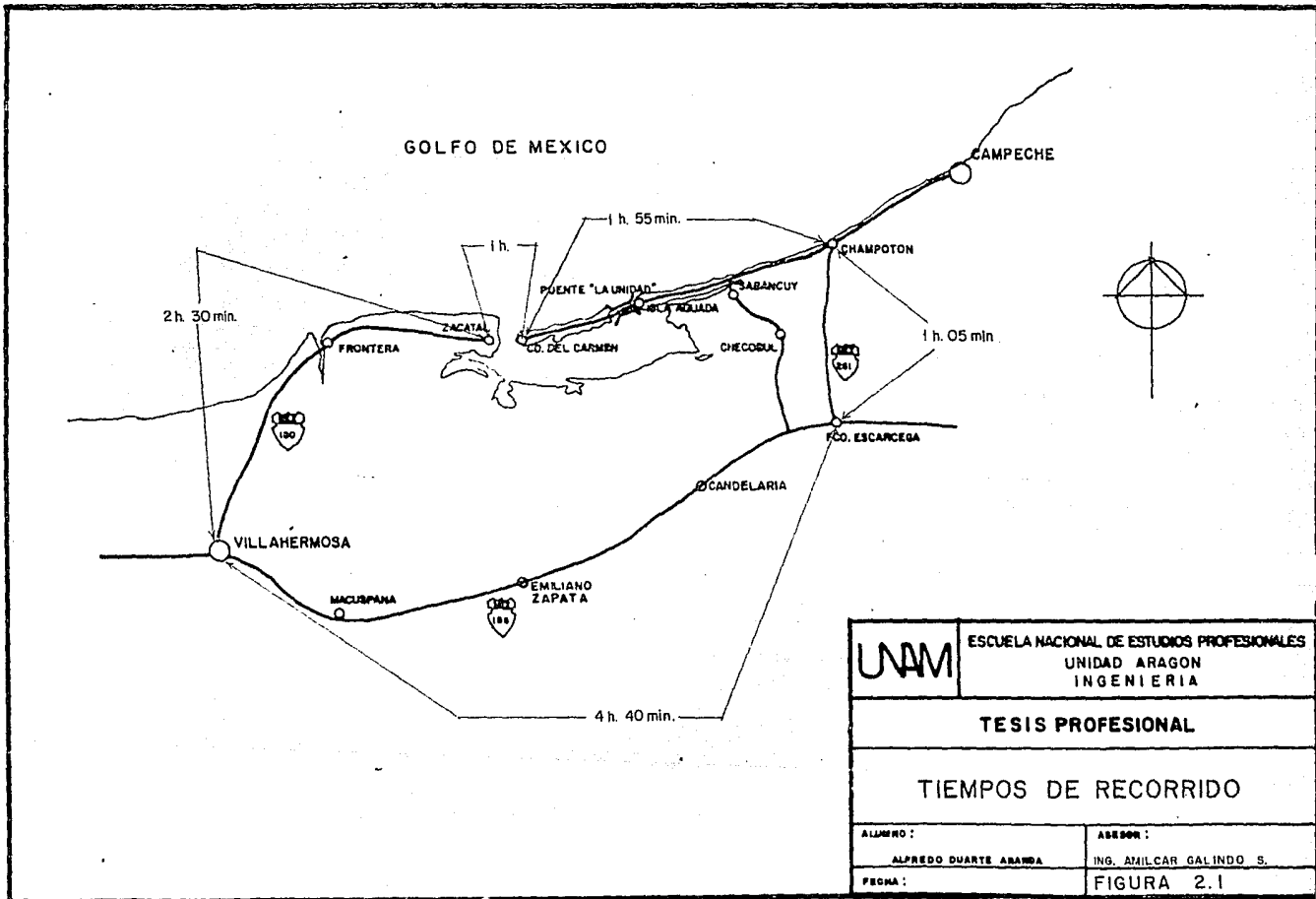
Tiempo total de Recorrido 5 h 23 min 02 seg

II.2.2. Rutas MEX - 186 y MEX - 261

Carr. Villahermosa - Francisco Escárcega 4 h 36 min 19 seg

Carr. Francisco Escárcega - Champotón 1 h 04 min 57 seg

Tiempo total de Recorrido 5 h 46 min 16 seg

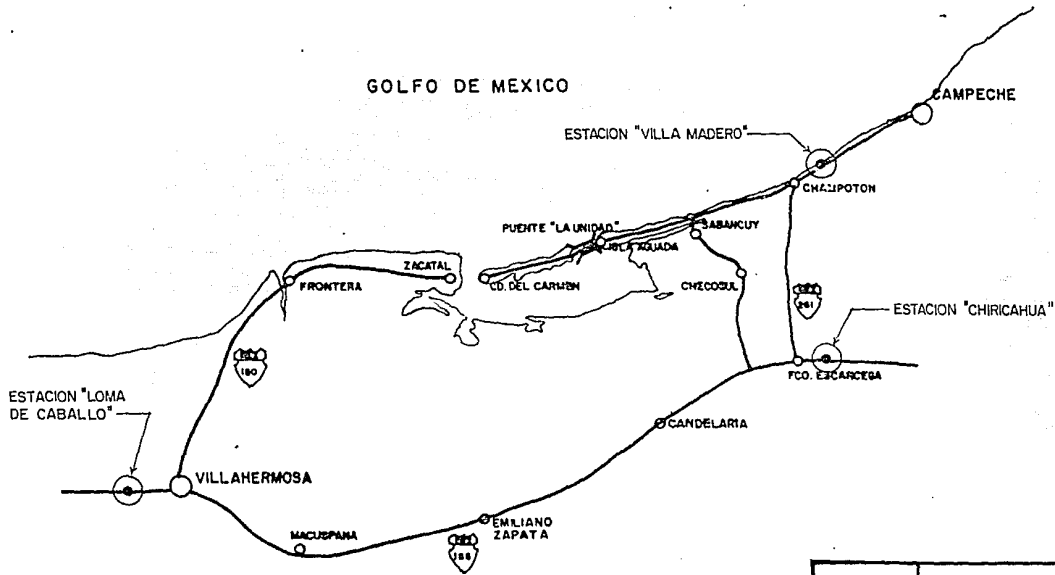


II.3. Estudios de Origen y Destino

Para conocer el comportamiento del movimiento de personas y cosas, dentro del área de influencia de la obra en estudio, se procedió a consultar los estudios de Origen y Destino realizados en la zona, encontrándose los siguientes :

Estación	Ubicación	Fecha
Loma de Caballo	Carr. Coatzacoalcos-Villahermosa Tramo : Cárdenas-Villahermosa km : 162 + 500	19 al 22 - de octubre de 1979
Villa Madero	Carr. Cd. del Carmen-Campeche Tramo : Champotón-Lerma km : 162 + 300	26 al 29 - de octubre de 1984
Chiricahua	Carr. Francisco Escárcega-Chetumal Tramo : Francisco Escárcega-Matamoros Km : 7 + 100	26 al 29 - de octubre de 1984

En la figura 2.2 se presenta la ubicación de cada uno de los sitios estudiados que se citan.



UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES UNIDAD ARAGON INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
UBICACION ESTUDIOS DE ORIGEN Y DESTINO		
ALUMNO :	ASESOR :	
ALFREDO DUARTE ARANDA	ING. AMILCAR GALINDO S.	
FECHA :	FIGURA 2.2	

Por su ubicación y por ser de los más recientes, el Estudio --- "Villa Madero" es el que servirá como base en la detección del porcentaje de volumen vehicular que realiza viajes de largo itinerario entre Villahermosa y Champotón. En la tabla 2.A se presentan las - rutas principales detectadas en el estudio, volumen por tipo de - vehículo, volumen vehicular total aforado y volumen vehicular promedio diario por ruta.

II.4. Estudios en la Zona del Transbordador

Para determinar la demanda de cruce de Punta Zacatal a la Isla - del Carmen y viceversa, se realizaron los estudios que a continua-
ción se describen :

II.4.1. Movimientos de Lanchas para el transporte de pasajeros

Durante la realización del presente estudio, se registraron en - un período de nueve horas continuas (8:00 h - 17:00 h) el número de lanchas y pasajeros por lancha, en cada dirección obteniéndose los-
datos presentados en la tabla 2.B.

II.4.2. Volúmenes y Clasificación Vehicular

Simultáneamente al estudio de movimientos de lanchas y pasajeros

VOLUMENES DE TRANSITO POR RUTA

RUTAS PRINCIPALES	A	B	C	VOLUMEN TOTAL	% DEL TOTAL	PROMEDIO DIARIO
1 Champotón, Camp.-Campeche, Camp.	1044	16	287	1344	17.36	336
2 Cd. del Carmen, Camp.-Campeche, Camp.	383	73	200	656	8.45	164
3 Escárcega, Camp.-Campeche, Camp.	395	62	178	635	8.18	158
4 Cd. Méx. D.F.-Mérida, Yuc.	125	65	407	597	7.69	149
5 Cd. del Carmen, Camp.-Mérida, Yuc.	241	83	99	423	5.45	105
6 Villahermosa, Tab.-Mérida, Yuc.	124	76	79	279	3.59	69
7 Champotón, Camp.-Ceyba Playa, Camp.	169		82	251	3.23	62
8 La Joya, Camp.-Campeche, Camp.	145	2	42	189	2.43	47
9 Candelaria, Camp.-Campeche, Camp.	66	59	33	158	2.03	39
10 Cd. Méx. D.F.-Campeche, Camp.	42	23	82	147	1.89	36
11 La Joya, Camp.- Ceyba Playa, Camp.	82	3	40	125	1.61	31
12 Escárcega, Camp.-Mérida, Yuc.	73	9	42	124	1.59	31
13 Sabancuy, Camp.-Campeche, Camp.	33	2	84	119	1.53	29
14 Champotón, Camp.-Mérida, Yuc.	77	3	38	118	1.52	29
15 Chetumal, Q.R.-Campeche, Camp.	44	23	41	108	1.39	27
16 Villahermosa, Tab.-Campeche, Camp.	75	5	27	107	1.37	26
17 Sihochas, Camp.-Campeche, Camp.	59	1	27	87	1.12	21
18 Veracruz, Ver.-Mérida, Yuc.	22	21	31	74	0.95	18
19 Tuxtla Gutiérrez, Chis.-Mérida, Yuc.	22	8	37	67	0.86	16
20 Villa Madero, Camp.-Ceyba Playa, Camp.	43	2	17	62	0.79	15
21 Coatzacoalcos, Ver.-Mérida, Yuc.	12	16	32	60	0.77	15
22 Villa Madero, Camp.-Campeche, Camp.	43	2	14	59	0.76	14
23 Puebla, Pue.-Mérida, Yuc.	10	2	38	50	0.64	12
24 Villa Madero, Camp.-Costa Blanca, Camp.	35	1	12	48	0.61	12
25 F. Carrillo Puerto, Q.R.-Campeche, Camp.	23	1	15	39	0.50	9

TABLA 2.A

26	Minatitlán, Ver.-Mérida, Yuc.	3	7	28	38	0.48	9
27	Canasayab, Camp.-Campeche, Camp.	16	5	15	36	0.46	9
28	Sihochas, Camp.-Seyba Playa, Camp.	24		11	35	0.45	9
29	Yahaltun, Camp.-Campeche, Camp.	14	4	16	34	0.43	8
30	Xpujil, Camp.-Campeche, Camp.	15	6	12	33	0.42	8
31	Ref. Agraria, Chis.-Campeche, Camp.	7	17	8	32	0.41	8
32	La Joya, Camp.-Villa Madero, Camp.	23		7	30	0.38	7
33	Cd. Méx. D.F.-Puerto Juárez, Q.R.	20	1	9	30	0.38	7
34	Balancán, Tab.-Campeche, Camp.	11	1	17	29	0.37	7
35	Xpujil, Camp.-Mérida, Yuc.	1	2	25	28	0.35	7
36	Palenque, Chis.	14	6	8	28	0.36	7
37	Emiliano Zapata, Tab.-Campeche, Camp.	25		3	28	0.36	7
38	Palizada, Camp.-Campeche, Camp.	17		10	27	0.34	6
39	Monterrey, N.L.-Mérida, Yuc.	7		19	26	0.33	6
40	Puebla, Pue.-Campeche, Camp.	12	1	12	25	0.32	6
41	Champotón, Camp.-Villa Madero, Camp.	17		7	24	0.30	6
42	Emiliano Zapata, Tab.-Mérida, Yuc.	14	1	9	24	0.30	6
43	Cactus, Chis.-Mérida, Yuc.	1		22	23	0.29	5
44	Veracruz, Ver.-Campeche, Camp.	9	3	11	23	0.29	5
45	Escárcega, Camp.-Seyba Playa, Camp.	15		7	22	0.28	5
46	Guadalajara, Jal.-Mérida, Yuc.	4		18	22	0.28	5
47	Balancán, Tab.-Mérida, Yuc.	7	7	6	20	0.25	5
48	Tuxtla Gutiérrez, Chis.-Campeche, Camp.	8	1	10	19	0.24	4
49	Cd. del Carmen, Camp.-Seyba Playa, Camp.	5		13	18	0.23	4
50	Moguel, Camp.-Campeche, Camp.	15		3	18	0.23	4
51	Cd. del Sol, Camp.-Seyba Playa, Camp.	16		1	17	0.21	4
52	Candelaria, Camp.-Mérida, Yuc.	11	2	4	17	0.21	4
53	Hool, Camp.-Campeche, Camp.	11	4	2	17	0.21	4
54	Cd. del Carmen, Camp.-Costa Blanca, Camp.			16	16	0.20	4
55	Tenosique, Tab.-Mérida, Yuc.	6	4	6	16	0.20	4
56	Córdoba, Ver.-Mérida, Yuc.		1	15	16	0.20	4

CONTINUA TABLA 2.A

MOVIMIENTOS DE LANCHAS PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS

CARR. : VILLAHERMOSA - CD. DEL CARMEN

TRAMO : LIM. DE EDOS. TABASCO/CAMPECHE - CD. DEL CARMEN

KM : 162 + 500

FECHA : 9 DE ENERO DE 1989

H O R A R I O	S E N T I D O			
	ZACATAL - CD. DEL CARMEN		CD. DEL CARMEN - ZACATAL	
	No. DE LANCHAS	No. DE PASAJEROS	No. DE LANCHAS	No. DE PASAJEROS
8:00 - 9:00	12	97	23	31
9:00 - 10:00	22	170	10	39
10:00 - 11:00	14	89	25	96
11:00 - 12:00	21	163	10	41
12:00 - 13:00	15	120	13	52
13:00 - 14:00	7	56	10	54
14:00 - 15:00	12	73	12	56
15:00 - 16:00	10	80	8	22
16:00 - 17:00	12	60	5	18
T O T A L :	125	908	116	409

TABLA 2.B

se efectuó un aforo de clasificación vehicular, cuyos resultados se presentan en la tabla 2.C.

II.4.3. Número de Vehículos Transportados

Como complemento a la información presentada en los incisos anteriores se tiene que durante el año de 1987, se transportaron por medio del transbordador un total de 167,914 veh de todo tipo, lo que representa un promedio diario de 460 veh; para el año de 1988, esta cifra sólo se incrementó en un 3 %, lo que indica que se transportaron 173,177 veh representando un promedio diario de 475 veh. En la tabla 2.D. se presenta el número de vehículos transportados mensualmente por el transbordador durante los años de 1987 y 1988.

AFORO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CARRETERA : VILLAHERMOSA-CD. DEL CARMEN
 TRAMO : LIM. DE EDOS. TABASCO/CAMPECHE - CD. DEL CARMEN
 KM : 162+500
 FECHA : 9 - ENERO - 1989

H O R A	T I P O D E V E H I C U L O										FACTOR DI RECCIONAL
	A		P	B	C ₂	C ₃	T ₂ - S ₂	T ₃ - S ₂	T ₃ - S ₃	TOTAL	%
	PART.	TAXI									
7:00 - 8:00	29	5	15	4	8	3	1			65	55
8:00 - 9:00	13	13	9	5	9	1	1			51	53
9:00 -10:00	2	12	4	5	3					26	74
10:00 -11:00	13	13	11	4	6					47	60
11:00 -12:00	11	21	4	6	3	1		2	1	49	80
12:00 -13:00	11	14	7	4	11	1				48	58
13:00 -14:00	5	9	5	2	3					24	71
14:00 -15:00	8	11	14	4	12	1				50	52
15:00 -16:00	14	18	13	5	9			1	3	63	83
16:00 -17:00	11	14	12	5	5	3	1		1	57	55
TOTAL	117	135	94	44	69	10	3	3	5	480	

TABLA 2.C.

NO. DE VEHICULOS TRANSPORTADOS EN EL TRANSBORDADOR "ZACATAL-CD. DEL CARMEN"

M E S	A Ñ O 1 9 8 7	A Ñ O 1 9 8 8
Enero	12 377	12 198
Febrero	14 430	12 282
Marzo	11 866	14 198
Abril	13 889	13 659
Mayo	13 550	14 020
Junio	12 914	14 045
Julio	16 213	16 954
Agosto	16 047	14 767
Septiembre	14 184	19 905
Octubre	14 156	12 273
Noviembre	13 219	13 436
Diciembre	15 066	15 440
T o t a l	167 914	173 177
	460/día	475/día

TABLA 2.D

CAPITULO III

A N A L I S I S

Una vez presentada la información que intervendrá en el presente estudio, es necesario analizarla para así estar en posibilidad de emitir un diagnóstico real del problema motivo de estudio.

Por lo expuesto en el capítulo I, se infiere que el problema básico, es la reducción de distancias y tiempos de recorrido por medio del establecimiento de una vía expedita entre las ciudades de Villahermosa, Tab. y Champotón, Camp.; además de que la solución recomendada sea la que mejores características técnicas y económicas presente. Por tal motivo, este capítulo se dedicará al análisis de cada uno de los aspectos que intervendrán en la toma de la decisión.

III.1 Análisis de Capacidad (Situación Actual)

Para determinar el estado operacional que actualmente presentan las carreteras involucradas en el presente estudio, será necesario realizar análisis de capacidad y niveles de servicio, determinando el nivel de servicio en el cual se encuentran operando.

Para motivos del presente análisis y por tratarse de un estudio

regional se recurrirá al Método Simplificado de Capacidad, ya que es el método que mejores condiciones presenta para este tipo de condiciones.

III.1.1. Método Simplificado de Capacidad

En el Método Simplificado al igual que en el del Manual de Capacidad, edición 1965, se establecen seis niveles de servicio denominados con las seis primeras letras del alfabeto (A,B,C,D,E,F), los cuales designan en orden decreciente las condiciones de operación de una carretera desde la mejor hasta la francamente inconveniente.

En lo referente a los factores que caracterizan los distintos niveles de servicio como son : la condición de flujo y la libertad de maniobra, se les ha dado un peso similar al considerado en el Manual de Capacidad, el cual es relación directa y consecuente de los volúmenes de tránsito; en cuanto al factor de libertad para que el usuario elija su velocidad, se considera que el conductor tendrá esa libertad sin sobrepasar la correspondiente de proyecto, en una franja de variación más restringida, en función de la densidad del tránsito.

Esta última consideración aun cuando se aparta a las recomendaciones del Manual de Capacidad al establecer una libertad condicionada para elegir la velocidad, se estima razonable, partiendo de la premi

sa de que el conductor acepta velocidades menores cuando éstas son justificadas por el medio en donde atraviesa el camino.

A partir de lo anterior y haciendo la salvedad de considerar que un camino de dos carriles, independientemente de su geometría que condiciona su velocidad, puede operar a diferentes niveles de servicio, sólo en función exclusiva de los volúmenes de tránsito, se desarrolló la metodología de la siguiente manera :

1. Se parte de la información de campo disponible, como son: los volúmenes de tránsito diario promedio anual y las diferentes clasificaciones vehiculares que se presentan en los tramos carreteros, así como de los diferentes tipos de terreno y secciones transversales.

2. El análisis se basa en la consideración de tramos largos de carretera y la aplicación de la fórmula :

$$VS = 2000 \times \frac{V}{C} \times W \times T_C \times T_B$$

en donde :

2000 = Capacidad ideal

$\frac{V}{C}$ = Relación volumen de servicio-capacidad

W = Factor por efecto combinado de ancho de carril y distancia a obstáculos laterales

T_C = Factor por efecto de existencia de camiones en la corriente del tránsito

T_B = Factor por efecto de existencia de autobuses en la corriente del tránsito.

3. Partiendo de la información de los volúmenes de tránsito en México, se tomó un valor de $K = 0.10$ para el factor de conversión del tránsito horario a tránsito diario. Esto para establecer una comparación rápida entre los volúmenes de servicio y los de demanda.

4. Se considera un valor promedio de la relación V/C para cada nivel de servicio, congruente con la velocidad de proyecto y el tipo de terreno, de tal modo que, para el terreno plano, se tienen velocidades que varían desde 90 km/h hasta 110 km/h con un porcentaje de visibilidad de rebase del 90% para un nivel de servicio "A" y del 40% para el "D"; para terreno en lomerío, las velocidades varían de 70 km/h a 80 km/h y 50% de distancia de visibilidad de rebase para los niveles de servicio "A" y "B", 40% para el "C" y de 30% para "D", en terreno montañoso, las velocidades están comprendidas entre 40 km/h y 60 km/h y la distancia de visibilidad de rebase se limita a un 20%.

5. En cuanto al efecto del ancho de carril y de la distancia a obstáculos laterales, un factor medio es determinado sobre las bases siguientes: terreno plano, sección transversal de 9.00 m se tiene $W = 0.93$, para terreno en lomerío y sección transversal de 8.00 m arroja un $W = 0.81$, en terreno montañoso y sección transversal de 7.00 m se tiene un $W = 0.75$. Los valores anteriores representan los factores medios por efecto de ancho de carril y distancia a obstáculos laterales presentados en el Manual de Capacidad de 1965.

6. Hasta aquí se han podido establecer los valores promedio para los factores 2000, K, V/C y W de la fórmula general, permitiendo estructurar la tabla 3.A, donde para los diferentes niveles de servicio y tipos de terreno, se muestran los valores del producto de los tres factores mencionados, mismos que multiplicados por el factor de ajuste por autobuses y camiones ($T = T_C \times T_B$) da por resultado el volumen de servicio correspondiente a cada nivel de servicio.

7. El cálculo del factor de ajuste por autobuses y camiones "T", se realiza mediante la aplicación de las siguientes fórmulas :

$$T = T_C \times T_B$$

$$T_C = \frac{100}{(100 - P_C) + P_C E_C}$$

$$T_B = \frac{100}{(100 - P_B) + P_B E_B}$$

en donde :

T = Factor de ajuste por autobuses y camiones

T_C = Factor de ajuste por la presencia de camiones en la corriente del tránsito

T_B = Factor de ajuste por la presencia de autobuses en la corriente del tránsito

P_C = Porcentaje de camiones

P_B = Porcentaje de autobuses

E_C = Número de vehículos ligeros equivalentes por camiones

TERRENO	P L A N O					L O M E R I O					M O N T A Ñ O S O				
PARAMETRO NIVEL DE SERVICIO	DVD	V/C	W	K	$\frac{2000}{K} * \frac{V}{C} * W$	DVD	V/C	W	K	$\frac{2000}{K} * \frac{V}{C} * W$	DVD	V/C	W	K	$\frac{2000}{K} * \frac{V}{C} * W$
A	90%	0.1955	0.93	0.10	3,640 T	50%	0.1255	0.81	0.10	2,030 T			0.75	0.10	
B	60%	0.3720			6,920 T	50%	0.2890			4,680 T	20%	0.1865			2,800 T
C	50%	0.5870			10,920 T	40%	0.4815			7,800 T	20%	0.2055			3,080 T
D	40%	0.7830			14,560 T	30%	0.6260			10,140 T	20%	0.3455			5,180 T
E		1.0000			18,600 T		1.0000			16,200 T		1.0000			15,000 T

$$\text{FORMULA} \quad VS = \frac{2000}{K} \cdot \frac{V}{C} \cdot W \cdot BL \cdot TL$$

T = FACTOR DE AJUSTE POR LA PRESENCIA DE VEHICULOS PESADOS

VS = VOLUMEN DE SERVICIO POR DIA

DVD = DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE

$\frac{V}{C}$ = RELACION VOLUMEN / CAPACIDAD

W = FACTOR DE AJUSTE POR EFECTO COMBINADO DE ANCHO DE CARRIL Y DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES

K = RELACION ENTRE EL VOLUMEN HORARIO DE PROYECTO Y EL TDPA

T A B L A 3. A

E_B = Número de vehículos ligeros equivalentes por autobuses

Los factores " E_C " y " E_B ", se fijaron de acuerdo al tipo de terreno, - según se muestra en la tabla 3.B.

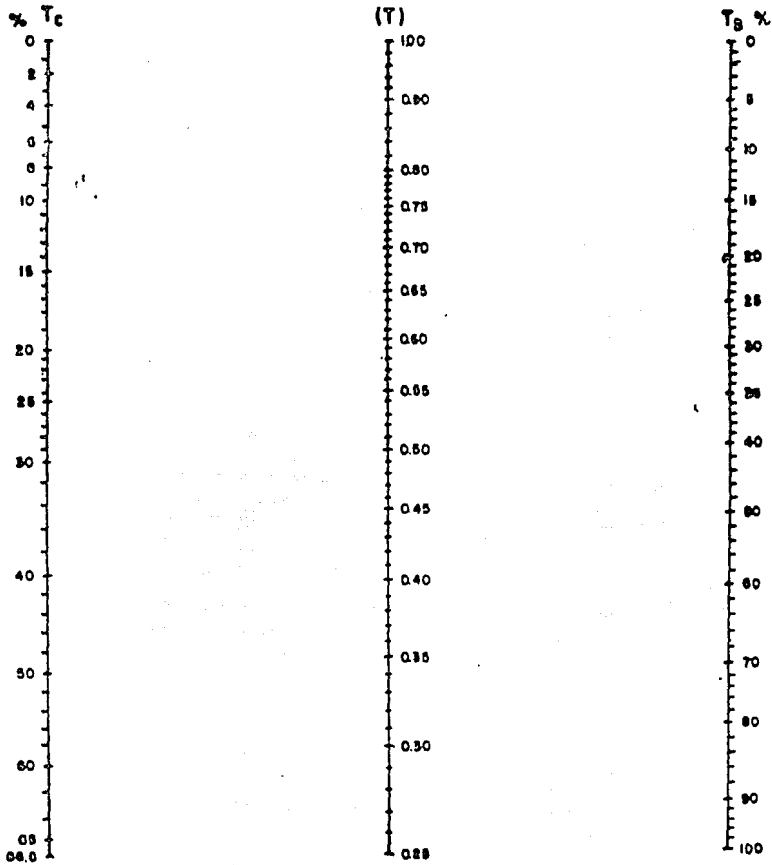
TIPO DE TERRENO	E_T	E_B
PLANO	2.5	2.0
LOMERIO	5.0	4.0
MONTAÑOSO	10.0	6.0

Tabla 3.B.

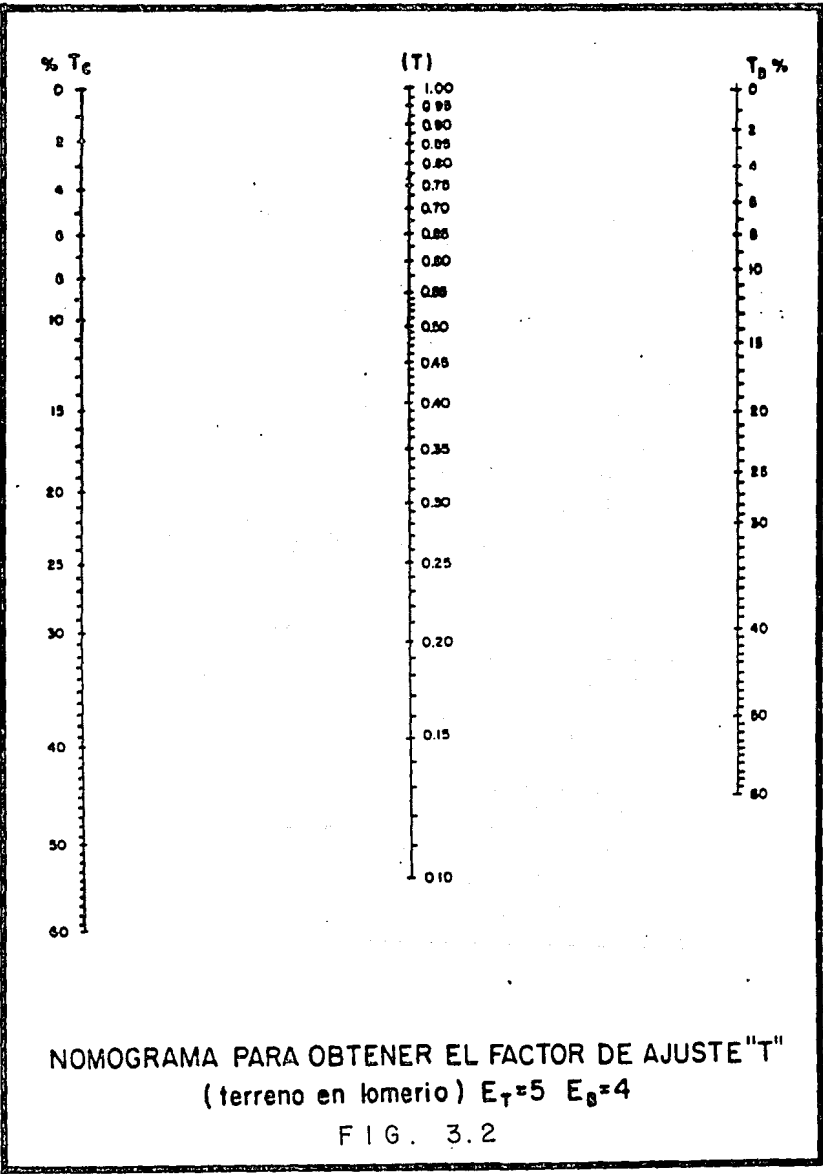
Como puede observarse, estos valores son el resultado de un promedio de los presentados en el Manual de Capacidad de Carreteras 1965, para carreteras de dos carriles.

Para facilitar la obtención del factor de ajuste por autobuses y camiones "T", se dibujaron tres nomogramas, uno por cada tipo de terreno, mismos que se presentan en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3.

8. Para obtener el volumen de servicio para cada nivel, se efectuará el producto de los factores antes mencionados y el factor "T". En la tabla 3.A, se presentan estos factores.

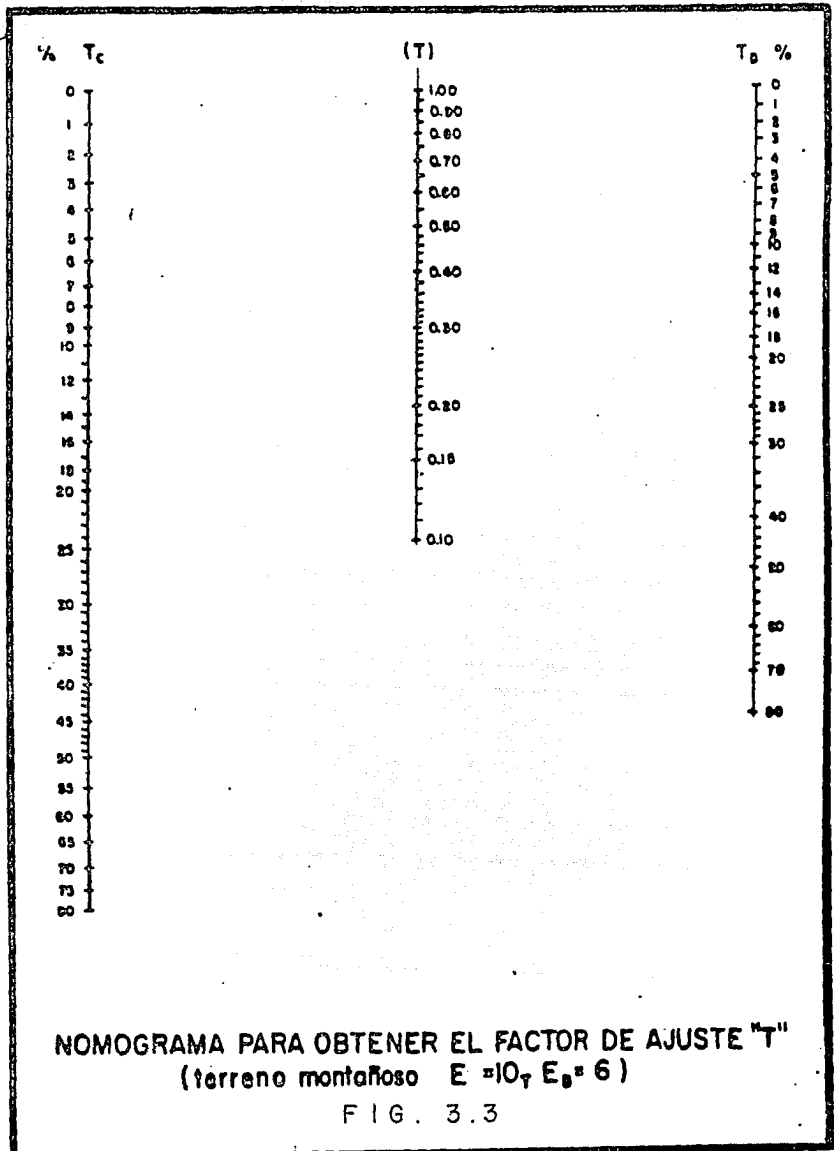


NOMOGRAMA PARA OBTENER EL FACTOR DE AJUSTE "T"
 (terreno plano) $E_T = 2.5$ $E_D = 2.0$
 FIG. 3.1



NOMOGRAMA PARA OBTENER EL FACTOR DE AJUSTE "T"
 (terreno en lomerio) $E_T=5$ $E_D=4$

FIG. 3.2



NOMOGRAMA PARA OBTENER EL FACTOR DE AJUSTE "T"
 (terreno montañoso $E = 10_T E_B = 6$)

FIG. 3.3

9. Por último, una vez obtenido el volumen de servicio correspondiente a cada nivel, se comparará con el volumen de demanda, ubicando así el nivel de servicio en el que se encuentra operando el tramo en estudio.

III.1.2 Cálculo de Volúmenes y Niveles de Servicio

RUTA MEX 180

Carr. Villahermosa - Cd. del Carmen

Datos :

TDPA (1988) = 1827 veh/día

Clasificación vehicular : A = 68 %

B = 9 %

C = 23 %

Tipo de Terreno : Plano

$$E_C = 2.5$$

$$E_B = 2.0$$

Cálculo del factor "T" :

$$T = T_C \times T_B$$

$$T_C = \frac{100}{(100 - P_C) + P_C E_C} = \frac{100}{(100 - 23) + 23(2.5)} = 0.7435$$

$$T_B = \frac{100}{(100 - P_B) + P_B E_B} = \frac{100}{(100 - 9) + 9(2.0)} = 0.9174$$

$$T = 0.7435 \times 0.9174 = 0.6821$$

Cálculo de los volúmenes de servicio :

$$VS A = 3640 \times 0.6821 = 2483 \text{ veh/día} > 1827 \text{ veh/día}$$

$$VS B = 6920 \times 0.6821 = 4720 \text{ veh/día}$$

$$VS C = 10920 \times 0.6821 = 7449 \text{ veh/día}$$

$$VS D = 14560 \times 0.6821 = 9931 \text{ veh/día}$$

$$VS E = 18600 \times 0.6821 = 12687 \text{ veh/día}$$

La carretera opera en un nivel de servicio "A"

Carr: Cd. del Carmen - Campeche

Tramo: Cd. del Carmen - Champotón

TDPA (1988) = 876 veh/día

Clasificación vehicular :

A	=	64 %
B	=	4 %
C	=	32 %

Tipo de Terreno : Plano

$$E_C = 2.5$$

$$E_B = 2.0$$

Cálculo del factor "T"

$$T = \frac{100}{(100 - 4 + 4 \times 2)} \times \frac{100}{(100 - 32 + 32 \times 2.5)}$$

$$T = 0.6497$$

Cálculo de los volúmenes de servicio

$$VS A = 3640 \times 0.6497 = 2365 \text{ veh/día} > 876 \text{ veh}$$

$$VS B = 6920 \times 0.6497 = 4495 \text{ veh/día}$$

$$VS C = 10920 \times 0.6497 = 7095 \text{ veh/día}$$

$$VS D = 14560 \times 0.6497 = 9460 \text{ veh/día}$$

$$VS E = 18600 \times 0.6497 = 12084 \text{ veh/día}$$

La carretera opera en un nivel de servicio "A".

RUTA MEX - 186

Carr. Villahermosa - Francisco Escárcega

TDPA (1988) = 2854 veh/día

Clasificación vehicular : A = 56 %

B = 5 %

C = 39 %

Tipo de Terreno : Plano

$$E_C = 2.5$$

$$E_B = 2.0$$

Cálculo del factor "T"

$$T = \frac{100}{100 - 5 + 5(2.0)} \times \frac{100}{100 - 39 + 39(2.5)} = 0.6009$$

Cálculo de los volúmenes de servicio

$$VS A = 3640 \times 0.6009 = 2187 \text{ veh/día} < 2854 \text{ veh/día}$$

$$VS B = 6920 \times 0.6009 = 4158 \text{ veh/día} > 2854 \text{ veh/día}$$

$$VS C = 10920 \times 0.6009 = 6562 \text{ veh/día}$$

$$VS D = 14560 \times 0.6009 = 8749 \text{ veh/día}$$

$$VS E = 18600 \times 0.6009 = 11176 \text{ veh/día}$$

El nivel de servicio en el que se encuentra operando la carretera es "B"

RUTA MEX - 261

Carr. Francisco Escárcega - Champotón

TDPA (1988) = 1721 veh/día

Clasificación vehicular: A = 53 %

B = 6 %

C = 41 %

Tipo de Terreno : Plano

$E_C = 2.5$

$E_B = 2.0$

Cálculo del factor "T"

$$T = \frac{100}{100 - 6 + 6(2.0)} \times \frac{100}{100 - 41 + 41(2.5)} = 0.5841$$

Cálculo de los volúmenes de servicio

$$VS A = 3640 \times 0.5841 = 2126 \text{ veh/día} > 1721 \text{ veh/día}$$

$$VS B = 6920 \times 0.5841 = 4042 \text{ veh/día}$$

$$VS C = 10920 \times 0.5841 = 6379 \text{ veh/día}$$

$$VS D = 14560 \times 0.5841 = 8505 \text{ veh/día}$$

$$VS E = 18600 \times 0.5841 = 10865 \text{ veh/día}$$

Analizando ahora la parte de la carretera en terreno lomerío se tiene:

Para tipo de terreno lomerío : $E_C = 5$

$E_B = 4$

Cálculo del factor "T"

$$T = \frac{100}{100 - 6 + 6(4)} \times \frac{100}{100 - 41 + 41(5)} = 0.3210$$

Cálculo de los volúmenes de servicio

$$VS A = 2030 \times 0.3210 = 652 \text{ veh/día}$$

$$VS B = 4680 \times 0.3210 = 1502 \text{ veh/día} < 1721 \text{ veh/día}$$

$$VS C = 7800 \times 0.3210 = 3255 \text{ veh/día} > 1721 \text{ veh/día}$$

$$VS D = 10140 \times 0.3210 = 3255 \text{ veh/día}$$

$$VS E = 16200 \times 0.3210 = 5200 \text{ veh/día}$$

Como puede notarse, el cambio de tipo de terreno repercute notablemente en la operación de la carretera; ya que, mientras en terreno -- plano se tiene un nivel de servicio "A", en lomerío pasa a un nivel -- de servicio "C", esto se debe que al cambiar las condiciones topográmicas aumentando las pendientes, la presencia de vehículos pesados -- (tipos B y C) es más significativa en la corriente del flujo vehícu-- lar, ocasionando disminución de la velocidad y de la comodidad de --

operación, además de influir grandemente en las maniobras de rebase, ya que al acercarse más el tipo de terreno a montañoso, los tramos -- con distancia de visibilidad de rebase adecuada para la maniobra se -- verán reducidas y las oportunidades para el rebase serán más escasas -- provocando filas de vehículos demorados por la presencia de vehículos -- pesados.

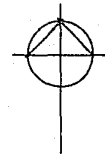
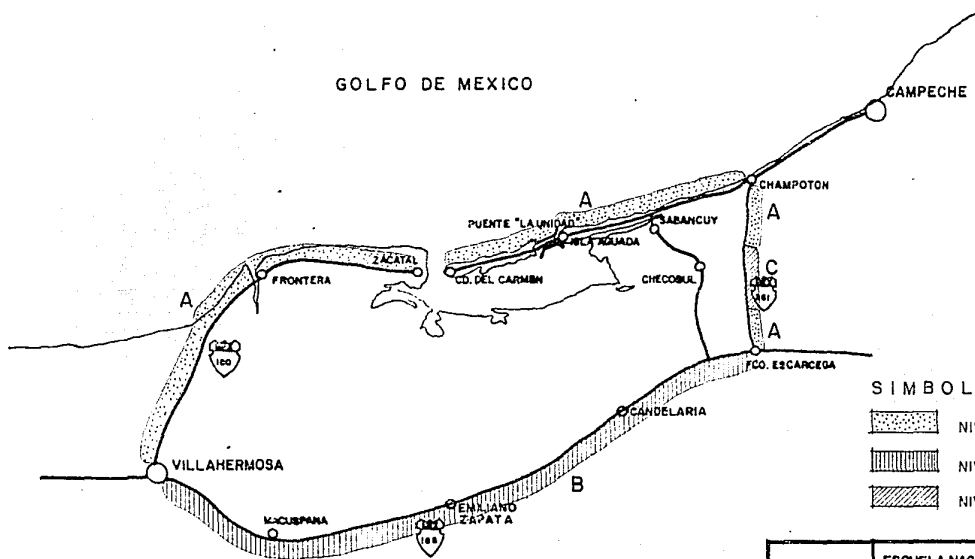
De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis de capacidad y niveles de servicio anteriores, se tiene que las carreteras involucradas actualmente operan en general en niveles de servicio satisfactorios (A, B, C), lo que indica que de implementarse alguna medida para mejorar cualquiera de las dos rutas, ésta será enfocada para abatir los tiempos de demoras y recorrido, disminuyendo el costo global del transporte por cada ruta.

En la figura 3.4 se presentan los niveles de servicio en cada ruta.




III.2 Demoras

Una vez analizados los tramos carreteros en cuanto a su capacidad y calidad de operación y determinándose que ambas son satisfactorias, se analizarán las demoras por ruta, para lo cual se partirá de los -- estudios presentados en el capítulo II.

GOLFO DE MEXICO



SIMBOLOGIA

-  NIVEL DE SERVICIO A
-  NIVEL DE SERVICIO B
-  NIVEL DE SERVICIO C

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES UNIDAD ARAGON INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
NIVELES DE SERVICIO	
ALUMNO :	ASESOR :
ALFREDO DUARTE ARANDA	ING. AMILCAR GALINDO SOLORZANO
FECHA :	FIGURA 3.4

Como puede observarse, la diferencia en tiempos de recorrido entre ambas rutas, es de 23 minutos, siendo el exceso para la ruta MEX-186-261 con una longitud de recorrido adicional de 69.5 km.. Asimismo, se tiene que el tiempo promedio de viaje en transbordador entre Zacatal y Cd. del Carmen es de una hora, lo que aumenta notablemente el tiempo de recorrido de toda la ruta, razón por la cual se analizarán las demoras en dicho punto.

III.2.1 Determinación de las Demoras en el cruce de Zacatal a Cd. del Carmen

Para conocer el tiempo de demoras ocasionado por el uso del servicio de transbordador que une a Zacatal con la Isla del Carmen, se utilizarán los datos contenidos en Estudio de Origen y Destino, estación Villa Madero y del libro de Datos Viales de 1988.

III.2.1.1 Determinación del Factor de Conversión de Volumen Diario a Volumen Horario (k)

El factor k es una relación que permite hacer la conversión de un Tránsito Diario Promedio Anual a un Volumen Horario de Proyecto; este factor es determinado por medio del cociente del Volumen Horario Máximo registrado en un día representativo entre un Volumen Diario Promedio.

Tomando los datos del Estudio de Origen y Destino, estación "Villa Madero", tenemos :

Datos :

Volumen Máximo Horario = 220 veh/h

Volumen Promedio Diario = 1940 veh/día

$$k = \frac{VMH}{VPD} = \frac{220 \text{ veh/h}}{1940 \text{ veh/día}} = 0.1134 \text{ día/h}$$

III.2.1.2 Determinación del Factor Direccional del Tránsito (fd)

Al igual que para el factor k, en la determinación del Factor Direccional se utilizarán los datos del Estudio de Origen y Destino "Villa Madero"; para determinar este factor sólo es necesario dividir el volumen vehicular por sentido entre el total del volumen vehicular registrado durante el estudio, así tenemos :

Datos :

Volumen hacia Campeche = 4034 veh

Volumen hacia Cd. del Carmen = 3724 veh

Volumen total aforado = 7758 veh

Factor direccional en el sentido 1 :

$$fd_1 = \frac{4034 \text{ veh}}{7758 \text{ veh}} = 0.52 = 52 \%$$

Factor direccional en el sentido 2 :

$$fd_2 = \frac{3724 \text{ veh}}{7758 \text{ veh}} = 0.48 = 48 \%$$

III.2.1.3 Determinación Líneas de Espera

Para realizar un análisis de líneas de espera (sistema de colas), se debe especificar los patrones de llegadas y de servicios. A menos de que se hayan programado las llegadas, éstas se supondrán del tipo aleatorio, es decir que son equiprobables de presentarse en cualquier momento, que es el caso del presente análisis. La distribución de llegadas generadas de esta manera se denomina de Poisson, dado que la probabilidad de "n" llegadas en un intervalo de tiempo finito cualquiera "t" es:

$$P(n) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}$$

Por otro lado, la probabilidad de que un intervalo entre dos llegadas consecutivas, exceda al tiempo t es igual a la probabilidad de que no se presenten arribos en dicho intervalo :

Si $n = 0$
 entonces : $P(0) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^0}{0!} = e^{-\lambda t}$

Por lo tanto, bajo estas suposiciones el tiempo entre llegadas, tiene una distribución exponencial.

Existen situaciones en las que las premisas anteriores, probablemente produzcan resultados no satisfactorios, como las siguientes :

1. En el caso de que las llegadas sean programadas y los errores en sus tiempos sean pequeños en comparación con el intervalo planeado para ellas.
2. Cuando las llegadas son el resultado de un proceso dependiente del tiempo.

En un sistema de colas con cualquier distribución de tiempos de servicio, que tenga "m" canales de servicio idénticos, alcanza un estado estable cuando la tasa de llegadas por canal (λ/m) es menor que la tasa de servicio por canal (μ), es decir, cuando :

$$\frac{\lambda}{m \mu} < 1$$

Si la tasa de llegadas es igual a la tasa de servicio, la línea de espera crecerá indefinidamente hasta que el intervalo entre llegadas se aproxime al tiempo de servicio, esto es :

$$\frac{\lambda}{\mu} = \rho = 1$$

Para el caso motivo de estudio, se considerarán las siguientes características :

a) De las llegadas :

- Un solo carril de circulación por sentido
- Llegadas aleatorias tipo Poisson
- El primero en llegar es el primero en ser servido

b) De las salidas :

- Un solo carril de circulación en cada sentido
- Fuera del sistema, libertad absoluta de maniobra

c) Del servicio :

- Tiempo de servicio exponencial

- Ciclos con duración de dos horas
- Capacidad para 40 veh/h. (tránsito mixto)
- Clasificación vehicular : A = 68%, B = 9%, C = 23%
- Un solo servidor (transbordador)

d) Datos :

TDPA (1988) = 634 veh/día

k = 0.1134

fd = 52/48

VHP = 72 veh/h (ambos sentidos)

VHP₁ = 37 veh/h (sentido más cargado)

VHP₂ = 35 veh/h (sentido menos cargado)

Tiempo promedio de servicio (S) = 1h (sistema)

Capacidad del transbordador = 40 veh/h

Tasa de servicio μ = 40 veh/h

Analizando el sentido más crítico, se tiene :

1) Tasa de arribo : (λ)

$$\lambda = VHP = 37 \text{ veh/h}$$

2) Intensidad de tráfico o factor de utilización (ρ).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{37 \text{ veh/h}}{40 \text{ veh/h}} = 0.925 < 1 \text{ estado estable}$$

3) Número promedio de vehículos en el sistema (\bar{n}).

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.925}{1-0.925} = 13 \text{ veh}$$

Desviación estándar :

$$\pm (\text{var } (n))^{1/2} = \left(\frac{\rho}{(1-\rho)^2} \right)^{1/2} = \left(\frac{0.925}{(1-0.925)^2} \right)^{1/2} = \pm 13 \text{ veh}$$

Rango de variación de n

$$0 \leq n \leq 26 \text{ veh}$$

4) Número promedio de vehículos en la línea (\bar{q})

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho^2} = \frac{0.925^2}{1-0.925^2} = 12 \text{ veh}$$

5) Tiempo promedio de permanencia en el sistema (\bar{d})

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{40 \text{ veh/h} - 37 \text{ veh/h}} = 0.333 \text{ h/veh}$$

$$\bar{d} = 20 \text{ min/veh}$$

6) Tiempo promedio de espera en la línea (\bar{w})

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} = 0.333 \text{ h/veh} - \frac{1}{40 \text{ veh/h}} = 0.308 \text{ h/veh}$$

$$\bar{w} = 18.50 \text{ min/veh}$$

Ahora para el sentido menos cargado se tiene :

1) Tasa de arribo (λ)

$$\lambda = 35 \text{ veh/h}$$

2) Intensidad de tráfico o factor de utilización (ρ)

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{35 \text{ veh/h}}{40 \text{ veh/h}} = 0.875 < 1 \quad \text{Estado estable}$$

3) Número promedio de vehículos en el sistema (\bar{n})

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.875}{1-0.875} = 7 \text{ vehículos}$$

Desviación estándar :

$$\pm (\text{Var} (n))^{1/2} = \left(\frac{\rho}{(1-\rho)^2} \right)^{1/2} = \left(\frac{0.875}{1-0.875^2} \right)^{1/2} = \pm 7 \text{ veh}$$

Rango de variación :

$$0 \leq n \leq 14 \text{ veh}$$

- 4) Número promedio de vehículos en la línea de espera (\bar{q})

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.875^2}{1-0.875} = 6 \text{ veh}$$

- 5) Tiempo promedio de permanencia en el sistema (\bar{d})

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{40 \text{ veh/h} - 35 \text{ veh/h}} = 0.20 \text{ h/veh}$$

- 6) Tiempo promedio de espera en la línea (\bar{w})

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} = 0.20 \text{ h/veh} - \frac{1}{40 \text{ veh/h}} = 0.175 \text{ h/veh}$$

$$\bar{w} = 10.5 \text{ min/veh.}$$

De los análisis anteriores, se deduce que el sistema de cruce estudiado, durante temporadas normales opera en estado estable, aunque ya muy cercano a su capacidad, lo que hace que durante los periodos vacacionales y extraordinarios (aquellos en los que debido a lluvias, tormentas y/o ventarrones, se suspende el servicio) pase al de inestabilidad o saturación, provocando serios conflictos de tránsito y demoras a los usuarios.

Cabe aclarar que, los resultados obtenidos en cuanto al número de vehículos y tiempos empleados en el sistema se refieren al total de vehículos formando líneas de espera, sin incluir el período de servicio.

III.2.2 Determinación de las Demoras Ruta Villahermosa-Francisco Escárcega - Champotón

Como se mencionó en el primer capítulo, el tránsito vehicular de --- largo itinerario que se dirige o proviene de la Península de Yucatán, - tiene la opción de transitar por la ruta Villahermosa-Francisco Escárcega - Champotón, tolerando un recorrido en exceso de 69.50 km.

Para cuantificar el tiempo empleado en recorrer la distancia en exceso, se emplearán los datos de tiempos de recorrido presentados en el capítulo II, de los cuales se obtiene la velocidad promedio de la carretera :

Carretera	Tiempo	Distancia	Velocidad promedio
Villahermosa-Francisco Escárcega	4h 36' 19''	297.04 km	64.50 km/h
Francisco Escárcega - Champotón	1h 09' 57''	81.40 km	69.82 km/h

Como se observa, la velocidad promedio de la ruta es :

$$V_R = \frac{64.50 \text{ km/h} + 69.82 \text{ km/h}}{2} = 67.16 \text{ km/h}$$

Lo que indica que la distancia en exceso representa un tiempo de recorrido de :

$$t_r = \frac{69.50 \text{ km}}{67.16 \text{ km/h}} = 1 \text{ h } 2' 5'' = 1.00 \text{ h}$$

que equivale al tiempo de cruce sin demoras de Zacatal a Cd. del Carmen, razón por la cual, un gran número de los usuarios de largo itinerario - la prefieren, ya que no obstante de tener mayor longitud y elevarse los costos de operación y recorrido de la ruta, representa una alternativa - más segura y sin la incertidumbre de estar sujeta a las condiciones - atmosféricas y de horario como ocurre en la ruta MEX-180.

III.3 Conclusiones Preliminares

1. Del análisis de capacidad y niveles de servicio realizado, se desprende que actualmente las carreteras estudiadas operan en niveles de servicio altos, que varían desde el "A" hasta el "C"; situación que de conservarse la tendencia de crecimiento en el tránsito, permanecerá por largo tiempo sin presentar conflictos operacionales -- imputables a la magnitud del volumen vehicular que transita por las vías analizadas.

2. En lo que se refiere a los análisis probabilísticos de líneas de espera, éstos señalan que actualmente el cruce vehicular en transbordador de Zacatal a Cd. del Carmen, opera en estado estable, muy cercano a su capacidad durante periodos normales y aún en periodos de máxima demandada, situación que llega a la inestabilidad al presentarse periodos extraordinarios como son: épocas vacacionales, de lluvias o tormentas en las que se obliga a suspender el servicio.

Por otro lado, en cuanto a la demora promedio calculada para cada vehículo, ésta ascendió a 20 min/veh en el sentido más crítico, con una permanencia promedio en la línea de espera de 18 min.

3. Para la ruta Villahermosa-Francisco Escárcega-Champotón, se detectó un tiempo promedio de recorrido de una hora para los 69.50 km. en exceso; razón que explica la preferencia del tránsito de largo itinerario a circular por esta ruta, ya que además de tener la ventaja de menor tiempo de recorrido, cuenta con la seguridad de no estar sujeta a horarios, ni a condiciones atmosféricas.

CAPITULO IV

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Realizado el diagnóstico de la situación operacional prevalente en el área motivo de estudio, en este capítulo se proponen las posibles acciones a seguir, con el fin de disminuir el tiempo de recorrido y el costo de operación de la ruta MEX-180.

IV.1 Generación de Alternativas

De acuerdo con lo expuesto en el capítulo anterior, y para hacer más atractiva la ruta MEX-180, principalmente al tránsito de largo itinerario que proviene o se dirige a la Península de Yucatán, se contemplan dos tipos de solución.

1. Aumentar el número y frecuencia de transbordadores en el área de cruce de Zacatal a la Isla del Carmen.
2. La construcción de una estructura que una el extremo poniente de la Isla del Carmen con el lugar denominado La Puntilla.

La alternativa número uno, no obstante de ser la más barata, -- tiene la gran desventaja de dejar insatisfechas algunas de las ne-

cesidades primordiales en la solución del problema que nos ocupa, como son :

1. Se trata de una acción paliativa al problema, esto quiere decir que de ninguna manera representa una solución al mismo, ya que no se trata de una vía de enlace incondicional de la Isla con el continente como lo sería el puente.
2. Como se mencionó en el capítulo anterior, además de la demora que genera el uso de transbordador, se tiene la desventaja de estar sujeto a horarios y sobre todo a las condiciones climáticas.
3. La continuidad de la ruta MEX-180 se vería interrumpida durante los períodos en los que el sistema de transbordadores se suspendiera, disminuyendo con esto su atractivo, aumentando el costo global del transporte.

Por todo lo anterior, sólo se analizarán las alternativas de ubicación y construcción de la estructura, mismas que a continuación se describen.

IV.2 Descripción de Alternativas de Ubicación y Construcción del Puente

IV.2.1 Alternativa Cero

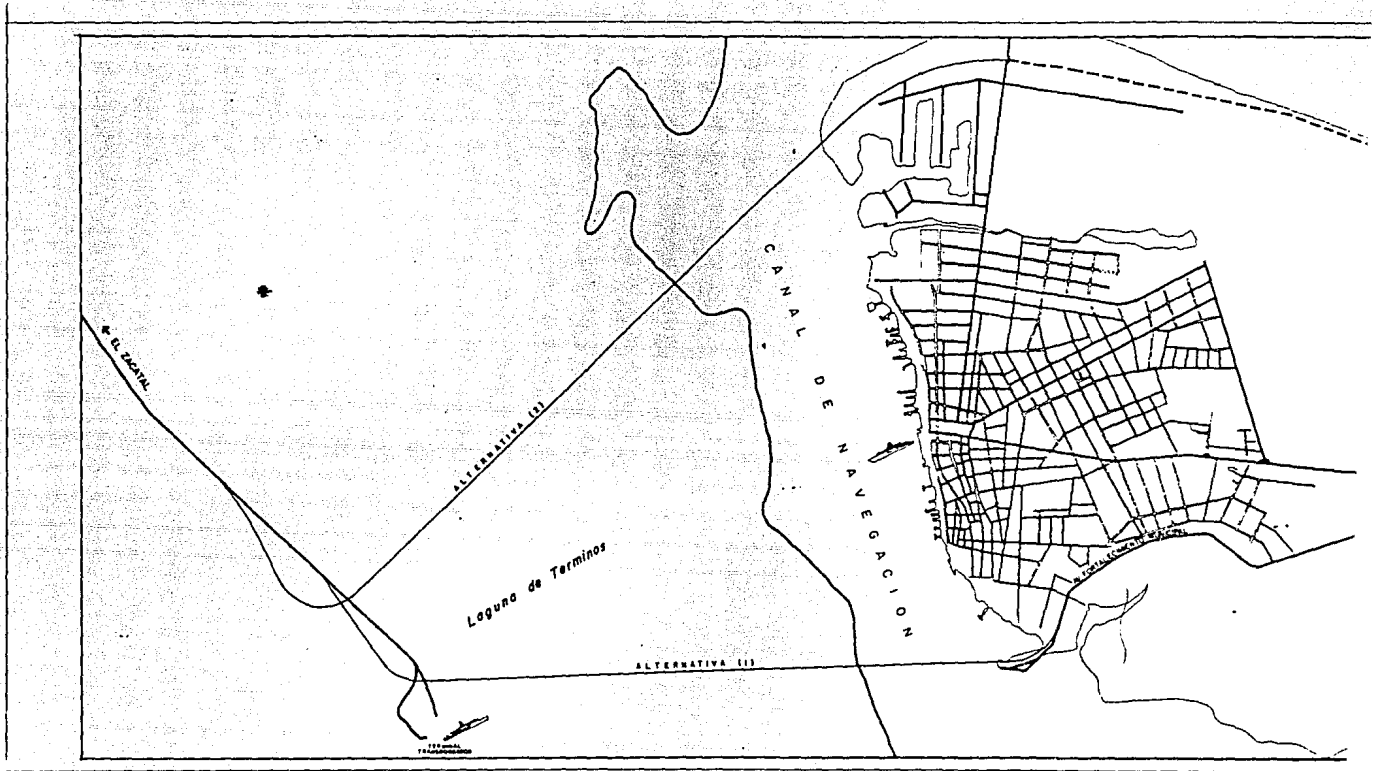
Esta alternativa recibe el nombre de "cero", por ser la opción - que servirá dentro del análisis como punto de comparación, y se refiere al seguir operando el cruce como hasta el momento, considerando sólo los trabajos relacionados con la conservación y mantenimiento de la infraestructura y equipo existente.

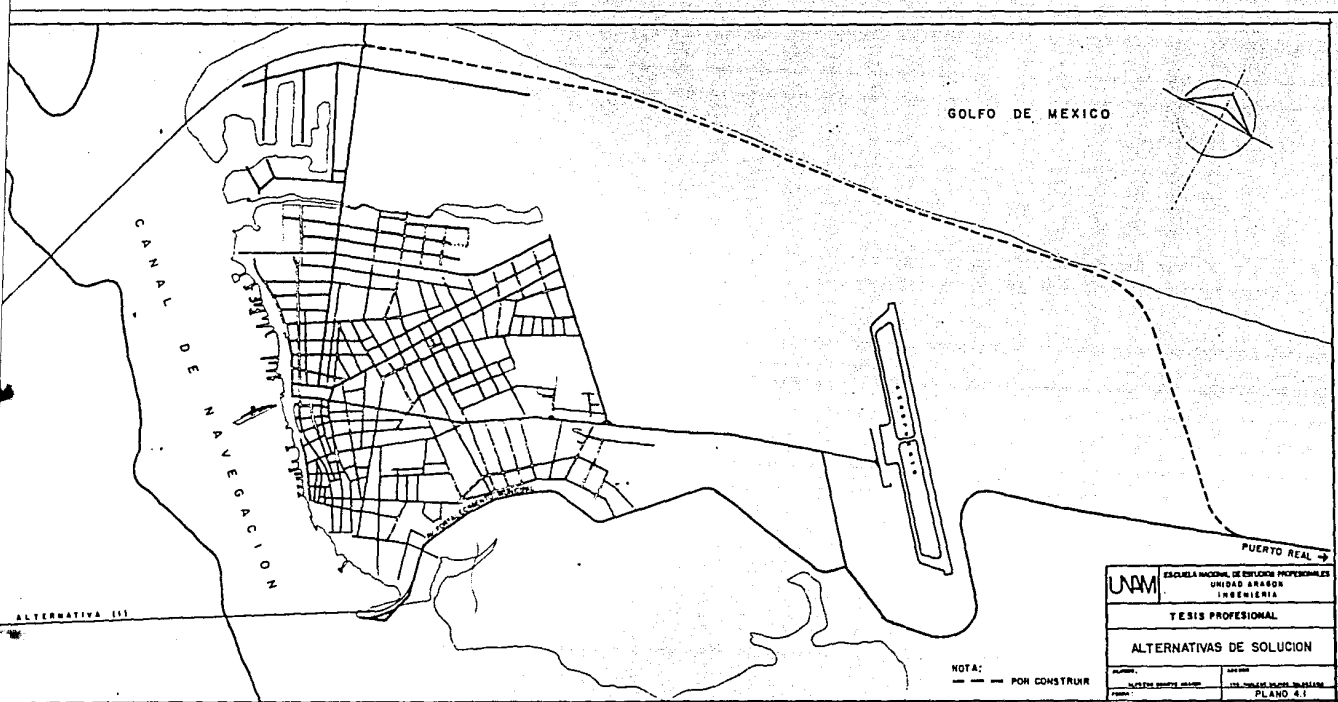
Cabe aclarar que con la adopción de esta alternativa se aceptan las demoras y recorridos en exceso que su operación representa.

IV.2.2 Alternativa Uno

Esta opción propone la construcción de un puente que una al sitio denominado La Puntilla con el extremo suroeste de la Isla del Carmen, en las inmediaciones de la Playa Manigua, Plano 4.1.

La estructura propuesta tiene una longitud de 3,782 m, los accesos al puente suman 1,200 m; debido a su ubicación cercana a la Laguna, en la cual sólo transitan embarcaciones de bajo calado, el espacio libre vertical máximo requerido asciende a 16.00 m sobre -





GOLFO DE MEXICO



PUERTO REAL →

ALTERNATIVA 131

NOTA:
 - - - - - POR CONSTRUIR

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES	
	UNIDAD ARAGON	
INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
ALTERNATIVAS DE SOLUCION		
PROFESOR:	ALUMNO:	
TITULO DEL TRABAJO:	FECHA:	
PLANO 2.1		

el nivel medio del mar.

Adicionalmente a esta obra y para canalizar al tránsito que - circula por la ruta MEX-180, sería necesario el acondicionamiento - de 6,750 m de vialidad a lo largo del desarrollo de la Avenida Fortalecimiento Municipal, uniendola con la carretera Ciudad del Carmen - Campeche.

IV.2.3 Alternativa Dos

Esta alternativa propone ubicar la estructura uniendo La Puntilla con el extremo noroeste de la Isla, en las inmediaciones de la Playa Norte, Plano 4.1.

La longitud de la estructura propuesta asciende a 3,998 m, los accesos al puente suman 1,690 m. Por ubicarse al norte del Puerto de Abrigo, será necesario proveerlo con un espacio libre vertical de 40.00 m sobre el nivel medio del mar, con el objeto de permitir el paso a las embarcaciones de gran calado que provienen o se dirigen al puerto.

Además de la construcción del puente, es necesario considerar - la construcción de 8,200 m de vialidad para unir el puente con la carretera Ciudad del Carmen - Campeche.

IV.3 Asignación del Tránsito

Antes de definir la sección transversal necesaria para albergar la demanda vehicular que se prevé circulará por la obra en estudio, es necesario realizar un análisis de asignación del tránsito a la misma; ya que como es de suponerse al mejorar las condiciones de cruce, se incrementará el volumen vehicular que use la ruta - MEX-180.

El incremento vehicular que se considera para la demanda de cruce, se debe además del propio tránsito actual a los siguientes tipos :

1. Tránsito Desviado o Inducido.- Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y que cambia su itinerario por la que se construye o mejora.
2. Tránsito Generado.- Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejoramiento de la carretera y/o por el desarrollo de la zona por donde cruza.

IV.3.1 Tránsito Actual

Debido a que a la fecha de realización del presente trabajo, se

cuenta con datos del tránsito correspondientes al año de 1988, será necesario actualizarlos.

Del inciso II.1.2. características operacionales, se obtienen los siguientes datos:

Carretera: Villahermosa - Cd. del Carmen

Estación: Zacatal

TDPA (1988) = 634 veh/día

$i = 4\%$ (anual)

TDPA (1989) = $634 \text{ veh/día} (1 + 0.04 (1)) = 659 \text{ veh/día}$

IV.3.2. Tránsito Desviado o Inducido

Para determinar el tránsito desviado, se tomará el tránsito que circula por la ruta Villahermosa-Francisco Escárcega-Champotón

TDPA (1988) = 1721 veh/día

Actualizándolo con una tasa de crecimiento anual del 3 %

TDPA (1989) = $1721 \text{ veh/día} (1+0.03 (1)) = 1773 \text{ veh/día}$

De acuerdo con el estudio de Origen y Destino estación Villa Ma-
dero presentado en la tabla 2.A, se tiene que el 28 % del volumen-
registrado realiza viajes de largo itinerario, por lo tanto :

$$\text{TDPA (largo itinerario 1989)} = 1773 \text{ veh/día} \times 0.28 = 496 \text{ veh/día}$$

Del TDPA de largo itinerario un porcentaje cambiará su itinera-
rio al mejorarse la ruta alterna; este porcentaje se calculará en-
base al ahorro en tiempo de recorrido entre una y otra ruta, de --
acuerdo a lo establecido por el método de la ASSHO. Partiendo del
hecho que una vez construido el puente, el tiempo de recorrido por
la ruta MEX-180 se verá disminuido cuando menos en una hora, que -
corresponde al tiempo que dura un viaje en transbordador :

Datos :

$$t_{r1} = 4 \text{ h } 23 \text{ min } 2 \text{ seg} = 4.38389 \text{ h} \quad (\text{tiempo de recorrido --} \\ \text{ruta MEX-180})$$

$$t_{r2} = 5 \text{ h } 46 \text{ min } 16 \text{ seg} = 5.77111 \text{ h} \quad (\text{tiempo de recorrido --} \\ \text{ruta MEX-186-261})$$

Fórmula :

$$P \% = \frac{1}{1 + T^6} \quad T = \frac{t_{r1}}{t_{r2}}$$

en donde :

- P % = Porcentaje de asignación a la ruta mejorada
- T = Relación de Tiempos de Recorrido
- t_{r1} = Tiempo de recorrido de la ruta mejorada
- t_{r2} = Tiempo de recorrido de la ruta alterna

sustituyendo valores :

$$T = \frac{4.38389}{5.77111} = 0.75963$$

$$P \% = \frac{1}{1 + 0.75963^6} = 0.8388 = 0.84 = 84 \%$$

lo que indica que el 84 % del volumen de largo itinerario cambiará su itinerario, esto es; será el tránsito inducido a la nueva ruta:

$$TDPA \text{ (inducido 1989)} = 496 \text{ veh/día} \times 0.84 = 417 \text{ veh/día}$$

IV.3.3. Tránsito Generado

Una vez construida la obra, ésta generará desarrollo, mismo que acarreará aumento en el volumen vehicular que circula por la zona motivo de estudio. En base a estudios realizados en la zona, se determina que este crecimiento será del orden del 15 % del tránsito actual, de aquí que :

$$\text{TDPA (generado 1989)} = 659 \text{ veh/día} \times 0.15 = 99 \text{ veh/día}$$

IV.3.4. Tránsito Asignado

Para obtener el tránsito asignado, simplemente se sumarán los tránsitos actual, desviado y generado :

$$\text{Tránsito Actual} = 659 \text{ veh/día}$$

$$\text{Tránsito Desviado} = 417 \text{ veh/día}$$

$$\text{Tránsito Generado} = 99 \text{ veh/día}$$

$$\text{Tránsito Asignado} = 1175 \text{ veh/día}$$

IV.4 Sección Transversal de las Alternativas

Una vez descritas las alternativas de solución, es necesario definir las características geométricas de la sección transversal de la estructura, para lo que se utilizará el método del "Manual de Capacidad de Carreteras 1965".

Por tratarse de una obra nueva en las inmediaciones de una zona urbana, se le asignará un horizonte de proyecto de 10 años, además de proyectarse que al término del horizonte de proyecto la obra opere como mínimo en un nivel de servicio " D " .

Como la estructura en proyecto es parte de la carretera Villahermosa-Cd. del Carmen y para hacer congruentes las secciones de la carretera y del puente, como primer tanteo dentro del análisis de niveles de servicio y capacidad, se considera la sección del tramo Frontera-Zacatal.

Datos :

Carretera de dos carriles (uno por sentido)

Ancho de carril = 3.50 m.

Ancho de acotamientos = 2.00 m.

Tipo de terrero = plano

Distancia de visibilidad de rebase, mayor a 500 m = 100 %

TDPA (1989) = 1175 veh/día

Clasificación vehicular: A = 68 %

B = 9 %

C = 23 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito, $i = 4 %$

Horizonte de proyecto = 10 años (a partir de 1992)

Velocidad de proyecto = 70 km/h.

a) Pronóstico de tránsito para el horizonte de proyecto.

$$TDPA (2001) = TDPA (1989) \times (1 + i \times n)$$

$$TDPA (2001) = 1175 \text{ veh/día} \times (1 + 0.04 \times 12) = 1739 \text{ veh/día}$$

b) Cálculo del nivel de servicio.

$$\text{Formula : } VS = \frac{2000 \times N \times v/c \times W \times T_L \times B_L}{\dots}$$

En donde :

2000 = Valor de la capacidad ideal en vehículos
lígeros/h

N = Número de carriles (para el caso que nos
ocupa N = 1, ya que el valor de 2000 vph
es en ambos sentidos)

v/c = Relación volumen-capacidad (tabla 4.A)

W = Factor de ajuste por efecto combinado de
ancho de carril y distancia a obstáculos
laterales (tabla 4.B)

T_L = Factor de ajuste por presencia de - -
vehículos pesados en la corriente del -
tránsito; para este caso se obtiene com
binando las tablas 4.C y 4.E.

B_L = Factor de ajuste por presencia de autobuses en la corriente del tránsito; para este caso, se determina combinando las tablas 4.D y 4.E.

De aquí que :

$$N = 1$$

v/c De la tabla 4.A $(v/c)_A$ = No se alcanza -- por la velocidad de proyecto.

$(v/c)_B$ = No se alcanza -- por la velocidad de proyecto.

$$(v/c)_C = 0.51$$

$$(v/c)_D = 0.67$$

$$(v/c)_E = 1.00$$

W = De la tabla 4.B $W_B - D = 1.00$

$$W_E = 1.00$$

T_L = De la tabla 4.C $E_T = 2$
Terreno plano

$$\text{Pendiente} = 0 - 1 \%$$

De la tabla 4.E $J_L = 0.81$

$$E_T = 2$$

$$C = 23 \%$$

B_L De la tabla 4.D $E_B = 2$

Pendiente = 0 - 4 %

De la tabla 4.E $B_L = 0.97$

B = 3 %

$VS_A =$ No se alcanza por velocidad de proyecto

$VS_B =$ No se alcanza por velocidad de proyecto

$VS_C = 2000 \times 1 \times 0.51 \times 1.00 \times 0.81 \times 0.97 = 801 \text{ veh/h}$

$VS_D = 2000 \times 1 \times 0.67 \times 1.00 \times 0.81 \times 0.97 = 1053 \text{ veh/h}$

$VS_E = 2000 \times 1 \times 1 \times 1.00 \times 0.81 \times 0.87 = 1409 \text{ veh/h}$

Transformando el volumen de demanda en el horizonte de proyecto a volumen horario por medio del factor "K" (calculado en el inciso III.2.1.1. del capítulo anterior):

$$VH (2001) = 1739 \times 0.1134 = 197 \text{ veh/h}$$

Comparando con los volúmenes de Servicio se tiene que:

$$VS_C = 801 \text{ veh/h} > VH (2001) = 197 \text{ veh/h}$$

Lo que indica que la sección propuesta operará en un nivel de servicio "C" durante todo el horizonte de proyecto de la

obra; en el plano 4.2 se muestra el proyecto de la sección longitudinal y transversal de cada una de las alternativas de ubicación del puente.

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE > 500m (m)	VOLUMEN DE SERVICIO - CAPACIDAD					VOLUMEN DE SERVICIO MAXIMO BAJO CONDICIONES IDEALES, INCLUYENDO VELOCIDAD DE PROYECTO PARA DE 100km/h (total de Vehiculos ligeros por hora en ambos direccionales)	
	DESCRIPCION	VELOCIDAD DE OPERACION (km/h)		VALOR LIMITE PARA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h	VALOR PARA UNA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE:					
					95 Km/h	80 Km/h	70 Km/h	65 Km/h		55 Km/h
A	FLUJO LIBRE	VI 95	∞	∞	∞	∞	∞	∞	400	
			100	0.20	∞	∞	∞	∞		
			80	0.18	∞	∞	∞	∞		
			60	0.15	∞	∞	∞	∞		
			40	0.12	∞	∞	∞	∞		
			20	0.08	∞	∞	∞	∞		
B	FLUJO ESTABLE (Velocidad superior del rango)	VI 80	∞	∞	∞	∞	∞	900		
			100	0.45	0.40	∞	∞		∞	
			80	0.42	0.35	∞	∞		∞	
			60	0.38	0.30	∞	∞		∞	
			40	0.34	0.24	∞	∞		∞	
			20	0.30	0.18	∞	∞		∞	
C	FLUJO ESTABLE	VI 65	∞	∞	∞	∞	∞	1400		
			100	0.70	0.66	0.56	0.51		∞	
			80	0.68	0.61	0.53	0.46		∞	
			60	0.65	0.56	0.47	0.41		∞	
			40	0.62	0.51	0.38	0.32		∞	
			20	0.59	0.45	0.28	0.22		∞	
D	FLUJO PROXIMO A L INESTABLE	VI 55	∞	∞	∞	∞	∞	1700		
			100	0.85	0.83	0.75	0.67		0.58	
			80	0.84	0.81	0.72	0.62		0.55	
			60	0.83	0.79	0.69	0.57		0.51	
			40	0.82	0.76	0.66	0.52		0.45	
			20	0.81	0.71	0.61	0.44		0.35	
E ^c	FLUJO INESTABLE	50 ^d	NO ES APLICABLE ^e	21.00					2000	
	FLUJO FORZADO	<50 ^d	NO ES APLICABLE ^e	NO SIGNIFICATIVO ^f					MUY VARIABLE (Desde cero hasta la capacidad)	

O - La velocidad de operación y la relación v/c son medidas independientes del nivel de servicio; ambos límites deben satisfacerse en cualquier determinación del nivel.

D - Cuando el espacio esté en blanco, la velocidad de operación requerida para este nivel es inalcanzable y sólo a velocidades bajas.

c - Capacidad.

d - Aproximadamente.

e - No hay rebase.

f - La relación volumen de demanda-capacidad puede exceder el valor de 1.00 indicando que hay sobrecarga.

TABLA 4.A NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES BAJO CONDICIONES DE FLUJO CONTINUO

DISTANCIA DESDE LA ORILLA DEL CARRIL AL OBSTACULO (m)	FACTORES DE AJUSTE ^a W_L Y W_C POR ANCHO DE CARRIL Y DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES															
	OBSTACULO EN UN SOLO LADO ^b								OBSTACULO EN AMBOS LADOS ^b							
	CARRILES EN METROS															
	3.65		3.35		3.05		2.75		3.65		3.35		3.05		2.75	
	NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL	
	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c	B	E ^c
1.80	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76
1.20	0.96	0.97	0.83	0.85	0.74	0.79	0.68	0.74	0.92	0.94	0.79	0.83	0.71	0.76	0.65	0.71
0.60	0.91	0.93	0.78	0.81	0.70	0.75	0.64	0.70	0.81	0.85	0.70	0.75	0.63	0.69	0.57	0.65
0.00	0.85	0.88	0.73	0.77	0.66	0.71	0.60	0.66	0.70	0.76	0.60	0.67	0.54	0.62	0.49	0.58

a.- Factores de ajuste, W_C para el nivel "E" (Capacidad) y W_L para nivel "B"; interpolar para otros niveles.

b.- Incluye el efecto del tránsito en sentido contrario

c.- Capacidad

TABLA 4.B EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y DE LA DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y LOS VOLUMENES DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES BAJO CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA

PENDIENTE (%)	LONGITUD DE LA PENDIENTE (Km)	VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES (Para todos los Porcentajes de Camiones)											
		PESO POTENCIA = 90 kg/HP			PESO POTENCIA = 120 kg/HP			PESO POTENCIA = 180 kg/HP					
		NIVEL DE SERVICIO A+B	NIVEL DE SERVICIO C	NIVEL DE SERVICIO D+E	NIVEL DE SERVICIO A+B	NIVEL DE SERVICIO C	NIVEL DE SERVICIO D+E	NIVEL DE SERVICIO A+B	NIVEL DE SERVICIO C	NIVEL DE SERVICIO D+E			
0 - 1	TODOS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
1 - 2	TODOS	2	2	2	2	2	2	2					
2	0 400								6	4	2		
	0 800								6	5	2		
	1 200								8	7	2		
	1 600								8	8	4		
	2 400								9	9	6		
	3 200								10	10	7		
	4 000								11	11	8		
3	0 400	4	2	2	5	4	2	7	7	7	2		
	0 800	4	2	2	6	5	2	11	11	8	8		
	1 200	4	2	2	7	6	2	14	14	13	13		
	1 600	5	3	2	8	7	3	16	16	15	15		
	2 400	5	3	2	9	8	4	17	21	21	21		
	3 200	5	3	2	10	9	5	18	22	22	22		
	4 000	5	3	2	10	9	5	19	24	24	24		
4	0 400	6	4	2	7	6	2	11	11	8	8		
	0 800	7	6	2	10	10	7	16	22	22	22		
	1 200	7	7	2	12	12	10	22	28	29	29		
	1 600	7	7	2	13	13	12	24	31	34	34		
	2 400	8	8	3	14	14	14	25	34	37	37		
	3 200	8	8	4	15	15	15	26	35	39	39		
	4 000	8	8	5	16	16	16	27	36	40	40		
5	0 400	7	7	2	10	10	7	16	19	19	19		
	0 800	10	10	7	15	17	17	26	35	39	39		
	1 200	11	11	9	17	20	20	30	41	46	46		
	1 600	12	12	10	18	23	23	32	45	50	50		
	2 400	13	13	11	19	25	25	34	47	54	54		
	3 200	13	13	12	20	26	26	34	47	54	54		
	4 000	14	14	12	20	26	27	35	48	55	55		
6	0 400	10	10	7	15	17	16	24	31	34	34		
	0 800	14	14	13	21	27	29	34	47	54	54		
	1 200	15	16	15	23	30	32	39	54	64	64		
	1 600	16	17	17	24	32	34	41	58	67	67		
	2 400	17	18	18	25	34	36	44	60	72	72		
	3 200	17	19	19	26	35	37	45	61	75	75		
	4 000	18	20	21	26	35	38	46	62	74	74		
7	0 400	18	21	22	26	35	38	46	62	74	74		
	0 800	14	14	14	20	25	27	31	44	49	49		
	0 800	16	23	23	27	38	42	44	61	74	74		
	1 200	19	25	26	29	40	45	47	65	79	79		
	1 600	20	26	27	30	42	47	49	68	83	83		
	2 400	21	27	28	31	43	48	51	70	86	86		
	3 200	22	28	29	32	44	49	51	71	87	87		
8	0 400	22	28	30	32	45	50	52	72	88	88		
	0 800	22	28	30	32	45	50	52	72	88	88		
	0 400	10	22	22	25	34	37	41	58	67	67		
	0 800	22	29	31	33	45	51	52	72	88	88		
	1 200	24	32	34	35	49	55	57	77	97	97		
	1 600	25	33	35	36	50	57	59	80	100	100		
	2 400	25	34	36	37	51	58	61	84	104	104		
3 200	26	35	37	38	52	59	61	84	105	105			
4 000	26	35	38	38	52	60	62	85	106	106			
6 400	26	35	38	38	52	60	62	85	106	106			

TABLA 4.C. VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR CAMION, PARA SUBTRAMOS O PENDIENTES ESPECIFICAS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES

PENDIENTE ^a (%)	EQUIVALENCIA EN VEHICULOS LIGEROS, ^b E ₀		
	Niveles de servicio A y B	Nivel de servicio C	Niveles de servicio D y E (capacidad)
0-4	2	2	2
5 ^c	4	3	2
6 ^c	7	6	4
7 ^c	12	12	10

a.- Todas las longitudes

b.- Para todos los porcentajes de autobuses

c.- Solo cuando la longitud de las pendientes, sea mayor de 800 m

**TABLA 4.D. VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR AUTOBUS EN SUBTRAMOS
O PENDIENTES ESPECIFICAS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES**

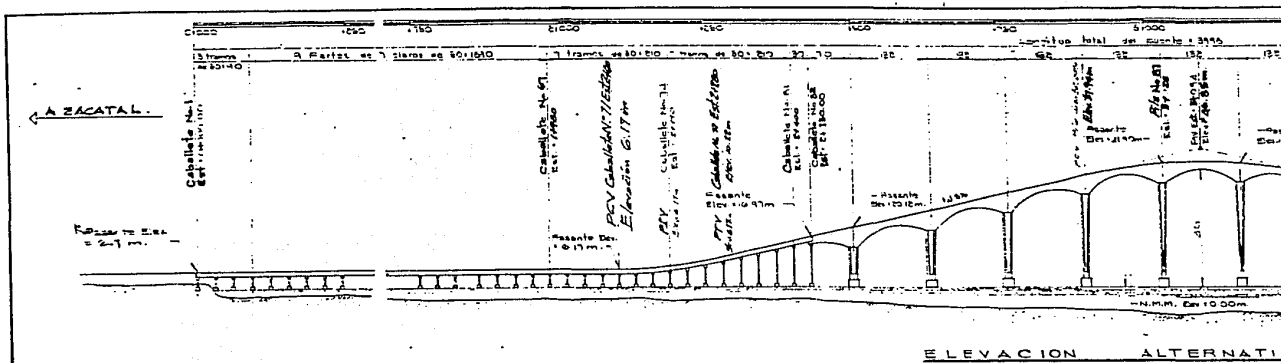
VEHICULOS LICENCIADOS EQUIVALENTES* E _T ó E _B	FACTOR DE AJUSTE POR CAMIONES T _C ó T _L (B _C ó B _L POR AUTOBUSES ²)																						
	PORCENTAJE DE CAMIONES, P _T ó DE AUTOBUSES, P _B de:																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	23	30	35	40	45	50	55	60
2	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.63
3	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.83	0.83	0.81	0.79	0.76	0.74	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.48	0.45
4	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	0.57	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.39	0.36
5	0.96	0.93	0.91	0.88	0.86	0.83	0.81	0.79	0.76	0.74	0.71	0.69	0.64	0.61	0.58	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29
6	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25
7	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22
8	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.54	0.50	0.47	0.44	0.42	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19
9	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
10	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58	0.56	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16
11	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36	0.33	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
12	0.90	0.82	0.75	0.69	0.65	0.60	0.57	0.53	0.50	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.31	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
13	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63	0.60	0.56	0.54	0.49	0.46	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
14	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	0.58	0.54	0.50	0.48	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11
15	0.88	0.76	0.70	0.64	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.11
16	0.87	0.74	0.69	0.63	0.57	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.23	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
17	0.86	0.76	0.68	0.62	0.56	0.52	0.47	0.44	0.41	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
18	0.85	0.75	0.65	0.60	0.54	0.49	0.46	0.42	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
19	0.85	0.74	0.63	0.58	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
20	0.84	0.72	0.64	0.57	0.51	0.47	0.42	0.40	0.37	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08
22	0.83	0.70	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
24	0.81	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19	0.16	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07
26	0.80	0.67	0.57	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
30	0.79	0.65	0.55	0.48	0.43	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
35	0.78	0.63	0.53	0.46	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
40	0.75	0.60	0.49	0.42	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05
45	0.72	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
50	0.69	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04
55	0.67	0.51	0.40	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
60	0.63	0.48	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
65	0.61	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
70	0.59	0.42	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
75	0.57	0.40	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
80	0.56	0.39	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
90	0.53	0.36	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
100	0.50	0.34	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

a. De las tablas 7-E ó 7-F y 7-G

b. Calculados con la fórmula $100(100 - P_T + E_T P_T)$ ó bien $100(100 - P_B + E_B P_B)$ Aplíquese esta fórmula para otros porcentajes

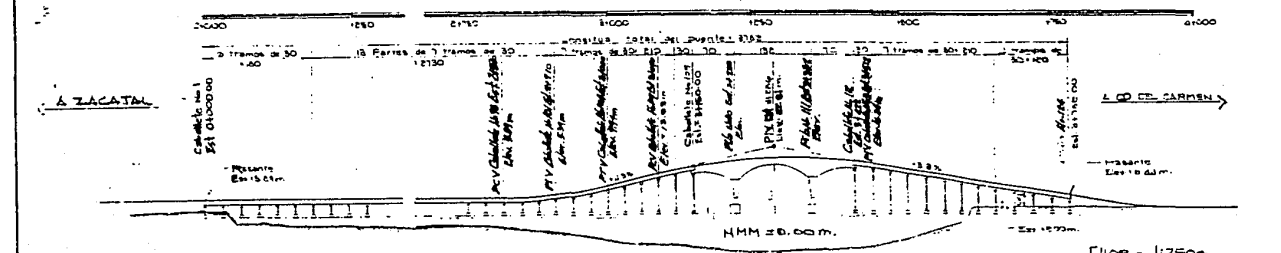
c. Cuando la proporción de autobuses sea importante, úsese una equivalencia para camiones y otra para autobuses obteniendo factores de ajuste independientes.

TABLA 4.E. FACTORES DE AJUSTE POR CAMIONES Y AUTOBUSES EN AUTOPISTAS, CARRETERAS DE CARRILES MÚLTIPLES Y CARRETERAS DE DOS CARRILES



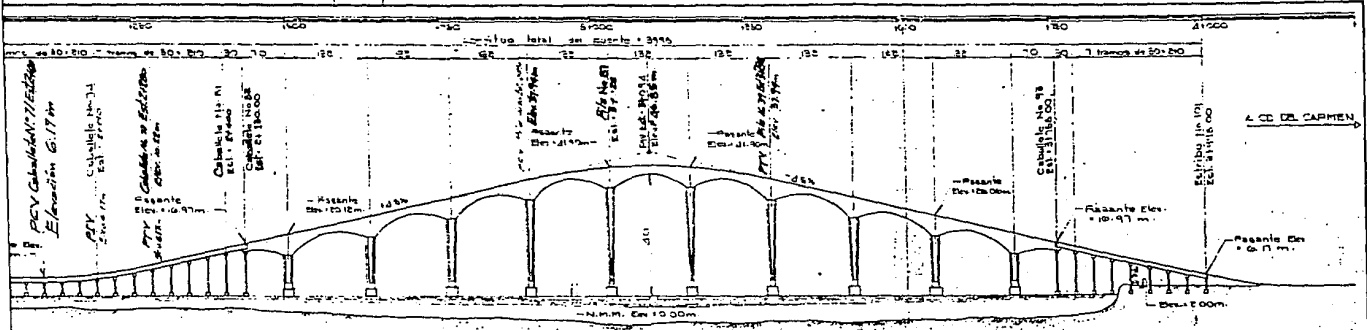
ELEVACION ALTERNATIVA

HOR = 1:2500
 VER = 1:500



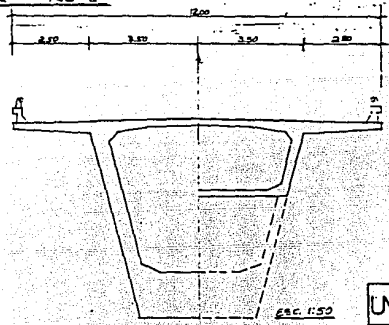
ELEVACION ALTERNATIVA No. 1

HOR = 1:2500
 VER = 1:500

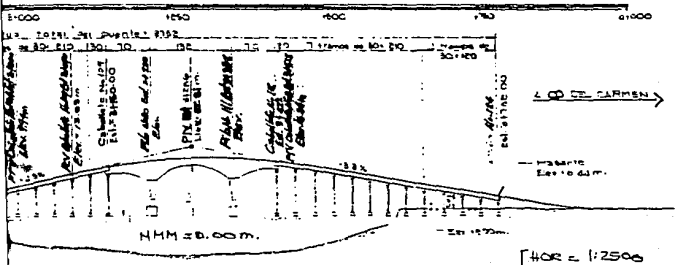


ELEVACION ALTERNATIVA No. 2

E.C. Hor. = 1:2500
Ver. = 1:500



SECCION TRANSVERSAL



ELEVACION ALTERNATIVA No. 1

E.C. Hor. = 1:2500
Ver. = 1:500

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
	UNIDAD ARAGON INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
SECCIONES LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL PUENTE PROPUUESTO	
Nombre	FECHA
Nombre del profesor	FECHA DE ENTREGA DE LA TESIS
PLANO 4.2	

CAPITULO V

EVALUACION DE ALTERNATIVAS

Presentadas las alternativas de ubicación del puente, se evaluarán desde dos puntos de vista : el técnico y el económico, con el fin de generar los elementos de juicio necesarios para toma de una decisión.

Dentro de la evaluación técnica, se analizan cualitativamente cada una de las alternativas, señalando ventajas y desventajas de su implementación.

En la evaluación económica se determina para cada caso el costo global del transporte, insumo de vital importancia en la obtención de los principales indicadores económicos, mismos que serán calculados en el capítulo siguiente.

V.1. Definiciones y Premisas para la Evaluación de Alternativas

Antes de entrar en materia de evaluación, es necesario definir los principales conceptos que en ella intervienen, así como señalar los supuestos de que se parte para su realización.

V.1.1 Definiciones

Costo.- Valor que representa el monto total de gastos y consumos real o convencionalmente invertidos, para comprar una cosa, producir una manufactura o prestar un servicio.

Precio.- Cantidad de dinero que hay que pagar por algo, se compone del costo de producción del artículo más una utilidad por su comercialización.

Costo de Construcción.- Valor que representa el monto total de gastos y consumos real o convencionalmente invertidos en la manufactura de una obra, en este rubro se incluyen los costos que genere el proyecto de la misma.

Costo de Mantenimiento.- Valor que representa el monto total de gastos y consumos real o convencionalmente invertidos en las tareas encaminadas a conservar y/o reconstruir una obra, con el fin de que ésta presente las mejores y más seguras condiciones de operación y estética.

Costo de operación.- Costo integrado por los montos derivados de la adquisición y uso de vehículo, estando en función directa del tiempo y longitud de recorrido.

Dado que el cálculo de estos costos implica el realizar un estudio demasiado amplio, se le del alcance del presente, limitándose a presentarlos como insumos indispensables en la realización de los análisis económicos. Los Precios Unitarios de Operación dependen de tres parámetros principalmente :

1. Tipo de vehículo
2. Tipo de terreno
3. Nivel de servicio de la vía o punto analizado.

En los análisis económicos de las alternativas involucradas en el presente estudio, se utilizarán los costos de operación determinados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en base al libro de Ronald Winfrey. "Economic Analysis for Highways".

Costo de demoras.- Montos ocasionados por la pérdida de tiempo, cuando el vehículo no puede continuar su --

marcha motivado por algún elemento sobre el cual el conductor no tiene control.

Costo Global del Transporte.- Integración de los costos generados por la construcción, mantenimiento y operación de una obra vial, así como de los factores que de alguna manera influyan en los conceptos que lo forman.

Tasa de Descuento.- Tasa de interés que permite expresar una cantidad en una base común, tomando en cuenta la disposición de la sociedad para sacrificarse actualmente para la obtención de un beneficio futuro. El valor recomendado por el Banco Interamericano de Desarrollo varía entre el 12 % y el 18 %, recomendando el 15 % como deseable.

V.1.2 Premisas

En el desarrollo de la evaluación económica de cada una de las alternativas de ubicación del puente, será necesario partir de suposiciones que prevén situaciones no definidas en el proyecto, como son las que a continuación se señalan :

1. El período de construcción de la obra se estima de dos años, y comprende del 1o. de enero de 1990 al 31 de diciembre de 1991.

2. Las erogaciones por concepto de construcción y mantenimiento,-- se consideran como cantidades de fin de año. En el caso de los gastos por concepto de construcción, se distribuirán de la siguiente manera :

50 % el 31 de diciembre de 1990

50 % el 31 de diciembre de 1991

En lo referente a los costos de mantenimiento, se aplicarán el último día de cada año de la vida de proyecto.

3. La obra entrará en operación el 1o. de enero de 1992, año al cual se trasladarán todos los costos generados durante los períodos de construcción y operación de la obra, presentándose en términos de valores equivalentes al año de 1992.

4. Dentro de los costos de mantenimiento de la obra se consideran dos tipos de tareas :

1. Las tareas de conservación, mismas que se llevarán a cabo cada año y se consideran como el 10% del costo de construcción.

2. Las tareas de reconstrucción, éstas se realizarán en períodos de cinco años, se considera como el 30 % del costo de construcción.

En ambos casos los costos generados por estas tareas se aplicarán el último día del año en el que se realicen.

5. Dentro de la evaluación no se considera el efecto de la inflación para los costos y beneficios por tratarse de cantidades constantes.

6. El valor de la tasa de descuento involucrada dentro de la evaluación es del 15 %.

7. El horizonte de proyecto de la obra, se fija en 10 años, debido a la importante influencia urbana de Ciudad del Carmen.

V.2 Alternativa Cero

En el capítulo anterior se presentó a esta alternativa como punto de comparación para las demás, centra su acción en seguir operando el cruce de Zacatal a Ciudad del Carmen como hasta el momento, sin modificación alguna.

V.2.1 Evaluación Técnica

Como es de suponerse y debido a que la implementación de esta alternativa no requiere la realización de construcción alguna, se le considera la de menor inversión inicial, aunado a esto, y ya que su operación involucra el pago de una cuota por concepto del transporte en panga, se puede decir que su mantenimiento y operación son autofinanciables; en contrapartida se destaca que presenta la gran desventaja de suspender el servicio de transporte entre las 0:00 h y las 4:00 h, además de los periodos en los que debido a las condiciones atmosféricas adversas la navegación marítima se interrumpe, provocando la consecuente incomunicación del extremo poniente de la isla con el continente, situación que reprime en gran medida el deseo de los usuarios para el uso de esta ruta y detiene el desarrollo de la población de Ciudad del Carmen.

V.2.2 Evaluación Económica

V.2.2.1 Costo de Construcción y Mantenimiento

De acuerdo con lo expresado en el inciso anterior, en esta alternativa no se consideran los costos de construcción, ya que no existe necesidad de realizar obra alguna que altere la infraestructura actual.

En lo que se refiere a los costos de mantenimiento, se considera que estos se sufragan por medio de las cuotas que por concepto de viajes en transbordador se recaban anualmente, mismos que a continuación se calculan :

Datos :

TDPA (1988) (Zona de transbordador) = 634 veh/día

Clasificación vehicular : A = 68 %

B = 9 %

C = 23 %

Tasa de crecimiento anual del tránsito $i = 4 \%$

Tarifas del Transbordador (1988) :

Automóvil y Pick Up \$3,000.00

Autobús \$4,500.00

Camiones* \$10,150.00

Tasa de Descuento : $d = 15 \%$

* Promedio de las tarifas para camiones de carga de dos, tres, cinco o más ejes.

Horizonte de proyecto = 10 años; este período se tomará en consideración a partir del año de 1992, en el cual se supone la puesta en operación de la obra.

Fórmula :

$$CM_j = 365.25 \times TDPA \times (1+i)^j \times (A \% \times CA + B \% \times CB + C \% \times CC) \times (1+d)^{-j}$$

En donde :

CM_j = Costo anual de mantenimiento (\$/año) (valor presente del año-1992).

365.25 = Número de días al año

TDPA = Tránsito Diario Promedio Anual (veh/día)

Clasificación vehicular : A % = Porcentaje de Automóviles

B % = Porcentaje de Autobuses

C % = Porcentaje de Camiones

Tarifas : CA = Tarifa para Automóviles (\$/viaje)

CB = Tarifa para Autobuses (\$/viaje)

CC = Tarifa para Camiones (\$/viaje)

i = Tasa de crecimiento anual del tránsito

d = Tasa de descuento

$(1+ik)$ = Factor de actualización del tránsito

$(1 + d)^{-j}$ = Factor de valor presente

Para facilitar los cálculos se presentan en la tabla 5.A

V.2.2.2 Costo de Operación

Los costos de operación de esta alternativa, se evaluarán considerando los generados por dos corrientes vehiculares :

- a) La que circula por la ruta MEX-180 y cruza de Zacatal a Ciudad del Carmen, o viceversa.
- b) La que realiza recorridos en exceso por la ruta MEX-186-261 y que de presentarse mejores condiciones en el cruce, utilizaría la ruta MEX-180.

Para el cálculo del costo de operación de esta alternativa se -- utilizará la siguiente expresión :

$$C.OP = 365.25 \times Long \times TDPA \times (1+ik) \times (A \% \times A \$ + B \% \times B \$ + C \% \times C \$) \times (1 + d)^{-j}$$

COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO

ALTERNATIVA CERO

AÑO	PERIODO	DIAS/AÑO	TDPA VEH/DIA	(A x CA + B x CB + C x CC) PESOS	FACTOR VALOR PRESENTE	COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO MILLONES DE PESOS
1990	-2	365.25	685	4730.	1.3225	1582
1991	-1	365.25	712	4780	1.1500	1429
1992	0	365.25	738	4730	1.0000	1288
1993	1	365.25	764	4780	0.8696	1160
1994	2	365.25	791	4730	0.7561	1044
1995	3	365.25	817	4730	0.6575	938
1996	4	365.25	844	4780	0.5718	842
1997	5	365.25	870	4730	0.4972	755
1998	6	365.25	896	4730	0.4323	676
1999	7	365.25	923	4730	0.3759	605
2000	8	365.25	949	4730	0.3269	541
2001.	9.	365.25.	975.	4730.	0.2843	484
TOTAL :						11 346.

TABLA 5.A.

Donde :

365.25 = Promedio de número de días por año

Long = Longitud del tramo en km

TDPA = Tránsito Diario Promedio Anual en veh/día

$(1+k)$ = Factor de actualización del tránsito

A % = Porcentaje de automóviles en la corriente del tránsito

B % = Porcentaje de autobuses en la corriente del tránsito

C % = Porcentaje de camiones en la corriente del tránsito

A \$ = Costo unitario de operación para automóviles

B \$ = Costo unitario de operación para autobuses

C \$ = Costo unitario de operación para camiones

$(1+d)^{-j}$ = Factor de valor presente

i = Tasa de incremento anual del tránsito

d = Tasa de descuento

Dado que los costos unitarios de operación se encuentran en función del nivel operacional que ofrezca la vía en análisis, se determinarán los niveles de servicio previstos para el horizonte de proyecto en las carreteras involucradas en el presente análisis. En -

el inciso III.1.2 del capítulo III se calcularon los volúmenes y niveles de servicio para las carreteras involucradas, mismos que servirán para determinar los niveles de servicio año con año a lo largo del horizonte de proyecto.

En la tabla 5.B se muestran los costos de operación para la alternativa cero.

V.2.2.3 Costo de Demoras

Para evaluar los costos de las demoras, ocasionadas tanto por el uso de transbordador (ruta MEX-180), como por los recorridos en exceso (ruta MEX-186-261), se calcularán en base a las horas hombre perdidas en cada una de las rutas.

Partiendo de los datos obtenidos del estudio de Origen y Destino de la estación Villa Madero, se tiene :

Promedio de pasajeros por vehículo :	Automóvil	2.8
	Autobuses	25.0
	Camión	2.0

Ponderando este dato en base a cada una de las clasificaciones vehiculares, se obtiene el índice de ocupación vehicular promedio -

COSTOS DE OPERACION

CARRETERA PUENTE ZACATAL TASA DE DESCUENTO 15 %
 ALTERNATIVA CERO TASA DE TRANSITO 4 % y 3 %

LONGITUD <u> 504.90 km. </u> TERRENO <u> PLANO </u> T. D. P. A. <u> (1989) 659 VPD. </u>	COMPOSICION DEL TRANSITO <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>68</td><td>9</td><td>23</td></tr> </table>	A	B	C	68	9	23
A	B	C					
68	9	23					
LONGITUD <u> 378.400 km. </u> TERRENO <u> PLANO </u> T. D. P. A. <u> (1989) 496 VPD. </u>	COMPOSICION DEL TRANSITO <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr> <tr><td>53</td><td>6</td><td>41</td></tr> </table>	A	B	C	53	6	41
A	B	C					
53	6	41					

32

AÑO (N)	T.D.R.A.	N. S.	COSTO UNITARIO DE OPERACION			COSTO DE OPERACION \$ x 10 ⁶	AÑO (N)	T.D.R.A.	N. S.	COSTO UNITARIO DE OPERACION			COSTO DE OPERACION \$ x 10 ⁶	COSTO OPERACION \$ x 10 ⁶
			A	B	C					A	B	C		
1981	685	A	592	1725	4886	131 175	1981	620	B	568	1549	4842	128 871	291 929
1981	712	A	592	1725	4886	131 241	1981	626	B	568	1549	4842	128 879	292 120
1982	738	A	592	1725	4886	133 232	1982	661	E	568	1549	4842	127 779	316 021
1983	764	A	592	1725	4886	134 513	1983	676	E	568	1549	4842	128 828	288 258
1984	791	A	592	1725	4886	112 005	1984	670	E	568	1549	4842	128 826	288 281
1985	817	A	592	1725	4886	100 642	1985	685	E	568	1549	4842	128 824	287 137
1986	844	A	592	1725	4886	90 225	1986	620	B	568	1549	4842	112 836	202 174
1987	870	A	592	1725	4886	81 010	1987	615	B	568	1549	4842	100 851	181 861
1988	896	A	592	1725	4886	72 578	1988	620	B	568	1549	4842	87 851	152 129
1989	923	A	592	1725	4886	64 913	1989	643	F	568	1549	4842	78 710	144 577
2000	949	A	592	1725	4886	55 108	2000	660	F	568	1549	4842	70 913	129 020
2001	975	A	592	1725	4886	51 922	2001	675	F	568	1549	4842	62 054	114 936
Σ.						1217 435	Σ.						1 542 899	2 760 035

por ruta :

RUTA MEX-180 : clasificación vehicular : A = 68 %
B = 9 %
C = 23 %

$$I_{\text{MEX-180}} = 2.8 \times 0.68 + 25 \times 0.09 + 2.0 \times 0.23 = 4.6 \text{ pasajeros/veh}$$

RUTA MEX-186-261 : Clasificación vehicular : A = 53 %
B = 6 %
C = 41 %

$$I_{\text{MEX-186-261}} = 2.8 \times 0.53 + 25 \times 0.06 + 2.0 \times 0.41 = 3.8 \text{ pasajero/veh}$$

Del mismo estudio de Origen y Destino, se tiene que el 52 % de los viajes realizados son por motivos de trabajo, lo que arroja :

$$I_{\text{MEX-180 (trabajo)}} = 4.6 \text{ pasajeros/veh} \times 0.52 = 2.4 \text{ pasajeros/veh}$$

$$I_{\text{MEX-186-261 (trabajo)}} = 3.8 \text{ pasajeros/veh} \times 0.52 = 1.98 \text{ pasajeros/veh}$$

Del análisis de líneas de espera para la ruta MEX-180 realizado en el inciso II.2.1.3, se obtiene que el tiempo promedio de espera en la línea por vehículo asciende a :

$$W_1 = 18.50 \text{ min/veh} \quad (\text{sentido más cargado})$$

$$W_2 = 10.50 \text{ min/veh} \quad (\text{sentido menos cargado})$$

Promediando se tiene :

$$\hat{W} = \frac{18.50 \text{ min/veh} + 10.50 \text{ min/veh}}{2} = 14.50 \text{ min/veh}$$

Sumando el tiempo de servicio, $S = 60 \text{ min/veh}$, se obtiene el tiempo promedio de demora para la ruta MEX-180

$$T_{\text{MEX-180}} = 14.50 \text{ min/veh} + 60 \text{ min/veh} = 74.50 \text{ min/veh} = 0.052 \text{ día/veh}$$

Ahora, para la ruta MEX-186-261 en el inciso se obtuvo que el tiempo promedio requerido para recorrer los 69.5 km en exceso por esta ruta, representan 60 min de viaje, por lo tanto :

$$T_{\text{MEX 186-261}} = 60 \text{ min/veh} = 0.042 \text{ día/veh}$$

Para obtener el costo promedio diario de demora por vehículo por ruta, se involucra el salario mínimo de la región, el índice de ocupación vehicular promedio y el tiempo promedio de demora por ruta.

$$C.D_{\text{MEX-180}} = 7640 \times 0.052 \times 2.4 = \$953.47/\text{veh}$$

$$C.D_{\text{MEX-186-261}} = 7640 \times 0.042 \times 1.98 = \$635.34/\text{veh}$$

Asimismo, para obtener el costo anual por demoras se tiene que :

$$C.A.D = 365.25 \times \text{TDPA} \times C.D \times \text{FVP}$$

Para el año de 1990, se tiene que :

$$C.A.D = 365.25 \times (685 \text{ veh/día} \times \$953.47/\text{veh} + 511 \text{ veh/día} \times \$635.34/\text{veh})$$

$$C.A.D = \$357,136,223.30$$

Haciendo este valor en costo equivalente en el año de 1992, mediante una tasa de descuento del 15 % :

$$C.A.D = \$357,136,223.30 \times 1.3225 = \$472,312,655.30$$

En la tabla 5.C se muestran los cálculos para obtener el costo-anual equivalente por concepto de demoras.

COSTO ANUAL DE DEMORAS
ALTERNATIVA CERO

AÑO	PERIODO	RUTA MEX - 180		RUTA MEX - 186-261		FACTOR DE VALOR PRESENTE	COSTO ANUAL DE DEMORAS MILLONES DE PESOS
		TDPA VEH/DIA	COSTO DEMORA VEHICULO \$/ VEH.	TDPA VEH/DIA	COSTO DEMORA VEHICULO \$/ VEH.		
1990	-2	625	953.	511	635.	1.3225	472
1991	-1	712	953.	526	635	1.1500	425
1992	0	738	953.	541	635	1.0000	382
1993	1	764	953.	556	635	0.8696	343
1994	2	791	953.	570	635.	0.7561	308
1995	3	817	953.	585	635.	0.6575	276
1996	4	844	953.	600	635.	0.5718	247
1997	5	870	953	615	635.	0.4972	221
1998	6	896	953.	620	635	0.4323	198
1999	7	923	953	645	635	0.3759	177
2000	8	949	953.	660	635	0.3269	158
2001	9	975	953	675	635	0.2843	141
TOTAL:							3 250

TABLA 5.C.

V.2.2.4 Costo Global del Transporte

El costo global del transporte integra todos los costos generados por la construcción, mantenimiento, operación y demoras de una obra durante su horizonte de proyecto, en la tabla 5.D se muestra el costo global de transporte.

V.3 Alternativa Uno

Esta alternativa propone la ubicación del puente justo en el extremo suroeste de la Isla del Carmen, generando la construcción de una estructura de 3782 m de longitud con altura libre vertical máxima de 16.00 m sobre el nivel medio del mar al centro del canal de navegación; además supone la construcción de 1200 m de carretera de dos carriles, que constituirá el acceso poniente al puente, así como el acondicionamiento de 6750 m de vialidad a lo largo de la Av. Fortalecimiento Municipal en Cd. del Carmen, para unirlo con la carretera Cd. del Carmen-Campeche, ver plano 4.1.

V.3.1 Evaluación Técnica

Realizando un análisis cualitativo de las características generales que debido a su ubicación presenta esta alternativa, se descri-

COSTO GLOBAL DEL TRANSPORTE
ALTERNATIVA CERO

COSTOS EN MILLONES DE PESOS

AÑO	PERIODO	CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO	OPERACION	DEMORAS	GLOBAL DEL TRANSPORTE
1990	-2	1 582	291 949	472	294 804
1991	-1	1 429	332 120	426	233 984
1992	0	1 235	316 031	382	317 702
1993	1	1 160	283 358	343	284 862
1994	2	1 024	253 831	305	233 134
1995	3	938	227 187	276	225 201
1996	4	842	203 174	247	204 204
1997	5	755	181 361	221	132 337
1998	6	676	162 129	198	163 204
1999	7	605	144 677	177	125 260
2000	8	541	129 020	153	129 720
2001	9	424	112 086	141	113 611
TOTAL:		11 346	2' 760 033	3 350	2 774 731

TABLA 5.D.

ben las principales ventajas de su construcción :

1. Menor longitud de puente, con menor altura libre vertical.
2. Mayor y mejor aprovechamiento de la vialidad existente en ambos extremos del puente, sin requerir de afectaciones importantes.
3. Se aloja en una zona en la que el valor de la tierra no es muy alto, por ser terrenos bajos.
4. Las distancias de recorrido para conectar el puente con la carretera Ciudad del Carmen-Campeche, son más cortas.
5. Debido a las ventajas anteriores, el costo global del transporte se abatirá en gran medida.
6. En lo referente a las opciones en lo futuro, para mejorar la vialidad de acceso al puente, en el sureste de Ciudad del Carmen podrá construirse un acceso con menor longitud de recorrido y alineamientos idóneos para una operación segura.
7. Por ubicarse a la entrada de la Laguna de Términos, que en la mayor parte de su extensión, tiene profundidades que no rebasan los tres metros, y no permite la navegación de embarcaciones de gran calado, sólo requiere de una altura libre vertical máxima de 16.00 m.

8. Debido a su ubicación, tanto el puerto de abrigo como los muelles del litoral poniente de la isla, no verán afectadas sus operaciones, mismas que podrán realizarse sin peligro de colisiones con alguno de los elementos de la subestructura del puente.

9. Permite la preservación de los terrenos más aptos para el crecimiento urbano de la isla, así como de aquellos susceptibles de desarrollarse turísticamente.

V.3.2 Evaluación Económica

V.3.2.1 Costo de Construcción y Mantenimiento

Costo de Construcción concepto	Costo Unitario millones de pesos	Cantidad	Importe millones de pesos
1. Camino con corona de 12.00 m (accesos al puente)	600/km	1.20 km	720.00
2. Acondicionamiento de la Av. Fortalecimiento Municipal (30% de la construcción de camino con corona de 12.00m)	180/km	6.75 km	1 215.00
3. Puente con longitud de 3782 m y altura libre vertical de 16.00 m	115000/puente	1 puente	115,000

Tabla 5.E.

Costo de Mantenimiento

C O N C E P T O	COSTO UNITARIO MILLONES DE PE SOS	CANTIDAD	IMPORTE MILLONES DE PESOS
1. Tareas anuales de conservación de camino con corona de 12.00 m (incluye puente)	60/km	11.732 km	703.920
2. Reconstrucción de camino con corona de 12.00 m -- (incluye puente). (Este concepto se aplica cada cinco años)	180/km	11.732 km	2'111,76

Tabla 5.F.

Como puede observarse en la Tabla 5.G durante el período de construcción existen costos de mantenimiento, éstos son generados por el uso del transbordador, dado que al no estar en operación el puente, el tránsito que circula por la ruta MEX-180 hace uso de este servicio, generándose costos de mantenimiento, mismos que se han tomado de la alternativa cero.

V.3.2.2 Costo de Operación

Partiendo de la premisa que marca el tiempo de construcción de la obra en dos años (1990 y 1991), la evaluación de costos de opera

COSTO ANUAL DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO
ALTERNATIVA UNO

AÑO	PERIODO	MILLONES DE PESOS		FACTOR DE VALOR PRESENTE	MILLONES DE PESOS
		CONSTRUCCION	MANTENIMIENTO		CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO
1990	-2	58 468	1100	0.81008	75 407
1991	-1	58 468	242	0.8300	48 267
1992	0		704	1.00000	704
1993	1		704	0.8696	612
1994	2		704	0.7561	530
1995	3		704	0.6575	463
1996	4		2112	0.5719	1207
1997	5		704	0.4972	350
1998	6		704	0.4323	304
1999	7		704	0.3759	265
2000	8		704	0.3269	230
2001	9		2.112	0.2843	600
TOTAL :					152 540

TABLA 5.6.

ción de la obra considera que durante este período, los costos de la ruta MEX-180, se comportarán de la misma manera que la calculada para la alternativa cero, cambiando a partir de 1992, año en el cual se fija la entrada en operación de la obra.

De igual forma, el comportamiento del tránsito vehicular se considera durante los años de su construcción el mismo que en la alternativa cero, aumentando a partir de la puesta en operación de la obra, estimándose para este momento el volumen vehicular asignado al proyecto debidamente actualizado al año de 1992.

Para el cálculo de los costos de operación se empleará la misma metodología que en la alternativa cero; en la Tabla 5.H se presentan los costos calculados para la alternativa uno.

V.3.2.3 Costo de Demoras

El principal objetivo de la construcción del puente es reducir al máximo las demoras en la ruta MEX-180 y muy especialmente en el punto de cruce de Zacatal a Cd. del Carmen, se supone que una vez construido no habrá ninguna demora en este punto; sólo presentándose éstas durante el período de construcción, y generando los mismos costos que para la alternativa cero.

COSTOS DE OPERACION

CARRETERA PUENTE ZACATAL

TASA DE DESCUENTO 15 %

ALTERNATIVA UNO

TASA DE TRANSITO 4 %

LONGITUD _____

COMPOSICION
DEL TRANSITO

A	B	C

TERRENO _____

LONGITUD 308.752 km.

COMPOSICION
DEL TRANSITO

A	B	C
68	9	23

T. D. P. A. _____

TERRENO Plano

T. D. P. A. (1989) 1175 veh/día

AÑO (N)	T.D.R.A.	N.S.	COSTO UNITARIO DE OPERACION			COSTO DE OPERACION	AÑO (N)	T.D.R.A.	N.S.	COSTO UNITARIO DE OPERACION			COSTO DE OPERACION \$ x 10 ⁶	COSTO OPERACION \$ x 10 ⁶
			A	B	C					A	B	C		
							1990					291 749	291 749	
							1991					332 130	332 130	
							1992	1216	A	591	1726	4887	249 507	249 507
							1993	1262	A	591	1726	4887	224 711	224 711
							1994	1410	A	591	1726	4887	202 139	202 139
							1995	1457	A	591	1726	4887	181 632	181 632
							1996	1504	A	591	1726	4887	163 036	163 036
							1997	1551	A	591	1726	4887	146 201	146 201
							1998	1598	A	591	1726	4887	120 584	120 584
							1999	1645	A	591	1726	4887	117 249	117 249
							2000	1692	A	591	1726	4887	104 868	104 868
							2001	1739	A	591	1726	4887	93 723	93 723
							2002							
							2003							
							2004							
							2005							
							2006							
							2007							
							2008							
							2009							
							2010							
							2011							
							2012							
							2013							
							2014							
							2015							
							2016							
							2017							
							2018							
							2019							
							2020							
							2021							
							2022							
							2023							
							2024							
							2025							
							2026							
							2027							
							2028							
							2029							
							2030							
							2031							
							2032							
							2033							
							2034							
							2035							
							2036							
							2037							
							2038							
							2039							
							2040							
							2041							
							2042							
							2043							
							2044							
							2045							
							2046							
							2047							
							2048							
							2049							
							2050							

TABLA 5.H.

104

De esta forma, se tiene que los costos por concepto de demoras -
serán presentados en términos de valores equivalentes al año de - -
1992 :

Para el año de 1990

$$\text{CAD (1992)} = 365.25 \times ((685 \times 953.47) + (511 \times 635.34)) \times 1.3225 = \\ \$472.313 \times 10^6$$

Para el año de 1991

$$\text{CAD (1992)} = 365.25 \times ((712 \times 953.47) + (526 \times 635.34)) \times 1.1500 = \\ \$425,523 \times 10^6.$$

$$\text{CAD (1992)} = \$472.313 \times 10^6 + \$425,523 \times 10^6 = \$897,835 \times 10^6.$$

V.3.2.4 Costo Global de Transporte

Al igual que en la alternativa cero, el costo global de transpor-
te se obtiene mediante la suma de todos los costos generados por --
concepto de : construcción, mantenimiento, operación y demoras de-
la obra durante su horizonte de proyecto, en la Tabla 5.i se presen-
ta el calculado para la alternativa uno.

COSTO GLOBAL DEL TRANSPORTE
ALTERNATIVA UNO

COSTOS EN MILLONES DE PESOS

AÑO	PERIODO	CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO	OPERACION	DEMORAS	GLOBAL DEL TRANSPORTE
1990.	-2	73 905.	531 248.	472	471 326
1991	-1	68 267	352 130	426	421 223
1992	0	704	248 307	0	250 211
1993	1	612	224 711	0	225 324
1994	2	532	202 128	0	202 672
1995	3	463	181 632	0	182 095
1996	4	1 207	163 536	0	164 243
1997	5	330	146 201	0	146 351
1998	6	304	130 534	0	131 283
1999	7	265	117 243	0	117 313
2000	8	230	104 863	0	103 099
2001	9.	200.	93 723	0	94 323
TOTAL :		152 340.	2 253 130.	398.	2'311 368.

TABLA 5.1.

V.4 Alternativa Dos

Esta alternativa propone la ubicación del puente en el extremo noroeste de la Isla del Carmen, en las inmediaciones del Puerto de Abrigo, la longitud de la estructura requerida asciende a 3998 m y de 40.00 m de espacio libre vertical máximo en el centro del canal de navegación; asimismo se considera la construcción de 1690 m de carretera de dos carriles que constituyen los accesos al puente y de 8200 m de vialidad de unión con la carretera Cd. del Carmen-Campeche, ver Plano 4.1.

V.4.1 Evaluación Técnica

Efectuando un examen cualitativo de las características generales que debido a su ubicación presenta esta alternativa, se puntualizan las principales conveniencias e inconvenientes de su implementación :

1. Al ubicarse en las inmediaciones del Puerto de Abrigo, donde navegan las embarcaciones de gran calado que hacen uso de estas instalaciones, así como de los muelles existentes en la costa poniente de la isla, requiere de mayor espacio libre vertical, lo que repercute elevando el costo de la obra.

2. Debido a la trayectoria del eje de trazo del puente, se genera una mayor longitud de cruce provocando una estructura más larga, aumentando el costo de la misma.

3. Toda embarcación que provenga o se dirija del puerto y muelles de la isla, se verá obligada con esta alternativa a cruzar bajo el puente, lo que significa un alto riesgo de colisión de las naves con los apoyos de la estructura, situación que se acrecienta por el gran esvía que existe entre el canal de navegación y el eje de trazo de la estructura. Plano 4.1.

4. Conforme a su ubicación dentro de la isla, Cd. del Carmen sólo puede crecer hacia los extremos este y noreste de la actual mancha urbana; con la construcción de esta alternativa se propician estos desarrollos, lo que significa por un lado una gran ventaja para el desarrollo urbano de la región, pero por otro y en contrapartida a esto, el tránsito de largo itinerario se verá afectado por la influencia del tránsito local.

5. La vialidad de acceso oriente, se localiza muy cerca a la playa norte, que es el balneario natural de Ciudad del Carmen, y el que mayor potencial de desarrollo turístico presenta, lo que generará problemas de afectaciones y contaminación ambiental

provocando la inconformidad de los habitantes de la isla.

6. Por la cercanía al puerto de abrigo, obligará a la construcción de vialidades adicionales para que la comunicación con éste se haga a desnivel, aprovechando que por necesidades de altura, la estructura irrumpe tierra adentro, con el inevitable incremento en los costos de construcción pero con la ventaja de una operación segura.

V.4.2. Evaluación Económica

V.4.2.1. Costo de Construcción y Mantenimiento

Costo de Construcción concepto	Costo Unitario millones de pesos	Cantidad	Importe millones de pesos
1. Camino con corona de 12.00 m. (accesos al puente)	600/Km	1.69 Km	1 014.00
2. Camino con corona de 12.00 m. (vialidad de conexión con carretera Cd. del Carmen-Campeche).	600/Km	8.20 Km	4 920.00
3. Puente con longitud de 3998 m y altura libre vertical de 40 m.	160 000/puente	1 puente	160 000.00

TABLA 5.J.

Costo de Mantenimiento

Concepto	Precio Unitario Millones de Pesos	Cantidad	Importe Millones de Pesos
1. Conservación con corona de 12.00 m.	60/Km	13.888 Km	833.280
2. Reconstrucción de -- camino con corona de 12.00 m. (este concepto se aplica cada 5 años).	180/Km	13.888 Km	2 499.840

Tabla 5.K.

De igual forma que en las alternativas anteriores, se evalúan los costos de construcción y mantenimiento a lo largo de la vida de proyecto; en la tabla 5.L. se presentan estos costos en valores equivalentes al año de 1992.

Puede observarse, que en la etapa constructiva de esta alternativa se consideran costos de conservación y mantenimiento, mismos que son generados por el uso del transbordador. (alternativa cero).

V.4.2.2. Costo de Operación

De la misma manera que en el análisis de los costos de operación

COSTO ANUAL DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO
ALTERNATIVA DOS

AÑO	PERIODO	MILLONES DE PESOS		FACTOR DE VALOR PRESENTE	MILLONES DE PESOS
		CONSTRUCCION	MANTENIMIENTO		CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO
1990.	-2	82 847	1196	1.3225	111 206.
1991	-1	82 847	1243.	1.1500	96 841
1992	0		833	1.0000	833
1993	1		833	0.8696	724
1994	2		833	0.7561	630
1995	3		833	0.6575	547
1996	4		2500.	0.5718	1429
1997	5		833	0.4912	414
1998	6		833	0.4223	360
1999	7		833	0.3759	313
2000	8		833	0.3369	272
2001	9.		2500	0.2843	711
TOTAL :					214 383

TABLA 5.L.

para la alternativa uno, se calcularán los inherentes a la alternativa dos, los cuales sólo difieren de los anteriores en la longitud del puente, la que por ser mayor aumenta sensiblemente su monto, repercutiendo finalmente en el costo global del transporte.

En la tabla 5.M. se presentan los costos de operación en términos de valores equivalentes al año de 1992.

V.4.2.3. Costo de Demoras

Siendo uno de los principales objetivos de la construcción del puente, el eliminar las demoras en el cruce de Zacatal a Cd. del Carmen, se considera que una vez concluida la construcción de la obra, se reduzcan al mínimo los costos que por esta razón se generan, sólo siendo necesario que se involucren en el presente análisis, aquellos costos generados durante el periodo de construcción del puente, mismos que serán tomados del análisis efectuado para la alternativa cero y que a continuación se describen; en términos de valores equivalentes al año de 1992.

Costo de Demoras (1990) = \$ 472'313,000.00

Costo de Demoras (1991) = \$ 425'523,000.00

T o t a l : \$ 897'835,000.00

COSTOS DE OPERACION

CARRETERA PUENTE ZACATAL TASA DE DESCUENTO 15 %
 ALTERNATIVA DOS TASA DE TRANSITO 4 %

				COMPOSICION DEL TRANSITO							COMPOSICION DEL TRANSITO		
LONGITUD _____				A	B	C	LONGITUD <u>308.968 Km.</u>				A	B	C
TERRENO _____							TERRENO <u>Plano</u>						
T. D. P. A. _____							T. D. P. A. <u>(1989) 1175 veh/día</u>				68	9	23

AÑO (N)	T.D.P.A.	N.S.	COSTO UNITARIO DE OPERACION			COSTO DE OPERACION	AÑO (N)	T.D.P.A.	N.S.	COSTO UNITARIO DE OPERACION			COSTO DE OPERACION \$ x 10 ⁶	COSTO OPERACION \$ x 10 ⁶
			A	B	C					A	B	C		
							1980					591 949	591 940.	
							1991					552 130	552 130	
							1992	1516	L	591	1726	4987	249 682	249 682
							1993	1263	L	591	1726	4987	224 869	224 869
							1994	1410	A	591	1726	4987	202 281	202 281
							1995	1487	A	591	1726	4987	181 759	181 759
							1996	1504	L	591	1726	4987	163 150	163 150
							1997	1531	A	591	1726	4987	146 803	146 803
							1998	1598	A	591	1726	4987	131 075	131 075
							1999	1695	A	591	1726	4987	117 331	117 331
							2000	1692	A	591	1726	4987	104 942	104 942
							2001	1739	A	591	1726	4987	93 789	93 789
							Z.							
													2' 359 259	2' 359 259

TABLA 5.M.

113

V.4.2.4. Costo Global de Transporte

En la tabla 5.N. se cálculo del costo global del transporte para la alternativa dos, en términos de valores equivalentes al año de 1992.

COSTO GLOBAL DEL TRANSPORTE
ALTERNATIVA DOS

COSTOS EN MILLONES DE PESOS

AÑO	PERIODO	CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO	OPERACION	DEMORAS	GLOBAL DEL TRANSPORTE
1980.	-2	111 206.	221 249	472	503 728 .
1981	-1	96 241	252 130	426 .	449 397
1982	0	633	249 632		250 515
1983	1	724	224 869		225 593
1984	2	630	202 281		202 911
1985	3	547	181 789		182 207
1986	4	1 429	153 130		154 579
1987	5	414	146 303		146 717
1988	6	360	131 275		131 436
1989	7	313	117 331		117 644
2000	8	272	104 742		105 214
2001.	9.	711	93 789		94 499
TOTAL:		214 383	2' 359 259	498.	2 574 540.

TABLA 5.N.

CAPITULO VI

ELECCION DE LA UBICACION DEL PUENTE

Evaluadas las alternativas de solución para la ubicación del puente, en el presente capítulo se determinarán los indicadores económicos de rentabilidad y oportunidad de cada opción, mismas que servirán como elementos de juicio en la elección de la ubicación óptima.

Para determinar los indicadores económicos se realizará una comparación de las alternativas de construcción del puente (alternativa uno y dos) con la situación actual (alternativa cero).

VI.1 Indicadores Económicos.

De acuerdo con lo expresado al inicio del capítulo, para calcular los indicadores económicos de la construcción de las alternativas de ubicación del puente, será necesario realizar una comparación del costo global del Transporte de estas alternativas, contra el de la situación actual (alternativa cero), determinándose así los benefi

cios actualizados de su implementación, mismos que relacionándolos con los costos actualizados generados por la construcción y mantenimiento de la obra a lo largo del horizonte de proyecto, servirán para el cálculo de los indicadores económicos.

VI.1.1. Índice de Rentabilidad (IR)

Este índice se refiere a la comparación de los valores presentes de los beneficios en la vida de proyecto y los valores presentes de los costos generados por la construcción y mantenimiento de la obra, a lo largo del horizonte de proyecto, en términos equivalentes al año de inicio de operación.

Una relación beneficio - costo rechaza un proyecto inmediatamente cuando los beneficios son menores que los costos, esto quiere decir que:

$$IR = \frac{\text{valor presente de los beneficios}}{\text{valor presente de los costos}}$$

Si: $IR < 1$; Obra no rentable
 $IR > 1$; Obra rentable

Debido a que este índice incluye el beneficio y el costo de un proyecto en particular, no brinda indicación alguna sobre lo valioso que es el beneficio en comparación con otros proyectos o la cantidad relativa de los recursos involucrados; así puede presentarse el caso de dos proyectos con beneficios y costos diferentes, pero que presenten consecuencias a diferentes plazos y tengan el mismo índice de rentabilidad, por tal motivo será necesario apoyar la elección con la determinación de otros índices de rentabilidad, como lo son el Costo Neto Presente y el Valor Neto Presente.

VI.1.2. Costo Neto Presente (CNP)

El Costo Neto Presente es un indicador económico que refleja el total de costos de construcción y mantenimiento generados a lo largo del horizonte de proyecto, considerado para la obra. Entre menor sea el Costo Neto Presente de una alternativa, su implementación será más atractiva.

VI.1.3. Valor Neto Presente (VNP)

Este indicador muestra el valor de los beneficios en exceso con respecto a los costos durante el horizonte de proyecto considerado para la obra, entre mayor sea su valor, será más

productiva la obra. Un valor negativo de este indicador quiere decir que los costos de la obra a lo largo del horizonte de proyecto, son mayores que los beneficios que generará, por lo tanto no es rentable su implementación, esto es no producirá beneficios.

VI.1.4. Índice de Rentabilidad Inmediata (IRI)

Este índice de oportunidad señala si la alternativa de solución en estudio se encuentra en el momento óptimo de su materialización, y se determina realizando el cociente de los beneficios hasta el año i entre los costos de construcción y conservación hasta el año $(i - 1)$, siendo el año i , aquél en el cual los beneficios acumulados sean positivos indicando que a partir de ese año existen beneficios por el abalimiento del costo global del transporte.

De aquí que:

$IRI >$ Tasa de descuento; obra rezagada.

$IRI <$ Tasa de descuento; obra prematura

$IRI \approx$ Tasa de descuento; obra a tiempo.

Una obra se considera a tiempo en cuanto más se acerque el índice de rentabilidad inmediata a la tasa de descuento

VI.2. Indicadores Económicos Alternativa Uno.

Tomando como base los costos globales de transporte calculados en el capítulo V, para las alternativas "uno" y "cero" y siguiendo la metodología presentada en el primer inciso de este capítulo, se determinarán los índices económicos de rentabilidad y oportunidad para la alternativa uno. En la tabla 6.A se presenta la determinación del Costo Neto Presente y del Valor Neto Presente en cuando al índice de rentabilidad se tiene:

$$IR = \frac{\text{Valor Presente de los Beneficios}}{\text{Valor Presente de los Costos.}}$$

$$IR = \frac{\$ 262,864'000,000.00}{\$ 152,840'000,000.00} = 1.72 \quad ; \text{ Rentable.}$$

El índice de rentabilidad inmediata para esta alternativa se calculará considerando los beneficios acumulados hasta el tercer período de operación de la obra entre los costos acumulados hasta el segundo período de operación de lo que se tiene:

$$IRI = \frac{\text{Beneficios acumulados hasta el 3er. período}}{\text{Costos acumulados hasta el 2o. período.}}$$

TABLA COMPARATIVA ALTERNATIVA CERO VS. ALTERNATIVA UNO

PERIODO	MILLONES		DE PESOS		
	COSTO GLOBAL DE TRANSPORTE		BENEFICIO ACTUALIZADO	COSTO NETO PRESENTE	FLUJO NETO ACTUALIZADO
	ALTERNATIVA CERO	ALTERNATIVA UNO			
-2	294 004	271 326	-77 322	78 905.	-156 227
-1	253 984	221 223	-67 238	68 667	-135 905
0	317 702	250 211	67 491	704	66 787
1	294 262	225 324	59 338	612	53 926
2	255 154	202 672	52 512	532	51 980
3	228 401	182 095	46 306	463	45 843
4	204 264	164 243	40 020	1 207	33 813
5	182 537	146 551	35 987	250	23 637
6	163 004	131 288	31 716	204	21 411
7	145 460	117 513	27 947	265	27 682
8	129 720	105 099	24 621	220	24 391
9	115 611	94 323	21 288.	600.	20 687
Σ	2' 774 731	2' 511 862.	262 860.	152 340.	110 024.

= VNP

IR = $\frac{\Sigma \text{ BENEFICIOS ACTUALIZADOS}}{\Sigma \text{ COSTOS ACTUALIZADOS}} = 1.72$

CNP = [COSTO ACTUALIZADO DE CONSTRUCCION INICIAL + COSTO ACTUALIZADO DE RECONSTRUCCION + COSTO ACTUALIZADO DE CONSERVACION].

IRI = $\frac{\text{BENEFICIOS AÑO CERO}}{\text{COSTO DE CONSTRUCCION INICIAL}} \times 100 = 23.49\%$

CNP = \$ 132, 839, 927, 116.00

122

$$\text{IRI} = \frac{\$ 34,980'000,000.00}{\$ 148,888'000,000.00} \times 100 = 23.49 \%$$

VI.3 Indicadores Económicos Alternativa Dos.

De la misma manera que para la alternativa uno, se calcularán en base a los costos globales de transporte de la alternativa dos y cero los índices económicos para la alternativa dos, presentándose en la tabla 6.B la determinación del Costo Neto Presente y del Valor Neto Presente, en lo referente al índice de rentabilidad se tiene que:

$$\text{IR} = \frac{\text{Valor Presente de los Beneficios}}{\text{Valor Presente de los Costos}}$$

$$\text{IR} = \frac{\$ 200,191'000,000.00}{\$ 214,383'000,000.00} = 0.93 \quad ; \text{ No Rentable.}$$

De acuerdo a lo determinado en la tabla 6.B, es hasta el fin del cuarto período cuando se presentan beneficios económicos por el abatimiento del costo global del transporte de esta manera se considerarán los beneficios acumulados hasta el cuarto período y los costos acumulados generados hasta el tercer período para el cálculo del índice de rentabilidad inmediata (IRI).

TABLA COMPARATIVA ALTERNATIVA CERO VS. ALTERNATIVA DOS

PERIODO	MILLONES		DE	PESOS	
	COSTO GLOBAL DE TRANSPORTE		BENEFICIO ACTUALIZADO	COSTO NETO PRESENTE	FLUJO NETO ACTUALIZADO
	ALTERNATIVA CERO	ALTERNATIVA			
-2	884 004	808 728	-104 724	111 206	-221 020
-1	853 084	449 397	-85 412	96 841	-192 293
0	817 762	330 515	67 127	823	66 354
1	894 862	225 593	59 269	724	58 644
2	253 184	202 811	52 273	630	51 643
3	223 401	182 207	46 024	547	45 546
4	204 264	164 579	39 684	429	38 255
5	182 227	146 717	35 520	414	35 406
6	163 004	131 436	31 568	360	31 208
7	145 460	117 644	27 816	313	27 503
8	128 720	103 214	24 506	272	24 223
9	115 311	84 409	21 112	211	20 451
Σ	2 774 721	2 574 540	200 191	2 14 333	- 14 192

= VNP

$$IR = \frac{\Sigma \text{ BENEFICIOS ACTUALIZADOS}}{\Sigma \text{ COSTOS ACTUALIZADOS}} = 0,93$$

$$CNP = [\text{COSTO ACTUALIZADO DE CONSTRUCCION INICIAL} + \text{COSTO ACTUALIZADO DE RECONSTRUCCION} + \text{COSTO ACTUALIZADO DE CONSERVACION}]$$

$$IRI = \frac{\text{BENEFICIOS AÑO CERO}}{\text{COSTO DE CONSTRUCCION INICIAL}} \times 100 = 9,36\%$$

$$CNP = \$ 214 253 290 376,00$$

$$IRI = \frac{\text{Beneficios acumulados hasta el 4o. periodo}}{\text{Costos acumulados hasta el 3er. periodo}} \times 100$$

$$IRI = \frac{\$ 19,685'000,000.00}{\$ 210,335'000,000.00} \times 100 = 9.36\%; \text{ Obra Prematura}$$

VI.4 Resumen de Indicadores Económicos.

Una vez determinados los índices económicos para las alternativas en estudio, es necesario confrontarlos, generado así las bases para la elección de la alternativa a desarrollar. En la tabla 6.C, se presenta el resumen de los índices económicos de las alternativas uno y dos.

Como puede observarse en la tabla 6.C, la alternativa uno presenta menores costos de construcción, operación y de transporte, que generan menor costo neto presente, significando que es la alternativa que menor inversión representa de las dos.

En lo referente al Valor Neto Presente la alternativa dos presenta un valor negativo, lo que significa que no tendrá beneficios netos al final de la vida de proyecto considerada, por otro lado la alternativa uno presenta beneficios por \$118,329'000,000.00 al final del horizonte de proyecto.

El índice de rentabilidad de la alternativa uno es de 1.72, que indica que se trata de una obra rentable, misma que para la alternativa dos asciende a 0.93 que aunque está muy próxima a serlo no es rentable.

En lo referente al índice de oportunidad, se tiene que la alternativa uno por presentar un índice del 27% que es mayor que la tasa de descuento considerada (15%), se dice que está rezagada; en contrapartida, el índice de rentabilidad inmediata para la alternativa dos, asciende al 12% que es inferior a la tasa de descuento, señalando que su construcción es prematura.

En resumen, como se muestra en la tabla 6.C, la alternativa uno es la que mejores condiciones económicas presenta para su construcción.

RESUMEN DE ALTERNATIVAS

OBRA PUENTE ZACATAL

TASA DE DESCUENTO 15 %

UBICACION _____

TASA ANUAL DE INCREMENTO DEL TRANSITO 4 %

ALTERNATIVA	T.D.P.A. AÑO	MILLONES DE PESOS				I R	I R I	OBSERVACIONES
		CONSTRUCCION INICIAL	OPERACION	VALOR NETO PRESENTE	COSTO NETO PRESENTE			
UNO.	1200 (1992)	116 955.	2 558 130	110 024.	150 940.	1.72	23.49	RENTABLE ATRACTIVO
DOS.	1200 (1992)	165 934.	2 559 259	110 192	214 383	0.93	2.36	NO RENTABLE

I R > I ⇒ OBRA RENTABLE.

I R = INDICE DE RENTABILIDAD.

I R I > TASA DE DESCUENTO ⇒ OBRA REZAGADA.

I R I = INDICE DE RENTABILIDAD INMEDIATA

VNP > CNP ⇒ OBRA CON BENEFICIOS ECONOMICOS.

VNP = VALOR NETO PRESENTE.

CNP = COSTO NETO PRESENTE.

TABLA 6.C.

C A P I T U L O VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizados los análisis técnicos y operacionales presentados en los capítulos anteriores, se muestran las conclusiones y recomendaciones emanadas de ellos.

VII.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo de tesis son las siguientes:

1) Situación Actual:

- a) Las rutas carreteras MEX-180 y MEX-186-261 en sus tramos entre las ciudades de Villahermosa, Tab. y Champotón, Camp., operan en niveles de servicio altos (A,B,C,), que de permanecer la tendencia de crecimiento vehicular como hasta la fecha, se conservarán por largo tiempo sin presentar conflictos operacionales imputables a la magnitud del volumen vehicular que transita por dichas rutas.
- b) En el paso de la ruta MEX-180 por la Laguna de Términos, debido al uso del transbordador se genera una demora

- vehicular promedio de 1h. 20 min.
- c) En base a los análisis probabilísticos de líneas de espera, se tiene que actualmente el cruce de la Laguna de Términos en transbordador opera en estado estable, muy cercano a su capacidad durante periodos normales y de máxima demandada; pasando a la inestabilidad al presentarse épocas vacacionales y/o contingencias climáticas en las que se obliga a suspender el servicio.
 - d) En la ruta MEX-186-261 se determinó un tiempo de recorrido de 1 h. para el exceso en longitud de 69.50 km., que no obstante incrementar notablemente el costo global del transporte del volumen vehicular que la recorre, hace que éste la prefiera sobre la demora y la inseguridad de paso por la ruta MEX-180.
 - e) Dado que el objetivo principal del presente estudio, es establecer las bases para la integración de una ruta expedita entre las ciudades de Villahermosa y Champotón, comunicando principalmente a la Península de Yucatán con el resto del país, y debido a que la ruta MEX-180 es la de menor longitud y la que mejores condiciones presenta para su desarrollo (ya que sólo resta solucionar el paso de la Laguna de Términos, para darle continuidad desde Matamoros, Tams. hasta Puerto Juárez, Q. Roo), se propone estudiar las alternativas de mejoramiento del mencionado cruce.

2) Alternativas de Mejoramiento del Cruce.

Para mejorar el paso de la ruta MEX-180 sobre la Laguna de -
Términos se establecieron dos alternativas:

- a) Aumentar el número y frecuencia de transbordadores.
- b) Construir un puente de unión entre La Puntilla y Cd. del Carmen.

Dado que el aumentar el número y frecuencia de transbordadores no constituye una solución definitiva a la problemática actual, se optó por analizar dos alternativas de ubicación del puente.

3) Alternativas de Ubicación del Puente.

- a) Por ser la ubicación del puente que permite las mejores características geométricas en la parte central de la estructura, por su menor longitud total, mejor aprovechamiento de la vialidad existente en ambos extremos, sin requerir de afectaciones importantes; por alojarse en terrenos en donde el valor de la tierra no es muy alto, terrenos bajos, además de no interferir con las maniobras operativas de las embarcaciones que usan en el Puerto de Cd. del Carmen, disminuyendo el peligro de una colisión

de éstas con algún elemento de la subestructura del puente; la alternativa uno es la que técnicamente presenta mejores condiciones para su materialización.

- b) Desde el punto de vista económico, la alternativa uno presenta el valor neto presente más alto, significando que será la que mayores beneficios económicos redituará al finalizar la vida de proyecto; el menor costo neto presente que indica que requiere la menor inversión a lo largo de la vida de proyecto.

El índice de rentabilidad de esta alternativa asciende a 1.7, que al ser mayor que la unidad confirma la rentabilidad de la inversión. En lo referente al índice de rentabilidad inmediata se tiene que es igual al 27% siendo mayor a la tasa de descuento utilizada que es del 15% y significando que se trata de una obra rezagada en cuanto a su construcción, pero que al ser menor del doble de ésta, puede considerarse todavía a tiempo.

- c) Por todo lo anteriormente expresado y conjuntando los resultados de los análisis realizados se concluye que:

- 1) Para integrar una ruta expedita entre el norte y sur de la parte Costera del Golfo se propone mejorar la ruta MEX-180 principalmente en su paso por la Laguna de Términos, por medio de la construcción de un Puente que una La Puntilla con la Isla del Carmen.
- 2) La ubicación óptima para el Puente será la marcada por la alternativa uno, esto es, uniendo La Puntilla con el extremo suroeste de la Isla del Carmen.
- 3) Con la construcción del Puente, se establecerá un vínculo de unión entre la Isla del Carmen y el resto del país, coadyuvando al desarrollo económico, político, social y cultural de Ciudad del Carmen, Camp.
- 4) Con la integración de esta ruta se establece un importante eje de transporte carretero que recorre de norte a sur el este del país, siendo de vital importancia para el desarrollo económico ya que su recorrido se establece a todo lo largo de la Costa del Golfo de México, en donde se generan importantes insumos de la economía del país.

VII.2. RECOMENDACIONES

Una vez determinada la acción a seguir para el mejoramiento de la ruta MEX-180, se propondrán algunas operaciones para el establecimiento de dicha acción.

- 1) Es importante implementar en forma inmediata acciones que ayuden al mejoramiento de la operación de la zona de cruce estudiada, antes y durante la construcción de la obra.

Dentro de las acciones a seguir se propondrán las siguientes:

- a) Aumentar el número, frecuencia y horario de viajes de transbordador entre La Puntilla y Cd. del Carmen.
- b) Instalar dispositivos de señalamiento en los entronques más importantes de las carreteras Villahermosa-Cd. del Carmen y Cd. del Carmen-Champotón, con objeto de poder contar con información acerca de la suspensión del servicio de transbordador, en el mencionado cruce, evitando con esto demoras involuntarias a los usuarios de la ruta.

- c) Instalar casetas de información en puntos estratégicos de la ruta, dotadas de equipo de radiocomunicación para que puedan prestar el servicio de información oportuna acerca de las interrupciones en el servicio de transbordadores.
- 2) Una vez concluida la obra será necesario establecer un adecuado programa de conservación de la ruta en estudio, con objeto de que cumpla con los requerimientos de seguridad, eficiencia y confort.

VII.3. Proyecto Estructural del Puente.

A manera de información se presenta el Anteproyecto Estructural de las alternativas de ubicación del puente, así como el presupuesto correspondiente al Puente Zacatal, mismo que fue realizado por la Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

PUENTE "ZACATAL"

PRESUPUESTO DEL ANTEPROYECTO.

IMPORTE EN MILES DE PESOS

1.- Superestructura de los tramos de 30m. Para un tramo:

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
Concreto en viga prefabricadas	112	m3	\$ 1'250,000	\$140'000.
Concreto en losa colada en el lugar	59	m3	700,000	41'300
Acero de refuerzo en Vigas	8512	Kg	2,100	17'875
Acero de refuerzo en losa	5310	Kg	2,300	12'213
Acero para presfuerzo	6610	"	18,000	118,980
Tubo de cartón comprimido	109	m	30,000	3'270
Neopreno en apoyos	78	dm3	65,000	5'070
Acero estructural en apoyos	130	kg	2,500	325
Acero estructural en junta de dilat.	35	"	4,000	140
Acero de ref. en junta de dilat.	12	"	3,500	42
Sika flex en junta de dilat.	1.4	dm3	35,000	49
Drenes	26	pzas.	25,000	650
Parapeto	60	m	950,000	<u>57,000</u>
				396'914

2.- Un caballete para 30m de claro y altura normal de 500m.

Concreto en cabezal	9.6	m3	700,000	6'720
Concreto en columnas	5.6	"	850,000	4'760
Concreto en zapatas	31.0	"	1'200,000	33'480
Concreto en pilotes	60	m3	600,000	36,000
Acero de refuerzo	15000	kg	2,100	31,500
Hincado de pilotes	200	m	1'350,000	<u>270'000</u>
				382'460

3.- Un caballete para 30m de claro y altura prom. de 11.20m.

Concretos:

Cabezal	13.8	m3	800,000	11'040
Columnas	36	"	950,000	34'200
Zapata	34.4	"	1'200,000	41'280
Pilotes	96	"	600,000	57'600

Acero de refuerzo

Columnas y pilotes	14,000	kg	2,100	29'400
Cabezal y zapata	6,800	"	2,400	16'320
Hincado de pilotes	350	m	1'350,000	<u>472'500</u>
				662'340

4.- Superestructura para un tramo en doble voladizo de 132m.

Concreto en dovelas	1378	m3	1'800,000	2,480'40
Acero de refuerzo	124000	kg	2,700	334'80
Acero de presfuerzo	75790	kg	25,000	1,894'75
Drenes	44	pzas.	25,000	1'10
Parapeto	132	m	950.000	<u>125'40</u>
				4,836'45

4.-a) Conceptos adicionales para un tramo extremo del doble voladizo

Concreto	35	m3	1'800,000	63'000
Acero de refuerzo	5200	kg	2,700	44'040
Acero de presfuerzo	1800	kg	25,000	45'000
Drenes	2	pzas	25,000	50
Apoyos especiales	8	pzas	800,000	6'400
Junta de dilatación	1	pza	10'000,000	10'000
Parapeto	4	m	950,000	<u>3'800</u>
				142'290

5.- Una pila para apoyo del doble voladizo de la alternativa I H=8.80m

Concreto en cpo. de pila	187	m3	1'300,000	243'100
Concreto en liga inf. de pila	86	m3	600,000	51'600
Acero de refuerzo	38000	kg	2,600	<u>98'800</u>
				393'500

5.-a) Cimentación de una pila con zapata cuadrada y 24 pilotes de tubo de 90 Ø

Concreto en zapata	446	m3	900,000	401'400
Acero de ref. en zapata	44500	kg	2,300	102'350
Concreto en relleno de tubos	565	m3	1'200,000	678'000
Acero de ref. en pilotes	62000	kg	2,200	136'400
Tubo para pilotes (266 kg/m)	890	m	750,000	578'500
hincado de tubos	600	m	1'100,000	660'000
Extracción de material	380	m3	150,000	<u>57'000</u>
				2,702'650

5.-b) Cimentación de una pila con zapata circular y 29 pilotes de tubo 90 Ø

Concreto en zapata	339	m3	900,000	305'100
Acero de ref. en zapata	35000	kg	2,300	80'500
Concreto en relleno de tubos	609	m3	1'200,000	730'800
Acero de ref. en pilotes	79200	kg	2,200	147'240
Tubo para pilotes	957	m	750,000	717'750
Hincado de tubos	725	m	1'100,000	797'500
Extracción de material	461	m3	150,000	<u>69'150</u>
				2,848'040

6.- Una pila para el tramo en doble voladizo de la alternativa II.-H=32.4m

Concreto en cpo. de pilas	645	m3	1'900,000	1,225'500
Concreto en liga pilas	24	m3	600,000	14'400
Acero de refuerzo	94000	kg	3,000	<u>282'000</u>
				1,521'900

6.-a) Para las pilas Nos. 83, 84, 85 y 86 del tramo en doble voladizo de la Alternativa II

Concreto en cpo. de pilas	1580	m3	\$ 1'700,000	\$ 2,686'000
Concreto en liga de pilas	220	m3	600,000	132'000
Acero de refuerzo	252000	kg	2,800.00	<u>705'600</u>
				\$ 3,523'600

INTEGRACION DEL COSTO TOTAL DEL PUENTE PARA LAS DOS ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA No. 1

120 tramos de 30m	x	\$ 396'914,000	=	\$ 47,629'680,000
96 caballetes de 5m de altura	x	382'460,000	=	36,716'160,000
20 caballetes con altura variable	x	662'340,000	=	13,246'800,000
2 tramos en doble voladizo de 132m	x	4,836'450,000	=	9,672'900,000
2 tramos extremos a los voladizos	x	142'290,000	=	284'580,000
2 pilas para apoyo dobles voladizos	x	393'500,000	=	787'000.000
2 cimentaciones cuadradas para tramos en voladizos	x	2,702'650.000	=	<u>5,405'300,000</u>
Costo total. . .		\$		113,742'420,000

Aproximadamente... \$ 115,00u millones

ALTERNATIVA II

89 tramos de 30m	x	\$ 396'914,000	=	\$ 35.325'346,000
73 caballetes de 5m de altura	x	382'460,000	=	27,919'580,000
18 caballetes con altura variable	x	662'340,000	=	11,922'120,000
10 tramos en doble voladizo de 132m	x	4,836'450,000	=	48,364'500.000
2 tramos extremos a los voladizos	x	142'290,000	=	284'580,000
2 pilas centrales de la estruc. ppal.	x	1,521'900,000	=	3,043'800,000
2 juegos de pilas laterales	x	3,523'600.000	=	7,047'200,000
4 cimentaciones cuadradas	x	2,702'650,000	=	5,405'300,000
6 cimentaciones circulares	x	2,848'040,000	=	<u>17,088'240,000</u>
Costo total. . .				\$ 156,400'666,000
Aproximadamente				\$ 160,000 millones

COSTOS POR METRO CUADRADO DE PUENTE.-

- 1.- Parte con tramos de 30m y altura constante de 5m.

$$\frac{396'914,000 + 382'460,000}{12 \times 30} = 2'170,000/m^2$$

- 2.- Parte con tramos de 30m y altura variable (accesos al tramo principal)

$$\frac{396'914,000 + 662'340,000}{12 \times 30} = 2'950,000/m^2$$

- 3.- Parte del tramo principal para la alternativa I

$$\frac{2 (4836'450 + 142'290 + x 393'500)}{12 \times 2 \cdot (132 + 4)} = 3'300,000/m^2$$

- 4.- Promedio para el puente de la alternativa I

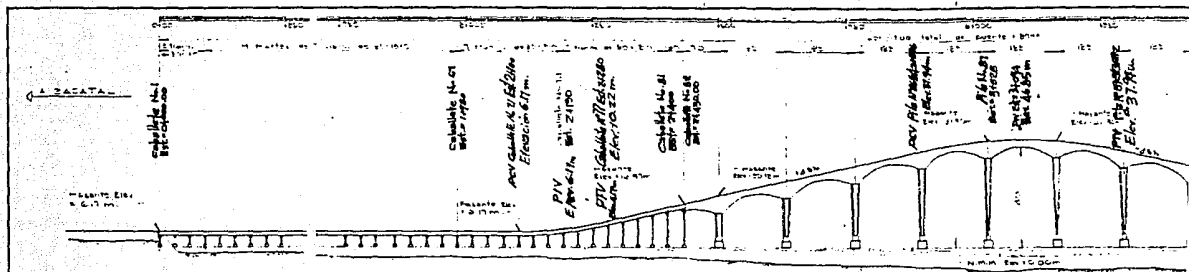
$$\frac{115,000 \text{ millones}}{12 \times 3782} = 2'540,000/m^2$$

- 5.- Parte del tramo principal para la alternativa II

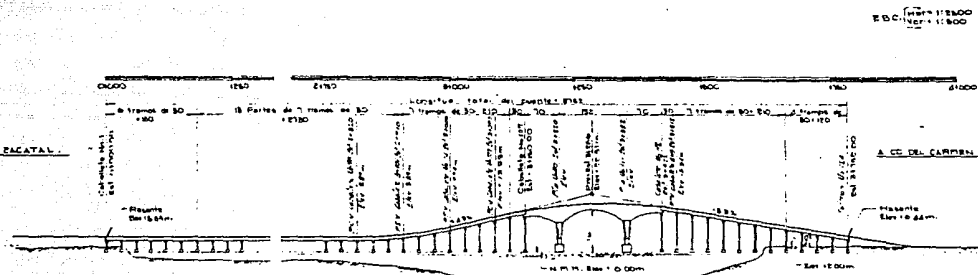
$$\frac{(48,364'500 + 284'580 + 3,043'800 + 7,047'200 + 5,405'300 + 17,088'240) \cdot 1}{12 \times 1382} = 4'900,000/m^2$$

- 6.- Promedio pra el puente de la alterantiva II

$$\frac{160,000 \text{ millones}}{12 \times 3998} = 3'340,000/m^2$$



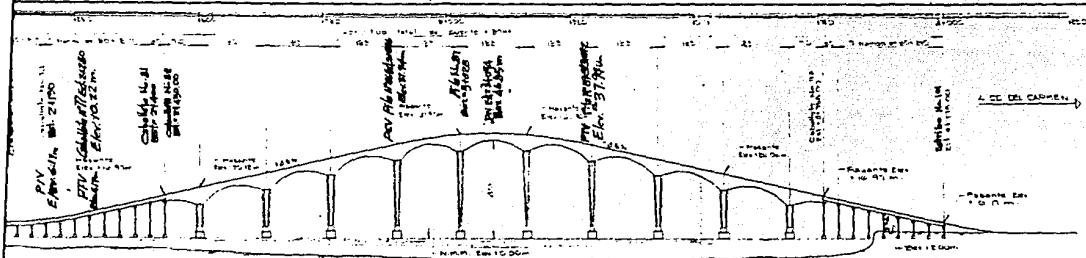
ELEVACION ALTERNATIVA No 1



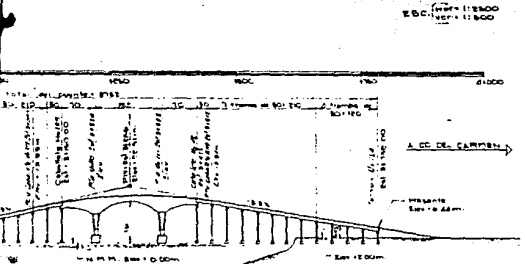
ELEVACION ALTERNATIVA No 2

ALTERNATE
MATERIAL
MACAPETO No. 24
Concreto de 1:2:40
Acero de refuerzo de U 3
Tubo de acero galvanizado
1000 de acero galvanizado
ALFARO A-B-3
ALFARO A-B-3
ALFARO A-B-3
MARNACION No. 24
Concreto de 1:2:40
Acero de refuerzo de U 3
Trabaja procesada
SUPERESTRUCTURA
Concreto de 1:2:40
Trabaja procesada
Dovelas
Concreto de 1:2:40
Losa y solerama
Alcornoque reforzado de
Acero de refuerzo de
Tubo de acero galvanizado
Drenaje
ARDORES
Ra. vitrificados de perfil
de 20x25x3 (por)
UNION DE DILAT
ACERO RECORTADO A-B
Barriles 1/2 a 2/3 in
de espesor
Carbor anillado de
espesor

Elev. 24.70
Elev. 24.00



ELEVACION ALTERNATIVA No. 2



ELEVACION ALTERNATIVA No. 1

ALTERNATIVA No. 1
MATERIALES

MARAFET 1:4:8 31	7240 kg
CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	4350 m ³
MANTA DE REFLEJO DE LE 15000 kg/m ²	250 kg
TUBO DE ACERO galvanizado de 19.5 x 1.35 cm	100 kg
TUBO DE ACERO galvanizado de 4.2 x 1.50 cm	200 kg
ACERO B. 1500	1500 kg
PERNOS DE 1/2" x 20	1500 kg
COLONIAS IN TUBOS 11	7500 kg
CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	10000 m ³
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

SUBESTRUCTURA

CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	15000 m ³
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

ADONCE

Manta impermeable	400 m ²
-------------------	--------------------

JUNTA DE DILATACION

Acero estructural A-36	4845 kg
Metalurgia	10000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

SUBESTRUCTURA

CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	15000 m ³
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

NOTAS:

ALTERNATIVA No. 2
MATERIALES

MARAFET 1:4:8 31	7240 kg
CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	4350 m ³
MANTA DE REFLEJO DE LE 15000 kg/m ²	250 kg
TUBO DE ACERO galvanizado de 19.5 x 1.35 cm	100 kg
TUBO DE ACERO galvanizado de 4.2 x 1.50 cm	200 kg
ACERO B. 1500	1500 kg
PERNOS DE 1/2" x 20	1500 kg
COLONIAS IN TUBOS 11	7500 kg
CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	10000 m ³
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

SUBESTRUCTURA

CONCRETO DE LE 1500 n/m ³	15000 m ³
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

ADONCE

Manta impermeable	400 m ²
-------------------	--------------------

JUNTA DE DILATACION

Acero estructural A-36	4845 kg
Metalurgia	10000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg
ACERO B. 1500	2000 kg

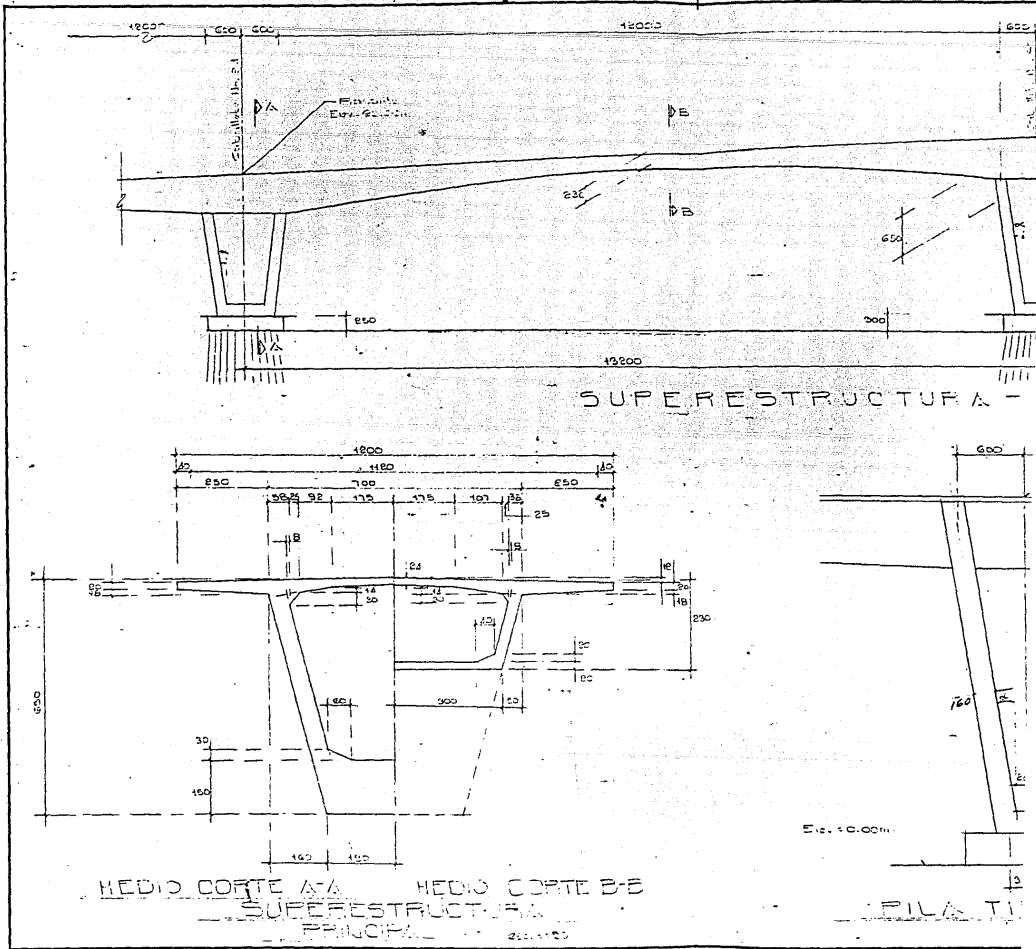
UNAM ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNIDAD ARAGON
INGENIERIA

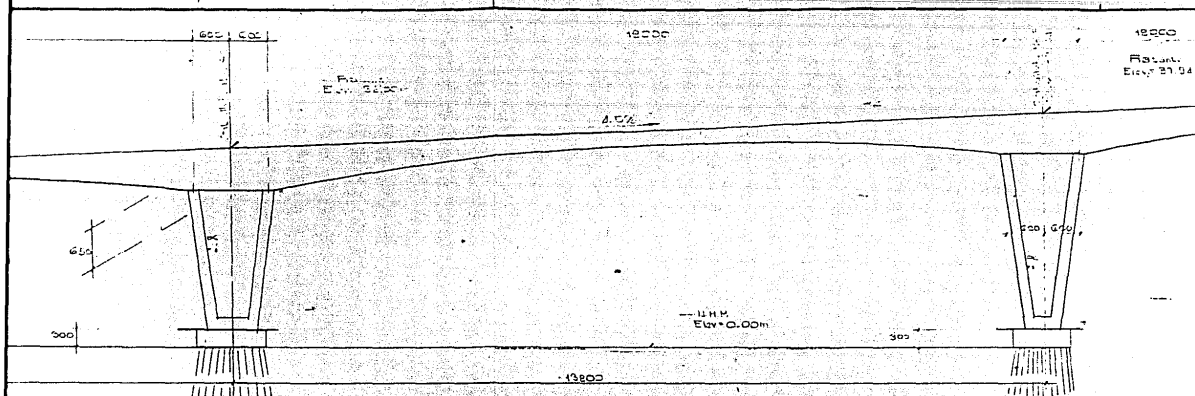
TESIS PROFESIONAL

PUENTE ZACATEO ANTEPROYECTO

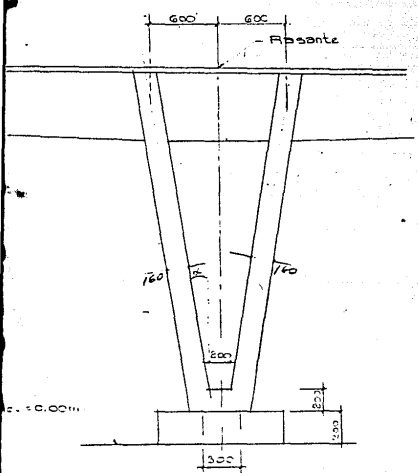
ALUMNO: [Name] ASISTENTE: [Name]

PLANO 7.1

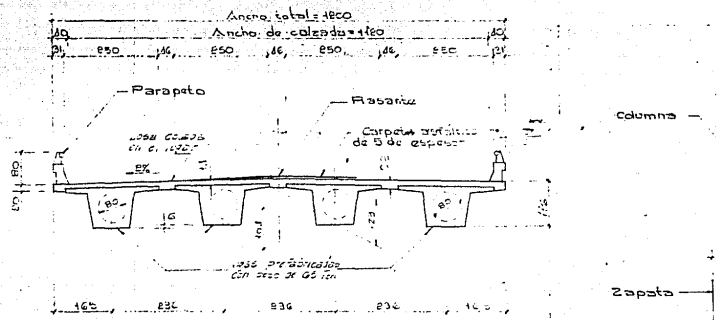




STRUCTURA - ELEVACION (ESC. 1:300)

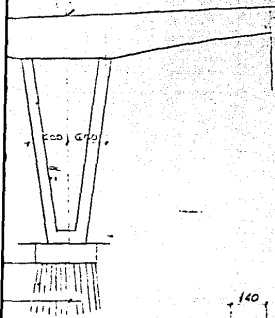


PILA TÍPICA



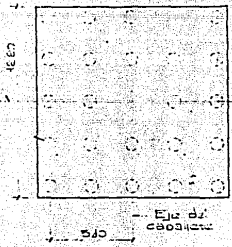
SUPERESTRUCTURA EN TRANSE DE 30m SECCION TRANSVERSAL

18000
 Rotando:
 Elev. 21.94m

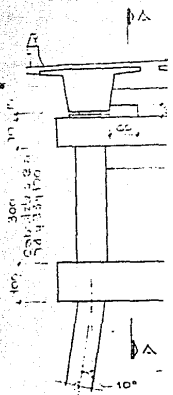
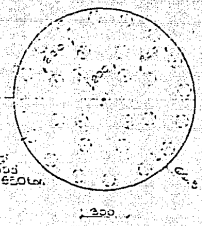


Eje del camino

24
 Pilotes metá-
 licos de 30 g
 con capacidad de
 carga de 250ts.

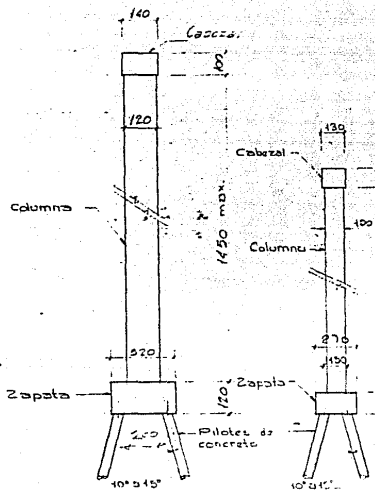


29
 Pilotes metá-
 licos de 30 g
 con capacidad
 de carga de 250ts.

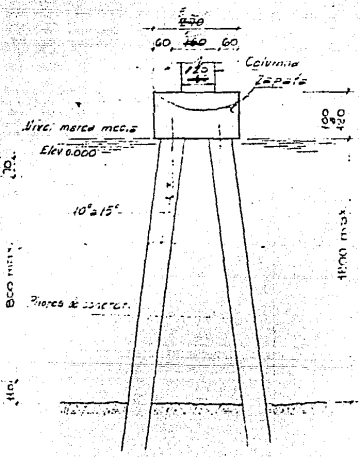


10 Pilotes
 de 60 cm
 de 100 ts

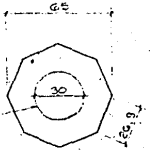
En Filas 23, 24, 91 y 92 En Filas 85 a 90
ZAFATAS TIPO



CABALLETES TIPO



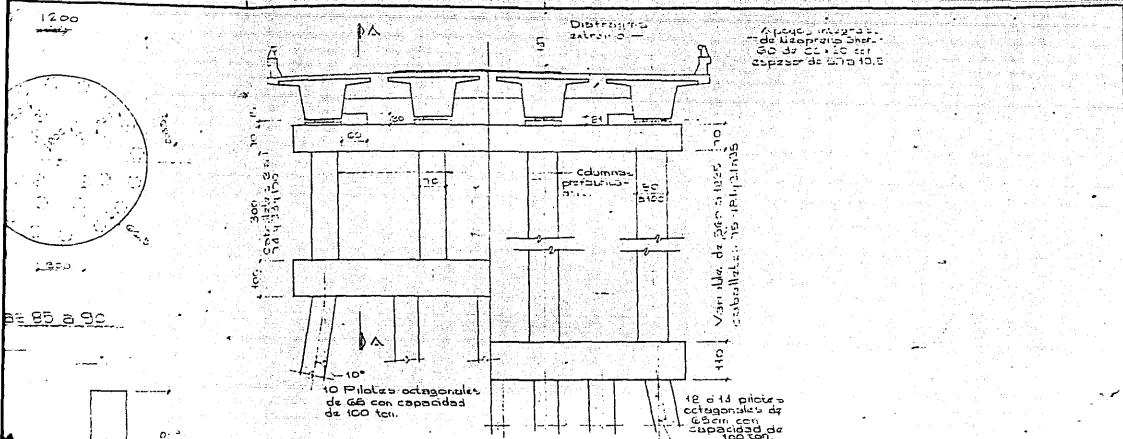
HEDIO CO
 SE
 6
 10



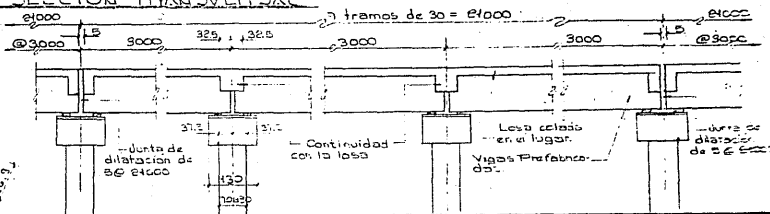
PLANTA

PILOTE TIPO

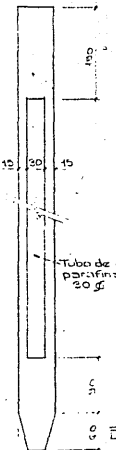
100, 30, 100



HEMIO CORTE SECCION TRANSVERSAL



PLANTA



ELEVACION

PILOTE TIPO

CORTE A-A

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES UNIDAD ARAGON INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
PUENTE ZACATAL ANTEPROYECTO DETALLES ESTRUCTURALES		
ALUMNO:	ASESOR:	
ALFREDO DUARTE ARANDA	DR. AMILCAR GALINDO ZOLDORZANO	
FECHA:	PLANO 7. 2	

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ACKOFF, Sasieni
Fundamentos de la Investigación de Operaciones
Editorial Limusa
Primera Edición , Septima Reimpresión 1987
México. 1971.
- 2.- ADDLER, Hans A.
Economic Appraisal of Transport Projects.
Editorial Series in Economic Development.
Primera Edición
Baltimore and London 1977
- 3.- COSS, Bu Raúl
Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión
Editorial Limusa
Primera Edición, Tercera Reimpresión.
México 1981
- 4.- Highway Capacity Manual
Division of Engineering and Industrial Research
National Academy of Sciences.
National Research Council
Washington D.C 1965

- 5.- LAZO MARGIN, Sanchez Angeles
Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito
Editorial Miguel Angel Porrúa
Primera Edición
México 1981
- 6.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
Primera Edición, Tercera Reimpresión
México 1977
- 7.- RADELAT, Egües Guido
Manual de Ingeniería de Tránsito
Editorial Talleres Gráficos Mundial
Buenos Aires 1964
- 8.- Riggs, L. James
Ingeniería Económica
Representaciones y Servicios de Ingeniería
México 1983
- 9.- RIO, San Vicente Gustavo del
Evaluación del Nivel de Servicios de la Red Federal.
de Carreteras de México
Ponencia impartida en Sidney 1983

- 10.- TAYLOR, A George
Ingeniería Económica
Editorial Limusa
Primera Edición, Novena reimpresión 1978.
México 1970
- 11.- VALDEZ, Gómez-Roldán Antonio
Ingeniería de Tráfico
Editorial Dossat
Segunda Edición
Madrid 1978
- 12.- Datos Viales 1988
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México 1989.

INDICE DE TABLAS

TABLA NO.		PAG.
2.A	Principales rutas detectadas en el estudio de origen -destino "Villa - Madero	23
2.B	Movimiento de lanchas y pasajeros de Cd. del Carmen a Zacatal.	25
2.C	Aforo vehicular de clasificación - vehicular.	27
2.D	Número de vehículos transportados en los años de 1987 y 1988 por el transbordador.	28
3.A	Factores para el cálculo de capacidad	34
3.B	Vehículos ligeros equivalentes por - autobuses y camiones en la corriente del tránsito	35
4.A	Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para carreteras de dos - carriles bajo condiciones de flujo continuo.	73
4.B	Efecto combinado del ancho de carril y de la distancia a obstáculos laterales sobre la capacidad y los volúmenes de servicio en carreteras de dos carriles de circularción continua.	74
4.C	Vehículos ligeros equivalentes por camión para subtramos o pendientes específicas de carreteras de dos carriles.	75

4.D	Vehículos ligeros equivalentes por autobús en subtramos o pendientes específicas de carreteras de dos carriles.	76
4.E	Factores de ajuste por camiones y autobuses en autopistas, carreteras de carriles múltiples y carreteras de dos carriles.	77
5.A	Costo anual de mantenimiento, alternativa cero.	89
5.B	Costo de operación, alternativa cero.	92
5.C	Costo anual de demoras, alternativa cero.	96
5.D	Costo global de transporte, alternativa cero.	98
5.E	Costo de construcción, alternativa uno.	100
5.F	Costo de mantenimiento, alternativa uno.	101
5.G	Costo anual de construcción y mantenimiento, alternativa uno.	102
5.H	Costo de operación, alternativa uno.	104
5.I	Costo global de transporte, alternativa cero.	106
5.J	Costo de construcción, alternativa dos	109
5.K	Costo de Mantenimiento, alternativa dos	110

5.L	Costo anual de construcción y mantenimiento, alternativa dos.	111
5.M	Costo de operación, alternativa dos	113
5.N	Costo global de transporte, alternativa dos.	114
6.A	Tabla comparativa, alternativa cero vs. alternativa uno.	122
6.B	Tabla comparativa, alternativa cero vs. alternativa dos.	124
6.C	Resumen de alternativas.	127

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG
1.1	Ubicación ruta MEX-180	5
1.2	Ruta carreteras	7
2.1	Tiempos de recorridos	21
2.2	Ubicación estudio de origen y destino	21
3.1	Nomograma para obtener el factor de ajuste "T" (terreno plano)	36
3.2	Nomograma para obtener el factor de ajuste "T" (terreno lomerío)	37
3.3	Nomograma para obtener el factor "T" (terreno montañoso).	38
3.4	Niveles de servicio	46

P L A N O S

- 4.1 Alternativas de solución
- 4.2 Secciones longitudinal y transversal puente propuesto.
- 7.1 Puente Zacatal, anteproyecto.
- 7.2 Puente Zacatal, anteproyecto detalles estructurales.