

300615

16
20j



UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SOCIO-ECONOMICO
DEL TRAMO TULUM-CANCUN EN BASE A LA
INGENIERIA DE TRANSITO"**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :

CARLOS RENE ORTEGA RODRIGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Raúl Aburto Saldaña

México, D. F.

Junio, 1991

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	INTRODUCCION.	
I	GENERALIDADES.	1
II	ANTECEDENTES.	7
111	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ESTUDIO.	10
IV	ANALISIS TECNICO - ECONOMICO.	30
V	TABLA DE PRELACION.	86
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
	BIBLIOGRAFIA.	

INTRODUCCION.

En el estudio referencia se ha empleado la metodología que utiliza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en la justificación de una obra vial específica.

Generalmente en éste tipo de estudios se obtienen en el renglón de beneficios los correspondientes a los ahorros por costos de operación vehicular y a los que se tendrían por reducción de accidentes, entre el camino existente y el de proyecto.

En el análisis económico del estudio que nos ocupa solo se atendió al segundo concepto, puesto que el ahorro por costos de operación no es de significación. Esto último, en función de que el tramo en estudio a la fecha presenta niveles de servicio bastante aceptables considerando los bajos volúmenes de tránsito vehicular que por allí circulan.

Se hace énfasis que con dicha metodología se obtienen los beneficios que tendría el usuario del camino al construirse la obra vial de referencia. Mismos que se manejan a través de Indices de rentabilidad, rentabilidad inmediata, valor neto presente y costo anual.

Dichos parámetros nos indican la factibilidad de construir la obra, atendiendo exclusivamente a aspectos netamente inherentes al camino mismo (volúmenes de tránsito, accidente de tránsito, características geométricas, longitud del tramo considerado, etc.), es decir no contempla factores externos al camino como podrían ser futuros desarrollos turísticos, plusvalía

por la construcción de la obra vial, etc., que a la fecha no se está en posibilidad de cuantificar.

Lo anterior nos lleva a concluir, que el presente estudio no contiene los elementos para cuantificar los índices de rentabilidad, rentabilidad inmediata, valor neto presente y costo anual bajo el enfoque de una recuperación de la inversión en forma directa, puesto que abundando en lo que ya se mencionó, el procedimiento utilizado refleja los beneficios directos al usuario del camino con la construcción de la obra de referencia al circular por la misma en forma más cómoda, económica y segura.

Ahora bien, considerando que los desarrollos turísticos y de servicio pronosticados a corto y mediano plazo en los poblados de Tulum, Playa del Carmen y Puerto Morelos, con relación a los de la Ciudad de Cancún; han motivado la preocupación del gobierno del Estado de Quintana Roo para dotar de una infraestructura caminera acorde a los desarrollos antes mencionados; es trabajo que aquí se presenta tiene como objeto ver la factibilidad de construir una obra de infraestructura vial que sea rentable, para el propósito arriba indicado.

I. GENERALIDADES

El desarrollo económico y político de México ha estado ligado estrechamente con el desarrollo caminero. Es posible diferenciar claramente periodos de la historia que se ligan con las características de su sistema de comunicación terrestre.

Antes de 1500 el comercio se extendía por toda Mesoamérica a través de miles de kilómetros de senderos angostos empinados, sin más especificación que la posibilidad de que un hombre pudiera transcurrir por ellos, buscando la distancia más corta. Donde se necesitaban más especificaciones, existían amplios y bien hechos caminos, como las calzadas que cruzaban el Lago de Texcoco para unir con tierra firme la isla de Tenochtitlán.

A la llegada de los españoles, con la introducción de los caballos, los palanquines de los carros, etc. hubo de modificar las características físicas de los caminos, se alteraron las rutas.

Al final del Virreinato había en México 7,000 Km. de caminos reales por los que se podía transitar en carreteras y 19,000 Km. de caminos de herradura.

Durante la época independiente las prolongadas luchas dañaron los caminos en forma considerable y se sumaron al abandono que venían sufriendo desde principios del siglo. La inestabilidad política y la falta de recursos públicos impidió que una vez consumada la independencia se mejorara la red de caminos cuya construcción quedo a cargo de la Secretaría de Estado y Despacho de Relaciones Interiores, creada en 1821.

En 1857 se crea la Administración General de Caminos y Peajes, el primer intento por centralizar las funciones encaminadas a satisfacer las necesidades de la comunicación.

El gobierno Porfirista prestó atención preferente al desarrollo ferroviario, lo que provocó el descuido de los caminos, muchos de los cuales se volvieron intransitables.

Al terminar el régimen Porfirista en 1911, el panorama era bastante desolador; carreteras destruidas, puentes volados, etc. y a ello se sumaba una cuantiosa deuda con el exterior.

Al iniciar el período post- revolucionario, el país inició la construcción del moderno sistema carretero que es hoy la base de su actividad económica.

En 1917, Venustiano Carranza creó la Dirección de Caminos y Puentes, dependientes de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

El 6 de abril de 1925, Plutarco Elías Calles creó la Comisión Nacional de Caminos que recibió facultades para administrar y ampliar los impuestos recaudados sobre ventas de gasolina.

En 1950 se inició la construcción de la primera autopista en México, la México - Cuernavaca, que fué terminada en 1952.

Durante la administración de Adolfo López Mateos (1958 - 1964) se construyeron 35 carreteras federales.

En el período de Gustavo Díaz Ordaz (1964 - 1970) se invirtieron 4,675.4 millones de pesos en construcción de caminos.

Para 1970, el gobierno trazó entonces un programa de caminos vecinales cuyo fin era de transformar parte de los 330 mil Km. de brechas existentes, en caminos transitables.

La relación de causa a efecto de la red caminera en el desarrollo se propone claramente de manifiesto al analizar el desarrollo del país. Se aprecia la respuesta inmediata al camino. Se advierte como las regiones por las que cruza emergen a un desarrollo incipiente o se provoca la aceleración del crecimiento, aún en la misma década en que se produce el camino.

Se define la carretera de vinculación o de función social que tiene como propósito acceder a núcleos de población carentes anteriormente de medios de comunicación para llevar salud, educación, etc. y elevar sus niveles de vida. El criterio para definir su bondad estriba, principalmente, en determinar el número de habitantes que se beneficiarán directamente con el camino.

También se definen los caminos destinados a incorporar nuevas áreas al proceso de desarrollo. El criterio para valorarlos consiste en estimar el incremento en el valor de la producción que se agregará a la economía, como resultado de la disponibilidad del camino.

Finalmente se definen los caminos destinados a disminuir los

costos de transporte y que constituyen vías alternas para comunicar puntos ya vinculados y que se valoran por la cuantificación de los ahorros que producirán los índices de rentabilidad.

Destaca el criterio de la adaptación constante del camino al tránsito, para no producir una red de caminos, con especificación muy generosa para el escaso tráfico y evitar así la nociva subutilización del capital invertido.

Surge así el camino de mano de obra, en respuesta a la necesidad de comunicar casi 80 mil comunidades antes aislada vinculadas en forma temporal, intermitente por antiguas brechas, que son susceptibles de convertirse en caminos transitables en todo tiempo.

Los caminos, han constituido la base del sistema circulatorio nacional, y que éste, a su vez, forma la trama donde se han ido - inscribiendo los principales signos del desarrollo.

Los caminos, propician, a la par que el progreso, la integración de los mexicanos a una sociedad unida, liberándolos de la incomunicación: realidad y aspiración, al mismo tiempo, que se define con la expresión de desarrollo compartido.

La red, en su conjunto, nunca podrá concebirse como una tarea consumada, pues a medida que se extiende, comunica de modo simultáneo centros poblados, fuentes de producción y áreas

potenciales, que a su influjo crecen y se multiplican, generando nuevas demandas de comunicación u obligando a mejorar las especificaciones. En este sentido, la previsión, proyección y ejecución de caminos debe formar parte esencial de los programas de desarrollo.

El sistema troncal vincula las grandes concentraciones urbanas, que son a la vez los principales centros de actividad económica, administrativa y de servicios; pero si el crecimiento de las ciudades, a menudo solo regido por la espontaneidad de la demanda, no corresponde a previsiones de orden vial, ocurrirán congestiones y trastornos que obstruirán en gran parte las terminales de los caminos. Las carreteras no pueden concebirse al margen de la vialidad urbana, pues unas y otras son parte del mismo sistema de circulación, cuya fluidez depende de las carreteras urbanas; es decir, de los libramientos y vías de distribución.

La crisis financiera a partir de 1982, obligó a las autoridades a un nuevo cambio, ampliar la comunicación con escasez de recursos, por lo que se obligaba al ingeniero al empleo de técnicas de bajo costo que permitían financiar este tipo de obras. Esto causó un atraso de calidad en la construcción de carreteras.

La solución a este problema, que ya se tenía planeado desde tiempo atrás pero hasta ahora se puede llevar a efecto, es la concesión de carreteras en que las carreteras son construídas por particulares.

Las carreteras federales (troncales) , comunican a la capital -

con las fronteras y puertos; unen capitales de estados y ligan nuestro territorio.

Las carreteras de cuota tienen como principal objetivo el mejorar los índices de seguridad, velocidad y economía en el transporte. Entre 1989 y 1994 se concesionarán 4,000 Km. de autopista, con un monto equivalente a 6.6 billones de dólares.

Las carreteras estatales alimentadoras son de tipo local o regional. Integración a nivel estatal con cabeceras municipales y con los principales centro de producción y consumo de la entidad.

El objetivo de los caminos rurales es sacar la producción de los centros agrícolas a los lugares de consumo. Son caminos de bajo costo, transitables todo el año, pero presentan un deterioro muy rápido.

II. ANTECEDENTES.

Ubicada en la península Yucateca y ante la belleza incomparable de los mares del caribe, Quintana Roo limita al Norte con el golfo de México, al sur con Belice y Guatemala, al Este con el Mar de las Antillas y al Oeste con Yucatán y Campeche; sobresale por haber sido también reducto de esa gran sabiduría Maya, que por cierto no esclarecida por completo, ya que aún guarda en absoluto secreto conocimientos que no se han desentrañado del todo, como lo prueba aquellos que ocultan sus centros ceremoniales de Tulum y Kohunlich.

Fue por azares de la época porfiriana, una auténtica región totalmente desvinculada de la nación, ya que se le empleó prácticamente para establecer una colonia penal, llegando, por ello, pronto a ella todos aquellos contrarios al régimen dictatorial, así como también, de todo el país, aquellos que mantenían una actitud política sospechosa. Empero, dicho panorama de "infierno verde" como se le llamó, pronto fue remodelado al designarsele por decreto presidencial, de Noviembre 24 de 1902, territorio, llevando consigo el nombre de uno de sus hijos más ilustres: "Quintana Roo". A tal grado fue su cambio y desarrollo progresista que a la vuelta de 72 años más tarde (1974) adquiere, por apoyo presidencial del Lic. Luis Echeverría, el título de Estado, cerrando así con broche de oro la existencia de cualquier otro territorio en nuestro país.

Es una grata belleza sus islas, su clima y su hermosísimo mar transparente, abundante en peces multicolores.

Se ha convertido por ello, sin duda alguna, también, en el sitio ideal para viajar, con objeto de conocer lo sorprendente de su -

paisaje, envuelto siempre en ese gran clima de tranquilidad, que a cual más deja asombrado, sobre todo, si se contempla desde sus orillas esas blanquecinas playas, que resaltan en su fondo con ese bello marco que forman su armonioso azul del cielo y apacible mar; dejando en tierra firme esa misteriosa e inescrutable selva, que esconde en sus interiores una gran variedad de especies, propias para practicar la caza y su no menos notables e históricas ruinas del Real, Cedral, Bacalar, Macanox, Nohoch-Mul, Kohunridge, Coba y Tulúm bellamente enmarcadas por la presencia de sus sagrados " cenotes " .

Dadas las características físicas, Quintana Roo solamente cuenta con tierras de labor cerca de las poblaciones. Sin embargo produce aguacate, coco de aceite y de agua, maíz, frijol, chile, camote, yuca. Su producción forestal es rica en Caoba, Cedro rojo, Ebano, Chicozapote, Palo Campeche, Palo Brasil, etc.

Durante mucho tiempo Quintana Roo tuvo el problema de una casi absoluta falta de comunicaciones terrestres; problema que poco a poco ha sido resuelto aunque solamente en parte. Es de esperarse que cuente pronto con comunicaciones fáciles y económicas que le permita dar salida a su producción.

La carretera a la que se refiere el estudio es la Reforma Agraria - Puerto Juárez que es el camino federal 307 y el tramo Tulúm a Cancún.

Hablando un poco del tramo podemos decir que es una zona altamente turística.

Lugar preferido del turismo nacional y extranjero que sin duda ayudará poderosamente a la economía del Estado. Ante el creciente desarrollo comercial y turístico actual y del que se avizora en el futuro inmediato, realizaremos un estudio de factibilidad económica que conduzca a determinar la rentabilidad del mejoramiento de la carretera, Reforma Agraria - Puerto Juárez en el tramo de Tulum - Cancún mediante la modernización consistente en la ampliación de la sección actual o en base a la construcción de una sección Tipo autopista ampliando el cuerpo actual adicionando un cuerpo de similares características.

**III. FACTORES QUE
INTERVIENEN EN EL ESTUDIO.**

- 3.1 INGENIERIA DE TRANSITO**
- 3.2 UNIDADES Y DEFINICIONES**
 - UNIDADES
 - TRANSITO PROMEDIO DIARIO
 - VOLUMENES HORARIOS
 - COMPOSICION DE LOS VOLUMENES
 - VARIACIONES PERIODICAS DE LOS VOLUMENES
 - VARIACIONES (DIARIAS, SEMANAL, ANUAL)
- 3.3 AFOROS**
 - OBJETO DE LOS AFOROS
 - METODO DE AFORO
- 3.4 NIVELES DE SERVICIO**

Con el siglo XX llega de repente un nuevo elemento que revoluciona por completo todo el mecanismo del transporte terrestre: el vehículo automotor. Al principio no era más que un extraño " artefacto " deportivo, un artículo de lujo para ciertas personas adineradas y noveleras, pero poco a poco ese " coche sin caballos " se fue popularizando hasta convertirse en un medio sumamente útil y práctico para el transporte de personas y mercancías.

El nuevo vehículo encontró a los caminos en pésimo estado, después de un largo período de predominio ferroviario, y fue preciso repararlos a toda prisa. Pero no bastaba con remendar los viejos caminos esclavos de la topografía, había que adaptarlos a las características del veloz vehículo automotor y construir además muchos nuevos caminos para que ese vehículo pudiera llegar a más lugares.

Entonces los ingenieros y constructores viales concentraron sus esfuerzos en proporcionar caminos resistentes y libres de "polvo y fango" al nuevo señor del transporte, dejando la responsabilidad de la seguridad y ordenamiento de la circulación de vehículos en los mismos, a la policía y a los propios usuarios del camino.

Al principio las cosas marcharon bien, los vehículos automotores, eran escasos y sus velocidades no se iban muy por encima de las que desarrollaban los vehículos de tracción animal, pero pronto cambio el panorama.

El número de vehículos automotores creció vertiginosamente

y los conflictos que crearon se multiplicaron en proporciones aterradoras, produciendo lamentables accidentes y congestionando vías que no habían sido proyectadas para ellos. La policía de tránsito aplicaba restricciones y mas restricciones a los vehículos para evitar conflictos, pero muchas veces era preciso ganar la seguridad a costa de hacer perder más tiempo a los ocupantes de los vehículos.

El problema se agravaba en las ciudades donde era mayor la concentración de vehículos, y donde resultaba más difícil modificar las estructuras de las vías debido a la presencia de edificaciones que las bordeaban. Además, el elevado costo del terreno hacía poco menos que imposible realizar reformas urbanas como las que se hacían en tiempos del Barón de Haussman.

Pero en los caminos rurales la situación no era tampoco muy halagüeña. Los vehículos habían alcanzado velocidades tan altas, que irregularidades en las vías, que hasta entonces se habían considerado como tolerables, constituían de repente terribles amenazas para la seguridad de los usuarios del camino.

Aquí la policía también aplicó restricciones más o menos arbitrarias, que si bien disminuían los peligros de accidentes, no permitían aprovechar todos los adelantos incorporados al vehículo motorizado. Los ingenieros viales, por su parte, suavizaban curvas, disminuían pendientes y evitaban cruces a nivel, pero nunca sabían exactamente el efecto que causaban esas mejoras en los usuarios de las vías. Sus estudios no solían incluir el elemento humano.

El problema necesitaba un enfoque técnico, pero partiendo no sólo de estudios sobre el movimiento de los vehículos en la vía, sino también sobre los causantes directos de esos movimientos: los conductores de los vehículos. Era preciso crear una verdadera técnica de la circulación que tuviera en cuenta a la vez leyes físicas y factores humanos; y esa técnica fue tomando cuerpo en el país donde los problemas de tránsito adquirirían mayores proporciones; es decir en los E.U.

En la década que siguió al año 1920 se empezó a desarrollar en la Unión Norteamericana una disciplina, una especialidad profesional dentro del campo de la Ingeniería Civil orientada hacia el tránsito. En 1930 se definió por completo la nueva profesión y sus miembros fundaron el " Institute of Traffic Engineers "; o sea, un instituto de " Ingenieros de Tránsito ". Y cuál era la función de esos flamantes ingenieros de tránsito? Al principio su actividad estuvo centrada principalmente en el estudio de los accidentes de tránsito y forma de evitarlos, pero paulatinamente su campo se fue ensanchando para tratar de abarcar los numerosos factores que intervienen en el complejo fenómeno del tránsito. Al mismo tiempo, prácticas puramente empíricas fueron dando paso a procedimientos más racionales, al extremo que hoy en día se puede decir que está definitivamente establecida una ciencia que se denomina " Ingeniería de Tránsito".

Esa rama de la ingeniería se ocupa de estudiar las características de los cuatro elementos fundamentales del tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo y la vía, así como las relaciones entre esos elementos. Como instrumentos básicos para adquirir la información necesaria, esta ciencia ha desarrollado métodos sistemáticos de captación de la misma que se denominan estudios de tránsito.

Gracias a estos estudios se pueden conocer datos tan importantes como el número de vehículos que circula por una vía en un tiempo determinado, sus velocidades, sus acciones mutuas, los lugares donde sus conductores desean estacionarlos, los sitios donde se concentran los accidentes de tránsito, etc. El cálculo de las probabilidades y los métodos estadísticos son auxiliares eficacísimos para planear estos estudios y analizar sus resultados.

Uno de los grandes pasos de avances que ha dado la Ingeniería de Tránsito, ha sido la determinación cuantitativa y con un grado de exactitud suficiente de la capacidad de las vías; es decir, el número de vehículos que puede evacuar un camino o calle durante cierto período de tiempo. Trabajando con datos numéricos sobre volúmenes de tránsito y capacidades de vías, puede el ingeniero de tránsito atacar sus problemas con la misma precisión científica con que el ingeniero estructural aplica sus esfuerzos y resistencias.

Basándose en el conocimiento técnico del mecanismo de la circulación de los vehículos, la ingeniería de tránsito puede mejorar esa circulación mediante la aplicación de medios restrictivos en forma racional. Esos medios se han empleado de un modo u otro desde que hubo vías y vehículos, siguiendo criterios mas o menos arbitrarios, pero cuando las restricciones se llevan al campo de la ingeniería, como sucede ahora, se racionalizan y se aplican de acuerdo a procedimientos sistemáticos, lo que multiplica su eficacia.

Los medios restrictivos son las disposiciones legales sobre tránsito, de carácter general y reglamentaciones específicas para casos particulares. Tan importante como las restricciones es la manera de hacerlas saber a los usuarios de las vías, y por esta -

razón la Ingeniería de Tránsito se ocupa de los procedimientos apropiados para divulgar las reglamentaciones del tránsito y de lograr mayor eficiencia en el diseño, construcción, ubicación y funcionamiento de los dispositivos para regular el tránsito, tales como señales, marcas en los pavimentos, semáforos, etc. y desde luego, tampoco son ajenos a esta nueva rama de la ingeniería los métodos coercitivos o educativos encaminados a asegurar el cumplimiento de las restricciones aludidas y a mejorar el comportamiento de conductores y peatones en lo referente al tránsito.

Los medios restrictivos ejercen su acción sobre conductores, peatones y vehículos, pero además de ellos, la Ingeniería de Tránsito puede aplicar otra clase de métodos para mejorar la circulación de los vehículos: los MEDIOS CONSTRUCTIVOS; esta vez actuando principalmente sobre la vía. Es posible mejorar la circulación de los vehículos si se efectúan modificaciones en las vías existentes, tales como ensanches, canalizaciones, pasos a desnivel, etc.; pero también se logra este objetivo influyendo sobre los proyectistas de camino y calles para que preparen sus proyectos, no solamente siguiendo criterios estructurales, estéticos, económicos, etc., sino también de acuerdo a criterios funcionales. De este modo las vías pueden hacerse " a la medida " del tránsito que va a circular por ellas.

La Ingeniería de Tránsito puede contestar ahora acertadamente muchas preguntas que siempre se hacían los proyectistas de vías sin que pudieran encontrar respuestas satisfactorias. Entre esas preguntas estaban las siguientes: Cuál debe ser el ancho apropiado de una calle o carretera? Cuáles son los efectos de las distintas clases de vehículos sobre la circulación?.

A qué distancia del borde de una vía debe estar un obstáculo para que no cauce efectos psicológicos en los conductores de vehículos? Qué iluminaciones nocturnas son apropiadas para distintos volúmenes de vehículos y peatones?

Gracias a los progresos de la Ingeniería de Tránsito se ha podido proyectar un tipo de vía capaz de conducir grandes masas de vehículos a altas velocidades y con máxima seguridad: la autopista. Estas vías, además de facilitar el movimiento de las corrientes vehiculares, pueden sustraer muchos vehículos de otras vías congestionadas, por lo que constituyen un medio constructivo para facilitar la circulación. Otro medio de esa índole que interesa a la Ingeniería de Tránsito son las terminales para que paren o estacionen vehículos fuera de la vía pública, a fin de que no estorben a la circulación. Otro medio de esa índole que interesa a la Ingeniería de Tránsito son las terminales para que paren o estacionen vehículos fuera de la vía pública, a fin de que no estorben a la circulación y también para que sus conductores puedan encontrar fácilmente el espacio necesario para estacionar o parar.

Muchas veces la solución apropiada de un problema de tránsito no reside en la aplicación de más medidas restrictivas a los usuarios de las vías ni en hacer más mejoras en las propias vías; sino en desviar por otras vías a vehículos que no tienen que pasar necesariamente por los lugares críticos, o bien en hacer que disminuya el número de vehículos destinados a una zona congestionada. Para encontrar ese tipo de solución, la Ingeniería de Tránsito se ve precisada a invadir el campo de la ciencia del planeamiento.

Mediante estudios de origen y destino se pueden conocer los -

lugares de donde viven los ocupantes de los vehículos y los sitios a donde se dirigen, y es posible determinar las trayectorias ideales que ellos desearían seguir. Esto da la pauta para saber donde se deben construir o mejorar vías que sirvan como desviaciones para que muchos vehículos no pasen por los lugares congestionados. Sin embargo, cuando se trata de planear concienzudamente un sistema de vías, los datos de los estudios de origen y destino no son suficientes, pues solo se refieren al tránsito presente y hay que planear las vías para que presten un servicio eficiente durante muchos años. Entonces es necesario estudiar la forma en que se genera y distribuye el tránsito, a fin de poder pronosticar cuales serán las necesidades de circulación en el futuro y planear el sistema de vías de acuerdo con ellas.

La Ingeniería de Tránsito no puede hacer por sí sola que disminuya el número de vehículos destinados a zonas congestionadas, sino que debe colaborar con la ciencia del planeamiento a fin de proyectar cambios en la distribución de las actividades humanas en la región considerada; o bien, tratar de que gran parte de los viajes a la zona crítica no se realicen en automóviles sino en vehículos de transporte colectivo, que llevan muchos pasajeros de una sola vez y que en muchos casos circulan fuera de la vía pública. Por eso, lo relativo a los transportes colectivos no escapa del interés de la Ingeniería de Tránsito.

Todo lo expuesto en los párrafos anteriores ha tenido como fin tratar de dar una idea general sobre lo que es la Ingeniería de Tránsito, de la necesidad de su existencia y del vasto campo que abarca. Es una nueva ciencia que todavía está en pleno desarrollo y es de esperar que ocurran varios cambios en ella, pero su objetivo ya está perfectamente definido. Quizá la manera más sucinta de expresar lo que significa la Ingeniería de Tránsito sea repetir la definición de la misma dada por el " Institute of Traffic Engineers " de los Estados Unidos que dice :

" Ingeniería de Tránsito es: la rama de la Ingeniería que trata del planeamiento de calles, carreteras y zonas anexas a ellas, del proyecto de sus características geométricas y de la circulación del tránsito en las mismas; con vistas a su empleo para transportar personas y cosas en forma segura, económica y cómoda ".

3.2 UNIDADES Y DEFINICIONES

- Unidades

Las unidades de tránsito son los vehículos de todas las clases: automóviles, ómnibus, camiones, motocicletas, etc., y los peatones. Sin embargo, a fin de emplear la nomenclatura que habitual, entenderemos que el " Volumen " a secas se compone solamente de vehículos y cuando se trate de peatones los indicaremos explícitamente.

El volumen de tránsito se expresa generalmente en número de vehículo por una unidad de tiempo que es generalmente el día o la hora. En las determinaciones de volúmenes pueden considerarse todos los vehículos que circulan por una vía, en un solo sentido o en ambos; o bien, los que van por un solo carril.

Volúmenes de Tránsito

Se denomina volumen de tránsito al número de unidades de tránsito que pasan por un punto dado en un período específico de tiempo.

El conocimiento de los volúmenes de tránsito es básico para evaluar el movimiento vehicular, debido a que proporciona una escala de comparación mostrando la importancia relativa de las distintas obras, interviniendo en la planeación, en el diseño de carreteras y en la estimación de la recuperación de la inversión para un determinado proyecto; así también intervienen en el establecimiento de prioridades para la conservación y modernización de caminos existentes.

En el aspecto operacional el conocimiento de este dato básico, permite hacer una comparación entre la oferta y la demanda de servicio de una carretera, esto significa que se puede obtener en forma cualitativa y cuantitativa, la calidad de servicio que el camino esta proporcionando al flujo vehicular que circula por el mismo.

- Tránsito Promedio Diario

Se suele llamar tránsito promedio Diario (T. P. D.) el promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en cierto período de tiempo. Salvo que se indique lo contrario el período de tiempo es de un año.

El T.P.D. se emplea especialmente en estudios económicos, porque representa la utilización o servicio de la vía y sirve para hacer distribuciones de fondos, planear vías, realizar estudios sobre ingresos viales, etc.; pero no se puede usar para determinar las características geométricas que debe tener una vía.

- **Volúmenes Horarios**

Son los que resultan de dividir el número de vehículos que pasan por un punto en un período de tiempo, entre el valor de ese período de tiempo en horas. Los volúmenes horarios máximos se utilizan para proyectar los detalles geométricos de las vías, determinar su posible deficiencia en capacidad y planear programas para regular el tránsito.

- **Composición de los Volúmenes**

En general los volúmenes de tránsito están compuestos de unidades muy heterogéneas y esta tendencia se acentúa a medida que aumenta el número de vehículos por unidad de longitud de vía. Es necesario conocer la composición de estos volúmenes principalmente por las siguientes razones:

- 1.- Los efectos que ejercen los vehículos entre sí, dependen de sus características. Por ejemplo, los vehículos lentos suelen limitar la velocidad de los que van detrás de ellos y los que

hacen paradas frecuentes entorpecen la circulación de todos. La composición de la corriente de vehículos que pasa por una vía influye, por lo tanto en su capacidad.

2.- La proporción de vehículos de grandes dimensiones radios de giro determina las características geométricas que deben tener las vías y el peso de los vehículos, sus características estructurales.

3.- Los recursos que se pueden obtener de los usuarios una vía dependen entre otras cosas, del porcentaje de vehículos comerciales que circulan por ella.

- **Variaciones Periódicas de los Volúmenes.**

El volumen de tránsito sufre variaciones periódicas con las horas del día, los días de la semana y los meses del año. Es preciso tener en cuenta también las diferencias entre los volúmenes que circulan por una vía en distintos sentidos.

- **Variaciones Diarias.**

El volumen de tránsito es diferente a lo largo de las 24 horas del día. En vías urbanas acusa variaciones muy marcadas, de acuerdo con el movimiento de las personas en su vida cotidiana. En las vías rurales los cambios son más graduales, a no ser que estas vías se encuentren cerca de ciudades.

- **Variación Semanal.**

En una vía, el volumen de tránsito cambia con el día de la semana. Hay fluctuaciones pequeñas de lunes a viernes, pero las alteraciones mayores corresponden a los sábados y domingos. Esto permite simplificar los estudios pues puede tomarse un volumen común para los días entre semana y considerar aparte el sábado y el domingo.

- **Variación Anual.**

También el volumen de tránsito suele variar durante el año, con los meses o con las estaciones, siendo generalmente mayor durante el verano. Las fluctuaciones anuales son mucho más pronunciadas en vías rurales que en vías urbanas.

- **Variación por Sentido.**

En la mayoría de las vías urbanas y en algunas vías rurales hay grandes diferencias entre el tránsito que circula en un sentido y el que va en sentido contrario en un momento determinado.

3.3 AFOROS

Para conocer la magnitud de los volúmenes, así como su -

evolución, se instalan en el sistema nacional de caminos estaciones de aforo de vehículos de muestra semanal.

- **Objeto de los Aforos.**

Uno de los primeros pasos en cualquier estudio de tránsito es la evaluación de los movimientos que se producen, para lo que es preciso medir el número de vehículos que pasan por cada carril en un determinado período de tiempo.

Los objetivos que normalmente se pretenden a través de los aforos, todos ellos encaminados a conocer aspectos importantes de la demanda de tráfico, como son su intensidad y composición, se resume a continuación.

- 1.- Comparación sobre bases objetivas entre unas vías y otras, a los efectos de cualquier programa de actuación.
- 2.- Justificación económica de las inversiones en las que el tráfico puede intervenir como variable.
- 3.- Determinación de las características físicas de las vías, especialmente en los cruces, de acuerdo con las necesidades del tráfico.
- 4.- Establecimiento de la señalación fija o automática.

5.- **Asignaciones de tráfico a nuevas vías.**

6.- **Elementos de investigación.**

De los datos de los aforos en una calle o carretera, convenientemente elaborados, se pueden obtener de la IMD (Intensidad media diaria anual) las intensidades horarias, la composición del tráfico, la distribución por sentidos, los movimientos de giro y la intensidad de tráfico de peatones.

- **Métodos de Aforos.**

Los aforos pueden realizarse por medios automáticos o manualmente. La conveniencia de seguir uno u otro sistema depende en parte de los medios disponibles y en parte de los resultados que se pretenden. Los aforos automáticos en general sirven para estudiar los movimientos de giro o la composición del tráfico y los manuales se hacen difícilmente si las intensidades horarias son muy elevadas o si se requiere un conocimiento continuo de la intensidad. En ciertas ocasiones, las condiciones físicas de la vía dificultan la instalación de contadores automáticos, siendo necesario en esos casos recurrir siempre a procedimientos manuales.

- **Aforo Manual.**

Si se cuenta con suficiente personal y adecuadamente -

preparado, los aforos manuales suministran una información más completa durante períodos de tiempos cortos. Sin embargo, mantener una información permanente con aforos manuales es muy difícil y costoso.

Para realizar un aforo manual un observador anota el paso de cada vehículo rellenando un formato especial, o actuando sobre contadores manuales montados sobre bandejas especiales, cada vez que un vehículo realiza el movimiento elemental que se está aforando.

Si las intensidades horarias son elevadas, o si se requiere información simultánea de muchos movimientos o de tipos de vehículos, son necesarios varios observadores. La experiencia demuestra que si se superan los 2,000 vehículos/hora, es difícil realizar aforos manuales prolongados, aún con observadores bien entrenados, pues se requiere una atención muy concentrada. Es aconsejable, si es preciso clasificar los vehículos, no pasar de 800 veh/hora por observador. A veces se realizan aforos manuales en períodos muy cortos inferiores a 15 minutos, de forma que un solo observador puede recoger datos, en la misma hora, de varios movimientos diferentes.

- Aforos Automáticos.

Hasta hace pocos años los contadores automáticos utilizados para los aforos eran casi exclusivamente de tipo neumático y en -

ellos un vehículo al pisar un tubo de goma extendido sobre la calzada transmite un impulso a una membrana que cierra un circuito eléctrico.

Con idéntico sistema de funcionamiento existen dos tipos de aparatos: unos totalizadores, que simplemente van acumulando todos los impulsos que reciben, y otros registradores, dotados de un aparato de relojería que imprime sobre una cinta el número de vehículos que pasa cada cierto tiempo en general una hora.

Otros aparatos que funcionan por un sistema análogo, registran gráficamente el paso de vehículos.

Con aparatos de tipo neumático puede conseguirse fácilmente una precisión del 10 por 100, aunque teóricamente es posible llegar a un error inferior al 4 ó 5 por 100.

Influye bastante el cuidado y la experiencia de los operarios que los manejan y de los que atienden a su conservación y reparaciones. El estado de la calzada e incluso la temperatura pueden tener una cierta influencia en la precisión de aforos.

- **Estaciones Permanentes.**

Su objetivo esencial es obtener una información total y continua del tráfico en tramos representativos de la red, para -

conocer las tendencias a largo plazo en cuanto a aumento de circulación, distribuciones típicas anuales, semanales y diarias e intensidades en hora punta.

3.4 NIVELES DE SERVICIO

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

El nivel de servicio se define, como hipótesis ideal, toma en cuenta los siguientes factores:

- a) Velocidad y tiempo de recorrido, considerando no sólo velocidad instantánea, sino el tiempo necesario para recorrer el tramo.

- b) Interrupciones de tráfico, es decir, número de paradas por kilómetros: y su duración, así como la magnitud y frecuencia de los bruscos cambios de velocidad necesarios para mantenerse en la corriente de tráfico.

- c) Libertad de maniobra para mantener la velocidad deseada.

- d) Seguridad, incluyendo no sólo los índices de accidentes sino el peligro potencial.

e) Comodidad en la conducción.

La complicación que supone valorar todos estos factores, puesto que no hay experiencia suficiente para comparar elementos heterogeneos, justifica, según el criterio del manual de capacidad, basar la identificación de los niveles de servicio sólo en el primero de los factores, es decir, en la velocidad o tiempo empleado en recorrer un tramo.

El manual recomienda añadir un segundo criterio: la relación entre la intensidad de servicio y la capacidad, o de la intensidad de tráfico prevista y la capacidad (índice de servicio o relación i/c).

Se ha demostrado que a una velocidad alta no corresponde necesariamente una mayor seguridad, sino que más bien la relación entre intensidad de circulación y seguridad - medida ésta por el índice de accidentes por veh-Km. recorrido - es una curva en forma de U en las autopistas y que decrece continuamente al aumentar la intensidad, en las carreteras de dos carriles.

Puesto que la velocidad - o tiempo de recorrido - no depende sólo de la intensidad de tráfico, sino de las características geométricas de la vía y de la pavimentación, no es posible establecer con carácter general unos niveles de servicio aplicables a todas las vías, siendo necesario referirlos a cada tipo de concreto.

Los niveles de servicio deben establecerse para tramos de cierta longitud, aunque varíe en ellos la capacidad, por cambios -

físicos de la vía, o de tráfico, por entradas o salidas. La clasificación del nivel de servicio del tramo debe tener en cuenta dentro de ciertos límites, las diversas circunstancias de cada subtramo y su efecto en el conjunto.

El nivel " A " corresponde a una situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, solo limitadas por las condiciones físicas de la vía. Los conductores no se ven forzados a mantener una determinada velocidad por causa de otros vehículos.

El nivel " B " corresponde a una circulación estable, es decir, que no se producen cambios bruscos en la velocidad, aunque ésta ya comienza a ser condicionada por los otros vehículos pero los conductores pueden mantener velocidades de servicio razonables, y en general eligen el carril por donde circulan.

El nivel " C " corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionada por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles, aunque las condiciones de circulación son todavía muy tolerables.

El nivel " D " corresponde a situaciones que empieza ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tráfico. En esta situación, unos aumentos pequeños de la intensidad obligan a

cambios importantes de la velocidad. Aunque la conducción ya no resulte cómoda, ésta situación puede ser tolerable durante períodos no muy largos.

El nivel " E " supone que la intensidad del tráfico es ya próxima a la capacidad de la vía, y las velocidades no pueden rebasar normalmente los 50km/hr. Las detenciones son frecuentes siendo o forzadas las condiciones de circulación.

Por último el nivel " F ", corresponde a una circulación muy forzada, a velocidades bajas y con colas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas.

IV.

ANALISIS

TECNICO - ECONOMICO

- 4.1 CONSIDERACIONES GENERALES**
- 4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION**
- 4.3 ANALISIS DEL ESTUDIO**
- 4.4 ALTERNATIVAS.**

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para propósitos del desarrollo del presente trabajo se toman como base de partida los puntos que enseguida se relacionan:

Relativos al camino y al tránsito vehicular.

1.- El tramo en estudio se refiere al que comunica a Tulum pueblo con el entronque al Aeropuerto Internacional de Cancún; con una longitud de 114.3 kilómetros.

2.- Para fines de análisis, el tramo anterior se ha subdividido en los siguientes subtramos:

- | | | |
|-------|---------------------------------------|-----------|
| a) .- | Tulum pueblo-Playa del Carmen con | 62.3 kms. |
| b) .- | Playa del Carmen-Puerto Morelos con | 32.0 kms. |
| c) .- | Puerto Morelos-Ent. Aeropuerto Cancún | 20.0 kms. |

3.- La construcción de la obra vial en cuestión, se realizará en un período de 3 años.

Relativos al Financiamiento.

1.- El costo de construcción, reconstrucción y mantenimiento de una autopista a precios de 1990 son 790, 265 y 12 millones de pesos por kilómetro, respectivamente.

2.- El costo de construcción, reconstrucción y mantenimiento para su modernización a precios de 1990 son 400, 130.5 y 4 millones de pesos por kilómetro, respectivamente.

3.- La estimación del costo de construcción se ha hecho considerando los conceptos de desmonte, terracerías, subrasante, sub-base, base, carpeta y sello; sin incluir los costos de entronque a nivel o desnivel, según el tipo de construcción elegida, así como tampoco el señalamiento elevado; el pago de afectaciones, etc.

4.- Para el horizonte de proyecto de las obras viales en cuestión, se han considerado reconstrucciones a 5 y 10 años de haberse terminado la obra; así como la realización de mantenimientos anuales.

5.- No se toman en cuenta en los análisis, los beneficios resultantes de la plusvalía que tendrán los terrenos colindantes al quedar concluida la obra vial.

6.- Se considera una tasa de descuento del 12 % en lo que respecta a la amortización del capital invertido en la construcción de la infraestructura de referencia.

4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Alternativa 1

Descripción

Consiste en la construcción de una autopista de 114.3 kilómetros de longitud comprendida de Tulum pueblo al entronque del Aeropuerto Internacional de Cancún; constituida por 2 cuerpos de 12.0 metros de corona cada uno, con 2 carriles de circulación por sentido y acotamientos a ambos lados de 2.5 metros.

Debe entenderse que aunque arbitrariamente se le ha dado el término autopista, en la realidad esto es válido para la sección tipo propuesta; más, desde el punto de vista operacional no podría considerarse de esta manera toda vez que en este trabajo preeliminar no se ha incluido en la solución, la eliminación de los entronques a nivel ni los accesos a propiedades particulares.

Alternativa 2

Se refiere a la modernización del cuerpo actual ampliando su sección a 12.0 metros de corona para permitir un carril por -

sentido y 2.5 metros de acotamiento a ambos lados. Esto es una longitud de 114.3 kilómetros que comprende desde Tulúm pueblo hasta el entronque al Aeropuerto Internacional de Cancún.

Alternativa 3

Esta alternativa esta integrada por dos subtramos, Tulúm pueblo-Puerto Morelos, y Puerto Morelos-Aeropuerto Internacional de Cancún.

1.- Primer subtramo: Tulúm pueblo - Puerto Morelos, con longitud de 94.3 km. consistente en la modernización de cuerpo actual al 12.0 metros de corona, lo cual nos permitirá alojar 2 carriles, uno por sentido y acotamientos a ambos lados.

2.- Segundo subtramo: Puerto Morelos - entronque Aeropuerto Internacional de Cancún, con longitud de 20.0 km. Este subtramo consiste en construir una autopista con dos cuerpos de 12.0 metros cada uno, lo cual nos permite alojar 2 carriles de circulación por sentido y sus respectivos acotamientos.

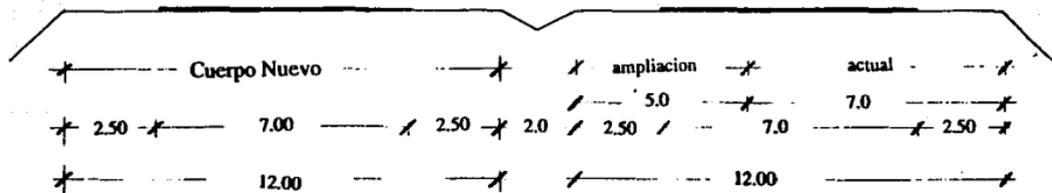
Alternativa 4

Esta alternativa está constituida por dos subtramos de diferente sección.

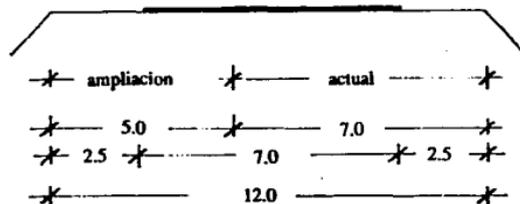
1.- Subtramo Tulúm pueblo - Playa del Carmen a través de una sección modernizada cuyo desarrollo será de 62.3 kilómetros.

2.- Subtramo Playa del Carmen - entronque Aeropuerto Internacional de Cancún, con una sección tipo autopista de 52.0 kilómetros de longitud.

SECCION TIPO PARA AUTOPISTA



SECCION PARA MODERNIZACION DEL CUERPO ACTUAL



4.3 ANALISIS DEL ESTUDIO

El método que se aplica en este estudio es el que utiliza la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, el cual actualiza costos y calcula indicadores económicos, que son primordiales en la toma de conclusiones y recomendaciones.

- Los costos en la autopista y en la modernización están expresados, para facilitar el cálculo, por 10^3 .
- El costo promedio por herido es un dato constante, obtenido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de las Aseguradoras, siendo el costo promedio \$ 13 485 ($\times 10^3$).
- El cálculo del pago de indemnización se obtiene:

$$\text{Sal. Min. Nal.} = \frac{11\,900 + 11\,000 + 9\,920}{3} = 10.94 (\times 10^3)$$

$$\text{Salario mínimo Promedio} \quad \$ 10.94$$

$$\text{Salario mínimo real} = 10.94 \times 1.54 = 16.848 (\times 10^3)$$

El pago por indemnización será el siguiente:

$$16.848 \times 4 \times 365.25 \times 5 = 123.075 (\times 10^3)$$

Cuatro veces el Salario Mínimo Real multiplicado por cinco veces el promedio del ciclo que forman los años.

- Erogación: $(LT/TO) \times COSTO \times (1+i)^N$

Donde:

LT: Longitud del tramo (para todas las fórmulas)

TO: Tiempo de obra; sea construcción o modernización, para este caso TO= 3

i: Tasa de descuento 12 % (para todas las fórmulas)

N: Periodo (para todas las fórmulas).

- Costos de Mantenimiento

CM = Costo de mantenimiento x LT x (1 + i)^N

- Costo de Reconstrucción

CR = Costo de Reconstrucción x LT x (1 + i)

- Costo promedio por Accidente

$$CA = \text{Costo por accidente} \times (1+i)^N$$

- Cálculo de los Beneficios por Accidentes

$$B(A) = \frac{(IA - IAN) \times TDPA \times (365.25) \times LT \times CA}{1\,000\,000} \times \frac{1}{(1+i)^N}$$

Donde:

B (A) : Beneficios por accidente.

IA : Índice de Accidentes del Tramo.

IAN : Índice de Accidentes Nacional.

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual.

- Cálculo del Índice de Rentabilidad.

IR = $\frac{BA}{CA}$: Suma de los beneficios por accidentes.
CA : Suma de los costos por construcción más la suma de costos de mantenimiento y re-construcción.

- Cálculo del Índice de Rentabilidad Inmediata.

IRI = $\frac{B(O)}{CC}$: Beneficios por accidentes del período O.
CC : Suma de los costos por construcción.

- Cálculo del Valor Neto Presente

$$\text{VNP} = \text{BA} - \text{CA} :$$

Donde:

BA : Suma de los beneficios por accidentes.

CA : Suma de los costos por construcción más la suma de costos de mantenimiento y reconstrucción.

- Cálculo del costo anual

$$\text{CA} = \text{CA} \times \text{Frc}$$

$$\text{frc} = \frac{i \times (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} = \frac{0.12 \times (1.12)^N}{(1.12)^N - 1} = 0.1684$$

N : En esta fórmula, únicamente, se toma el número de periodos efectivos.

NOTA;

LOS DATOS Y FORMULAS QUE CONTIENE ESTE ESTUDIO, FUERON PROPORCIONADAS POR LA DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS, SERVICIOS TECNICOS Y CONCESIONES, S.C.T.

4 . 4

ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA 1

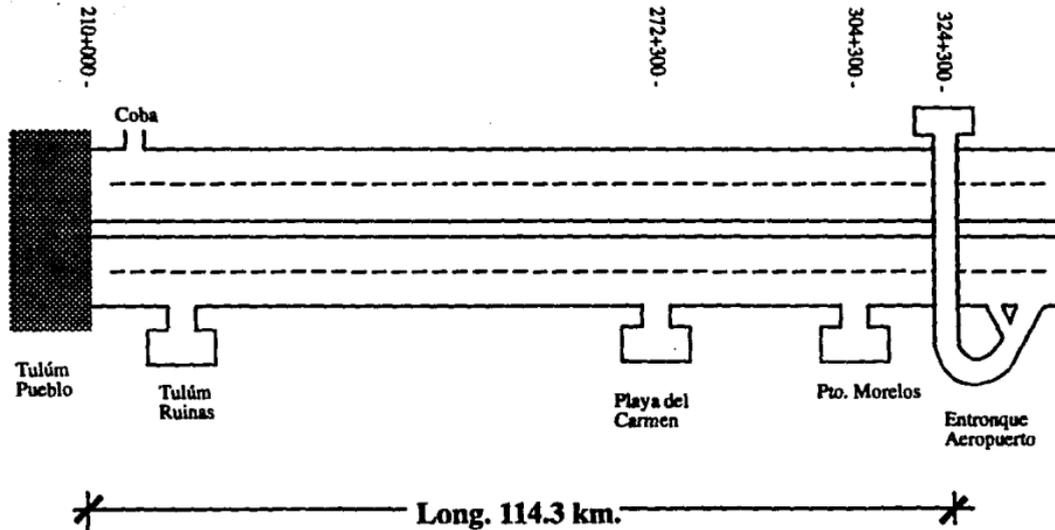
AUTOPISTA

TULUM PUEBLO - PLAYA DEL CARMEN

PLAYA DEL CARMEN - PUERTO MORELOS

**PUERTO MORELOS - ENT. AEROPUERTO
CANCUN**

ALTERNATIVA 1



Estudio de Factibilidad Económica para el camino
 Reforma Agraria - puerto Juárez
 Tramo : Tulúm pueblo - Ent. Aeropuerto Cancún

ALTERNATIVA..... 1 AUTOPISTA
 Subtramo : Tulúm pueblo - Playa del Carmen

COSTOS

(x 10) ³

CONSTRUCCION	COSTO/Km.	\$ 790,000
RECONSTRUCCION...	COSTO/Km.	265,000
MANTENIMIENTO	COSTO/km.	12,000

Cálculo del costo promedio por accidente

Año	Saldos			Pérdidas Materiales
	A	M	H	
1989	50	1	12	\$ 264,025

Costo promedio por herido	\$ 13,485
Costo por indemnización	123,075

El costo promedio por accidentes :

Pérdidas Materiales:	264 025 / 50 =	5 280.5
Heridos:	13 485 x 12/50 =	3 236.4
Muertos:	123 075 x 1/50 =	2 461.5

Costos por Accidente 10,978.4

ACTUALIZACION DE COSTOS

Costos de construcción

$$\begin{aligned} \text{Erogación } 1991 &= (20.77) \times 790\,000 \times (1+0.12)^1 = 18\,377\,296 \\ 1992 &= (20.77) \times 790\,000 \times (1+0.12)^2 = 20\,582\,572 \\ 1993 &= (20.77) \times 790\,000 \times (1+0.12)^3 = 23\,052\,480 \end{aligned}$$

Costos de mantenimiento

$$\text{CM} = 12\,000 \times (62.3) \times (1.12)^4 \qquad \text{CM} = 1\,176\,363$$

Costos de reconstrucción

$$\text{CR} = 265\,000 \times (62.3) \times (1.12)^4 \qquad \text{CR} = 25\,978\,018$$

Costo promedio por accidente

$$\text{CA} = 10\,978.4 \times (1.12)^4 \qquad \text{CA} = 17\,275$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = \frac{(2.05 - 0.94) \times 365.25 \times 62.3 \times 17\,275}{1\,000\,000} \times \frac{\text{TDPA}}{(1.12)^N}$$

$$B(A) = 436.334 \times \frac{\text{TDPA}}{(1.12)^N} \quad \text{Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.}$$

Cálculo de costos de mantenimiento y reconstrucción

$$C(N) = \text{COSTO ANUAL} \times (1.12)^{-N}$$

Año REAL	N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990	0	***	***	***
1991	1	***	18 337 296	***
1992	2	***	20 582 572	***
1993	3	***	23 052 480	***
1994	0	510 947		1 176 363
1995	1	470 228		1 050 324
1996	2	432 369		937 789
1997	3	397 535		387 312
1998	4	365 479		16 509 500 (R)
1999	5	336 224		667 500
2000	6	309 263		595 982
2001	7	284 418		532 127
2002	8	261 522		475 113
2003	9	240 425		9 367 934 (R)
2004	10	221 128		378 757
		3 829 538	62 012 348	32 528 701

& Ahorro por disminución de accidentes.

Cálculo de indicadores económicos

Indice de Rentabilidad

$$IR = \frac{3\,829\,538}{94\,541\,049}$$

$$R = 0.04$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{510\ 947}{62\ 012\ 348}$$

$$\text{IRI} = 0.008$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\ 829\ 049 - 94\ 541\ 049$$

$$\text{VNP} = -90\ 711\ 511$$

Costo anual

$$\text{CA} = 94\ 541\ 049 \times (0.1684)$$

$$\text{CA} = 15\ 922\ 169$$

$$\begin{aligned}
 \text{Erogación 1991} &= (10.67) \times 790\,000 \times (1.12)^1 = 9\,440\,816 \\
 1992 &= (10.67) \times 790\,000 \times (1.12)^2 = 10\,573\,714 \\
 1993 &= (10.67) \times 790\,000 \times (1.12)^3 = 11\,842\,560
 \end{aligned}$$

Costo de mantenimiento

$$\text{CM} = 12\,000 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad \text{CM} = 604\,231$$

Costo de reconstrucción

$$\text{CR} = 265\,000 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad \text{CR} = 13\,343\,444$$

Costo promedio por accidente

$$\text{CA} = 10\,202 \times (1.12)^4 \qquad \text{CA} = 16\,053$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = \frac{(3.46 - 9.94) \times 365.25 \times 32 \times 16\,053 \times \text{TDPA}}{1\,000\,000 \times (1.12)^N}$$

$$B(A) = 472.821 \times \frac{\text{TDPA}}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de los costos de mantenimiento y reconstrucción

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	9 440 816	***
1992 2	***	10 573 714	***
1993 3	***	11 842 560	***
1994 0	636 417		604 231
1995 1	596 937		539 492
1996 2	559 364		481 689
1997 3	524 673		430 080
1998 4	491 596		8 480 000 (R)
1999 5	460 924		342 857
2000 6	432 140		306 122
2001 7	395 465		274 323
2002 8	379 828		244 039
2003 9	356 183		4 811 780 (R)
2004 10	333 852		194 546
	5 167 379	31 857 090	16 708 159

& Ahorro por disminución de accidentes

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{5\ 167\ 379}{48\ 565\ 349}$$

$$IR = 0.11$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{636\,417}{31\,857\,090}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 5\,167\,379 - 48\,565\,249$$

$$\text{VNP} = -43\,397\,870$$

Costo anual

$$\text{CA} = 48\,464\,249 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 8\,178\,387$$

ALTERNATIVA 1 AUTOPISTA
Subtramo : Puerto Morelos - Ent. Aeropuerto Cancún

Cálculo del costo promedio por accidente:

Año	SALDOS			PERDIDAS MATERIALES
	A	M	H	
1989	25	2	1	73 250

Costo promedio por herido	\$ 13 485
Costo por indemnización	123 075

El costo promedio por accidente:

Pérdidas materiales :	$73\ 250 / 25 = 2\ 930$
Heridos :	$13\ 485 \times 1/25 = 539.4$
Muertos :	$123\ 075 \times 2/25 = 9\ 846$

Costo por accidente	13 315.4
---------------------	----------

ACTUALIZACION DE COSTOS

Costos de Construcción

$$\begin{aligned}
 \text{Erogación 1991} &= 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^1 = 5\,901\,616 \\
 1992 &= 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^2 = 6\,609\,810 \\
 1993 &= 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^3 = 7\,402\,987
 \end{aligned}$$

Costos de mantenimiento

$$\text{CM} = 12\,000 \times 20 \times (1.12)^4 \qquad \text{CM} = 377\,645$$

Costos de reconstrucción

$$\text{CR} = 265\,000 \times 20 \times (1.12)^4 \qquad \text{CR} = 8\,339\,653$$

Costo promedio por accidente

$$\text{CA} = 13\,315.4 \times (1.12)^4 \qquad \text{CA} = 20\,952$$

Cálculo de los beneficios por accidente

$$\text{B(A)} = \frac{(2.5 - 0.94) \times 365.25 \times 20 \times 20\,952 \times \text{TDPA}}{1\,000\,000 \times (1.12)^N}$$

$$\text{B(A)} = 238.765 \times \frac{\text{TDPA}}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento

$$\text{C(N)} = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	5 901 616	***
1992 2	***	6 609 810	***
1993 3	***	7 402 987	***
1994 0	378 204		377 645
1995 1	354 523		337 183
1996 2	332 337		301 056
1997 3	311 515		268 800
1998 4	292 098		5 300 000 (R)
1999 5	273 808		214 286
2000 6	256 689		191 327
2001 7	240 635		170 827
2002 8	225 654		152 524
2003 9	211 550		3 007 362 (R)
2004 10	198 340		121 592
	3 075 353	19 914 413	10 442 602

& Ahorro por disminución de accidentes

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{3\,075\,353}{30\,357\,015}$$

$$IR = 0.10$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{378\,204}{19\,914\,413}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,075\,353 - 30\,357\,015$$

$$\text{VNP} = -27\,281\,662$$

Costo anual

$$\text{CA} = 30\,357\,015 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 5\,112\,121$$

ALTERNATIVA 2

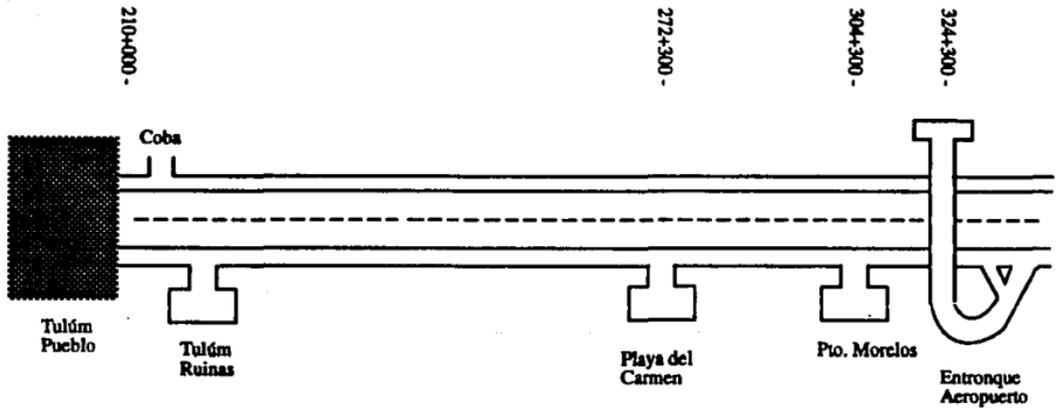
MODERNIZACION

TULUM PUEBLO - PLAYA DEL CARMEN

**PLAYA DEL CARMEN - PUERTO
MORELOS**

**PUERTO MORELOS - ENT. AEROPUERTO
CANCUN**

ALTERNATIVA 2



✱ ————— Long. 114.3 km. ————— ✱

Estudio de Factibilidad Económica para el camino

Reforma Agraria - Puerto Juárez

Tramo : Tulúm pueblo - Ent. Aeropuerto Cancún

ALTERNATIVA 2 MODERNIZACION
Subtramo : Tulúm pueblo - Playa del Carmen

<u>COSTOS</u>		(x 10 ³)
CONSTRUCCION	COSTO/Km	\$ 400 000
RECONSTRUCCION	COSTO/Km	130 500
MANTENIMIENTO	COSTO/Km	4 000

Costo por herido	\$	13 485
Costo por indemnización		123 075
Costo por accidente		10 978.4

ACTUALIZACION DE COSTOS.

Costos de construcción

Erogación 1991	=	20.77 x 400 000 x (1.12) ¹	=	9 304 960
1992	=	20.77 x 400 000 x (1.12) ²	=	10 421 555
1993	=	20.77 x 400 000 x (1.12) ³	=	11 672 141

Costos de mantenimiento

$$CM = 4\,000 \times 62.3 \times (1.12)^4$$

$$CM = 392\,121$$

Costos de reconstrucción

$$CR = 130\,500 \times 62.3 \times (1.12)^4$$

$$CR = 12\,792\,948$$

Costo promedio por accidente

$$CA = 10\,978.4 \times (1.12)^4$$

$$CA = 17\,275$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = 436.334 \times \frac{TDPA}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento y reconstrucción

$$C(N) = \text{Costo Actual} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	9 304 960	***
1992 2	***	10 421 555	***
1993 3	***	11 672 141	***
1994 0	510 947		392 121
1995 1	470 228		350 108
1996 2	432 369		312 596
1997 3	397 535		279 103
1998 4	365 479		8 130 150 (R)
1999 5	336 224		222 500
2000 6	309 263		198 661
2001 7	284 418		177 376
2002 8	261 522		158 371
2003 9	240 425		4 613 265 (R)
2004 10	221 128		126 252
	3 829 538	31 128 656	14 960 503

& Ahorro por disminución de accidentes

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{3\,829\,538}{46\,089\,159}$$

$$IR = 0.08$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{510\,947}{31\,128\,656}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,829\,538 - 46\,089\,159$$

$$\text{VNP} = -42\,259\,621$$

Costo anual

$$\text{CA} = 46\,089\,159 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 7\,761\,414$$

ALTERNATIVA 2 MODERNIZACION
Subtramo : Playa del Carmen - Puerto Morelos

Costo por herido	\$ 13 485
Costo por indemnización	125 075
Costo por accidente	10 202

ACTUALIZACION DE COSTOS

Costos de construcción

Erogación 1991	=	10.67	x	400 000	x	(1.12) ¹	=	4 780 160
1992	=	10.67	x	400 000	x	(1.12) ²	=	5 353 779
1993	=	10.67	x	400 000	x	(1.12) ³	=	5 996 233

Costos de mantenimiento

$$CM = 4\,000 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad CM = 201\,410$$

Costos de reconstrucción

$$CR = 130\,500 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad CR = 6\,571\,017$$

Costo promedio por accidente

$$CA = 10\,202 \times (1.12)^4 \qquad CA = 16\,053$$

Cálculo de los beneficios por accidente

$$B(A) = 472.821 \times \frac{TDPA}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	4 780 160	***
1992 2	***	5 353 779	***
1993 3	***	5 996 233	***
1994 0	636 417		201 410
1995 1	596 937		179 830
1996 2	559 364		160 563
1997 3	524 673		140 360
1998 4	491 596		4 176 000 (R)
1999 5	460 924		114 285
2000 6	432 141		102 041
2001 7	405 089		91 107
2002 8	379 828		81 346
2003 9	356 183		2 369 575 (R)
2004 10	333 853		64 849
	5 177 005	16 130 172	7 684 366

& Ahorro por disminución de accidentes

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$\text{IR} = \frac{5\,177\,005}{23\,814\,538}$$

$$\text{IR} = 0.22$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{636\,417}{16\,130\,172}$$

$$\text{IRI} = 0.04$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 5\,177\,005 - 23\,814\,538$$

$$\text{VNP} = -18\,637\,533$$

Costo anual

$$\text{CA} = 23\,814\,538 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 4\,010\,368$$

ALTERNATIVA 2 MODERNIZACION
Subtramo : Puerto Morelos - Ent. Aeropuerto Cancún

Costo por herido	\$ 13 485
Costo por indemnización	123 075
Costo por accidente	13 315.4

ACTUALIZACION DE COSTOS

Costos de construcción

Erogación 1991	=	6.67 x 400 000 x (1.12) ¹	=	2 988 160
1992	=	6.67 x 400 000 x (1.12) ²	=	3 346 739
1993	=	6.67 x 400 000 x (1.12) ³	=	3 748 348

Costo de mantenimiento

$$CM = 4\,000 \times 20 \times (1.12)^4 \qquad CM = 125\,882$$

Costo de reconstrucción

$$CR = 130\,500 \times 20 \times (1.12)^4 \qquad CR = 4\,106\,886$$

Costo por accidente

$$CA = 13\,315.4 \times (1.12)^4 \qquad CA = 20\,952$$

Cálculo de los beneficios

$$B(A) = 238.765 \times \frac{IDPA}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION.
1990 0	***	***	***
1991 1	***	2 988 160	***
1992 2	***	3 346 749	***
1993 3	***	3 748 348	***
1994 0	378 204		125 882
1995 1	354 523		112 395
1996 2	332 337		100 352
1997 3	311 515		89 600
1998 4	292 098		2 610 000 (R)
1999 5	273 808		71 429
2000 6	256 689		63 776
2001 7	240 635		56 943
2002 8	225 654		50 842
2003 9	211 550		1 480 984 (R)
2004 10	198 340		40 530
	3 075 355	10 083 247	4 802 733

& Ahorro por disminución de accidentes.

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$\text{IR} = \frac{3\,075\,355}{14\,885\,980}$$

$$\text{IR} = 0.21$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{378\,204}{10\,083\,247}$$

$$\text{IRI} = 0.04$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,075\,355 - 14\,885\,980$$

$$\text{VNP} = -11\,810\,625$$

Costo anual

$$\text{CA} = 14\,885\,980 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 2\,506\,799$$

ALTERNATIVA 3

MODERNIZACION

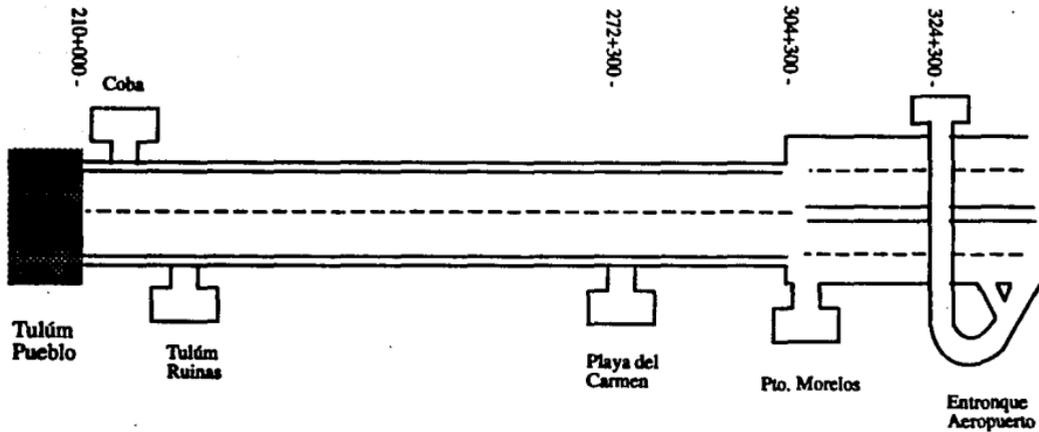
**TULUM PUEBLO - PLAYA DEL
CARMEN**

**PLAYA DEL CARMEN - PUERTO
MORELOS**

AUTOPISTA

PUERTO MORELOS - ENT. AEROPUERTO

ALTERNATIVA 3



Long. 94.3 km. Long. 20.0 km

**Estudio de factibilidad Económica para el Camino
 Reforma Agraria - Puerto Juárez
 Tramo : Tulúm pueblo - ent. Aeropuerto Cancún**

**ALTERNATIVA 3 MODERNIZACION
 Subtramo : Tulúm pueblo - Playa del Carmen**

COSTOS

(x 10³)

CONSTRUCCION	COSTO/Km	\$ 400 000
RECONSTRUCCION	COSTO/Km	130 500
MANTENIMIENTO	COSTO/Km	4 000

Costo por herido	\$	13 485
Costo por indemnización		123 075
Costo por accidente		10 978.4

ACTUALIZACION DE COSTOS

Costos de construcción

Erogación 1991	=	20.77	x	400 000	(1.12) ¹	=	9 304 960
1992	=	20.77	x	400 000	(1.12) ²	=	10 421 555
1993	=	20.77	x	400 000	(1.12) ³	=	11 672 141

Costo de mantenimiento

$$CM = 4\,000 \times 62.3 \times (1.12)^4 \qquad CM = 392\,121$$

Costo de reconstrucción

$$CR = 130\,500 \times 62.3 \times (1.12)^4 \qquad CR = 12\,792\,948$$

Costo promedio por accidente

$$CA = 10\,978.4 \times (1.12)^4 \qquad CA = 17\,275$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = 436.334 \times \frac{TDPA}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento y reconstrucción

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	9 304 960	***
1992 2	***	10 421 555	***
1993 3	***	11 672 141	***
1994 0	510 947		392 121
1995 1	470 228		350 108
1996 2	432 369		312 596
1997 3	397 535		279 103
1998 4	365 479		8 130 150 (R)
1999 5	336 224		222 500
2000 6	309 263		198 661
2001 7	284 418		177 376
2002 8	261 522		158 371
2003 9	240 425		4 613 265 (R)
2004 10	221 128		126 252
	3 829 538	31 128 656	14 960 503

& Ahorro por disminución de accidentes.

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{3\,829\,538}{46\,039\,159}$$

$$IR = 0.08$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{510\,947}{31\,128\,656}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,829\,538 - 46\,089\,159$$

$$\text{VNP} = -42\,259\,621$$

Costo anual

$$\text{CA} = 46\,089\,159 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 7\,761\,414$$

ALTERNATIVA 3 MODERNIZACION
Subtramo : Playa del Carmen - Puerto Morelos

Costo por herido	\$.	13 485
Costo por indemnización		123 075
Costo por accidente		10 202

ACTUALIZACION DE COSTOS.

Costos de construcción

Erogación 1991	=	10.67	x	400 000	x	(1.12) ¹	=	4 780 160
1992	=	10.67	x	400 000	x	(1.12) ²	=	5 353 779
1993	=	10.67	x	400 000	x	(1.12) ³	=	5 996 233

Costos de mantenimiento

$$CM = 4\ 000 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad CM = 201\ 410$$

Costo de reconstrucción

$$CR = 130\ 500 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad CR = 6\ 571\ 017$$

Costo promedio por accidente

$$CA = 10\ 202 \times (1.12)^4 \qquad CA = 16\ 053$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = 472.821 \times \frac{TDPA}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento

$$C(N) = \text{COSTO ANUAL} \times (1.12)^{-N}$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y CONSTRUCCION.
1990 0	***	***	***
1991 1	***	4 760 160	***
1992 2	***	5 353 779	***
1993 3	***	5 996 233	***
1994 0	636 417		201 410
1995 1	596 937		179 830
1996 2	559 364		160 563
1997 3	524 673		143 360
1998 4	491 596		4 176 000 (R)
1999 5	460 924		114 285
2000 6	432 141		102 041
2001 7	405 080		91 107
2002 8	379 828		81 346
2003 9	356 183		2 369 575
2004 10	333 383		64 849
	5 177 005	16 130 172	7 684 366

& Ahorro por disminución de accidentes.

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$\text{IR} = \frac{5\,177\,005}{23\,814\,538}$$

$$\text{IR} = 0.22$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{636\,417}{16\,130\,172}$$

$$\text{IRI} = 0.04$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 5\,177\,005 - 23\,814\,538$$

$$\text{VNP} = -18\,637\,533$$

Costo anual

$$\text{CA} = 23\,814\,538 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 4\,010\,368$$

ALTERNATIVA 3 AUTOPISTA
Subtramo : Puerto Morelos - Ent. Aeropuerto Cancún.

<u>COSTOS</u>		(x 10 ³)
CONSTRUCCION	COSTO/Km	\$ 790 000
RECONSTRUCCION	COSTO/Km	265 000
MANTENIMIENTO	COSTO/Km	12 000

Cálculo del costo promedio por accidente :

Año	<u>SALDOS</u>			PERDIDAS MATERIALES
	A	M	H	
1989	25	2	1	73 250

Costo promedio por herido	\$ 13 485
Costo por indemnización	123 075

El costo promedio por accidente :

Pérdidas materiales :	73 250/25 =	2 930
Heridos :	14 485 x 1/25 =	539.4
Muertos :	123 075 x 2/25 =	9 846
Costo por accidente :	13 315.4	

ACTUALIZACION DE COSTOS.

Costos de construcción

$$\text{Erogación 1991} = 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^1 = 5\,901\,616$$

$$1992 = 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^2 = 6\,609\,810$$

$$1993 = 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^3 = 7\,402\,987$$

Costo de Mantenimiento

$$\text{CM} = 12\,000 \times 20 \times (1.12)^4$$

$$\text{CM} = 377\,645$$

Costo de reconstrucción

$$\text{CR} = 265\,000 \times 20 \times (1.12)^4$$

$$\text{CR} = 8\,339\,653$$

Costo promedio por accidente

$$\text{CA} = 13\,315.4 \times (1.12)^4$$

$$\text{CA} = 20\,952$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = 238.765 \times \frac{\text{IDPA}}{(1.12)^N} \quad \text{Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.}$$

Cálculo de costo de mantenimiento

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^{-N}$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	5 901 616	***
1992 2	***	6 609 810	***
1993 3	***	7 402 987	***
1994 0	378 204		377 645
1995 1	354 523		337 183
1996 2	332 337		301 056
1997 3	311 515		268 800
1998 4	292 098		5 300 000 (R)
1999 5	273 806		214 286
2000 6	256 689		191 327
2001 7	240 635		170 827
2002 8	225 654		152 524
2003 9	211 550		3 007 362 (R)
2004 10	198 340		121 592
	3 075 353	19 914 413	10 442 602

& Ahorro por disminución de accidentes

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{3\,057\,353}{30\,357\,015}$$

$$IR = 0.10$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{378\,204}{19\,914\,413}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,075\,353 - 30\,357\,015$$

$$\text{VNP} = -27\,281\,662$$

Costo anual

$$\text{CA} = 30\,357\,015 \times (0.1684)$$

$$\text{CA} = 5\,112\,121$$

ALTERNATIVA 4

MODERNIZACION

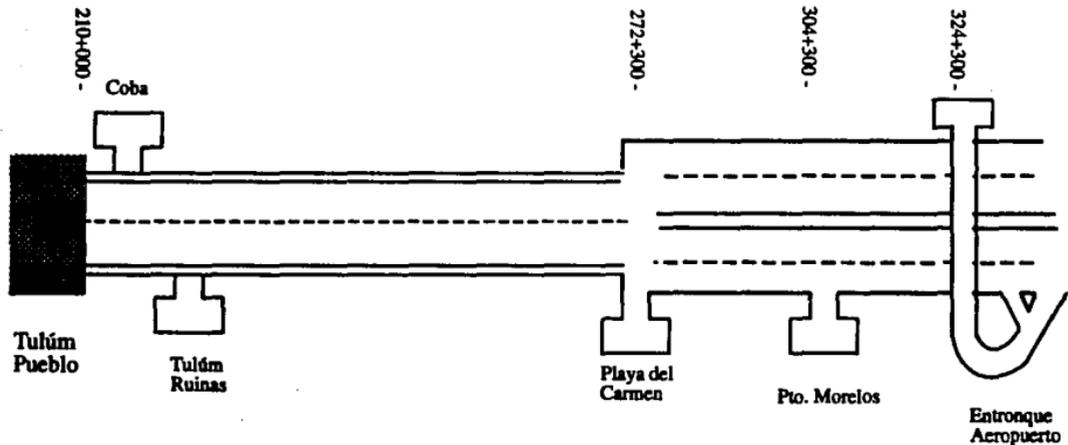
TULUM PUEBLO - PLAYA DEL CARMEN

AUTOPISTA

**PLAYA DEL CARMEN - PUERTO
MORELOS**

**PUERTO MORELOS - ENTRONQUE
AEROPUERTO CANCUN**

ALTERNATIVA 4



Long. 62.3 km. Long. 52.0 km

Estudio de Factibilidad Económica para el Camino

Reforma Agraria - Puerto Juárez

Tramo : Tulúm Pueblo - Ent. Aeropuerto Cancún.

ALTERNATIVA 4 MODERNIZACION Subtramo: Tulúm Pueblo - Playa del Carmen

COSTOS (x 10³)

CONSTRUCCION	COSTO/Km	\$ 400 000
RECONSTRUCCION	COSTO/Km	130 500
MANTENIMIENTO	COSTO/Km	4 000

Costo por herido	\$ 13 485
Costo por indemnización	123 075
Costo por accidente	10 978.4

ACTUALIZACION DE COSTOS.

Costos de construcción

Erogación 1991 :	$20.77 \times 400\,000 \times (1.12)^1$	=	9 304 960
1992 :	$20.77 \times 400\,000 \times (1.12)^2$	=	10 421 555
1993 :	$20.77 \times 400\,000 \times (1.12)^3$	=	11 672 141

Costos de Mantenimiento

$$CM = 4\,000 \times 62.3 \times (1.12)^4$$

$$CM = 392\,121$$

Costos de reconstrucción

$$CR = 130\,500 \times 62.3 \times (1.12)^4$$

$$CR = 12\,792\,948$$

Costos promedio por accidente

$$CA = 10\,978.4 \times (1.12)^4$$

$$CA = 17\,275$$

Cálculo de los beneficios por accidente

$$B(A) = 436.334 \times \frac{TDPA}{(1.12)^N}$$

Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.

Cálculo de costos de mantenimiento y reconstrucción.

$$C(N) = \text{Costo Anual} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	9 304 960	***
1992 2	***	10 421 555	***
1993 3	***	11 672 141	***
1994 0	510 947		392 121
1995 1	470 228		350 108
1996 2	432 369		312 596
1997 3	397 535		279 103
1998 4	365 479		8 130 150 (R)
1999 5	336 224		222 500
2000 6	309 263		198 661
2001 7	284 418		177 376
2002 8	261 522		158 371
2003 9	240 425		4 613 265 (R)
2004 10	221 128		126 252
	3 829 538	31 128 656	14 960 503

& Ahorro por disminución de accidente.

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$\text{IR} = \frac{3\,829\,538}{46\,080\,159}$$

$$\text{IR} = 0.08$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{510\,947}{31\,128\,656}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,829\,538 - 46\,089\,159$$

$$\text{VNP} = -42\,259\,621$$

Costo anual

$$\text{CA} = 46\,089\,159 \times 0.1684 \quad \text{CA} = 7\,761\,414$$

Costos de construcción

$$\begin{aligned} \text{Erogación 1991} &= 10.67 \times 790\,000 \times (1.12)^1 = 9\,440\,816 \\ 1992 &= 10.67 \times 790\,000 \times (1.12)^2 = 10\,573\,714 \\ 1993 &= 10.67 \times 790\,000 \times (1.12)^3 = 11\,842\,560 \end{aligned}$$

Costo de mantenimiento

$$\text{CM} = 12\,000 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad \text{CM} = 604\,321$$

Costos de reconstrucción

$$\text{CR} = 265\,000 \times 32 \times (1.12)^4 \qquad \text{CR} = 13\,343\,444$$

Costo promedio por accidente

$$\text{CA} = 10\,202 \times (1.12)^4 \qquad \text{CA} = 16\,053$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = 472.821 \times \frac{\text{TDPA}}{(1.12)^N} \quad \text{Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.}$$

Cálculo de los costos de mantenimiento y reconstrucción

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTOS POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. Y RECONSTRUCCION.
1990 0	***	***	***
1991 1	***	9 440 816	***
1992 2	***	10 573 714	***
1993 3	***	11 842 560	***
1994 0	636 417		604 321
1995 1	596 937		539 492
1996 2	559 364		481 689
1997 3	524 673		430 080
1998 4	491 596		8 480 000 (R)
1999 5	460 924		342 857
2000 6	432 140		306 122
2001 7	395 465		274 323
2002 8	379 828		244 039
2003 9	356 183		4 811 546 (R)
2004 10	333 852		194 546
	5 167 379	31 857 090	16 708 159

& Ahorro por disminución de accidentes.

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

ESTA TERCERA PAGINA
FORMA PARTE DE LA RELACION

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{6\,167\,379}{48\,565\,349}$$

$$IR = 0.11$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$IRI = \frac{636\,417}{31\,857\,090}$$

$$IRI = 0.02$$

Valor neto presente

$$VNP = 5\,167\,379 - 48\,565\,249$$

$$VNP = -43\,397\,870$$

Costo anual

$$CA = 48\,565\,249 \times 0.1684$$

$$CA = 8\,178\,387$$

ALTERNATIVA 4 AUTOPISTA
Subtramo : Puerto Morelos - Ent. Aeropuerto Cancún.

Cálculo del costo promedio por accidente:

Año	SALDOS			PERDIDAS MATERIALES
	A	M	H	
1989	25	2	1	73 250

Costo promedio por herido	\$	13 485
Costo por indemnización		123 075

El costo promedio por accidente :

Pérdidas materiales :	73 250/25	=	2 930
Heridos :	13 485 x 1/25	=	539.4
Muertos :	123 075 x 2/25	=	9 846

Costo por accidente 13 315.4

ACTUALIZACION DE COSTOS

Costos de construcción

$$\begin{aligned} \text{Erogación 1991: } & 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^1 = 5\,901\,616 \\ & 1992: 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^2 = 6\,609\,810 \\ & 1993: 6.67 \times 790\,000 \times (1.12)^3 = 7\,402\,987 \end{aligned}$$

Costo de mantenimiento

$$\text{CM} = 12\,000 \times 20 \times (1.12)^4 \qquad \text{CM} = 377\,465$$

Costo de reconstrucción

$$\text{CR} = 265\,000 \times 20 \times (1.12)^4 \qquad \text{CR} = 8339\,653$$

Costo promedio por accidente

$$\text{CA} = 13\,315.4 \times (1.12)^4 \qquad \text{CA} = 20\,952$$

Cálculo de los beneficios por accidentes

$$B(A) = 238.765 \times \frac{\text{JDPA}}{(1.12)^N} \quad \text{Con esta fórmula se calculan los beneficios para cada año.}$$

Cálculo de costos de mantenimiento

$$C(N) = \text{COSTO ACTUAL} \times (1.12)^N$$

Año REAL N	BENEFICIOS POR ACCIDENTES &	COSTO POR CONSTRUCCION	COSTOS DE MANT. RECONSTRUCCION
1990 0	***	***	***
1991 1	***	5 901 616	***
1992 2	***	6 608 810	***
1993 3	***	7 402 987	***
1994 0	378 204		377 645
1995 1	354 523		337 183
1996 2	332 337		301 056
1997 3	311 515		268 800
1998 4	292 098		5 300 000 (R)
1999 5	273 808		214 286
2000 6	256 689		191 327
2001 7	240 635		170 827
2002 8	225 654		152 524
2003 9	211 550		3 007 362 (R)
2004 10	198 340		121 592

3 075 353

19 914 413

10 442 602

& A horro por disminución de accidentes.

CALCULO DE INDICADORES ECONOMICOS.

Indice de rentabilidad

$$IR = \frac{3\,075\,353}{30\,357\,015}$$

$$IR = 0.10$$

Indice de rentabilidad inmediata

$$\text{IRI} = \frac{378\,204}{19\,914\,413}$$

$$\text{IRI} = 0.02$$

Valor neto presente

$$\text{VNP} = 3\,075\,353 - 30\,357\,015$$

$$\text{VNP} = -27\,281\,662$$

Costo anual

$$\text{CA} = 30\,357\,015 \times 0.1684$$

$$\text{CA} = 5\,112\,121$$

V. TABLA DE PRELACION

TABLA DE PRELACION

CARRIETERA: REFORMA AGRARIA - PUERTO JUAREZ (307)

TRAMO: TULUM PUEBLO - ENT. AEROPUERTO CANCUN

ALTERN.	SUBTRAMO: Tulum Pueblo-Playa del Carmen				SUBTRAMO: Playa del Carmen-Puerto Morelos				SUBTRAMO: Puerto Morelos-Ent.Aeropuerto Cancun			
	R	FI	VNP	CA	R	FI	VNP	CA	R	FI	VNP	CA
1	0,04	0,008	90,711	15922	0,11	0,02	-43397	8 178	0,1	0,02	-27281	5 112
2	0,09	0,02	-42259	7781	0,22	0,04	-18637	4 010	0,21	0,02	-11810	2 508
3	0,08	0,02	-42259	7781	0,22	0,04	-18637	4 010	0,1	0,02	-27281	5 112
4	0,08	0,02	-42259	7781	0,11	0,02	-43397	8 178	0,1	0,02	-27281	5 112

ABRIL 1974

FI: INDICE DE FERTILIDAD

VNP:

**VALOR NETO PRESENTE
(EN MILLONES DE PESOS)
COSTO ANUAL
(EN MILLONES DE PESOS)**

CA: INDICE DE FERTILIDAD INMEDIATA

CA:

Para las 4 alternativas analizadas se muestra que los valores del índice de rentabilidad fluctúan entre 0.04 y 0.08 ; 0.11 y 0.22 ; 0.10 y 0.21 para los subtramos Tulúm - Playa del Carmen, Playa del Carmen - Puerto Morelos y Puerto Morelos - Entronque Aeropuerto Cancún respectivamente. Para los mismos subtramos, los índices de rentabilidad inmediata fluctúan entre 0.008 y 0.02 ; 0.02 y 0.04 ; 0.02 y 0.04 .

Se observa que son mayores los costos que los beneficios obtenidos de la construcción de la obra en cuestión, lo que arroja resultados negativos en el parámetro definido como valor neto presente (VNP) para las cuatro alternativas analizadas y en los tres subtramos estudiados: variando desde - 11 810 millones de pesos para la alternativa 2 subtramos Puerto Morelos - Entronque Aeropuerto Cancún hasta - 90 711 millones de pesos para la alternativa 1 subtramo Tulúm pueblo - Playa del Carmen.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.- No se justifica la inversión bajo ninguno de los parámetros analizados considerando exclusivamente los ahorros por reducción de accidentes.

2.- El Índice de Rentabilidad Inmediata demuestra que a la fecha no es oportuna la construcción de la obra de infraestructura vial, trátase de sección autopista, modernización, o combinación de ambas.

3.- Los volúmenes de tránsito vehicular que circulan por el tramo en estudio hacen que los ahorros en costos de operación al construirse la autopista, modernización, o combinación de ambas; sean por demás de poca significación.

4.- Aunque los ahorros por costos de operación sean de poca importancia para ser tomados en cuenta ; y que los beneficios correspondientes por reducción de accidentes no ofrecen las bondades suficientes al proyecto de referencia ; podría pensarse en que el tramo en estudio sea modernizado, teniendo en cuenta entre otros, los siguientes factores :

a) La plusvalía que a la fecha no es posible cuantificar en forma tangible.

b) Los desarrollos de servicios y turísticos que comienzan a darse en el tramo en estudio.

c) Aunque desde el punto de vista económico, el renglón de accidentes no es factor decisivo para la justificación de la obra ; es necesario tener una óptica diferente en este punto ya que la vida humana no toene realmente un valor contable en pesos, pues la consecuencia social por la pérdida de una vida o la inutilización parcial o total de un ser humano, es el aspecto de mayor relevancia por considerar que cualquier inversión que se haga tendiente a proporcionar las más amplias medidas de seguridad para preservar la vida de nuestros semejantes, es sin lugar a dudas, ampliamente justificable.

5.- La modernización a que se hizo referencia en el punto anterior tendría la ventaja de proporcionar un acotamiento de 2.5 metros que ofrece mayor seguridad y comodidad al disponer de un ancho adicional fuera de la calzada en el que se puede eludir accidentes o la severidad de estos, dándole además una mayor protección al pavimento al permitir que el drenaje sea más funcional al proteger contra la humedad y erosión a la calzada.

6.- Posterior a la modernización puede contemplarse la construcción de la autopista por etapas cuya secuencia por subtramos sería :

- a) Entronque Aeropuerto - Puerto Morelos
- b) Puerto Morelos - Playa del Carmen
- c) Playa del Carmen - Tulum Pueblo

Esto, permitiría diferir las inversiones en forma escalonada; solución que resulta congruente con los volúmenes actuales y los incrementos de los mismos de acuerdo a los pronósticos.

7.- Todos los puntos anteriormente expuestos son efectuados para tomar una decisión correcta y lógica, pero en ocasiones se toman decisiones " Por presiones externas" que hacen que este estudio o cualquiera sea obsoleto.

BIBLIOGRAFIA.

- * Ingeniería de Tráfico. Valdes. Dossat. S. A.
- * Manual de Ingeniería de Tránsito. Guido Radelat.
- * Una fisonomía de la Ingeniería de Tránsito. Lazo Margain
Editorial : Porrúa.
- * Ingeniería de Tránsito. Rafael Cal y Mayor. RSI.
- * Manual de ingeniería de Tránsito. RSI.
- * Resumen de Accidentes del Estado de Quintana Roo 1989.
Dirección General de Proyectos Servicios Técnicos y Concesiones. S.C.T.
- * Volúmenes de Tránsito de la Carretera Reforma Agraria
Puerto Juárez (carretera 307 Federal). Dirección General
de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones. S.C.T.
(Datos Viales) .