Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Vías Terrestres

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA (UNA PROPUESTA METODOLÓGICA)

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres

Presenta:
Ing. Adriana Aglae Aguilera Moreno

Dirigido por:
Dr. Guillermo Torres Vargas

SINODALES

Dr. Guillermo Torres Vargas
Presidente — Firma

M.I Aldo Alfaro González
Secretario — Firma

Dr. Omar Chávez Alegría
Vocal — Firma

M.C. Fernando Mendoza Sánchez
Suplente — Firma

M.I Rubén Ramírez Jiménez
Suplente — Firma

Dr. Aurelio Domínguez Glez.
Director de la Facultad

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario Querétaro, Qro.
Agosto 2012
México

RESUMEN

Este trabajo pretende describir paso a paso el procedimiento para realizar un estudio costo-beneficio para proyectos de infraestructura terrestre, tomando en cuenta los conceptos de los Índices económicos. Si los indicadores económicos: Valor Presente Neto (VPN) es mayor a 0, el (IR) Índice de Rentabilidad es mayor o igual a 1 y el (TIR) Tasa Interna de Retorno sea la tasa de actualización para la cual el VPN es igual a cero; entonces el proyecto se considerará rentable. Se propone realizar esta tesis como una herramienta metodológica que sea amigable para cualquier persona que no tenga muchos conocimientos en el área de economía para la elaboración de un estudio económico costo-beneficio en un proyecto superficial de la red nacional de carreteras, así como los procedimientos para el cálculo del mismo y las ventajas de la evaluación, tomando en cuenta el índice internacional de rugosidad de la carretera. Se propondrá explicar paso a paso (una propuesta metodológica) de cómo hacer dicho análisis. El análisis económico representa la vida útil del proyecto, es el periodo durante el cual se lleva a cabo la inversión, se obtiene la recuperación de la misma y el margen de utilidad global del proyecto. Dicha inversión representada por un costo, así como la utilidad representada por los beneficios, permiten al analista estimar los indicadores de rentabilidad económica del proyecto, a una tasa de actualización predeterminada. El no hacer un análisis económico previo al proyecto para infraestructura vial puede provocar pérdidas económicas en el país y un retraso en el crecimiento social. La evaluación económica basada en el análisis Costo-Beneficio es de gran utilidad en la toma de este tipo de decisiones, ya que permite comparar el beneficio social esperado con el costo de oportunidad de la inversión. En todo análisis costo-beneficio, se debe partir de una condición inicial o actual (sin proyecto) y una condición futura (con proyecto). Existen varios criterios que intervienen en el proceso de evaluación, los cuales pueden ser de tipo económico, social o financiero. En nuestro caso nos referiremos a aquellos de tipo económico.

SUMMARY

This thesis aims to describe step by step procedure to perform a cost-benefit project for infrastructure, taking into account some concepts of economic rates. If economic rates: Net Present Value (NPV) is greater than 0, the (IR) is greater than or equal to 1 and (IRR) Internal Rate of Return is the discount rate for which NPV equals to zero, then the project is deemed profitable. This thesis are proposed as a methodological tool that could be useful for anyone who does not have much knowledge in the field of economy and cost-benefit studies on a infrastructure project, and into the procedures for the evaluation we have to also take into account the international index of roughness of the road. Be proposed to explain step by step (a methodology) how to do that analysis. The economic analysis represents the life of the project, is the period during which the investment takes place to get the recovery of the same and the overall profit margin of the project. This investment represented by the costs and the benefits of the utility, allows the analyst to estimate the profitability indicators of the project to a default rate. The failure to do an economic analysis prior to the project for road infrastructure can cause economic losses in the country and social growth retardation. The economic evaluation based on cost-benefit analysis is useful in making such decisions as to compare the expected social benefit with the opportunity cost of investment. In any cost-benefit analysis, one must start from an initial condition or current (without project) and a future condition (with project). There are several criteria involved in the evaluation process, which can be economic, social or financial. In our case we will refer to economic ones.

AGRADECIMIENTOS

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradezco principalmente a mis padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, al Dr. Guillermo Torres Vargas, jefe de División de Estudios Económicos y Sociales del Transporte (IMT), por haber confiado en mi persona, por la paciencia, el apoyo y por la dirección de este trabajo. Al Ing. Aldo Alfaro González por los consejos y el ánimo que me brindó. Y, por último pero no menos importantes, a mis sinodales (Dr. Omar Chávez Alegría, M.C. Fernando Mendoza Sánchez y M.I. Rubén Ramírez Jiménez) por su atenta lectura de este trabajo, por sus comentarios en todo el proceso de elaboración de esta Tesis y sus atinadas correcciones.

Gracias a todos.

INDICE

Página

Resumen…… I
Summary…….... II
Agradecimientos……..... III
Índice……. IV
Índice de Cuadros……. V
Índice de figuras……. VI
Introducción……...……..... 1
Hipótesis y Objetivos……. 4
Metodología…….…….. 5
1) Tasa social de descuento …….……..... 7
2) Indicadores económicos
- 2.1) VPN (Valor Presente Neto)…… 10
  - 2.1.1) Beneficio social……. 14
- 2.2) TIR (Tasa Interna de Retorno)…… 22
- 2.3) IR (Índice de Rentabilidad)…… 23
- 2.4) IRI (índice de Rentabilidad Inmediata)……..... 25

3) Demanda y Costos con y Sin Proyecto……. 27
- 3.1) La respuesta de la demanda a cambios en los precios……..…….. 28
- 3.2) Cambios en la demanda y en los costos de los viajeros……..…… 30

4) Efectos indirectos del proyecto……. 32
5) Incentivos y Contratos…….. 36
6) Estimación de la elasticidad y la demanda……..……. 42
7) Índice Internacional de Rugosidad (IIR)……..…… 46
8) Costos de Operación del Usuario……..…… 52
- 8.1) Factor base de corrección……..……. 54
- 8.2) Costos de operación corregidos……...…….. 56
- 8.3) Ahorros anuales en costos de operación……..…….. 57

9) Estimación del valor del tiempo……..……. 59
- 9.1) Tiempo laborado por la población vs ingreso promedio……..…… 61
- 9.2) Valor del tiempo por motivo de trabajo…… 63
- 9.3) Valor del tiempo por motivo de placer…….. 64

10) Costos por mantenimiento…….……. 66
11) Lineamientos para la elaboración del análisis costo-beneficio…….……. 70
12) Análisis de sensibilidad…….……. 74
Diagrama de flujo ……..……... 75
Anexo 1…… 82
Anexo 2…… 100
Ejemplo (anexo 3)…….…… 118
Resultados…… 147
Bibliografía…….…….. 148

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.1	Elasticidades-tiempo según medio y motivo de viaje	45
1.2	Índice Internacional de Rugosidad dependiendo del TDPA	51
1.3	Política de Conservación recomendada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para obras de mejoramiento de caminos rurales	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura temporal de un proyecto: beneficios y costos	10
2	Relación existente entre el VAN social y el VAN financiero	11
3	VAN Social contra VAN financiero.	12
4	Beneficios sociales de un proyecto	15
5	Beneficios sociales de un proyecto de transporte	16
6	Medición de beneficios sociales (caso general)	18
7	Beneficios sociales: equivalencia de las dos aproximaciones	20
8	Beneficios iniciales del proyecto (año t)	28
9	Beneficios del proyecto y cambios en la demanda (año t+1)	29
10	Beneficios del proyecto y cambios en los costos (año t)	30
11	Beneficios del proyecto y cambios en los costos (año t+1)	31
12	Escala del índice internacional de Rugosidad	47

INTRODUCCION

El diseño de las inversiones para el desarrollo carretero debe comprender pruebas de la sostenibilidad financieras y una demostración de la importancia del proyecto para la economía en general. El análisis económico aporta la prueba previa pertinente en el marco del método del flujo de efectivo y del análisis de la relación costo-beneficio. Sin embargo, el valor del análisis como instrumento de decisión depende de la calidad de los supuestos que lo sustentan y en su capacidad de captar una diversidad de costos y beneficios y de predecir con precisión los efectos directos del proyecto.

El Análisis económico se utiliza para diagnosticar la situación y perspectiva interna, lo que hace evidente que se pueda ir tomando las decisiones que corrijan las partes débiles de un proyecto que pueden amenazar su futuro, al mismo tiempo que se saca provecho de los puntos fuertes para alcanzar los objetivos. Permite realizar análisis confiables sobre la conveniencia o inconveniencia de realizar un proyecto de inversión determinado. Esta herramienta lleva a cabo dichos análisis bajo distintos escenarios económicos en beneficio de la sociedad en general.

La evaluación económica consiste en aplicar los criterios de homogeneidad (patrón de comparación a partir del valor presente), valoración (debida cuantificación monetaria de los beneficios y los costos del proyecto), ejecución (periodo de recuperación de la inversión) y horizonte económico (vida útil del proyecto), en la metodología beneficio-costo para un portafolios de proyectos. Antes de realizar cualquier obra se necesita estudiar la factibilidad de un proyecto analizando y transformando los datos estudiados en información útil para conocer la realidad económica de un proyecto de infraestructura carretera.

El análisis de costo-beneficio es una herramienta de toma de decisiones para desarrollar sistemáticamente información útil acerca de los efectos deseables e indispensables de los proyectos públicos. En cierta forma, podemos considerar el análisis de costo-beneficio del sector público como el análisis de rentabilidad del sector privado. En otras palabras, el análisis de costo-beneficio pretende determinar si los beneficios sociales de una actividad pública propuesta superan los costos sociales. Estas decisiones de

inversión pública usualmente implican gran cantidad de gastos y sus beneficios se esperan que ocurran a lo largo de un período extenso.La defensa del crecimiento económico tiene su justificación última en la mejora de las condiciones de vida de los individuos. En las últimas décadas la inversión en capital público ha contribuido al crecimiento de la renta per cápita y dentro del capital público, las infraestructuras de transporte son las que ofrecen una relación de causalidad con el crecimiento más claro e intenso.

Desde la perspectiva presupuestaria y financiera, la decisión de construir una infraestructura está muy influenciada por la disponibilidad de fondos para su construcción, mantenimiento y operación y por los acuerdos territoriales de reparto del presupuesto, además de otras restricciones políticas e institucionales.
La evaluación de proyectos desde una perspectiva económica tiene un planteamiento más amplio que la visión puramente financiera. La evaluación económica responde a la pregunta de qué gana la sociedad en términos netos cuando se lleva a cabo un proyecto de inversión determinado.

Podría pensarse que el cálculo del beneficio social es independiente del análisis financiero, ya que una cosa es lo que la sociedad está dispuesta a pagar por la infraestructura y otra lo que paga. Sin embargo, para unos valores dados de población y renta, el precio que se fije por el uso de la instalación determina la cantidad demandada y por tanto los beneficios y costos sociales.Es decir, la decisión de invertir o no, y los precios que van a cobrarse por el uso de la infraestructura van íntimamente ligados, de manera que, dependiendo de las políticas de precios, existirán distintas combinaciones de rentabilidad social y financiera.

Como una consecuencia de estas diferencias, suele ser difícil realizar estudios de ingeniería económica y tomar decisiones de inversión para proyectos de obras públicas exactamente de la misma forma que para proyectos de propiedad privada. Por lo general se utilizan diferentes criterios de decisión, lo que crea problemas que afectan al público, a los que deben tomar las decisiones y aquellos que deben administrar los proyectos de obras públicas.

En el proceso de planeación de la infraestructura carretera deben ser tomados en consideración varios aspectos, con objeto de determinar la viabilidad de los proyectos, con una óptica global, es decir desde el punto de vista económico, social, financiero y también ambiental.

En las tareas sociales y económicas en que se haya enfrascado nuestro país en la etapa presente de desarrollo económico y de reanimación de la economía, adquiere gran importancia para todos los sectores de la economía nacional la elevación de la eficiencia. De ahí la necesidad de hacer un análisis cabal de la situación económica de los proyectos viales; al encontrarse en un entorno difícil y convulso nuestras entidades, deben luchar por ser más competitivas y eficientes económicamente, haciendo un mejor uso de los recursos para elevar la productividad del trabajo y alcanzar mejores resultados con menos costos.

La necesidad del conocimiento de los principales indicadores económicos, así como su interpretación, son imprescindibles para introducirnos en un mercado competitivo, por lo que se hace necesario profundizar para el proceso de toma de decisiones económicas.

HIPÓTESIS

Si los indicadores económicos: Valor Presente Neto (VPN) es mayor a 0, el (IR) Índice de Rentabilidad es mayor o igual a 1 y el (TIR) Tasa Interna de Retorno sea la tasa de actualización para la cual el VPN es igual a cero; entonces el proyecto se considerará rentable. El índice de rentabilidad inmediata, es el indicador que muestra la rapidez de recuperación de la inversión en el primer año de operación del proyecto(Torres et al., 2000).

OBJETIVOS

- Explicar paso a paso como obtener cada uno de los factores que intervienen en dicho estudio para que de esta manera puedan obtenerse los índices económicos y saber si nuestro proyecto es rentable o no.

- Disminuir el costo de los servicios y lograr una eficiencia planificada en la elaboración de nuestro proyecto.

- Obtener los indicadores económicos: Índice de Rentabilidad Inmediata (IRI), Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y de esta manera saber si el proyecto es factible o no.

- Proponer esta tesis como una herramienta metodológica que sea amigable para cualquier persona que no tenga muchos conocimientos en el área de economía para la elaboración de un estudio económico costo-beneficio en un proyecto de infraestructura terrestre.

METODOLOGÍA

Redactar paso a paso como hacer un análisis costo beneficio para evaluar económicamente proyectos de infraestructura, investigando diferentes tasas de interés para el análisis económico del proyecto, así como obtener el cálculo del Valor presente neto (VPN) o Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Índice de Rentabilidad Inmediata (IRI), e Índice de Rentabilidad (IR) .

Se utilizará un método científico ya que la tesis se irá describiendo paso a paso para le evaluación económica del proyecto, el tipo de estudio será descriptivo ya que analizaremos la elección de una tasa de interés apropiada, la consideración de la inflación, una variable económica fundamental para el costo total del proyecto así como el modo de calcular la tasa de rendimiento financiero y de utilizarla a efectos de la evaluación del proyecto.

El esquema general para el análisis de costo-beneficio se puede resumir de la siguiente manera:

1. Identificar los beneficios para los usuarios que se esperan del proyecto.
2. Cuantificar en la medida de lo posible, estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y contra los costos de obtenerlos.
3. Identificar los costos
4. Cuantificar, en la medida de lo posible, estos costos en términos monetarios.
5. Determinar los beneficios y los costos equivalentes, usando la tasa de interés apropiada para el proyecto.
6. Aceptar el proyecto si los beneficios equivalentes de los usuarios exceden los costos equivalentes del proyecto (B>C).

VARIABLES A CONSIDERAR EN EL ANÁLISIS ECONÓMICO:

Costos de inversión:

- Constantes: Los costos de inversión a precios constantes son aquellos que no toman en cuenta ningún tipo de tasas de interés (de actualización y/o inflación)

- Variables: Son aquellos que toman en consideración tasas de interés nominal, bruta, real o efectiva (neta).

Tasas de interés:

- Nominal: Es aquella que no toma en cuenta la acumulación del costo financiero del capital (K*nt) en donde K es igual a capital, n es el periodo de inversión y t es la tasa de interés.
- Efectiva: Esta tasa toma en cuenta la acumulación del costo financiero del capital $K*(1+t)^n$.
- Bruta: Es la tasa de interés que considera la inflación de un periodo determinado.
- Real: Es la tasa de interés que contempla una inflación descontada.

Para el análisis económico sólo se utilizará la tasa de interés nominal.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA ESTIMACIÓN DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

- Costo de inversión
- Costos de conservación y mantenimiento
- Costos de operación vehicular
- Tiempo de recorrido de los usuarios
- Valor social del tiempo de los usuarios
- Nivel de accidentalidad y siniestralidad
- Costo de algunas externalidades

Los beneficios inherentes al proyecto y su costo de oportunidad se obtienen al comparar el costo generalizado de transporte de cada una de las situaciones o alternativas analizadas.

1) TASA SOCIAL DE DESCUENTO

La elección de la tasa social de descuento tiene un impacto considerable en la rentabilidad del proyecto. Su importancia contrasta con las dificultades casi insalvables para determinar con exactitud su valor. La tasa social de descuento convierte a valores del año base los flujos de beneficios y costos de los proyectos. La tasa social de descuento es el parámetro que determina las equivalencias entre valores presentes y futuros.

Una tasa social de descuento del 10% en términos reales, por ejemplo, implica que 672,7 unidades monetarias constantes dentro de 20 años equivalen a 100 unidades monetarias en el presente, y que por tanto la sociedad no esté interesada en realizar un proyecto que aporta beneficios inferiores a 672,7 unidades monetarias dentro de 20 años si hay que invertir 100 hoy para obtenerlos(De Rus et al, 2006).

Los proyectos de inversión típicos en infraestructuras de transporte consisten en sacrificar consumo presente para obtener unos servicios relacionados con el desplazamiento de personas y bienes durante 30 o 40 años.Decidir sobre la rentabilidad social de un proyecto de estas características exige identificar y cuantificar los beneficios y costos durante la vida del mismo, y ponderar dichos beneficios y costos con los factores de descuento anuales que se obtienen una vez determinada la tasa social de descuento.

La rentabilidad del proyecto dependerá en muchas ocasiones del valor de dicha tasa, que en teoría debe reflejar la preferencia de la sociedad entre consumo presente y consumo futuro, pero que además implica valorar los beneficios y costos de individuos que todavía no han nacido.

Hay tres candidatos para la tasa social de descuento:

1. el tipo de interés de mercado,
2. la tasa marginal de preferencia temporal, y
3. la tasa marginal de productividad del capital.

Las tres coinciden cuando el mercado de capitales es perfecto. La realidad dista notablemente de este supuesto y la sola presencia de impuestos sobre los beneficios de las empresas y sobre el rendimiento del ahorro hace que las tres tasas tomen valores diferentes.

En una economía sin distorsiones, el tipo de interés de mercado representa el costo de oportunidad del capital destinado a la financiación de los proyectos de inversión. Se obtiene en el mercado de capitales donde la oferta y demanda de fondos prestables encuentran un valor que hace que se igualen el ahorro ofrecido con los préstamos demandados; o lo que es lo mismo que se iguale lo que el ahorrador pide de remuneración para desprenderse de una unidad monetaria (tasa marginal de preferencia temporal) con la rentabilidad marginal de dicha unidad de ahorro en el proyecto de inversión a que se destina. El mercado tiende a igualarse porque las opciones de inversión en la economía tienen productividad marginal decreciente, mientras que el ahorro es una función creciente del tipo de interés.

En un mercado de capitales con impuestos la tasa marginal de productividad del capital es mayor que el tipo de interés ya que una vez realizado el proyecto habrá que pagar impuestos sobre los dividendos; de igual manera la tasa marginal de preferencia temporal será inferior al tipo de interés ya que el ahorrador ahorra conremuneraciones netas de impuestos inferiores a dicho tipo.

¿Qué tasa debemos utilizar?

La tasa social de descuento que se deberá utilizar en el análisis costo-beneficio será del 12% anual en términos reales.[1]Adicionalmente, las dependencias y entidades procurarán utilizar otros precios sociales, como los de la mano de obra, el tiempo de la divisa, así como las externalidades positivas o negativas que genere el proyecto. En el descuento de los flujos de beneficios y costos puede utilizarse la tasa que refleja las preferencias entre consumo

[1]Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con fundamento en los artículos 31 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal 1, 4, 34 y 109 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y 45,46, 47 y 214 de su Reglamento, así como por el artículo 61 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

presente y futuro o la que refleja el costo de oportunidad del capital en los proyectos de inversión del sector privado. Hay dos alternativas para la elección:

La primera consiste en utilizar ambas, hallando una media ponderada según el origen de los fondos que se utilizan en el proyecto público. En este caso, la información que se requiere está relacionada con la procedencia de los fondos. Si se utilizan fondos que hubiesen sido destinados a proyectos de inversión privada, habrá que utilizar la tasa marginal de productividad del capital para dichos fondos y si el origen de los fondos es el ahorro privado, la tasa marginal de preferencia temporal (De Rus et al., 2006).

La segunda, utilizando la tasa marginal de preferencia temporal actualizar los flujos de beneficios y costos, previamente convertidos en unidades de consumo. Ahora la información que se requiere es aún mayor, ya que se necesita conocer el destino de los beneficios de cada año (si van a ser invertidos o consumidos)para convertir la proporción que va a ser destinada a inversión en unidades de consumo mediante un precio-sombra del capital invertido.

Ante las dificultades de información, la práctica de la evaluación de proyectos se caracteriza por la utilización de tasas de descuento que no se sabe muy bien si responden a las aproximaciones descritas o a criterios pragmáticos no explicitados.

La variabilidad es alta y simultáneamente, en países de primer mundo han coexistido tasas que vandesde el 5% al 8% sin que podamos encontrar las razones económicas que justifican dicha diferencia.

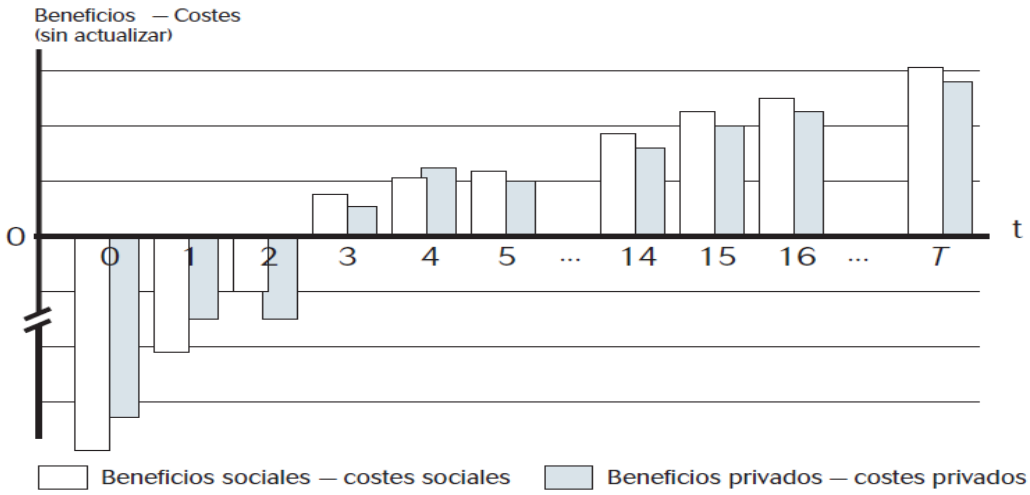
Una alternativa es utilizar el tipo de interés a largo plazo de los bonos del tesoro, en la creencia de que en el sector privado no se acometerán inversiones con una rentabilidad marginal inferior a aquélla. Sin embargo, no debe olvidarse que cuando existen impuestos sobre el beneficio, las tasas de rendimiento marginal de la inversión han de ser mayores que el tipo de interés; y en el caso de impuestos sobre fondos ofrecidos por los ahorradores que no desplazan proyectos privados, pueden encontrarse tasas sociales marginales de preferencia temporal muy bajas.

2) INDICADORES ECONÓMICOS:

2.1)VALOR ACTUAL NETO (VAN) Ó VALOR PRESENTE NETO (VPN)

"Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial." El punto de partida para la evaluación económica de un proyecto de inversión cuyos beneficios y costos sedistribuyen a lo largo de cierto número de períodos en el futuro (desde t=0 hasta t=T) consiste en determinarcuál es el valor actualizado (en el momento en el que debe tomarse la decisión) de la suma de dichos beneficiosmenos los costos. Esto es lo que se denominaremos valor actual neto (VAN).[2]

En la ***Figura 1*** puede observarse una sucesión de flujos monetarios positivos(beneficios) y negativos (costos). Tanto los beneficios como los costos pueden evaluarse desde el punto de vista privado como social. Mientras que los beneficios sociales reflejan la valoración total de un determinado producto o servicio por parte de los individuos, el beneficio privado suele ser menor, ya que se limita a los ingresos obtenidos por parte de las empresas que producen o prestan dichos servicios.



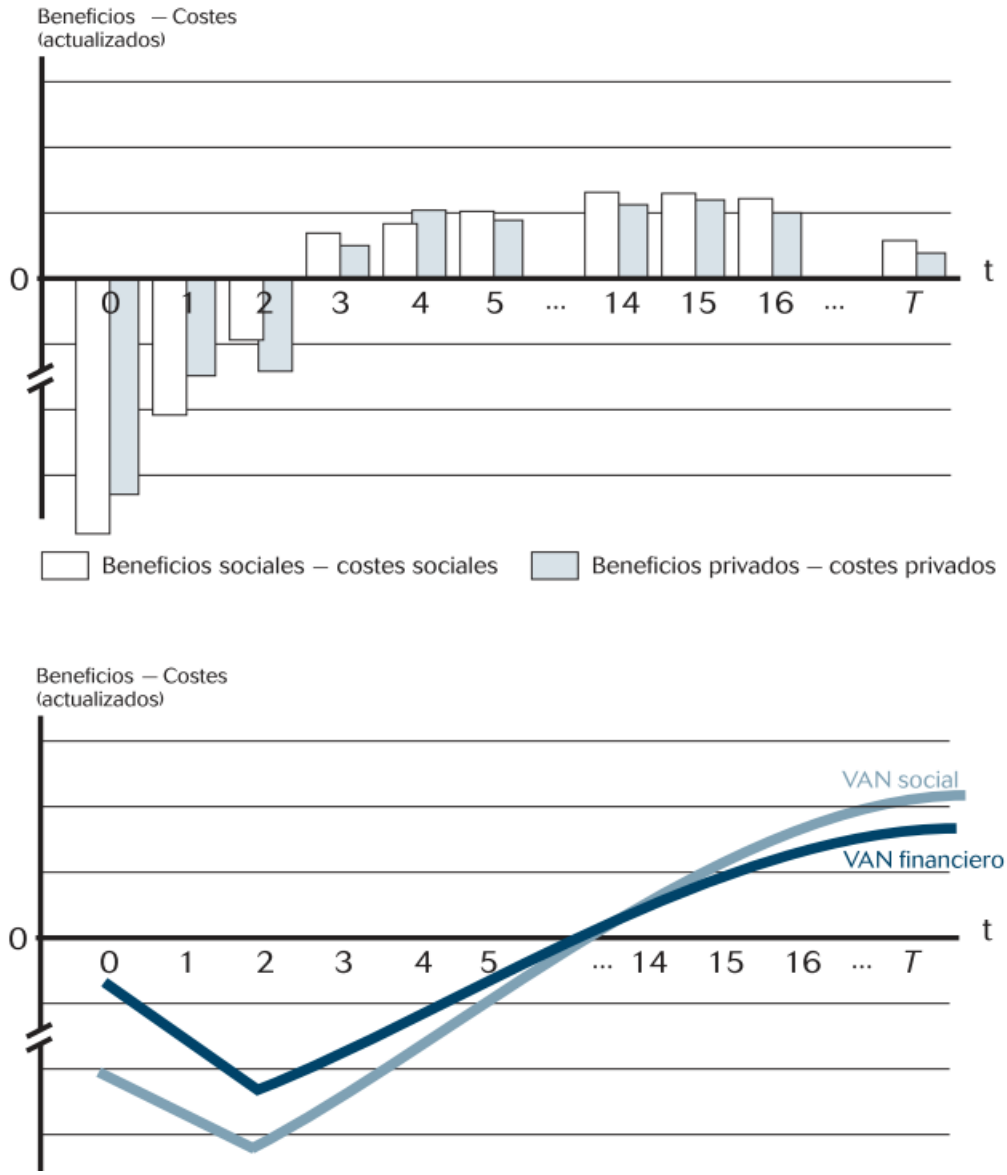
Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 1. Estructura temporal de un proyecto: beneficios y costos

Los beneficios (sin actualizar) suelen ser mayores a medida que el proyecto comienza a producir resultados, mientras que el mayor desembolso de costos suele realizarse

[2]En la literatura hispanoamericana se utiliza a menudo el término equivalente valor presente neto (VPN).

al comienzo, en el momento de la inversión. Sin embargo, la diferente composición delos mismos hace que el VAN social y el VAN financiero no generen el mismo resultado.

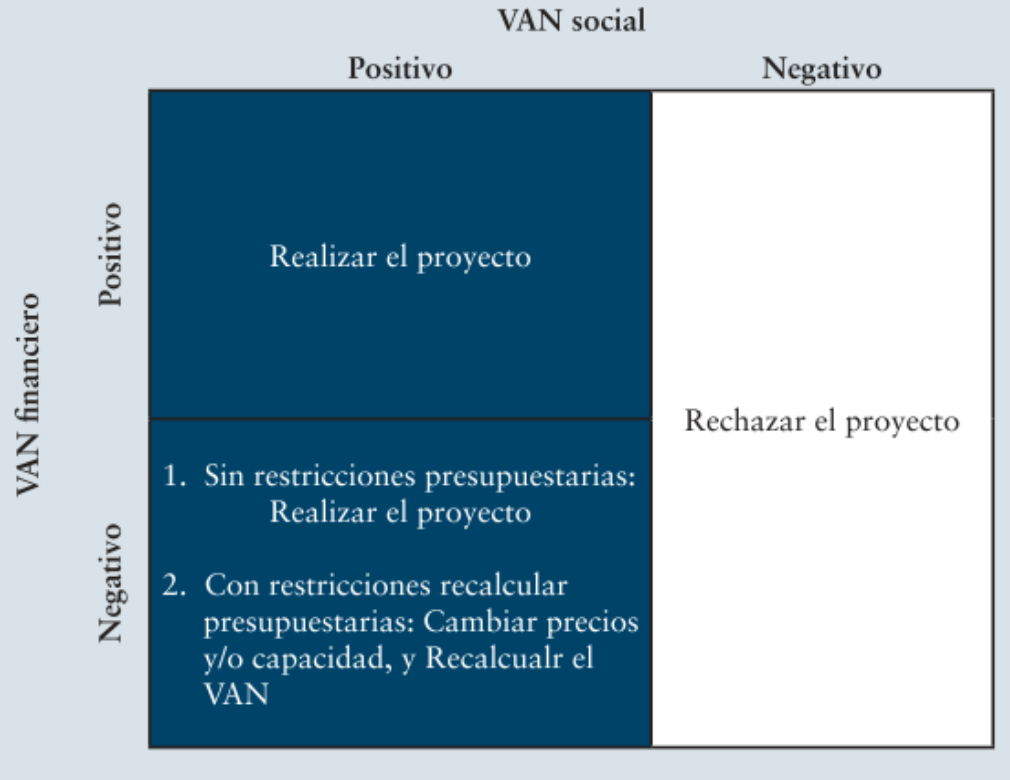


Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 2. Relación existente entre el VAN social y el VAN financiero

Podría pensarse que el cálculo del beneficio social es independiente del análisis financiero, ya que una cosa eslo que la sociedad está dispuesta a pagar por la infraestructura y otra lo que paga. Sin embargo, para unosvalores dados de población y renta, el precio que se fije

por el uso de la instalación determina la cantidaddemandada y por tanto los beneficios y costos sociales. Es decir, la decisión de invertir o no, y los precios que van a cobrarse por el uso de la infraestructura van íntimamenteligados, de manera que, dependiendo de las políticas de precios, existirán distintas combinacionesde rentabilidad social y financiera.



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 3. VAN Social contra VAN financiero.

Así, cuando el VAN social es negativo el proyecto no debe llevarse a cabo, ya que la suma actualizada de susbeneficios sociales (los cuales incluyen los beneficios privados) no resulta suficiente para compensar la sumadescontada de sus costos sociales (los cuales incluyen los costos privados). Cuando el VAN social es positivo,el proyecto debe realizarse sólo si el VAN financiero es positivo o si, siendo éste negativo, no existen restricciones presupuestarias. En caso de que existieran tales restricciones, sería recomendable estudiar las posibilidades de modificar losingresos y costos privados mediante diferentes políticas de precios y nivel de servicio, por ejemplo, con el fin de obtener un nuevo VAN financiero, esta vez positivo. En lo que concierne a la expresión monetaria de los costos y beneficios, en

el análisis costo-beneficio, loscostos de construcción, mantenimiento y operación han de valorarse a su costo social de oportunidad, definido como lo que la sociedad pierde en la mejor alternativa disponible para los recursos destinados alproyecto.

Entonces, el Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto, se puede definir como el valor obtenido actualizado separadamente para cada año; extrayendo la diferencia entre todas las entradas y salidas de efectivo que suceden durante la vida de un proyecto a una tasa de interés fija predeterminada. También incluye las inversiones las cuales deben ser rescatadas del flujo neto de ingresos y egresos.

Debe tomarse en cuenta que la tasa de actualización debe ser igual a la tasa de interés pagada por el prestatario y refleja el costo de oportunidad del capital.

2.1.1) BENEFICIO SOCIAL A PRECIO GENERALIZADO

El concepto de precio generalizado

Consideremos una determinada infraestructura o servicio de transporte, cuya demanda de utilización diaria por parte de los usuarios depende inversamente de su precio generalizado (g). El precio generalizado viene dado por la expresión:

$$g = p + z + v\tau \qquad (1)$$

Donde"p" es el importe (tasa, peaje, tarifa o billete) pagado por el usuario por cada viaje, "z" es el costo variable medio de utilizar el equipo móvil por parte del usuario,[3]"τ" es el tiempo total invertido en el viaje y "v" representa el valor unitario del tiempo de viaje, en términos monetarios. La demanda de transporte está relacionada de manera inversa con el precio generalizado: cuanto menor (mayor) sea el precio generalizado un mayor (menor) número de usuarios desearán utilizar esta infraestructura. Cuando vemos a g como la distancia de la curva de demanda al eje horizontal, tenemos la representación de la valoración máxima que cada usuario concreto atribuye a la realización de su viaje, es decir, su disponibilidad a pagar por el mismo. Por tanto, la función de demanda de viajes representa, de izquierda a derecha, una ordenación decreciente de valoraciones individuales, siendo g lo máximo que pagaría el usuario con mayor disponibilidad a pagar por el uso de esta infraestructura o de este servicio de transporte.

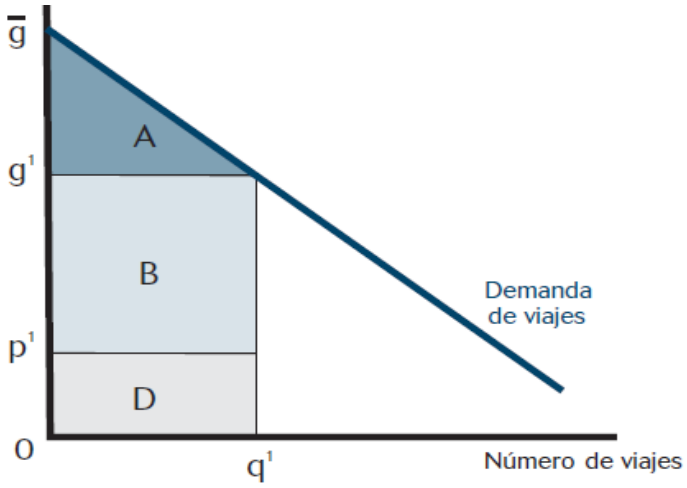
La ***Figura 4*** permite cuantificar los beneficios sociales antesde un nuevo proyecto enla que ya se ha llevado a cabo el proyecto, con un costo inicial igual a *C*, y el precio generalizado asociado almismo es igual a $g1$, con una demanda de viajes igual a $q1$. Obsérvese que, en ausencia de impuestos y subvenciones que distorsionen las tarifas (y suponiendo para simplificar que $z=0$), el importe monetario neto que el usuario paga por cada viaje es igual a $p1$.

[3] En el transporte público, $z=0$. En el transporte privado por carretera, z refleja el costo medio (por viaje) del mantenimiento y operación del vehículo (repuestos, combustible, etc.). Dependiendo del horizonte temporal, este costo incluirá o no los costos fijos (impuestos y licencias).

Usando la aproximación de las disposiciones a pagar, el beneficio social asociado a esta nueva infraestructura sería igual a la disposición total a pagar por la misma por parte de todos sus usuarios (**área A+B+D**) menos el valor total del tiempo de viaje invertido por estos (**área B**), es decir, el **área A+D**. Alternativamente, como suma de excedentes, el beneficio social vendría dado por el excedente de los usuarios (**área A**) más el de los productores, que a su vez es igual a los ingresos (**área D**). En ambos casos habría que restar los costos de construcción *C* para simplificar.

Formalmente, el beneficio neto es igual al **área A+D**, menos los costos de construcción *C*, dando lugar a la siguiente expresión de los beneficios sociales (netos) del proyecto, cuyo cálculo requiere conocer el precio máximo de reserva: $(\overline{g})$:

$$BS^1 - CS^1 = \frac{1}{2}\left(\overline{g} - g^1\right)q^1 + p^1 q^1 - C^1 \qquad \textbf{(2)}$$



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 4. Beneficios sociales de un proyecto

El beneficio social neto de un proyecto es igual a la suma de los excedentes de los usuarios y de los productores; o lo que es lo mismo, a la disposición total a pagar de la sociedad por el nuevo proyecto menos los recursos necesarios para su realización.

BENEFICIO SOCIAL CUANDO VARÍA EL PRECIO GENERALIZADO

En la ***Figura 5*** se representa el caso en el que el proyecto analizado conlleva una modificación del precio generalizado ya existente (por ejemplo, la mejora de una infraestructura o la introducción de servicios cuando ya existen otras alternativas).

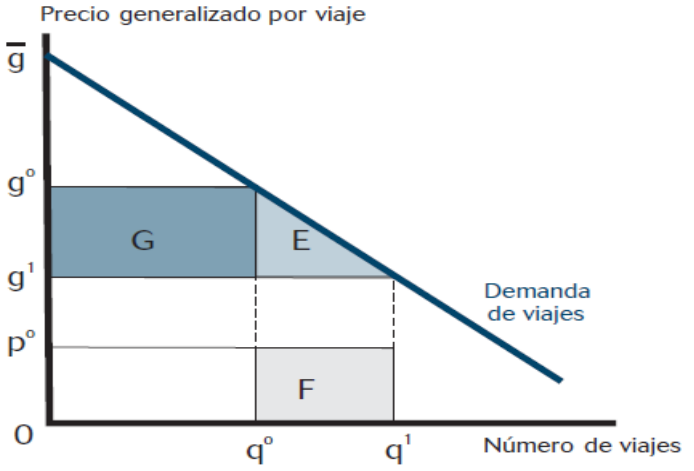
En particular, consideraremos que el proyecto reduce el precio generalizado de g0 a g1 en relación a la situación sin proyecto debido a una disminución del tiempo de viaje, sin que exista ningún cambio en los componentes monetarios del precio. Esta reducción hace que la demanda de viajes aumente de q0 a q1. En estas circunstancias, los cálculos son más sencillos porque no necesitamos calcular excedentes totales sinolos cambios en los excedentes de los consumidores. Así, los beneficios sociales en este caso requeriría únicamente sumar las áreas **G, E y F**, y restar la variación en los costos obteniéndose (De Rus et al., 2006).

$$BS^1 - CS^1 = \frac{1}{2}\left(g^0 - g^1\right)\left(q^0 + q^1\right) + p^0\left(q^1 - q^0\right) - \left(C^1 - C^0\right) \quad \textbf{(3)}$$

Correspondiendo a la variación del excedente de los consumidores

$$BS^1 - CS^1 = \frac{1}{2} v\left(\tau^0 - \tau^1\right)\left(q^0 + q^1\right) + p^0\left(q^1 - q^0\right) - \left(C^1 - C^0\right) \quad \textbf{(4)}$$

Correspondiendo a la variación en el excedente de los productores



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 5. Beneficios sociales de un proyecto de transporte

Por lo que ambas expresiones podrían resumirse en:

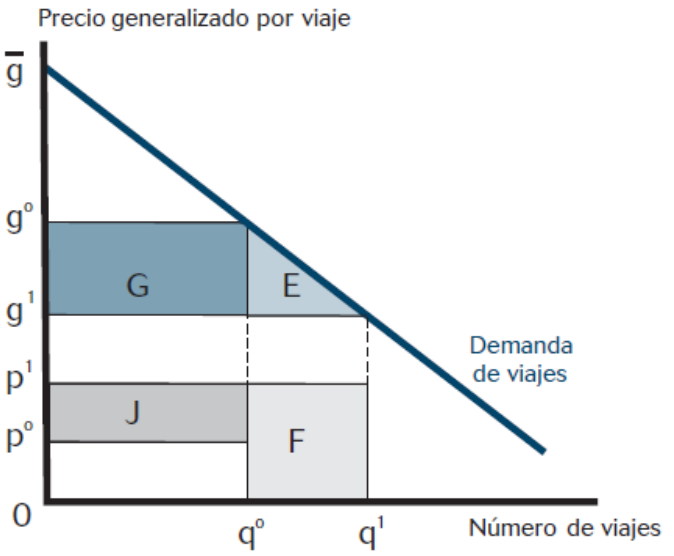
$$\mathbf{BS1 - CS1 = \Delta EC + \Delta EP} \qquad \mathbf{(5)}$$

Cuando hay cambios en el precio generalizado, los cálculos que hay que realizar son más sencillos, ya que no se necesita conocer el valor total de los excedentes de consumidores y productores, sino los cambios en dichos excedentes como consecuencia de la ejecución del proyecto.

Cambios en tiempos de viaje y precios

Consideremos como ejemplo un proyecto consistente en construir un nuevo puente en la carretera que une dos ciudades de manera que se reduzca significativamente la distancia y el tiempo de viaje entre ellas. Esto supone además para los usuarios una reducción de los costos operativos de sus vehículos (de z0 a z1). Sin embargo, si el proyecto es aprobado, los usuarios deberán pagar un peaje (p1) superior al que se cobra en la actualidad (p0). Todos los viajeros que utilizarán el puente son, o bien desviados desde la antigua carretera ya existente (la cual se mantiene abierta para aquellos viajeros que no deseen o no puedan pagar el nuevo peaje), o bien de nueva generación. Ante la nueva alternativa disponible, si un usuario elige utilizar el puente es porque su utilidad es mayor que si se mantiene utilizando la carretera antigua, es decir, porque su precio generalizado disminuye.

Si definimos como $g = p + z + v\,\tau$, la condición para que un viajero se desvíe desde la carretera antigua es:



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 6: Medición de beneficios sociales (caso general)

$$v(\tau^0 - \tau^1) + (z^0 - z^1) > p^1 - p^0 \quad \textbf{(6)}$$

A pesar de que ahora tiene que pagar un peaje más elevado, el ahorro de tiempo y de costo operativo, le compensa el aumento del peaje. Como ilustra la ***Figura 6***, el precio generalizado de viajar sin el proyecto, es decir, utilizando la carretera ya existente, es g0 y el número de viajes realizados es q0. Con la construcción del puente el precio generalizado se reduce hasta g1 y la variación experimentada en el excedente de los usuarios existentes y los generados gracias al puente puede expresarse como la suma de las áreas **G y E**:

$$\Delta EC = (g^\circ - g^1)(q^\circ + q^1) \quad \textbf{(7)}$$

Al excedente de los usuarios hay que añadir ahora el de los productores, que incluyen tanto a la empresa explotadora de la infraestructura como a todos los usuarios que conducen sus propios vehículos o los de las empresas para las que trabajan. Teniendo en cuenta que los costos no se han representado gráficamente, la variación del excedente de los productores sería la suma de las áreas **J y F**. Restando la variación de los costos a dichas áreas, tenemos:

$$\Delta EP = p1q1 - p0q0 + C\,0 - C1 \quad \textbf{(8)}$$

Este es el excedente resultante de la diferencia de ingresos con y sin el proyecto, más los costos evitables tras desviación de tráfico desde la carretera antigua hacia el puente, menos el costo anual de operar los vehículos y la infraestructura.

Del beneficio social al VAN social

El beneficio social neto anual del proyecto de construcción del puente (sin restar aún los costos de inversión) es igual a la suma de ΔEC+ ΔEP

$$\Delta EC + \Delta EP = \frac{1}{2}(g^0 - g^1)(q^0 + q^1) + p^1q^1 - p^0q^0 - (C^1 - C^0) \quad \textbf{(9)}$$

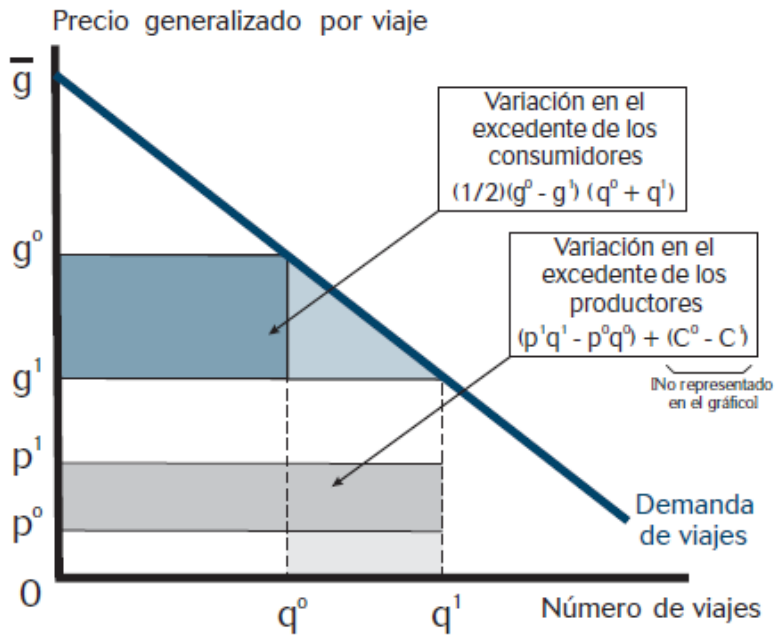
Obsérvese que en la práctica esta expresión habrá que recalcularla cada año durante la vida del proyecto, ya que el equilibrio entre demanda y oferta, que determina los diferentes valores de las variables utilizadas puede cambiar con el paso del tiempo.

Además, una vez que se descuenten y sumen los beneficios anuales netos durante la vida del puente, habrá que restar los costos iniciales de inversión para obtener el valor actual neto del proyecto, la expresión del VAN social vendría dada por(De Rus et al., 2006):

$$VAN_s = -I_0 + \sum_{t=1}^{T} \frac{\Delta EC_t + \Delta EP_t}{(1+i)^t} \quad \textbf{(10)}$$

Donde:

$$\Delta EC_t = \tfrac{1}{2}(g_t^0 - g_t^1)(q_t^0 + q_t^1) \qquad \Delta EP_t = p_t^1 q_t^1 - p_t^0 q_t^0 - C_t^1 + C_t^0 \quad \textbf{(11)}$$



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 7. Beneficios sociales: equivalencia de las dos aproximaciones

La fórmula que se emplea para el cálculo del VPN es la siguiente (Torres et al., 2000):

$$VPN = \sum_{t=0}^{t} \frac{Bt - Ct}{(1+r)^t} \qquad \textbf{(12)}$$

$$VPN = \sum_{t=0}^{t} \frac{Bt - Ct}{(1+TIR)^t} = 0 \qquad \textbf{(13)}$$

$$VPN = \sum \frac{\text{BENEFICIOS NETOS}}{(1+r)^t} \qquad \textbf{(14)}$$

Dónde:

Bt = Beneficios en el periodo t

Ct = Costos en el periodo t

r = Tasa de actualización

t = Periodo de análisis

TIR = tasa de actualización para VPN = 0

Algunas situaciones que se pueden presentar en el análisis del VPN:

• Si resulta que el VAN es positivo (VPN>0), la rentabilidad de la inversión es mayor que la tasa actualizada o de rechazo. En consecuencia, el proyecto se acepta.

• Si el VAN es cero (VPN=0), entonces la rentabilidad es igual a la tasa de rechazo, por lo que el proyecto puede considerarse aceptable.

• Si el VAN es negativo (VPN<0), la rentabilidad se encuentra por debajo de la tasa de rechazo y en consecuencia, el proyecto debe descartarse.

2.2) TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa de recuperación de la inversión o tasa interna de retorno (TIR), se define como la tasa de actualización que debe ser aplicada al flujo de beneficios y costos durante el horizonte económico del proyecto de tal manera que su valor presente neto (VPN) sea igual a cero o es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

La tasa interna de retorno, se calcula mediante iteraciones sucesivas hasta llegar a encontrar el equilibrio entre el flujo de costos y beneficios actualizados, es decir en el momento en que el valor presente de los beneficios originados por el proyecto sea igual al costo de inversión del mismo (Torres et al., 2000). En la actualidad, su determinación se realiza rápidamente gracias a los avances que han tenido las herramientas de informática en la época reciente. Para aplicar la TIR, se parte del supuesto que el VPN=0, entonces se buscará encontrar una tasa de actualización con la cual el valor actualizado de las entradas de un proyecto, se haga igual al valor actualizado de las salidas.

La ecuación de la TIR es la siguiente:

$$\sum_{t=0}^{t=n} (It - Et) \frac{1}{(1+i)^n} = 0 \quad \textbf{(15)}$$

Dónde:
Et = Egresos totales.
It= Ingresos totales.

$\frac{1}{(1+i)^n} =$ Factor de actualización

En consecuencia, la decisión de invertir se realiza contrastando la TIR con una tasa mínima, lo que da la tasa aceptable mínima a que debe calcularse el crecimiento del capital invertido. La tasa límite es igual a la tasa de interés efectiva de los préstamos a largo plazo en el mercado de capitales, o bien, la tasa de interés que se paga por el préstamo requerido para la inversión.

2.3) ÍNDICE DE RENTABILIDAD (IR)

El índice de rentabilidad (IR), de la inversión se define como el cociente de la suma de beneficios que se estima serán obtenidos a lo largo de la vida útil (horizonte económico) del proyecto y la suma de los costos de inversión del mismo.

El índice de rentabilidad puede calcularse tomando en cuenta el valor de los beneficios y costos a precios de mercado mediante la siguiente expresión:

$$IR = \frac{\sum_{0}^{t} Bt}{\sum_{0}^{t} Ct} \qquad \textbf{(16)}$$

Dónde:

Bt = Beneficios en el periodo t

Ct = Costos en el periodo t

t = Periodo de análisis

La determinación del índice de rentabilidad a precios de mercado se emplea normalmente cuando el análisis beneficio-costo está orientado básicamente a proyectos de tipo privado, en donde se dispone de capital propio y no tiene que pagarse ningún cargo por financiamiento además de contar con horizontes económicos equiparables.

La estimación del índice de rentabilidad con valores actualizados se realiza cuando se trate de proyectos en los que deba retribuirse un costo originado por financiamiento a la institución (pública o privada) que proporciona el crédito, o bien cuando es necesario tomar en cuenta el llamado costo por externalidades, es decir, cuando parte de los beneficios y/o costos recaen sobre terceros, tal es el caso de obras de infraestructura financiadas con recursos fiscales propios o provenientes de crédito externo, otorgados por instituciones internacionales de crédito, así como en aquellos proyectos cuyo horizonte económico es diferente.

La expresión que se emplea en la obtención del índice de rentabilidad a precios actualizados es la que se muestra a continuación(Torres et al., 2000):

$$IR = \sum_{j=0}^{n} Bij\ (1+r)^{-j} / \sum_{j=0}^{n} Cj(1+r)^{-j} \qquad \textbf{(17)}$$

Dónde:

IR = ÍIndice de Rentabilidad
Bij = Beneficios derivados de los distintos criterios i en el año j
Cj = Costos de inversión en el año j
r = Tasa de actualización
j = 0,1,2,....n
n = Horizonte económico

En este caso, es conveniente conocer el flujo de recursos reales (de los bienes y servicios) utilizados o producidos directamente por el proyecto.

Si el índice de rentabilidad es mayor o igual a 1, el proyecto es rentable, ya que el ingreso por los beneficios obtenidos es igual o superior al capital invertido (costo), garantizándose de esta manera la recuperación de la inversión.

$IR \geq 1$

2.4) ÍNDICE DE RENTABILIDAD INMEDIATA (IRI)

El índice de rentabilidad inmediata, es el indicador que muestra la rapidez de recuperación de la inversión en el primer año de operación del proyecto.

Este indicador se define como el cociente que resulta de dividir los beneficios obtenidos en el primer año de operación del proyecto entre el costo de inversión del mismo(Torres et al., 2000).

Cuando la inversión se realiza en diferentes periodos del horizonte económico del proyecto, el índice de rentabilidad inmediata más representativo es el que se obtiene a precios actualizados. La expresiónque se utiliza para su estimación es la siguiente:

$$IRI = \frac{\sum_{t} Bi}{\sum_{0} Ct} \qquad \textbf{(18)}$$

Dónde:

Ct = Costos en el periodo t

t = Periodo de análisis

Bi = Beneficios del proyecto en el primer año de operación

Contrario al VPN, cuyos resultados están expresados en términos absolutos, este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos. La interpretación de tales resultados es en centavos por cada "euro" ó "dólar" que se ha invertido.

Este indicador tiene gran utilidad cuando al jerarquizar los proyectos de una cartera[4], nos encontramos con dos o más de ellos que tienen el IR, VPN o laTIR similares, ya que nos permite conocer si un gran porcentaje de la inversión realizada será recuperada en el corto plazo.

[4] Programas y proyectos de inversión de conformidad con lo establecido en los artículos 34, fracción III, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y 46 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

En la relación de beneficio/costo, se establecen por separado los valores actuales de los ingresos y los egresos, luego se divide la suma de los valores actuales de los costos e ingresos. El valor de la Relación Beneficio/Costo cambiará según la tasa de actualización seleccionada, o sea, que cuanto más elevada sea dicha tasa, menor será la relación en el índice resultante. Entonces, si el índice es negativo, el proyecto debe rechazarse.

Al realizar una evaluación social de un proyecto, se miden los efectos indirectos que se tendrán con la implementación del proyecto.

La recuperación de la inversión lograda por la implementación del proyecto, podría ser contraproducente para el medio ambiente, puesto que en muchas ocasiones en la evaluación del proyecto, solamente se toma en consideración la evaluación privada, desatendiendo las repercusiones que tendría el proyecto, en mal de la sociedad.

El criterio social busca maximizar los beneficios (no solo utilidades), crear empleo, nivelar la balanza comercial, incrementar el valor agregado, ayudar a un sector de la población con ciertas características, etc.

3) DEMANDA Y COSTOS*CON* Y *SIN* PROYECTO

Como hemos visto, la mayor parte de los proyectos de transporte conllevan para la sociedad dos tipos debeneficios principales: una reducción del tiempo total de viaje (de personas o mercancías) y un aumento de la disposición a pagar correspondiente a los nuevos viajes que se realizan en el proyecto (tráfico generado).

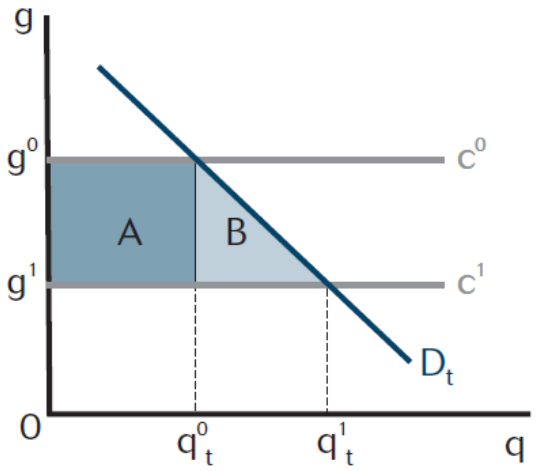
A lo largo del tiempo estos beneficios dependen de los efectos que genere el proyecto, pero en su evaluación debeconsiderarse como marco de comparación lo que habría sucedido si el proyecto no se hubiese realizado.

Consideremos un proyecto consistente en la construcción de una nueva infraestructuraque reduce el tiempo de transporte en un determinado corredor. Inicialmente, esto es, sin el proyecto, la demandaanual de viajes es $q0$, con un precio generalizado $g0$, el cual se reduciría hasta $g1$ tras la realización delproyecto.

Si la demanda fuese perfectamente inelástica (es decir, no variase al modificarse el precio) y los costos unitariosno cambiasen al hacerlo la demanda, el importe de los beneficios iniciales del proyecto se obtendría simplementemultiplicando la reducción del tiempo de viaje por su valor y por el número de viajes realizados.En los años siguientes podría pensarse que este beneficio sería esencialmente el mismo, incrementándoseúnicamente en la cuantía en que lo hiciera la demanda (como consecuencia de aumentos de la población y/ode la actividad económica). Sin embargo, la realidad es diferente*: la demanda responde a los cambios en losprecios generalizados y los costos no suelen ser constantes*, ya que crecen cuando aumenta la demanda, y especialmentecuando ésta se aproxima a la capacidad máxima de la infraestructura.

3.1) La respuesta de la demanda a cambios en losprecios

Para centrarnos en el primero de estos dos aspectos en la ***Figura 8*** representamos los beneficios iniciales delproyecto (en el año *t*) suponiendo que los costos medios de transporte *sin* y *con* proyecto (*c*0 y *c*1) son constantese iguales al precio generalizado, *g*.
En este caso, el cómputo de los beneficios sociales requiere únicamente conocer, a partir de la función de demanda *Dt*, la reducción del precio generalizado y el incremento de tráfico que se genera como consecuenciade dicha reducción.



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 8. Beneficios iniciales del proyecto (año t)

De acuerdo con las expresiones desarrolladas en las secciones anteriores, los beneficios sociales del proyecto asociados al **tráfico ya existente** serían los correspondientes al **área A**:

$$v(\tau^0 - \tau^1)q_t^0 \qquad \textbf{(19)}$$

Los cuales son también los beneficios del tráfico desviado, si se considera la reducción del precio generalizado como la media de todos los viajes desviados.En el caso del **tráfico generado**, $\Delta q = q1 - q0$, los beneficios sociales vendrían dados por el **área B**:

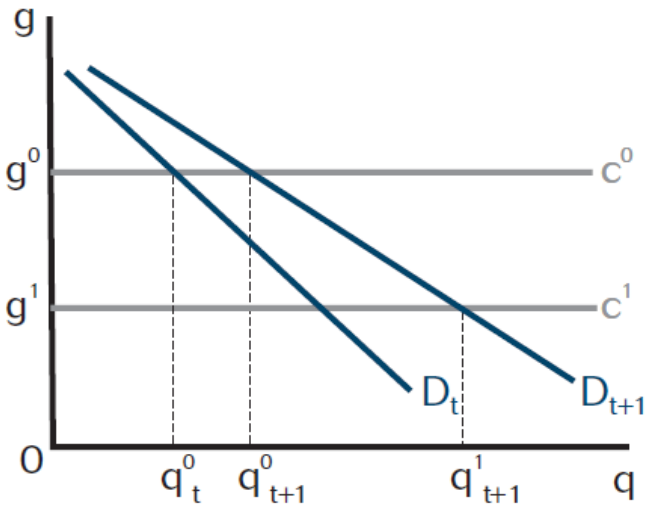
$$\tfrac{1}{2}\, v(\tau^0 - \tau^1)(q_t^1 - q_t^0) \qquad \textbf{(20)}$$

Donde el tráfico generado puede estimarse a partir de la elasticidad de la demanda con respecto al precio generalizado, η= (Δ*q*/Δ*g*)(*g*/*q*),en el punto de equilibrio inicial:

$$q_t^1 = q_t^0\left(1+\eta\frac{\Delta g}{g}\right) \qquad \textbf{(21)}$$

Una vez obtenidos los beneficios iniciales del proyecto el siguiente paso es calcular los beneficios para los restantes años de vida útil del mismo. Para ello hay que comparar los equilibrios *con* y *sin* proyecto en cada año.

En la ***Figura 9*** se representa el mismo corredor un año más tarde, donde *Dt*+1 es la nueva función de demanda, la cual ha aumentado como consecuencia del crecimiento de la población y/o de la actividad económica. Como puede observarse, la nueva función de demanda afecta tanto al tráfico *con* proyecto como al que habría habido en el corredor si el proyecto no se hubiese realizado. Estos dos valores, q0t+1 y q1t+1, son los relevantes, ya que debemos comparar lo que sucederá si el proyecto se realiza con lo que sucedería si éste no se llevase a cabo.



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

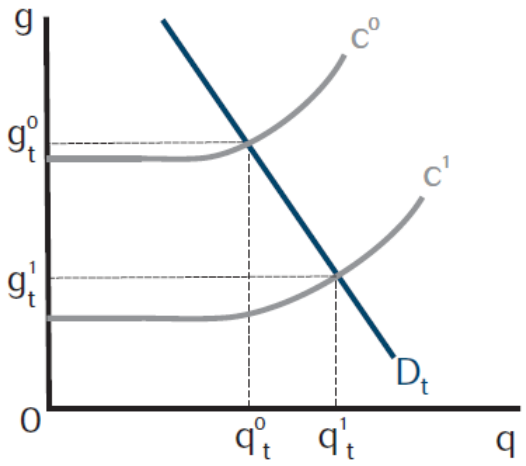
Figura 9. Beneficios del proyecto y cambios en la demanda (año t+1)

Los beneficios del proyecto en cada año deben siempre calcularse con los precios generalizados que corresponderían a dicho año en las situaciones con y sin proyecto.

3.2) Cambios en la demanda y en los costos de los viajeros

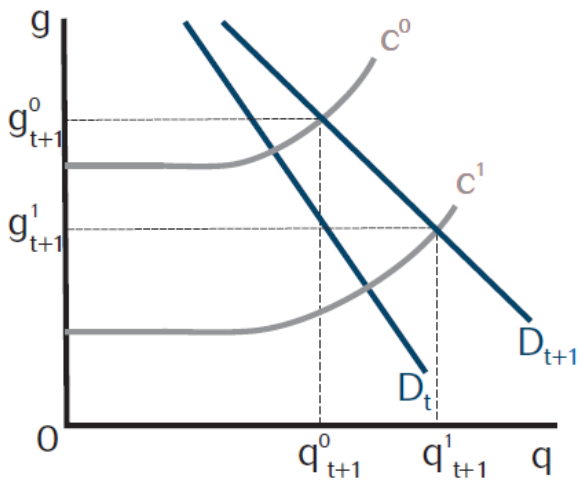
En la ***Figura 10*** se representa ahora el caso más general en el que el costo medio de los viajeros aumenta a medida que lo hace la demanda debido, por ejemplo, a la aparición de congestión en el corredor analizado.

En este caso, los beneficios sociales del proyecto también se ven afectados por los cambios en los costos de los usuarios. Aunque el proyecto genera inicialmente una mayor reducción en el precio generalizado de los viajes (la distanciavertical entre *c*0 y *c*1), el consiguiente aumento de la demanda (de *q*0*t* a *q*1*t*) produce (más) congestión, haciendo que el precio final (*g*1*t*) sea superior al que cabría esperar inicialmente.Para calcular los beneficios en años sucesivos sería necesario determinar los equilibrios *con* y *sin* el proyecto en los períodos siguientes. La ***Figura 12*** refleja el crecimiento de la demanda en *t*+1, mostrando de nuevo que la variación en los costos afecta de manera determinante al cómputo de los beneficios sociales. Como puede observarse, los valores a comparar son ahora *g*0*t*+1 y *g*1*t*+1, y lo mismo sucedería en cada uno de los períodos siguientes.



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 10. Beneficios del proyecto y cambios en los costos (año t)



Fuente: Manual de evaluación económica de proyectos de transporte

Figura 11.Beneficios del proyecto y cambios en los costos (año t+1)

Aunque las dificultades de cálculo de los diferentes equilibrios a lo largo del tiempo son obvias, ignorarlaspuede producir sesgos muy importantes en la estimación de los beneficios sociales.Finalmente, cuando el precio generalizado incluye un precio monetario (peaje, tarifa portuaria, etc.) los equilibrios cambian, pero no la forma de calcularlo: seguiremos aplicando la "regla de la mitad" para estimar el cambio en el excedente de los usuarios y sumaremos a este beneficio el cambio en el excedente de los productores.

Tanto si el precio monetario está calculado con el fin de igualar el precio generalizado al costo marginal como si se trata de una tasa por utilización de la infraestructura con la finalidad de recuperar los costos fijos, el procedimiento de estimación de los beneficios no cambia.

4) EFECTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO

La reducción del *tiempo de viaje* que se deriva de la construcción de infraestructuras o de la introducción de nuevos servicios de transporte, tiene como principal efecto directo la reducción de los costos de las empresas que la utilizan y la mayor disponibilidad de tiempo de los individuos que los utilizan. *Este efecto directo se mide multiplicando el tiempo ahorrado por el valor de dicho tiempo* (De Rus et al., 2006)**.**

En una segunda fase de efectos, las empresas aumentan sus beneficios y los consumidores se benefician de precios más bajos, en proporciones que dependerán del grado decompetencia en la economía y del comportamiento de los costos ante aumentos de la demanda. Además, los cambios en los precios de los bienes y servicios afectados por la reducción de costos originados por el proyecto de transporte afectaran a otros mercados de bienes y servicios, que llamaremos secundarios para distinguirlos del mercado primario donde se producen los efectos en una primera fase. Estos efectos se producen por relaciones de complementariedad entre los bienes del mercado primario y del secundario.

Por ejemplo, la reducción del costo de viaje a una zona turística gracias a un proyecto de transporte puede aumentar el número de visitas a dicha zona y, como consecuencia del aumento del número de visitantes, a la demanda de servicios comerciales de dicha zona. Simultáneamente, puede ocurrir lo contrario en otra zona que los visitantes consideran ahora relativamente más alejada. La pregunta es si los efectos descritos deben contabilizarse en la evaluación de un proyecto o por el contrario deben ignorarse concentrando el esfuerzo de medición en el mercado primario. La respuesta no es inmediata y no hay unanimidad sobre cómo tratar los efectos indirectos, aunque algunas reglas de actuación práctica de tipo general pueden sugerirse (De Rus et al., 2006)**.**

1. Cuando el servicio de transporte cuyo costo se reduce como consecuencia del proyecto es un input en el proceso productivo de otras empresas y la economía es en general competitiva, podemos cuantificar el beneficio del proyecto en el mercado primario de transporte afectado por el cambio, ignorando lo que ocurre en los mercados que utilizan dichos servicios.

Estos beneficios que aparecen reflejados en el mercado primario, lo son de las empresas y consumidores que se benefician en los mercados secundarios. Son los mismos beneficios y no deben sumarse dos veces.

Ignorar los beneficios en los mercados secundarios no quiere decir que las empresas que en otros mercados utilizan los servicios de transporte no se beneficien del proyecto que reduce el costo de transporte, ni tampoco que los consumidores no se beneficien de precios más bajos; *se trata simplemente de evitarcontabilizar dos veces el mismo efecto, ya que los beneficios de la reducción de dicho costo ya fueronevaluados en el mercado de transporte.*

2. *Cuando los mercados secundarios no son competitivos y existe poder de mercado, el aumento o la reducción de la demanda que ocurra en dichos mercados si produce un efecto adicional que habría que incluir.*

Dicho efecto adicional que no puede considerarse doble contabilización se origina como consecuencia de la no igualdad del precio y el costo marginal en los mercados de competencia imperfecta.

Un monopolio que vende a 100 un bien cuyo costo unitario es de 80, el bajar el precio y aumentar la cantidad vendida tras la reducción de los costos de transporte, supone un beneficio social aproximado de 20 por unidad vendida que no aparece totalmente reflejado en el mercado primario al aplicar la regla de la mitad. La razón de este beneficio adicional estriba en que el monopolista produce cantidades inferiores a las socialmente óptimas y un proyecto de transporte que reduce sus costos incentivando el aumento de producción del monopolista reduce la ineficiencia derivada de la baja producción del monopolista.

3. *Cuando en los mercados secundarios se producen bienes y servicios que son complementarios o sustitutivos de los bienes y servicios del mercado primario, y la economía es competitiva y sin distorsiones, podemos ignorar los efectos indirectos*, ya que las variaciones de la producción, al contrario del caso delmonopolista anteriormente descrito no producen variaciones en el bienestar social al venderse cada unidada su costo marginal social.

4. *Cuando existe distorsiones en los mercados secundarios los efectos indirectos no son necesariamente doble contabilización***.** Distorsiones como la existencia de poder de mercado, externalidades, impuestos ysubvenciones o desempleo, implican una diferencia entre el precio de venta y el costo marginal social enlos mercados secundarios afectados por el proyecto que producen efectos adicionales a los del mercadoprimario que deben tenerse en cuenta. Por ejemplo, si aumenta la demanda de productos agrícolas subvencionados en los restaurantes beneficiados por el aumento de visitas al parque cuyo costo de acceso en tiempo se ha reducido, la expansión de la producción en el mercado agrícola supondrá un costo a contabilizar igual al aumento de la subvención (suponemos que no internaliza externalidad alguna) Si por el contrario, en el mercado agrícola hay un impuesto, el aumento de recaudación será un beneficio.

5. *El efecto neto en los mercados secundarios es por tanto la suma de efectos de distinta naturaleza y signo.*

Los promotores de proyectos de transporte tienden a argumentar los efectos positivos sobre el conjunto de la economía de dichos proyectos, creación de empleo incluido; sin embargo, ***los efectos indirectos pueden ser positivos*** (aumento de recaudación fiscal) ***o negativos*** (aumento de la contaminación)***, además, la producción no siempre aumenta en los mercados secundarios.*** Un aeropuerto nuevo que aumenta la actividad industrial y comercial en la zona puede también reducirla en otro aeropuerto del país que pierde atractivo tras el proyecto del nuevo aeropuerto.

6. *Una recomendación general es la de ignorar en principio los efectos indirectos y concentrarse en los directos, a menos que la singularidad del proyecto aconseje lo contrario***.** Muchos de los efectos indirectos son comunes a otros proyectos, que se realizarían si el proyecto evaluado no se llevase a cabo y por tanto su efecto es irrelevante en la comparación de proyectos (por ejemplo, el efecto multiplicador macroeconómico).

Otros efectos más difíciles de evaluar pero importantes en algunos casos, como cambios en la logística de la distribución comercial, etc., podrían describirse en una exposición cualitativa junto a los efectos directos.

Finalmente, y con relación a los efectos territoriales, los de desarrollo regional y los cambios en la localización de las empresas, es recomendable añadir una descripción cualitativa en su caso, ya que la evidencia disponible no permite ser demasiado optimistas sobre los efectos positivos de desarrollo local de un proyecto de transporte que reduce el costo de desplazar bienes y personas entre una zona rica y otra pobre. La carretera o la línea ferroviaria, permiten viajes en ambos sentidos y aunque el efecto global sobre la economía del país sea positivo, el local es discutible y depende de un conjunto de factores cuyo efecto final es a priori muy difícil de predecir.

5) INCENTIVOS Y CONTRATOS

La obtención de un VAN social ex ante positivo en la evaluación de un proyecto de inversión en infraestructuras de transporte no garantiza que con posterioridad, durante la vida efectiva de la concesión, se obtenga un VAN social real positivo. Teniendo en cuenta que la *participación privada en la construcción y explotación de infraestructuras de transporte se realiza en muchos casos mediante contratos de concesión*, conviene discutir de qué manera afecta el diseño de estos contratos a que se obtengan los beneficios sociales netos estimados en la fase de evaluación económica.

El diseño de un contrato de concesión puede influir decisivamente en que el VAN social ex ante y el ex post no difieran más allá de lo explicado por causas de fuerza mayor o de cambios en el marco regulador frente a las que los operadores poco pueden hacer. *Nos interesan especialmente las desviaciones de lo proyectado quese producen por la utilización de contratos cuyos incentivos no favorecen la consecución del máximo VANposible*, y para ello analizamos el caso de la concesión convencional de plazo fijo tan utilizada en los proyectos de transporte en todo el mundo.

Una concesión para construir y operar una infraestructura es un contrato de largo plazo entre un gobierno y una empresa o consorcio de empresas privadas, a través del cual ambas partes asumen una serie de compromisos y obligaciones para llegar a alcanzar unos determinados objetivos. Entre estos objetivos cabe destacar los siguientes (De Rus et al., 2006)**.**

1. Construcción de la infraestructura, con la calidad previamente establecida, al mínimo costo posible.
2. Mantenimiento adecuado de la infraestructura y otros elementos incluidos en la concesión durante el periodo concesional.
3. Provisión de servicios satisfactorios a los usuarios, incluida la seguridad.
4. Promover el uso eficiente a corto plazo de la infraestructura, mediante precios adecuados.
5. Ampliación de la infraestructura a largo plazo de acuerdo con las necesidades de tráfico.
6. Equilibrio financiero para el concesionario.

Desde un punto de vista económico, un contrato de concesión es un mecanismo que facilita la colaboración entre el sector privado y el sector público. A través de los contratos de concesión, los gobiernos pueden obtener financiación privada para la realización de grandes proyectos de infraestructura y, simultáneamente, se ofrecen a los inversores privados los incentivos económicos para que sea atractivo llevar a cabo estos proyectos.La experiencia internacional muestra numerosos ejemplos de problemas financieros para los concesionarios y de necesidad de intervención de los gobiernos para evitar quiebras. Al estudiar estos casos, es frecuente encontrarse con un diseño incorrecto del modelo económico desde el inicio de la concesión que suele estar en la raíz de las dificultades para concesionarios y gobiernos. Por ello, es fundamental la realización de un análisis previo de las características de un proyecto de construcción de infraestructuras, así como un diseño correcto del modelo económico.

Para tratar de alcanzar los seis objetivos señalados anteriormente para una concesión (construcción al mínimo costo, mantenimiento adecuado, calidad y seguridad, uso eficiente de la infraestructura, ampliaciones adecuadas en el largo plazo, y equilibrio financiero para los concesionarios), tanto el gobierno que desea llevar a cabo un proyecto de infraestructura como la empresa que acomete el proyecto se enfrentan a varias dificultades. El mayor problema a la hora de diseñar una concesión de un proyecto de transporte consistente en la construcción de nueva infraestructura es la incertidumbre sobre el volumen de demanda futura. Pese a que existen técnicas para realizar estudios de predicción de demanda, dada la naturaleza de largo plazo de estos proyectos, es muy difícil realizar buenas predicciones. Existen muchas circunstancias que pueden verse alteradas durante los más de 30 años que suele durar una concesión de infraestructura de transportes, que pueden alterar de forma significativa el volumen de demanda y que conducen a la renegociación del contrato.La incertidumbre también alcanza a los costos. Algunos costos son difíciles de predecir, especialmente en las fases de construcción del proyecto ya que los verdaderos costos asociados a la construcción de una determinada infraestructura no se conocerán hasta que ésta se lleve a cabo y aparezcan, por ejemplo, dificultades no previstas en el terreno que prolonguen la duración de las obras. Esto hace que las ofertas que presenta una empresa a un concurso incorporen un cierto elemento de aleatoriedad (De Rus et al., 2006).

Los costos de construcción, mantenimiento y operación de una infraestructura también pueden variar dependiendo del esfuerzo realizado por el concesionario. La cercanía de dichos costos a su mínimo posible dependerá de los incentivos que el contrato incorpore para que al concesionario le compense el esfuerzo de acercarse a dicho mínimo. Si el contrato concesional contempla un beneficio constante y un precio por utilización de la infraestructura igual al costo medio de producción, es probable que el operador no se esfuerce en la misma medida en que lo haría si el precio es fijado independientemente del costo y el beneficio no está limitado. Partiendo del hecho de que el gobierno quiere que la construcción de una infraestructura de calidad prefijada se realice al mínimo costo posible, aceptando que las empresas que llevan a cabo los proyectos son las que conocen sus costos, la mejor forma de llevar a cabo la selección del concesionario es a través de mecanismos de licitación.Los mecanismos más habituales en la práctica son subastas en los que los concursantes (generalmente consorcios formados por varias empresas) son pre-seleccionados a partir de criterios de honorabilidad, experiencia en el sector y capacidad financiera. Los candidatos deben presentar sobres cerrados con una oferta económica que se basa habitualmente en alguna de estas variables alternativas: el peaje que van a cobrar a los usuarios, o un pago a realizar al gobierno en concepto de canon. En algunas ocasiones, también es posible la utilización de sistemas en los que las empresas realizan ofertas sobre diversas variables, empleándose en la licitación una fórmula polinómica en la que cada variable se pondera con un número de puntos anunciados previamente (De Rus et al., 2006)**.**

Las variantes de los sistemas mencionados comparten una característica común y es la idea de plazo fijo para la duración de la concesión**.** Es decir, a pesar de que la oferta de las empresas se realice en variables diferentes en cada tipo de concurso, en todos ellos los concesionarios saben de antemano cuánto va a durar el periodo durante el cual van a poder explotar la concesión y obtener ingresos por cobrar a los usuarios por el uso de la infraestructura. La duración de la concesión será anunciada por el gobierno antes de que se lleve a cabo la subasta, con el objeto de que las empresas puedan realizar sus cálculos y hacer así las mejores ofertas posibles, ajustadas a la condición de equilibrio financiero de cada empresa.

Todos los sistemas concesionales basados en el plazo fijo para la duración del contrato de concesión tienen un problema común y éste es el impacto que tienen las estimaciones sobre la demanda futura, tanto para la selección del concesionario como para su estabilidad financiera durante la vida del contrato.

Este es un problema bien conocido en el análisis teórico de los resultados de los concursos o subastas, y que es denominado la "maldición del ganador". En un concurso realizado a partir de cualquiera de las variables citadas anteriormente existe, por el propio funcionamiento del sistema, una tendencia hacia la selección de concesionarios que son excesivamente optimistas en cuanto a sus expectativas de demanda. Esto puede crear un serio problema para la empresa ganadora en el futuro y es el siguiente: en caso de que el número efectivo de usuarios sea bajo, es probable que los cálculos realizados por la empresa ganadora resulten incorrectos, y le lleven a una situación financiera complicada.
Este problema no se deriva de que las empresas actúen de forma inadecuada a la hora de preparar sus ofertas, y los cálculos no se realicen con la máxima precisión posible. Son los propios mecanismos de selección los que inducen estos resultados, y los causantes últimos de muchas de las dificultades de las concesiones en el mundo, especialmente el de *lasrenegociaciones que aunque resuelven el problema de la interrupción de la actividad en caso de problemas graves, desnaturalizan en muchas ocasiones la esencia del concurso público* (De Rus et al., 2006)**.**

Las renegociaciones producen efectos no deseados sobre el contrato de concesión (tensiones entre gobierno y concesionario, costos asociados a la negociación, protestas de los usuarios, etc.). Además, suelen introducir ajustes en los precios que pagan los usuarios cuando se producen desviaciones significativas de tráfico con respecto a las previsiones, incentivando un uso ineficiente de la infraestructura.Así, en situaciones de tráfico bajo, los operadores presionaran para que se aumente el precio, modificación contraria a lo que sería deseable desde un punto de vista económico para un uso eficiente de la infraestructura.

Ante situaciones de demanda débil, si la respuesta del gobierno es autorizar una subida de precios, la demanda descenderá más aún, cuando lo deseable sería en esas situaciones bajar los precios para que la demanda fuese mayor.

Si por el contrario la demanda es alta y se producen problemas de congestión, lo que debería hacerse es subir los precios, para de ese modo desanimar el uso de la infraestructura por aquellos usuarios que obtienen un menor beneficio o bienestar de su utilización. Sin embargo, demanda alta suele estar asociada a beneficios extraordinarios para el concesionario y a mayor presión del público para que bajen los precios.

Concluyendo, son las propias características de los mecanismos de concesión de plazo fijo las que pueden inducir a la aparición de problemas para gobiernos y concesionarios durante la vida de los contratos de concesión. La razón fundamental es la necesidad, bajo estos sistemas concesionales, de apoyarse en las expectativas de los niveles de demanda futura a la hora de realizar los cálculos de las empresas para presentar sus ofertas a los concursos para conseguir los contratos. Los sistemas concesionales de plazo fijo tienden a seleccionar a empresas optimistas en cuanto a sus predicciones de demanda, y a generar con ello problemas de renegociación en el futuro.

La solución al problema de la incertidumbre sobre el tráfico requiere un cambio en el planteamiento del sistema de concesión, que permita reducir dicha incertidumbre.

Una alternativa para conseguirlo consiste en irabandonando la idea de que el periodo de vigencia del contrato de concesión tenga que ser fijo y determinadoa priori, antes de conocerse con exactitud cuál es el nivel de tráfico que la infraestructura va efectivamente arecibir.

Un mecanismo práctico consiste en diseñar una concesión de plazo variable, cuya duración se vincule con el nivel de demanda, y que permita ajustes automáticos del periodo concesional sin necesidad de entrar en procesos de renegociación que, como se ha señalado, tienen consecuencias negativas para gobiernos y concesionarios.

Los problemas de la participación de empresas privadas en la construcción de carreteras mediante el sistema de concesión de plazo fijo se deben fundamentalmente a la naturaleza

de la infraestructura (altos costos, vida prolongada y especificidad de los activos), a la incertidumbre de demanda y a las asimetrías de información sobre los costos. La participación privada es deseable si su entrada en la construcción y operación facilita el construir a costos más bajos que sostengan precios más bajos a los usuarios, además de contribuir a que no se construyan obras faraónicas. La experiencia internacional no es del todo positiva y la impopularidad de la participación privada ha crecido en la última década.[5]

Si el periodo de concesión fuese variable en lugar de fijo, sería posible acomodar situaciones de demanda alta o baja sin necesidad de renegociar el contrato, ni tener que realizar ajustes no deseados en los precios. Así, por ejemplo, ante una situación de demanda baja, simplemente la duración de la concesión se extendería automáticamente permitiendo de ese modo la recuperación de los costos totales. Por el contrario, ante un caso de demanda alta, la recuperación de costos tendría lugar antes, y la concesión podría terminar para no proporcionar beneficios extraordinarios a la empresa.

[5] El 56% de los encuestados en América Latina opinaban que las privatizaciones habían sido positivas para su país, cuando se les preguntó en 1998. Este porcentaje se reducía al 25% cuando se les volvió a preguntar en 2004 (Latinobarómetrosurveys) citado en Fay, M. y M. Morrison (2005): *Infrastructure in LatinAmerica and theCaribbean: RecentDevelopments and Key Challenges*. Report No. 32640-LCR. TheWorld Bank. Entre las sugerencias de los autores para reforzar la inversión privada en la región se incluye la mejora de la regulación y la adjudicación de contratos.

6) LA ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD DE LA DEMANDA

Conocer si la demanda de transporte es más o menos elástica resulta muy útil tanto para la predicción de la misma (anticipando cómo variará la cantidad, por ejemplo, si aumenta la renta), como para la evaluación del impacto de algunas políticas de transporte.
Por ejemplo, es posible que una mejora en las condiciones de un servicio reduzca su precio generalizado y probablemente atraiga a más usuarios, pero también podría conllevar un mayor costo. ***Saber cuál es exactamenteel valor de la elasticidad de la demanda respecto a tal mejora permite valorar dos cuestiones:***

1. si los costos en que se incurre con la mejora se ven compensados con los beneficios derivados del aumento de la demanda;
2. si hay otro atributo o característica del servicio o infraestructura que, con igual o menor dedicación de recursos permita obtener mejores resultados.

Elasticidad-precio

*La magnitud más importante con respecto a la cual suele medirse la elasticidad de la demanda es su propioprecio***.** Suele utilizarse el precio no generalizado *p* (en lugar de *g*) porque el impacto sobre la demanda decambios en el tiempo de viaje suele medirse con su propia elasticidad (De Rus et al., 2006)**.**
En general, la elasticidad-precio en una actividad de transporte *i* con respecto a su propio precio *pi* puedeescribirse como:

$$\eta_{ii} = \frac{dq_i}{dp_i}\frac{p_i}{q_i} \qquad \textbf{(22)}$$

Donde *qi* representa cualquier medida de *output*, como los viajes realizados, el número de pasajeros o el volumende carga transportado.

La elasticidad de la demanda con respecto al precio también puede tomar valores muy diferentes dependiendode cuál sea el motivo del viaje. Esto está relacionado con la obligatoriedad o no de realizar dicho viaje y conla posibilidad de aplazarlo o realizarlo en otro momento. En general, los viajesal trabajo o por motivos de negocio suelen presentar elasticidades inferiores a aquellos que se realizan pormotivos de carácter personal (ocio, compras, etc.)

*También existen diferencias en la elasticidad de la demanda de transporte público respecto a su precio dependiendode si el billete se compra directamente o se paga a través de cualquier tipo de abono.*En este últimocaso, algunos estudios han demostrado que la demanda es menos elástica, debido a que esta forma de pagoes empleada mayoritariamente por usuarios que utilizan mucho el transporte público y para los cuales haypocas alternativas de viaje disponibles.

Elasticidad cruzada

La demanda de una actividad de transporte también se ve afectada por el precio y el nivel de servicio de lasalternativas sustitutivas y complementarias que existan en el mismo mercado. La elasticidad cruzada midecómo cambia la cantidad de viajeros o mercancías transportadas.

Elasticidad renta

En el transporte de viajeros, la elasticidad-renta de la demanda se define como el cambio porcentual en elnúmero de viajeros transportados cuando cambia un 1% la renta de estos, manteniendo constante el resto defactores.

En general, *esta elasticidad suele ser positiva*. Tanto en el transporte privado por carretera como en el transporteaéreo, los kilómetros recorridos o el número de viajes realizados anualmente suelen ser mayores cuantomayor es la renta de un país, pero simultáneamente, entre los usuarios de más bajos ingresos, también puede ocurrir que un pequeño aumento en

la renta les permita viajar más en transporte público (en lugar de utilizar la bicicleta o caminar), porlo que la elasticidad-renta podría ser finalmente positiva.

Otros trabajos han estimado cómo cambia la adquisición de automóviles privados cuando se modifica su costo de operación (combustible y mantenimiento) y la renta del propietario. La primera de esas elasticidadesofrece valores negativos entre –0,4 y –1,0 a corto plazo, pero puede llegar a duplicarse a largo plazo.

Elasticidad con respecto al tiempo

Es el que mide el cambio en la demanda de transportecuando lo hace el tiempo (total o parcial) de viaje. *Esta elasticidad-tiempo depende fundamentalmente de lasrazones por las cuales se viaja***.** Quienes se desplazan por motivos de negocio o trabajo suelen presentar unaalta sensibilidad ante pequeños cambios en el tiempo del viaje, mientras que los viajeros por motivos de ocioasignan un menor valor a su tiempo.

En TRACE (1999) se confirman estas ideas como muestra el ***Cuadro 1.1*** En él se comparan distintas elasticidades-tiempo en un área urbana dependiendo del tipo de transporte utilizado y del motivo del viaje, confirmándoselas observaciones anteriores. Asimismo se obtiene que los usuarios del automóvil privado (tantoconductores como pasajeros) presentan usualmente elasticidades negativas con respecto al tiempo de viaje, (es decir, lo utilizarían menos si dicho tiempo aumentase, por ejemplo, debido a la congestión), mientras quelos usuarios de transporte público y quienes caminan habitualmente, tienen elasticidades-tiempo positivas. Esto último revela que el aumento del tiempo de viaje podría afectar positivamente a la demanda de estos modos.

Por otro lado, *la elasticidad de la demanda al tiempo de viaje también está relacionada con el tiempo que seva a permanecer en el destino* (lo que a su vez puede estar vinculado al motivo del viaje). Normalmente estarelación es inversa; así, si un viajero va a realizar un viaje de ida y vuelta en el mismo día o va a permanecermuy poco tiempo en un destino (esperando, por ejemplo, un vuelo de conexión) su elasticidad con respectoal tiempo será alta, mientras que en los viajes de vacaciones tardar un poco más o un poco menos no alterasignificativamente la decisión de viajar.

Cuadro 1.1 *Elasticidades-tiempo según medio y motivo de viaje*

Motivo /Modo	Conductor automóvil	Pasajero automóvil	Transporte público	Caminando
Commuting	–0,96	–1,02	+0,70	+0,50
Trabajo	–0,12	–2,37	+1,05	+0,94
Educación	–0,78	–0,25	+0,03	+0,03
Otro	–0,83	–0,52	+0,27	+0,21
Total	–0,76	–0,60	+0,39	+0,19

Fuente: TRACE (1999).

TRACE (1999): *Elasticity Handbook: Elasticities for Prototypical Contexts*. Prepared for the European Commission, Directorate-General for Transport, Contract No: RO-97-SC.2035 (www.hcg.nl/projects/trace/trace1.htm).
Estosresultadoshansidoconfirmadosporestudiosposteriores, como el realizadopor de Jong, G. y H. Gunn (2001): "RecentEvidence on Car Cost and Time Elasticities of Travel Demand in Europe", *Journal of Transport Economics and Policy* 35(2): 137-60.
In: De Rus Mendoza Ginés, Betancor Cruz Ofelia, Javier Campos Méndez Javier, MANUAL DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE TRANSPORTE, Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, 1300 New York Ave., NW Washington, D.C. 20577 USA, (www.iadb.org/sds)

7) ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD

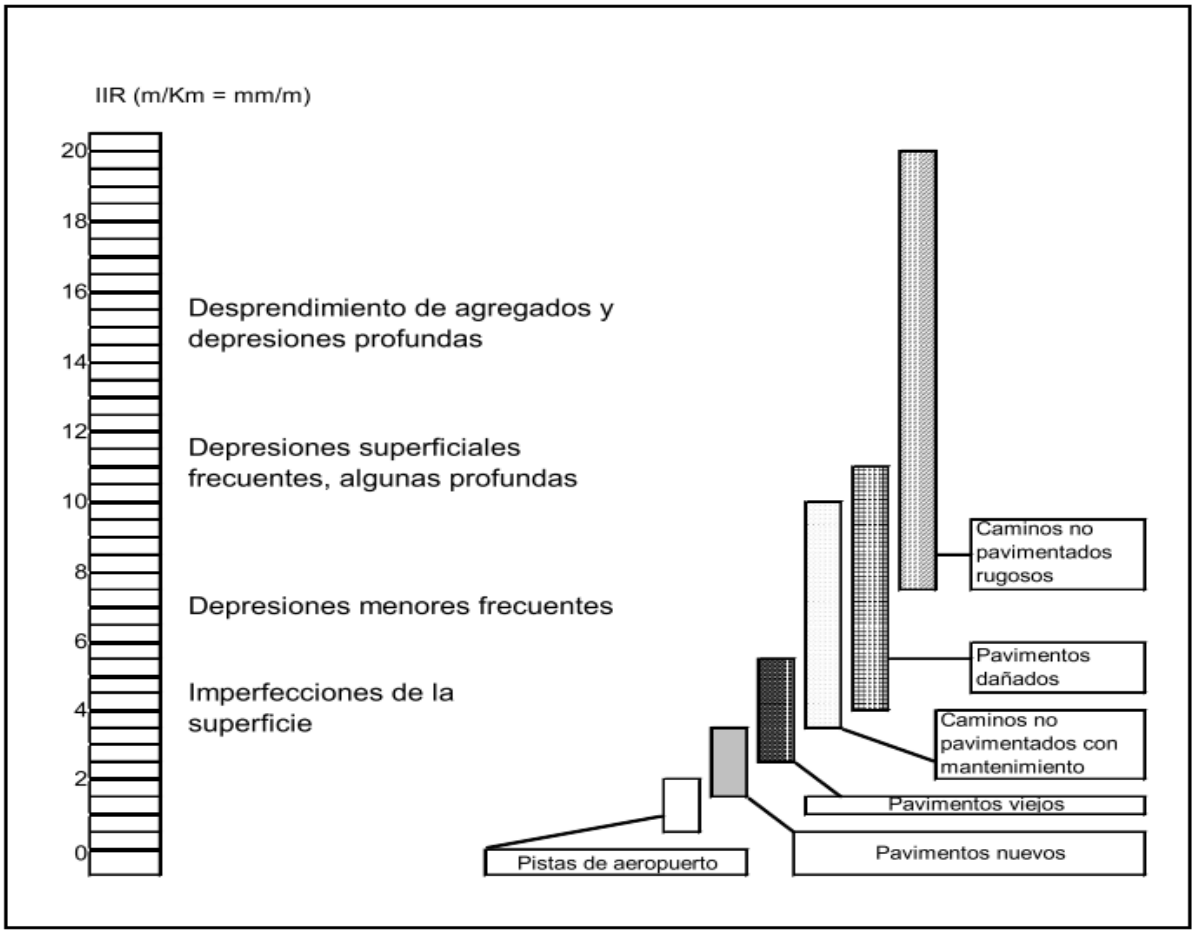
En la ingeniería de carreteras, la calidad del pavimento se analiza determinando laregularidad superficial, que tiene que ver con las irregularidades verticalesacumuladas a lo largo de un kilómetro, con respecto a un plano horizontal en unpavimento. Éstas se deben principalmente a dos causas: la primera, alprocedimiento constructivo, y la segunda al daño producido a la carretera mismapor el tránsito vehicular. En ocasiones, dichas irregularidades son unacombinación de ambas; así por ejemplo, las diferentes capas que constituyen unpavimento suelen presentar afectaciones debidas a asentamientos o acomodos delos materiales que las constituyen, y son función de las cargas que circulan sobreel pavimento. También pueden tener su origen en un deficiente procesoconstructivo. La regularidad superficial se define normalmente, por un índice quese refiere a una determinada longitud de carretera (Orozco et al., 2004).

Existe un método muy accesible para realizar estimaciones de la rugosidad en campo, a través del mismo procedimiento empleado para controlar las tolerancias a las irregularidades de una superficie (Paterson, 1987). El método consiste en colocar manualmente una regla de 2m o 3m de largo, longitudinalmente, sobre una de las huellas de camino; medir la desviación máxima bajo la regla, en mm; y repetir la operación a distancias convenientemente espaciadas.

El Índice Internacional constituye una medida de la rugosidad, entendida como las deformaciones verticales de la superficie de un camino con respecto a la superficie plana, mismas que afectan la dinámica del vehículo; la calidad de viaje; las cargas dinámicas; y el drenaje superficial del camino. La rugosidad es, por tanto, una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida; y el Índice Internacional de Rugosidad puede definirse como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo; su unidad de medida es m/km.

En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. Se observó que los valores de los equipos de medición de la rugosidad superficial existentes eran correlacionables. Una vez establecido este punto, uno de los objetivos de las investigaciones fue encontrar un índice de referencia al que posteriormente se denominó Índice Internacional de Rugosidad".

EL Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis está adaptado para trabajar con diferentes tipos de equipos de medición de rugosidad y se puede decir que es una propiedad del perfil de un camino. (*Publicación Técnica N°. 108, IMT)*



Fuente: Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Technical Paper 46. World Bank Washington, D. C. In: Aguerrebere S. R., Cepeda N. F., De Buen R.O. y Rico R. A..- Publicación Técnica Nº 30 "Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1991.

Figura 12. Escala del índice internacional de Rugosidad

En los Estados Unidos, la Federal Highway Administración ha reportado que los rangos típicos del IRI evaluados en diferentes tramos de carreteras están entre 0.8 a 4.7 m/Km. (50 y 300 in/mi). Los tramos de pavimentos con valores menores de 2.4 m/Km. (150 in/mi) son considerados como superficies en buen estado y confortables, mientras que los valores de 4.7 m/Km. o más, son considerados como rugosos y no confortables.

En España, la Orden Circular 308/89C y E de 1989, fijaba el valor de 2 m/Km. como umbral para recibir una carretera. Actualmente se fija un valor de 1.85 de IRI para recibir nuevas carreteras. Para carreteras en servicio con una Intensidad Media Diaria (IMD) mayor de 2,000 vehículos fijan un porcentaje de la longitud de calzada con un valor mínima de 3.5 m/Km. y para valores de IMD < 2,000 vehículos el IRI mínima de 4.5 m/Km

En Chile, se considera un valor del IRI entre 0 y3 m/Km. como un camino bueno, entre 3 y 4 como uno regular y para un IRI mayor que 4 m/Km. como un camino malo. Mientras que en Honduras su clasificación es la siguiente: para IRI < 3.5 m/Km. se considera el camino como bueno, entre 3.5 y 6 como regular y finalmente cuando el IRI es mayor que 6m/Km. indica que el camino es malo.

En Uruguay hacen una diferencia de valores de IRI para pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico que se presenta a continuación:

Condición del camino	Pavimento asfáltico IRI (m/km)	Pavimento hidráulico IRI (m/km)
Muy bueno	< 3.2	< 2.8
Bueno	3.2 – 3.9	2.8 – 3.5
Regular	4.0 – 4.6	3.6 – 4.3
Malo	> 4.6	>4.3

Fuente: Publicación Técnica N°. 108 "Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1998.

En México es conveniente evaluar el Índice Internacional de Rugosidad en ciertos tramos para conocer el estado actual de la red y estimar el rango de valores en que se encuentran las carreteras y proponer una zona o umbral de alerta con respecto a la escala del IRI esto permitirá conocer cuáles son los tramos que en ese momento requieren de un estudio más detallado para conocer las causas de su deterioro para su reparación y cuales tramos por ese año no se les hará nada. En tramos pavimentados de prueba donde se han realizado cálculos

del IRI se observan valores comprendidos entre 1.6 y 8 m/Km., siendo los más comunes y representativos, los tramos que resultaron con valores entre 3 y 6 m/km.

Algunas de las causas fundamentales de los problemas de la situación actual de las carreteras son las siguientes: más del 60% de los tramos existentes se construyeron hace más de 40 años con criterios de diseño, especificaciones y materiales diferentes a los exigidos hoy en día. Los volúmenes de tránsito que circulan hoy por la red federal son mucho mayores a los previstos en su diseño original y los porcentajes de vehículos pesados se han incrementado hasta en 50% en algunos tramos. En los programas anuales de conservación, las asignaciones presupuestales son siempre insuficientes para cubrir las necesidades y en ocasiones se aplican de manera excesiva en múltiples frentes de trabajo y con la falta de una estrategia general que contenga programas de mediano y largo plazo para el mejoramiento de las carreteras, que permita una inversión en mantenimiento y reconstrucción sostenida durante un periodo aproximado de 15 años (Arriaga et al., 1998).

Las carreteras requieren una adecuada gestión para obtener el máximo beneficio de los recursos humanos y materiales invertidos. Si no se cuenta con una metodología que determine las necesidades, no existen las bases adecuadas para establecer un presupuesto requerido para mantener la red en el nivel deseado de servicio. Los procedimientos para establecer el presupuesto anual basado en tomar como referencia el presupuesto anterior y añadir una cantidad relacionada con la inflación o el crecimiento de la red no son ya adecuados cuando se manejan cifras elevadas y a la vez los recursos cada vez más escasos. De esta manera, no se puede asegurar que el presupuesto sea adecuado a las necesidades o que los fondos se invertirán de una manera efectiva.

El estado superficial de un camino incide directamente en algunos aspectos tales como:

- Costos de operación de los vehículos.
- Calidad de manejo, confort.
- Seguridad de los usuarios al transitar por las carreteras.
- Las cargas dinámicas que transmiten los vehículos, que a su vez afectan al pavimento.

Los últimos años se han significado por la búsqueda de opciones para resolver demanera permanente los rezagos y las insuficiencias que se han acumuladodurante varias décadas y que se han traducido en importantes sobrecostos para laoperación de los vehículos.

Actualmente, se utilizan equipos más modernos, tales como el perfilógrafo longitudinal, ya sea de la magnitud de 3 o 7 m y que mediante un sistema gráfico computarizado, determina la magnitud de las irregularidades en el punto medio del perfilógrafo, respecto a los dos extremos. También se utilizan otros, como elanalizador dinámico del perfil longitudinal (APL, equipo francés), el analizador dela regularidad superficial (ARS, equipo español) y el Mays Ride Meter (equipo americano), que se usa actualmente en el país. Todos ellos se caracterizan pordesplazarse a velocidades de operación de los demás vehículos en las carreteras, no interfiriendo con el flujo vehicular; las velocidades de operación van desde los20 hasta los 80 km/h (Orozco et al., 2004).

Límites permisibles del IRI (m/km)

País	Autopista libre	Carretera nacional	Autopista de cuota
Bélgica	2,5	3,5	2,0
España	2,5	3,0	2,5
Francia	2,0	2,8	2,0
Portugal	2,2	3,5	2,0
Italia	2,0	3,0	2,0

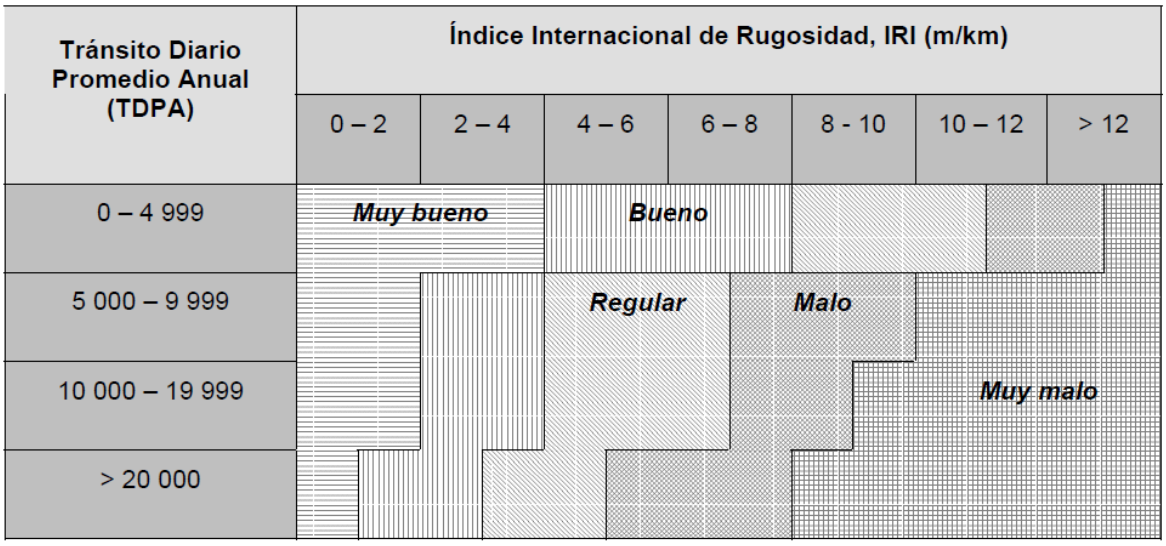
Fuente: Publicación Técnica N°. 245 “Sistema de Evaluación de Pavimentos”, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2004.

Con el fin de estandarizar el valor de la regularidad superficial, el Banco Mundialpropuso el índice internacional de rugosidad (IRI) que se basa en un modelomatemático denominado cuarto de carro normalizado (Golden Quarter Car) circulando a 80 km/h. Dicho índice se obtiene a partir de la acumulación de desplazamiento relativo entre las masas de la carrocería y la suspensión delmodelo, cuando el vehículo circula por el perfil del camino en estudio.

En muchos casos, el TDPA presente en el tramo analizado puede utilizarse comocriterio para la elección de un valor límite de IRI, ya que el tránsito constituye unindicador de la importancia de la carretera y, por tanto, del nivel de deteriorotolerable en la misma.

En el **cuadro 1.2** se presenta una correlación entre los tipos de superficie de rodamiento y el rango de los IRI medidos. Dicha tabla fue propuesta por el Banco Mundial como parte de la Guía para la Realización y Calibración de Mediciones de Regularidad en Carreteras (Orozco et al., 2004).

Cuadro 1.2. Índice Internacional de Rugosidad dependiendo del TDPA



Fuente: Publicación Técnica N°. 245 "Sistema de Evaluación de Pavimentos", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2004.

8) OBTENCIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DEL USUARIO

La influencia de las condiciones del camino en los costos de operación de losvehículos es significativa. En condicionesóptimas de circulación, que se asocian con una carretera pavimentada bienconservada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito, el costo deoperación es mínimo. La presencia de baches o deficiencias en la superficie, dependiente o grados de curvatura, así como la de otros vehículos, afecta lascondiciones de operación y por lo tanto, los costos correspondientes.

Los costos que cualquier país debe de enfrentar durante toda la vida útil de un camino se dividen en tres clases:

• Costos iniciales de construcción, que implican la realización de un proyecto.

•Costos de conservación, que son aquellos que abarcan las inversiones para mantener el camino en buenas condiciones, así como de conservar la calidad de servicio al usuario, enfrentando el probable crecimiento en la demanda.

•Costos de operación, que se producen cotidianamente por la circulación de los vehículos por dicho camino.

El criterio que debe orientar las decisiones en el área del transporte es minimizar los costos nacionales totales durante la vida útil del camino. Los costos de operación de los vehículos ocurren rutinariamente por el paso del tráfico de vehículos a lo largo de la carretera y tienen que ser pagados por los usuarios como resultado de la operación de dichos vehículos (Arriaga et al., 1998).

Los principales costos de operación son los siguientes:

a) Combustible y lubricantes.

c) Llantas, reparación y refacciones.

e) Operador.

f) Depreciación y reposición de vehículos.

g) Intereses y tiempo de traslado de las mercancías.

h) Seguros.

Es importante recordar que el Estudio de Normas para el Diseño y Mantenimiento de Carreteras se desarrolló bajo el auspicio del Banco Mundial; en él participaroninstituciones académicas y dependencias involucradas en la planeación,construcción y operación de carreteras en diversos países. Las relaciones entrecostos de operación y características de carreteras, incluida la rugosidad, fueronestudiadas en Kenia (1971-75); Brasil (1975-84); Santa Lucía (1977-82); e India (1977-83). (Torres et al., 2006 a,b).

Se presentan dos gráficas para cada uno de los siete vehículos seleccionados: dos camiones articulados con semirremolque; un camión articulado con semirremolque y remolque; un camión pesado de tres ejes; un camión mediano de dos ejes; un autobús foráneo; y un vehículo ligero (Torres et al., 2008).Las gráficas del primer tipo muestran en la parte superior de las figuras la relación entre el estado de la superficie de rodamiento, en términos del Índice de Servicio y el Índice Internacional de Rugosidad, así como el costo de operación del vehículo como un factor de su costo de operación base, para tres tipos de terreno: sensiblemente plano (ligeras pendientes y curvas suaves); de lomerío; y montañoso. Se incluye como referencia el caso base, correspondiente a un camino recto y plano, con pavimento nuevo.
Las gráficas del segundo tipo relacionan para los tres tipos de terreno mencionados, el estado de la superficie de rodamiento en términos del Índice de Servicio y del Índice Internacional de Rugosidad, con la velocidad de operación típica (correspondiente a una velocidad 'de crucero' sobre un camino de un sólo carril en cada sentido, sin acotamientos). Debido a la poca influencia de rugosidades por debajo de un Índice Internacional de Rugosidad de 2m/km (o por arriba de un Índice de Servicio de 4.3), tanto en los costos como en las velocidades, dicho rango no se incluyó en las gráficas.En ambas gráficas, las pendientes y curvaturas horizontales que corresponden a cada tipo de terreno son de 1% y 100°/km respectivamente, para el caso plano; de 3% y de 300°/km, para terreno de lomerío; y de 5% y 700°/km, para terreno montañoso. Al caso base le corresponden pendientes y curvaturas nulas.

Una vez teniendo el diseño de nuestra velocidad de carril y el tipo de terreno, se podrá obtener el índice internacional de rugosidad, y partiendo de este valor, con las siguientes gráficas se obtendráel factor del costo operación base de cada vehículo.

8.1) FACTOR DE CORRECIÓN

Ver anexo 1 (FACTORES DE CORRECCIÓN) por Arroyo Osorno J A, Aguerrebere Salido R, Torres Vargas G, Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

El costo de operación base se define en este trabajo como el costo de operación por kilómetro de un vehículo que transita sobre una carretera recta y plana; esto es, con curvatura y pendiente iguales a cero, y con pavimento en muy buenas condiciones (Índice Internacional de Rugosidad igual a 2 m/km, Índice de Servicio igual a 4.3). Dicho costo se calcula como la suma de los productos de los diferentes consumos del vehículo en un kilómetro de recorrido, por sus respectivos costos unitarios (Arroyo et al 2002). Con el uso de este concepto, bastará actualizar los costos unitarios periódicamente, utilizando precios promedio nacionales de los vehículos y consumos que se indican más adelante, para actualizar el costo base.
Multiplicando éste por el factor leído en las gráficas, se obtendrá el costo de operación buscado.La estimación en términos monetarios de los beneficios que se obtienen porahorros en los costos de operación vehicular, se determinan con base enlos costos de operación por tipo de vehículo del Tránsito Diario PromedioAnual (TDPA) usuario del camino por rehabilitar, ante situaciones sin y conproyecto, es decir mediante la diferencia de los costos de operación en lasituación actual y los costos de operación en el camino totalmenterehabilitado. Los costos de operación de ambas situaciones se calculan apartir de los costos de operación base (costos de operación por tipo devehículo en condiciones ideales de operación), a los cuales se les aplica unfactor de corrección que toma en cuenta el tipo de terreno y el ÍndiceInternacional de Rugosidad (IIR), (Torres et al., 2000).

El costo de operación vehicular base, es determinado tomando como puntode partida, un camino en óptimas condiciones, es decir un camino recto, sinpendientes verticales, sin grados de curvatura ni sobre-elevaciones y alojado en terreno plano. El modelo utilizado en la estimación de estos costos es el Vehicle Operating Costs (VOC) desarrollado por el Banco

Mundial, el cual fue adaptado paralas características de los vehículos que circulan por la red carretera deMéxico y que es conocido bajo las siglas VOCMEX. (Aguerrebere et al,. 1991)

Los costos unitarios no deberán incluir impuestos o derechos como el IVA, el RENAVE, el Impuesto Sobre la Adquisición de Automóviles Nuevos (ISAN), etc.Esto se debe a que desde una perspectiva nacional, interesan los costos y beneficios que la construcción y operación de los caminos representa para el país en su conjunto; en este sentido, los impuestos son sólo transferencias de dinero que el país no gasta, pues no forman parte del costo de producción de los insumos o de los vehículos. Para los combustibles se toma el precio en bomba sinIVA. Los costos de operación anuales por kilómetro en cada tramo se calculan, paracada tipo de vehículo, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{COA = Fb \times CB \times TDPA \times 365} \qquad \mathbf{(23)}$$

Donde:

COA Costo de operación anual, por kilómetro para todos los vehículos de un mismo tipo

Fb Factor del Costo de Operación Base, que se lee de las gráficas para el tipo de vehículo, tipo de terreno, y estado superficial deseados

CB Costo de Operación Base del vehículo, que se obtiene en el apartado correspondiente de esta Publicación

TDPA Tránsito Diario Promedio Anual del vehículo

365 Número de días en el año

Costos de operación vehicular corregidos (Costo Real)

El Análisis sobre los costos de operación se realiza para las condiciones sin y con proyecto, las que requieren como insumo la información relativa al Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) que circula actualmente en el camino en estudio, la composición vehicular de dicho tránsito, la tasa de crecimiento regional del tránsito, el tipo de terreno en que se localiza el camino y la calificación del estado superficial (IIR), para ambas condiciones. Para la determinación de los costos anuales de operación vehicular, es necesario contar con una base de datos que contenga los costos de operación base por tipo de vehículo y los factores de corrección que relacionan el estado superficial del camino con el tipo de terreno para cada tipo de vehículo; obteniéndose con ellos los costos de operación corregidos para distintas condiciones de operación (distintos índices internacionales de rugosidad de la superficie de rodamiento y distintos tipos de terreno) por kilómetro recorrido.

Cuando se trata de caminos rurales revestidos, se recomienda utilizar en la situación sin proyecto un Índice Internacional de Rugosidad (IIR) de 12 mm/m y para la situación con proyecto un índice de rugosidad equivalente de 8 mm/m, ya que después de ser rehabilitada la superficie de rodamiento y aplicar una política de conservación adecuada, los caminos presentan mejores niveles de servicio en su operación. (Arriaga et al., 1998)

Ver anexo 2 (Costos de Operación)porArroyo Osorno J A, Aguerrebere Salido R, Torres Vargas G, Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

8.3) AHORROS ANUALES Y TOTALES EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

La diferencia de los costos de operación de los distintos vehículos en la situación sin proyecto y de aquellos relativos a la situación con proyecto, permiten al analista conocer los beneficios debidos a los ahorros en costos de operación para cada año del horizonte económico del proyecto. La tasa de crecimiento media anual del tránsito no deberá ser mayor a la media nacional (3%).

La tasa de crecimiento se aplica al Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), obtenido de aforos en el camino que se pretende mejorar, con el propósito de estimar el tránsito a lo largo del horizonte económico del proyecto, empleando la siguiente expresión:

$$TDPA\ j = TDPA(1+i)^{n}$$

En donde TDPA j representa el tránsito diario promedio anual en el año j, TDPA es el tránsito actual del camino, i es la tasa de crecimiento anual del tránsito y n el periodo de tiempo que hay entre el TDPA y TDPA j, el cual podrá ser menor o igual al horizonte económico del proyecto.

Una vez hecha la proyección del tránsito diario promedio anual se procede a aplicar el porcentaje de participación que tiene cada tipo de vehículo en el mismo. Esta participación se obtiene de la composición vehicular obtenida del aforo disponible (% A, %B y %C).

Al contarse con la proyección del TDPA por tipo de vehículo, se obtiene el número de automóviles, autobuses y camiones usuarios del camino en forma anual, los cuales al multiplicarse por el costo de operación corregido conforme al tipo de terreno y el índice internacional de rugosidad (IIR) de la superficie de rodamiento, se obtiene el costo de operación anual por tipo de vehículo, en el horizonte económico considerado en el análisis

Las expresiones siguientes permiten determinar los costos de operación del flujo vehicular, en forma anual y por tipo de vehículo:

Automóviles (A) = (TDPA j)*(% A)*(365)*(L)*(Costo de Operación Anual de A),
Autobuses (B) = (TDPA j)*(% B)*(365)*(L)*(Costo de Operación Anual de B),
Camiones (C) = (TDPA j)*(% C)*(365)*(L)*(Costo de Operación Anual de C).

En donde L es la longitud del camino a rehabilitar

Los beneficios debidos a los ahorros en costos de operación para cada tipo de vehículo, se obtienen por diferencia entre la situación sin proyecto y la situación con proyecto. Al sumar estos ahorros se obtienen los beneficios totales en forma anual (Torres et al., 2006).

9) ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO

El tiempo de recorrido influye generalmente en la estimación de los beneficios derivados del mejoramiento o rehabilitación de la infraestructura para el transporte.
Para estimar el valor del tiempo, se partió de establecer como variables el ingreso per-cápita ponderado de la población ocupada del país, expresado en función del número de salarios mínimos generales que percibe; y el tiempo laborado por semana de dicha población, en función del número de horas laboradas por semana.

Una de las variables que intervienen en la evaluación económica de proyectos de infraestructura para el transporte, es el valor del tiempo de recorrido de los usuarios de dicho sistema, particularmente el de los pasajeros; la valoración de esta variable, conjuntamente con los ahorros en costos de operación vehicular y los ahorros en costos de conservación de la infraestructura derivados de una utilización racional de la misma, permiten al analista de proyectos de inversión estimar el costo generalizado del transporte, sin perder de óptica el equilibrio del usuario.

En la Publicación Técnica No. 291 del IMT "Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México: el caso del transporte de pasajeros", Publicada en el 2006 por el Dr. Guillermo Torres Vargas, se tomaron como variables:

- la población ocupada en las distintas ramas de la actividad económica del país.
-el tiempo que labora ésta en actividades productivas;
-el nivel de ingresos de cada uno de los grupos estudiados, agrupándolos en distintos percentiles dependiendo del número de horas trabajadas a la semana y del número de salarios mínimos percibidos en función del nivel de ingresos registrado en el censo de referencia.

Se trata de estimar adecuadamente una de las variables que inciden directamente en la determinación de los beneficios directos que tienen los usuarios de la infraestructura, cuya importancia repercute de manera definitiva en los indicadores de rentabilidad.

la variable tiempo y su valoración en términos monetarios es un insumo de gran importancia para determinar los beneficios derivados de ahorros en tiempos de recorrido, que impactan en el costo generalizado del transporte, el cual es un elemento básico en los estudios de pronóstico de la demanda, así como de los análisis de factibilidad económica y financiera.

La principal fuente de información consultada fue el Censo de Población y Vivienda, (INEGI 2000). En el análisis estocástico realizado se tomaron como variables la población ocupada en las distintas ramas de la actividad económica del país; el tiempo que labora ésta en actividades productivas; y el nivel de ingresos de cada uno de los grupos estudiados, agrupándolos en distintos percentiles dependiendo del número de horas trabajadas a la semana y del número de salarios mínimos percibidos en función del nivel de ingresos registrado en el censo de referencia.

La información censal sobre el ingreso expresado en salarios mínimos generales, permitirá por una parte conocer la tendencia del ingreso de cada uno de los percentiles identificados en la población ocupada; pero además proporciona los elementos para determinar el coeficiente adimensional FIP, el cual se obtiene como un promedio ponderado del total de la población ocupada del país. Por otra parte, de manera semejante se obtiene el tiempo que labora dicha población, constituyendo estos valores estimados las variables independientes que se emplean en la estimación de la variable dependiente, objeto de este estudio, es decir, del valor del tiempo horario de los pasajeros que viajan por la red carretera nacional, el cual se obtiene a partir del ingreso que percibe cada persona que cuenta con un empleo en cualquiera de las ramas de la actividad económica nacional (SHP para pasajeros que viajan por motivo de trabajo, y VTpp para aquellos lo hacen por motivo de placer).

9.1) Tiempo laborado por la población ocupada del país vs. ingreso promedio

De la información estadística nacional publicada por el INEGI, se observa que la población ocupada (PO) del país fue de 33 730 210 personas, de las cuales solamente 28 109 846 reportaron tener ingreso (POI). Para realizar el análisis se tomaron en cuenta intervalos de 8 horas laboradas por semana para cada uno de los grupos considerados. Asimismo, se incluyeron diez rangos de ingreso, los cuales se aplicaron a cada uno de los intervalos de tiempo laborado por semana.

En ambos casos se obtienen las marcas de clase de los intervalos considerados, así como los promedios ponderados tanto de las horas trabajadas por la población ocupada como del nivel de ingresos promedio de dicha población (expresada en salarios mínimos generales, SMG, 2006).

El promedio ponderado se obtiene a partir de la expresión:

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i f(x_i) \qquad \textbf{(24)}$$

En donde:

X = media (promedio ponderado)

xi = marca de clase de los distintos intervalos considerados (tiempolaborado por semana e ingreso expresado en salarios mínimosgenerales de la población ocupada)

f (xi) = frecuencia con que se presenta el evento (Población Ocupada) encada intervalo.

Es conveniente señalar que para el análisis realizado se discriminaron la poblaciónocupada que no recibe ingresos y los rubros correspondientes al tiempo laboradopor semana y nivel de ingresos que son reportados como “no especificado” (Torres et al., 2006 a,b).

El tiempo que labora por semana la población ocupada, se obtiene de calcular supromedio ponderado (HTP), el cual reportó un valor de 43,47 h/semana.
El promedio ponderado del nivel de ingresos de la población ocupada en Méxicoha sido estimado en 2,94 SMG. Este coeficiente se denomina factor de ajuste delingreso (FIP).
Los usuarios de la red carretera nacional se dividen en dos grandes grupos:

a) los pasajeros
b) la carga.

El tiempo que labora por semana la población ocupada, se obtiene de calcular su promedio ponderado (**HTP**). El promedio ponderado del nivel de ingresos de la población ocupada en México ha sido estimado en 2,94 SMG. Este coeficiente se denomina factor de ajuste del ingreso (**FIP**) y es publicado por la CEPEP (Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos) anualmente.

9.2) Valor del tiempo de los pasajeros que realizan viajes con motivo de trabajo:

A partir de los valores correspondientes al tiempo laborado por semana de lapoblación ocupada del país, así como del promedio del ingreso de dichaspoblaciones posible estimar el costo horario promedio mediante la expresión:

$$\mathbf{SHP= [(FIP)(SMG)(7)]/ HTP} \qquad \mathbf{(25)}$$

En donde:

SHP = valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo, expresado en $/h

FIP = factor de ajuste del ingreso de la población ocupada (promedio ponderado del ingreso expresado en número de salarios mínimos diarios)

SMG = promedio del salario mínimo general expresado en $/día.
7 = días /semana

HTP = tiempo promedio que labora por semana la población ocupada

9.3) Valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de placer

Para estimar el valor del tiempo de los usuarios del transporte carretero nacional que no viajan por motivos de trabajo, es decir, que la razón del viaje es de placer (visita a familiares y amigos, eventos sociales y culturales) o de turismo, se recurrirá a la metodología planteada por (F. Cortés, 2003), en "El ingreso y la desigualdad en su distribución".

Valor del tiempo de los pasajeros, cuyo motivo del viaje es de paseo o de turismo:

$$\mathbf{VTpp = 0{,}3\ H} \qquad \mathbf{(26)}$$

En donde:

VTpp = valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de paseo

H = 2 (FIP)(SMH)

H = ingreso horario familiar, expresado en $/h

2 = número de miembros de la familia que cuentan con ingreso

FIP = factor de ajuste del ingreso de la población ocupada (promedio ponderado del ingreso, expresado en número de salarios mínimos generales diarios)

SMH = salario mínimo horario de la población, expresado en $/h publicado por la CONASAMI (Comisión Nacional de los Salarios Mínimos) anualmente.

F. Cortés considera que el valor de H para el caso mexicano equivale aproximadamente a la aportación que hacen dos miembros de la familia al ingreso familiar.

Valor del tiempo de los pasajeros para el total de la población ocupada con ingreso, por entidad federativa

Entidad federativa	Por viaje de trabajo	Por viaje de placer	Horas labora-das / semana	Ingreso ponde-rado (en SMGP)
VALOR DEL TIEMPO MUY ALTO				
Baja California	31,70	19,02	42,21	4,06
VALOR DEL TIEMPO ALTO				
Nuevo León	27,54	16,53	43,63	3,65
Chihuahua	27,07	16,24	41,99	3,45
Distrito Federal	26,05	15,63	42,89	3,39
Coahuila de Zaragoza	25,98	15,59	43,58	3,44
Baja California Sur	25,95	15,57	43,28	3,41
Querétaro de Arteaga	25,82	15,49	43,35	3,40
Quintana Roo	24,79	14,87	46,31	3,49
Aguascalientes	24,22	14,53	43,79	3,22
Sonora	24,05	14,43	42,95	3,14
Jalisco	23,90	14,34	43,08	3,13
VALOR DEL TIEMPO MEDIO				
Tamaulipas	23,49	14,09	43,12	3,07
Durango	22,86	13,72	42,76	2,97
Colima	22,64	13,58	43,61	3,00
Sinaloa	22,44	13,47	43,02	2,93
Guanajuato	21,95	13,17	44,23	2,95
Zacatecas	21,41	12,85	42,03	2,73
Estado de México	21,35	12,81	44,45	2,88
Nayarit	21,20	12,72	42,01	2,70
San Luis Potosí	20,79	12,47	42,81	2,70
Morelos	20,78	12,47	43,51	2,75
Michoacán de Ocampo	20,62	12,37	42,42	2,66
VALOR DEL TIEMPO BAJO				
Campeche	19,51	11,70	43,83	2,60
Tabasco	19,33	11,60	44,46	2,61
Puebla	18,45	11,07	43,88	2,46
Hidalgo	17,94	10,77	43,09	2,35
Yucatán	17,77	10,66	43,81	2,36
Tlaxcala	17,77	10,66	43,65	2,36
Guerrero	17,76	10,66	43,66	2,35
Oaxaca	17,08	10,25	43,24	2,24
Veracruz Llave	17,05	10,23	44,30	2,29
VALOR DEL TIEMPO MUY BAJO				
Chiapas	14,94	8,97	43,36	1,97

Fuente: Elaboración personal con base en "XII Censo General de Población y Vivienda", INEGI, 2000

10)COSTOS POR MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

Una política de conservación inadecuada, puede provocar que por cada unidad monetaria (peso en el caso de México) que se deje de invertir en el mantenimiento de un camino, los usuarios del mismo pagarán alrededor de tres veces ese monto en costos adicionales correspondientes a la operación vehicular. Esto constituye un lastre para la eficiencia de la economía nacional, especialmente en la competitividad de sus exportaciones en los mercados internacionales, de los cuales depende en gran medida elbienestar de la población.Por otra parte, una política de conservación adecuada permitirá abatir los costos de operación de los vehículos que participan en el traslado de bienes y personas, además de incrementar la velocidad de operación que en términos económicos se traduce en una mayor rotación de capital en cualquiera de sus manifestaciones (dinero, fuerza de trabajo y mercancía).

Las políticas de conservación propuestas por diversas agencias internacionales, muestran que las distintas acciones de conservación dependen en gran medida de la intensidad de la precipitación pluvial que se presenta en la región, así como del tipo de terreno en el que se aloja el camino por conservar.

En caminos con bajo volumen de tránsito y cuya superficie de rodamiento es revestida con material pétreo, influye en forma importante el efecto de degradación de la superficie de rodamiento debido a la intensidad con que se presente la precipitación pluvial. Menos agresivo es el efecto que se produce en caminos con superficie de rodamiento pavimentada (asfáltica), este efecto se refleja en un desfase de la periodicidad de la o las acciones de conservación que deben ser aplicadas.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 1992) propone las políticas de conservación que se muestran en el **cuadro 1.3**. La determinación de los costos anuales de conservación se obtiene para las condiciones sin proyecto (situación actual) y con proyecto (en la que se considera la rehabilitación del camino). Las expresiones utilizadas en ambos casos consideran el nivel de precipitación pluvial, el tipo de terreno, la superficie de rodamiento y la longitud del camino por rehabilitar.

Costo de Conservación Rutinaria (CCR)

En un camino revestido la conservación rutinaria contempla los trabajos de limpieza de alcantarillas, desazolve de cunetas, limpieza del camino (eliminación de la maleza que se encuentra en los hombros del mismo), así como refinamiento o conformación de la superficie de rodamiento utilizando una motoconformadora.

Para la determinación del costo de conservación rutinaria se utiliza la expresión siguiente (Torres et al., 2000):

$$CCR_{xyz} = (CCRU_{xyz}) * L \qquad (27)$$

En donde CCRUxyz es el costo de conservación rutinaria por kilómetro de longitud con superficie de rodamiento **x**, alojado en una región con nivel de precipitación **y**, así como en un tipo de terreno **z**, y **L** representa la longitud total del camino.

Costo de Conservación Periódica (CCP)

La conservación periódica en el caso de caminos revestidos se refiere arecargues de material, el cual se tiende en espesores de 12 ó 21centímetros dependiendo del daño que pueda presentar el camino. El revestimiento puede ser mejorado utilizando en algunos casosestabilizadores, además se lleva a cabo la limpieza y rehabilitación de lasobras de drenaje

Si se trata de caminos cuya superficie de rodamiento es pavimentada, laconservación periódica puede ir desde un riego de sello hasta unasobrecarpeta, dependiendo, al igual que en el caso anterior del daño quepresente la superficie de rodamiento, lo cual depende básicamente del nivelde precipitación pluvial de la zona en que se localice el camino. Asimismo,se llevan a cabo trabajos de mantenimiento y limpieza de las obras dedrenaje.

La valoración del Costo de Conservación Periódica, se realiza de la manerasiguiente (Torres et al., 2000):

$$CCP_{xyz} = (CCPU_{xyz}) * L \qquad (28)$$

La segunda parte de la expresión contempla el término CCPUxyz, el cual corresponde al costo de conservación periódica por kilómetro de longitudpara una superficie de rodamiento **x**, un nivel de precipitación regional **y**,con tipo de terreno **z** , por otra parte, el término L representa la longitud totaldel camino por rehabilitar.

La periodicidad de las acciones de conservación periódica, depende del tipode superficie de rodamiento y del nivel de precipitación regional, de talforma que la frecuencia con que se lleva a cabo la acción de conservaciónvaría entre los 3 y los 7 años para el caso de caminos revestidos y de los 3a los 10 años para el caso de aquellos que cuentan con superficie derodamiento pavimentada.

En el **cuadro 1.3** se consigna el flujo sobre los costos de conservación enlas situaciones sin y con proyecto, así como la diferencia de costos entreambas situaciones, para un camino revestido de 25 Km. de longitud,localizado en una zona de precipitación media y en un lomerío abrupto.

CUADRO 1.3 Política de Conservación recomendada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para obras de mejoramiento de caminos rurales

CONSERVACION RUTINARIA							
(CONDICION SIN PROYECTO)							
Superficie de rodamiento	Frecuencia de la acción de conservación según el nivel de precipitación pluvial			Tipo de terreno (Costo en Pesos / Km)			
	Alta	Media	Baja	Plano (P)	Lomerío Suave (LS)	Lomerío Abrupto (LA)	Montañoso (M)
Revestido (R)	Anual	Anual	Anual	13,365.96	16,707.45	20,605.86	25,618.09
Pavimentado (P)	Anual	Anual	Anual	17,821.28	22,276.60	27,845.75	34,528.73
(CONDICIÓN CON PROYECTO)							
Superficie de rodamiento	Frecuencia de la acción de conservación según el nivel de precipitación pluvial			Tipo de terreno (Costo en Pesos / Km)			
	Alta	Media	Baja	P	LS	LA	M
Revestido (R)	Anual	Anual	Anual	8,019.58	10,024.47	12,252.13	14,479.79
Pavimentado (P)	Anual	Anual	Anual	10,692.77	13,365.96	16,707.45	21,162.77
CONSERVACION PERIODICA							
(CONDICION SIN PROYECTO)							
Superficie de rodamiento	Frecuencia de la acción de conservación según el nivel de precipitación pluvial			Tipo de terreno (Costo en Pesos / Km)			
	Alta	Media	Baja	P	LS	LA	M
Revestido (R)	3 Años	4 Años	5 Años	60,146.82	75,183.53	92,447.89	113,610.66
Pavimentado-Sobrecarpeta (SC)	8 Años	9 Años	10 Años	220,538.35	231,676.65	242,814.95	255,067.08
(CONDICION CON PROYECTO)							
Superficie de rodamiento	Frecuencia de la acción de conservación según el nivel de precipitación pluvial			Tipo de terreno (Costo en Pesos / Km)			
	Alta	Media	Baja	P	LS	LA	M
Revestido (R)	3 Años	5 Años	7 Años	37,591.76	51,051.29	65,874.14	71,285.12
Revestido Estabilizado (RE)	6 Años	6 Años	6 Años	33,414.90	41,768.63	51,236.18	62,374.48
Pavimentado-Riego de Sello (RS)	3 Años	4 Años	5 Años	69,057.46	72,398.95	75,740.44	79,081.93

Banco Interamericano de Desarrollo (BID).- Programa de Mejoramiento y Modernización de Caminos Rurales y Carreteras Alimentadoras con financiamiento externo, Parámetros considerados en 1992

11) LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN

La fracción II del artículo 34 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad, establece que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán presentar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la evaluación costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión a su cargo, donde demuestren que dichos programas son susceptibles de generar un beneficio social neto bajo supuestos razonables.

De acuerdo al artículo 45 del Reglamento de la Federación de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, los proyectos de inversión deberán contar con un análisis costo y beneficio, que considere las alternativas que se hayan identificado para atender una necesidad específica o solucionar la problemática de que se trate y deberá mostrar que son susceptibles de generar beneficios netos para la sociedad bajo supuestos y parámetros razonables, independientemente de su fuente de financiamiento.

A diferencia de la evaluación financiera, la evaluación socioeconómica es la evaluación del proyecto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, para conocer el efecto neto de los recursos utilizados en la producción de los bienes o servicios sobre el bienestar de la sociedad. Dicha evaluación debe incluir todos los factores del proyecto, es decir, sus costos y beneficios independientemente del agente que los enfrente. Ello implica considerar adicionalmente a los costos y beneficios monetarios, las externalidades y los efectos indirectos e intangibles que se deriven del proyecto. A diferencia de la evaluación financiera que es aquella que permite determinar si el proyecto es capaz de generar un flujo de recursos positivos y alcanzar una cierta tasa de rentabilidad esperada, deben incluirse todos los costos financieros por préstamos de capital, pago de impuestos e ingresos derivados de subsidios recibidos.[6]

[6] Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con fundamento en los artículos 31 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal 1, 4, 34 y 109 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y 45,46, 47 y 214 de su Reglamento, así como por el artículo 61 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

El análisis costo beneficio se aplicará en los siguientes casos:

1.) Para los programas y proyectos de inversión con monto total de inversión mayor a 150 millones de pesos
2.) Para los proyectos de infraestructura productiva a largo plazo
3.) Para aquellos programas y proyectos de inversión que así lo determine la Secretaría, a través de la unión de inversiones, independientemente de su monto total de inversión.

Para proyectos de infraestructura económica, el análisis costo beneficio se acompañará de una manifestación del administrador del proyecto o del área de la dependencia, de que éste es factible técnica, legal y ambientalmente.

El análisis costo beneficio deberá contener lo siguiente:

1) Resumen ejecutivo:

   El resumen ejecutivo deberá presentar la visión global del proyecto, describiendo brevemente sus aspectos más relevantes. Se explicará en forma concisa, la problemática que se pretende resolver o las necesidades a cubrir, las principales características del proyecto, las razones por las que la alternativa elegida es más conveniente, el monto de inversión y sus principales componentes, los indicadores de rentabilidad y los riesgos asociados a su ejecución.

2) Situación sin proyecto y posibles soluciones:

   En esta sección se deberá presentar lo siguiente:

   - Diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto, resaltando la problemática que se pretende resolver.
   - Descripción de la situación actual optimizada, la cual detallará las acciones que llevarían a cabo las dependencias en caso de que el proyecto no se realice.

- Análisis de Oferta y Demanda de la situación sin proyecto. Se deberá incluir una situación del a oferta, demanda y en su caso, precios a lo largo del horizonte de evaluación, explicando su comportamiento y su evolución, señalando la metodología y los supuestos utilizados, así como la justificación de los mismos.
- Alternativas de solución. Se deberán describir las alternativas que pudieran resolver la problemática señalada, identificando y explicando sus características técnicas, económicas, así como las razones por las que no fueron seleccionadas.

3) Descripción del proyecto:

En esta sección se deberán señalar las características más importantes del proyecto de inversión, incluyendo lo siguiente:

- Objetivo, es la descripción de cómo el proyecto contribuye a las estrategias establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo y los programas sectoriales, regionales y espaciales, así como al mecanismo de planeación al que hace referencia al artículo 31 fracción I de la Ley.
- Propósito, es el resultado inmediato que se espera lograr con la ejecución del proyecto y que contribuirá a alcanzar el objetivo, por ejemplo, ahorros en tiempos en el caso de una carretera o aumento en la cobertura del servicio en el caso de las líneas de distribución eléctrica .
- Componentes, indicar el número, tipo y principales características de los activos que resultarían de la realización del proyecto, tales como edificios, caminos, plantas productivas, redes mobiliario y equipamiento, o servicios, los cuáles son necesarios para alcanzar el propósito del mismo.
- Calendario de actividades, programación de las principales acciones que se requieren para generar los componentes del proyecto.
- Tipo de proyecto o programa
- Localización geográfica, dónde se desarrollará el proyecto, así como su zona de influencia.
- Vida útil del programa o proyecto y su horizonte de evaluación.

- Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación.
- Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación, identificar, describir, cuantificar y valorar la generación de ingresos a la obtención de ahorros derivados del proyecto de forma desagregada incluyendo los supuestos y fuentes empleadas para su cálculo.
- Un avance en la obtención del derecho de vía, manifestación de impacto ambiental, cambio de uso de suelo y cualquier otro trámite previo.
- El costo total del proyecto, considerando por separado las erogaciones a realizar tanto enla etapa de ejecución como en la de operación.
- Las fuentes de recursos, su calendarización estimada y su distribución entre recursos públicos (federales, estatales y municipales) y privados.
- Supuestos técnicos y socio-económicos, señalando los más importantes para efectos de la evaluación, tales como factor de planta, rendimiento, crecimiento de la población, tipo de cambio, costo de los combustibles, precio de los productos, entre otros.
- Infraestructura existente y proyectos de desarrollo que podrían verse afectados por la realización del proyecto.

Situación con proyecto

En esta sección se deberá considerar el impacto que tendría sobreel mercado la realización del proyecto. Deberá compararse la situación actual optimizada con la situación con proyecto, de tal manera que se identifiquen los impactos atribuibles al proyecto, mismos que deberán reflejarse en el flujo de costos y beneficios. Este análisis deberá comparar las estimaciones de la Oferta y la Demanda.

Evaluación del proyecto

En esta sección se deberá identificar y cuantificar en términos monetarios los costos y beneficios del proyecto, así como el flujo de los mismos a lo largo del horizonte de evaluación, con objeto de demostrar que el proyecto es susceptible de generar, por si mismo, beneficios netos para la sociedad.

En la evaluación del proyecto se deberán tomar en cuenta los efectos directos e indirectos, se deberán presentar los indicadores de rentabilidad que resulten del flujo neto de costos y beneficios del proyecto, así como el cálculo del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de retorno (TIR) y, en el caso de proyectos cuyos beneficios sean crecientes en el tiempo, la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).

Los análisis costo-beneficio se difundirán por medios electrónicos a través de la página de Internet de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Los beneficios y costos se expresarán en términos reales, esto es, descontando el efecto causado por la inflación. Para ello los beneficios y costos se expresarán a precios del año en el que se solicita el registro en la Cartera.

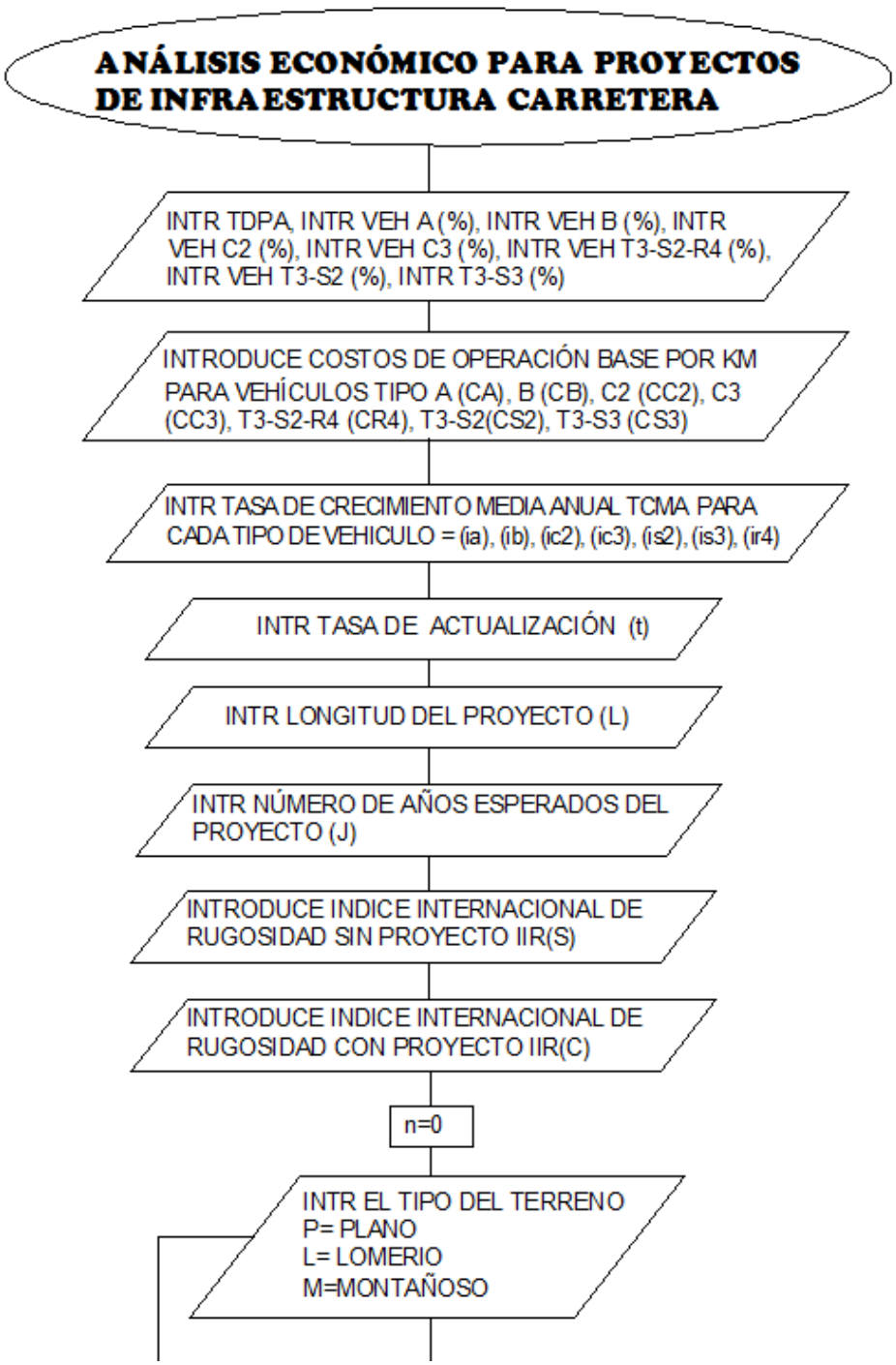
12) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS

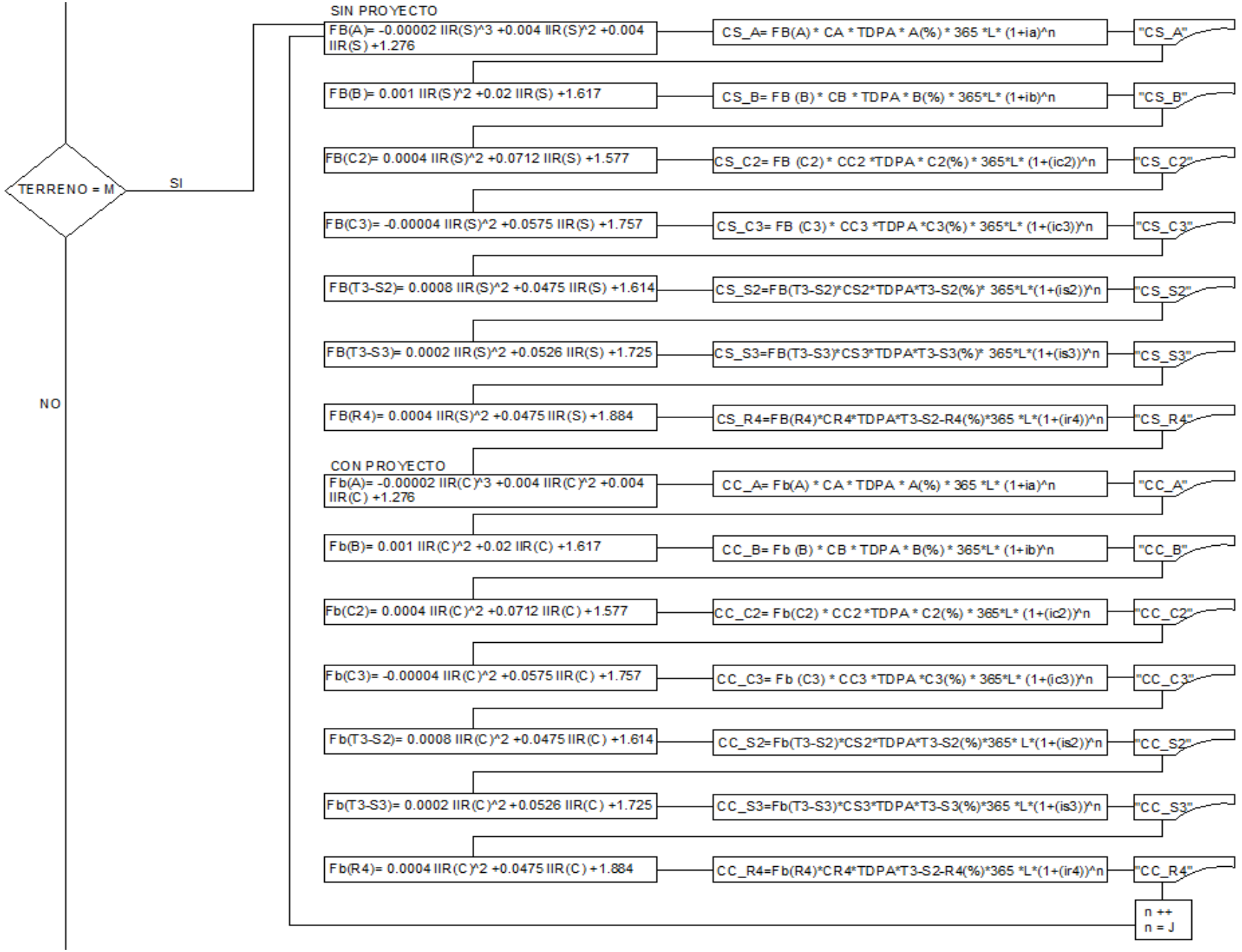
Se deberán identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, esto es, el VPN, la TIR y en su caso la TRI. Deberá considerarse el efecto derivado de las variaciones porcentuales en: el monto total de inversión, los costos de operación y mantenimiento, los beneficios, en la demanda, el precio de los principales insumos y los bienes y servicios producidos, asimismo, se deberá señalar la variación porcentual de estos rubros con la que VPN sería igual a cero. [7]

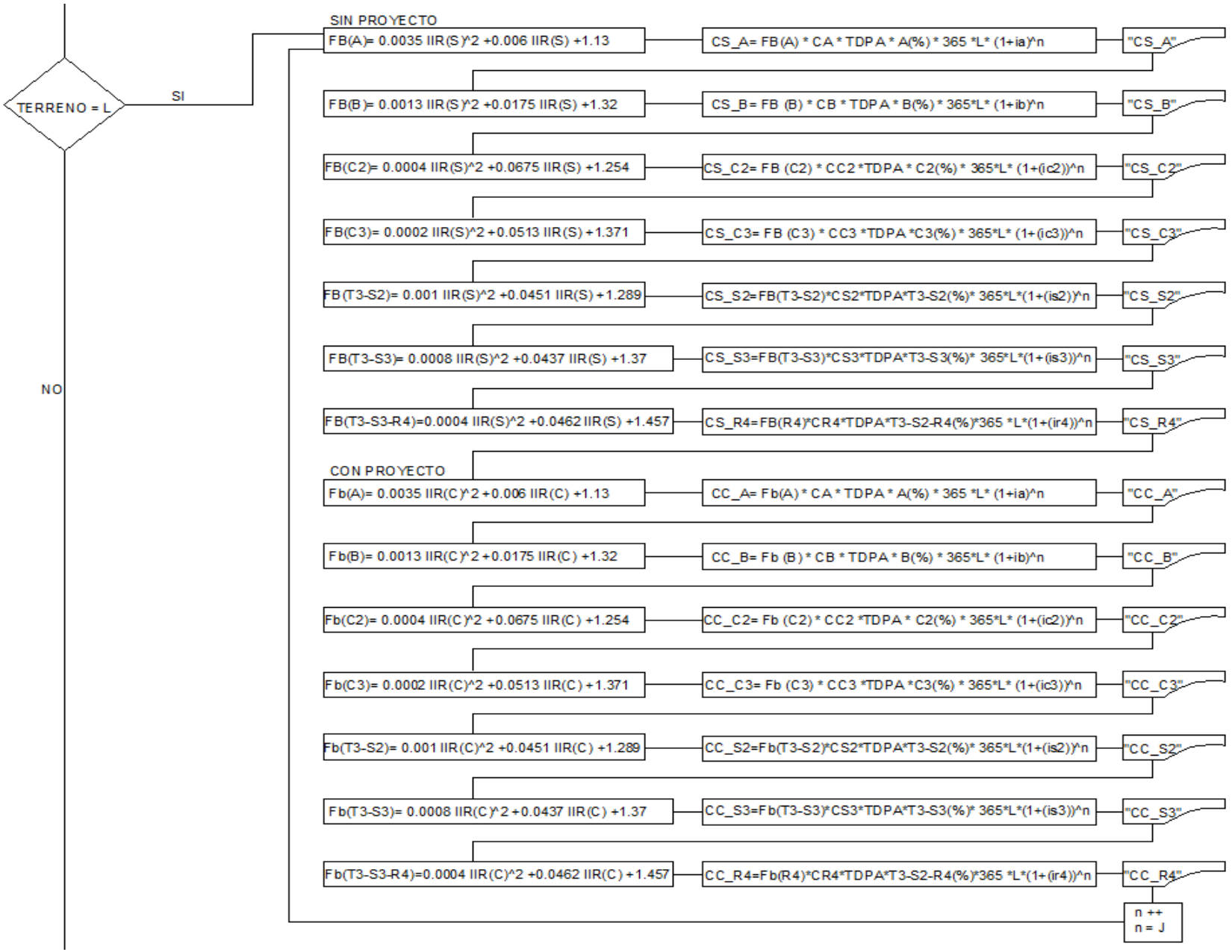
Finalmente, se deberán considerar los riesgos asociados tanto en la etapa de ejecución del proyecto como en su operación que puedan afectar su viabilidad y rentabilidad.

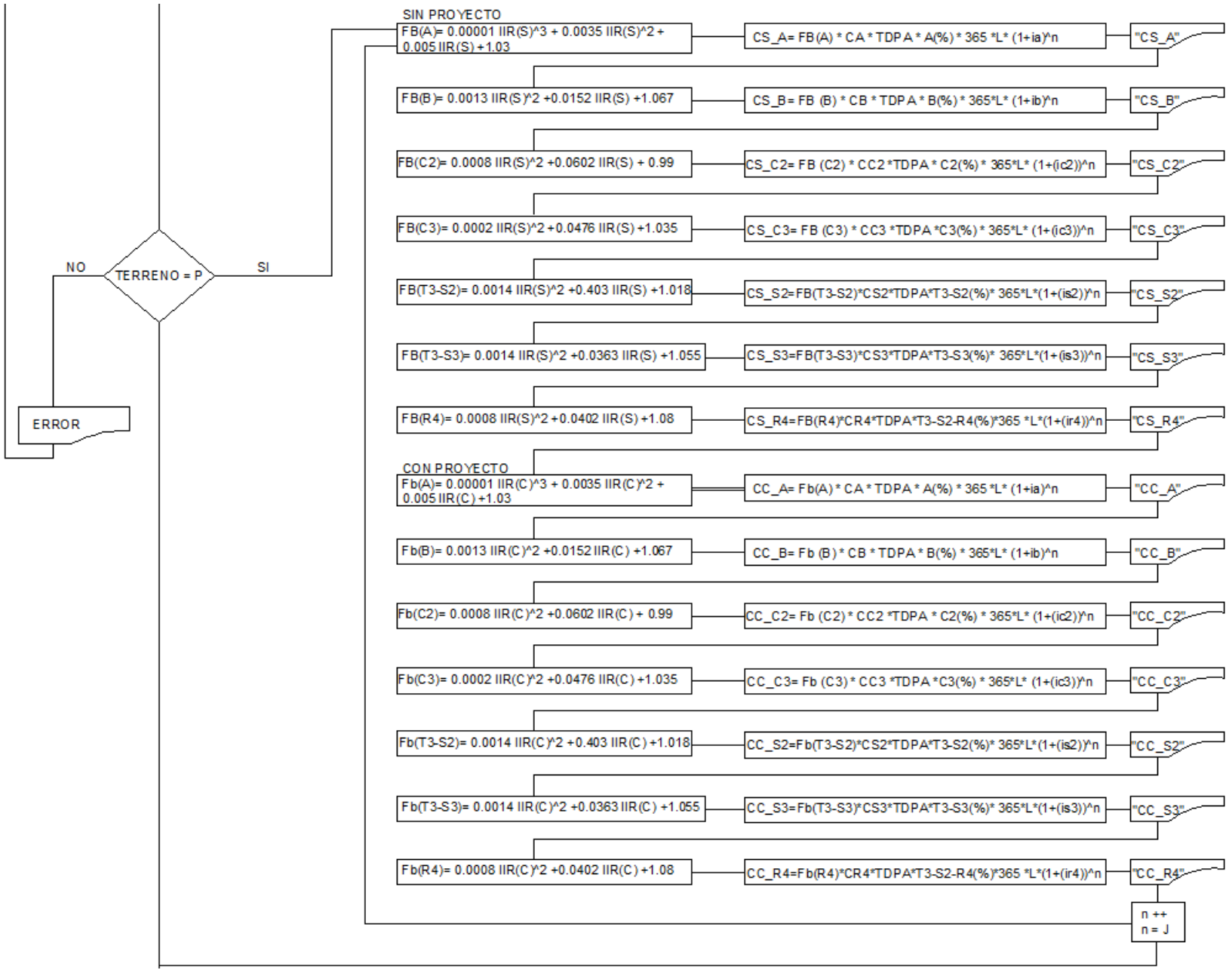
[7] Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con fundamento en los artículos 31 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal 1, 4, 34 y 109 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y 45,46, 47 y 214 de su Reglamento, así como por el artículo 61 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

13)DIAGRAMA DE FLUJO

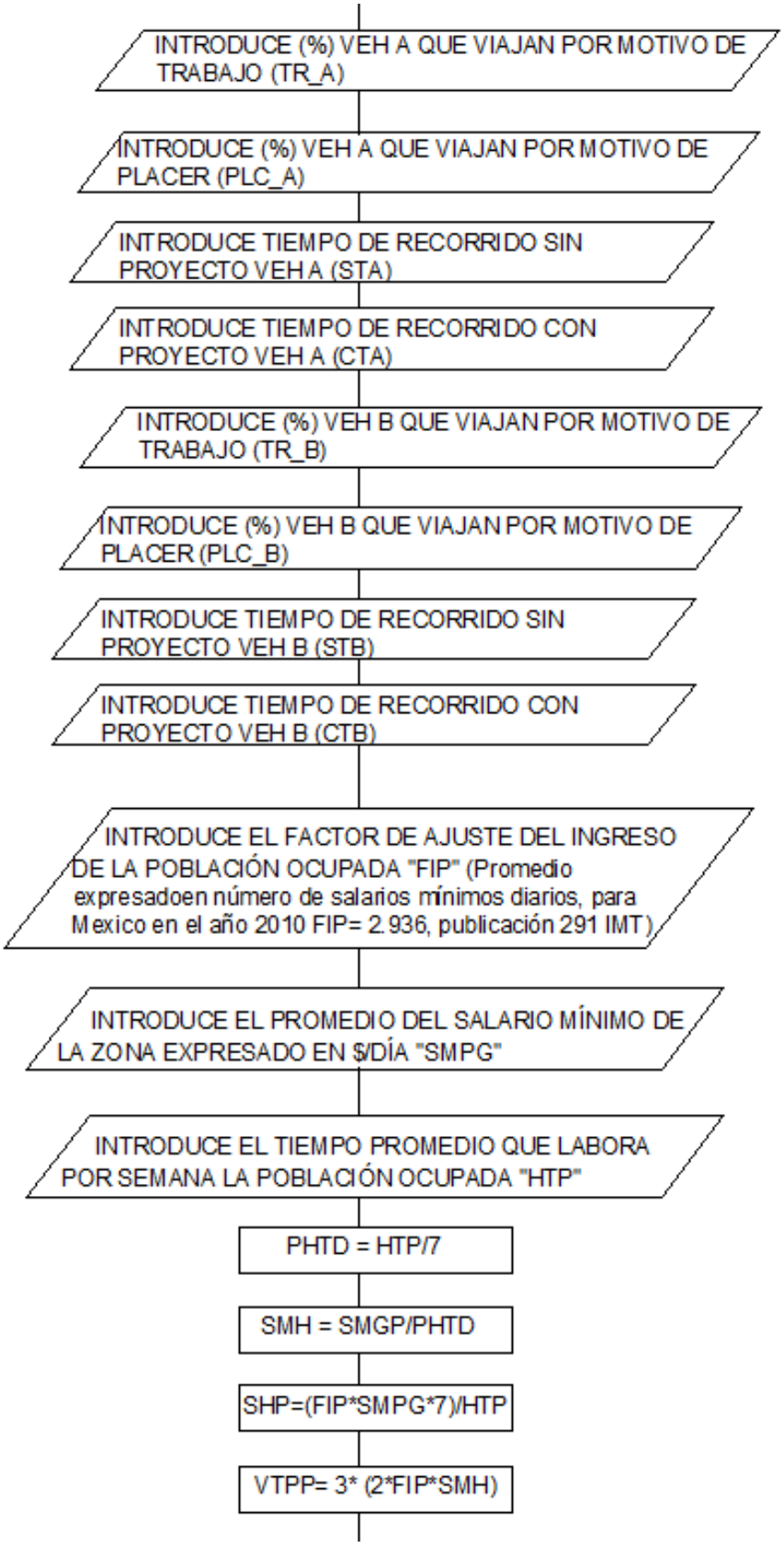


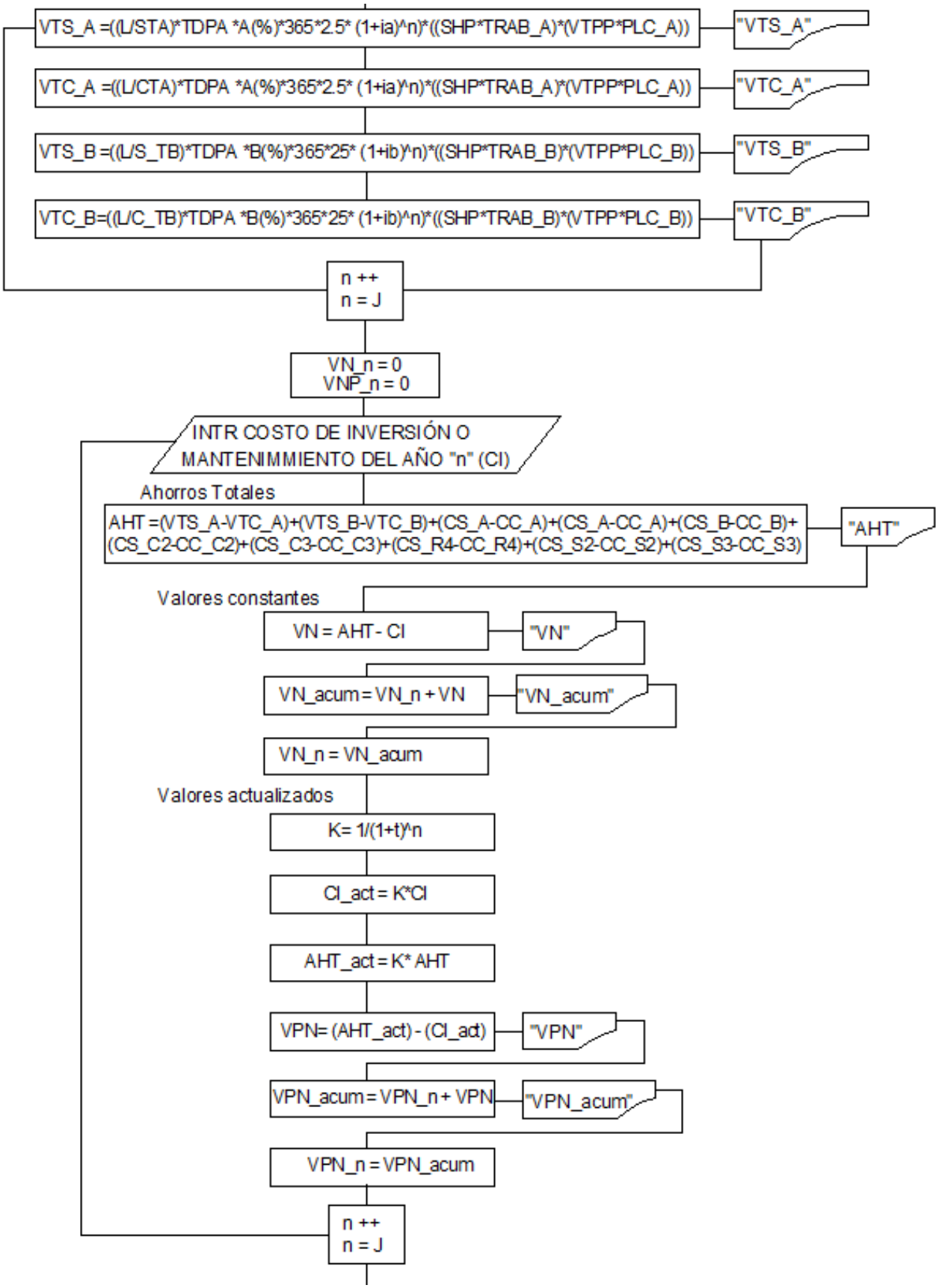

TERRENO = M
SI
NO
SIN PROYECTO
FB(A)= -0.00002 IIR(S)^3 +0.004 IIR(S)^2 +0.004 IIR(S) +1.276
CS_A= FB(A) * CA * TDPA * A(%) * 365 *L* (1+ia)^n
"CS_A"
FB(B)= 0.001 IIR(S)^2 +0.02 IIR(S) +1.617
CS_B= FB (B) * CB * TDPA * B(%) * 365*L* (1+ib)^n
"CS_B"
FB(C2)= 0.0004 IIR(S)^2 +0.0712 IIR(S) +1.577
CS_C2= FB (C2) * CC2 *TDPA * C2(%) * 365*L* (1+(ic2))^n
"CS_C2"
FB(C3)= -0.00004 IIR(S)^2 +0.0575 IIR(S) +1.757
CS_C3= FB (C3) * CC3 *TDPA *C3(%) * 365*L* (1+(ic3))^n
"CS_C3"
FB(T3-S2)= 0.0008 IIR(S)^2 +0.0475 IIR(S) +1.614
CS_S2=FB(T3-S2)*CS2*TDPA*T3-S2(%)* 365*L*(1+(is2))^n
"CS_S2"
FB(T3-S3)= 0.0002 IIR(S)^2 +0.0526 IIR(S) +1.725
CS_S3=FB(T3-S3)*CS3*TDPA*T3-S3(%)* 365*L*(1+(is3))^n
"CS_S3"
FB(R4)= 0.0004 IIR(S)^2 +0.0475 IIR(S) +1.884
CS_R4=FB(R4)*CR4*TDPA*T3-S2-R4(%)*365 *L*(1+(ir4))^n
"CS_R4"
CON PROYECTO
Fb(A)= -0.00002 IIR(C)^3 +0.004 IIR(C)^2 +0.004 IIR(C) +1.276
CC_A= Fb(A) * CA * TDPA * A(%) * 365 *L* (1+ia)^n
"CC_A"
Fb(B)= 0.001 IIR(C)^2 +0.02 IIR(C) +1.617
CC_B= Fb (B) * CB * TDPA * B(%) * 365*L* (1+ib)^n
"CC_B"
Fb(C2)= 0.0004 IIR(C)^2 +0.0712 IIR(C) +1.577
CC_C2= Fb(C2) * CC2 *TDPA * C2(%) * 365*L* (1+(ic2))^n
"CC_C2"
Fb(C3)= -0.00004 IIR(C)^2 +0.0575 IIR(C) +1.757
CC_C3= Fb (C3) * CC3 *TDPA *C3(%) * 365*L* (1+(ic3))^n
"CC_C3"
Fb(T3-S2)= 0.0008 IIR(C)^2 +0.0475 IIR(C) +1.614
CC_S2=Fb(T3-S2)*CS2*TDPA*T3-S2(%)*365* L*(1+(is2))^n
"CC_S2"
Fb(T3-S3)= 0.0002 IIR(C)^2 +0.0526 IIR(C) +1.725
CC_S3=Fb(T3-S3)*CS3*TDPA*T3-S3(%)*365 *L*(1+(is3))^n
"CC_S3"
Fb(R4)= 0.0004 IIR(C)^2 +0.0475 IIR(C) +1.884
CC_R4=Fb(R4)*CR4*TDPA*T3-S2-R4(%)*365 *L*(1+(ir4))^n
"CC_R4"
n ++
n = J


TERRENO = L
SI
NO
SIN PROYECTO
FB(A)= 0.0035 IIR(S)^2 +0.006 IIR(S) +1.13
CS_A= FB(A) * CA * TDPA * A(%) * 365 *L* (1+ia)^n
"CS_A"
FB(B)= 0.0013 IIR(S)^2 +0.0175 IIR(S) +1.32
CS_B= FB (B) * CB * TDPA * B(%) * 365*L* (1+ib)^n
"CS_B"
FB(C2)= 0.0004 IIR(S)^2 +0.0675 IIR(S) +1.254
CS_C2= FB (C2) * CC2 *TDPA * C2(%) * 365*L* (1+(ic2))^n
"CS_C2"
FB(C3)= 0.0002 IIR(S)^2 +0.0513 IIR(S) +1.371
CS_C3= FB (C3) * CC3 *TDPA *C3(%) * 365*L* (1+(ic3))^n
"CS_C3"
FB(T3-S2)= 0.001 IIR(S)^2 +0.0451 IIR(S) +1.289
CS_S2=FB(T3-S2)*CS2*TDPA*T3-S2(%)* 365*L*(1+(is2))^n
"CS_S2"
FB(T3-S3)= 0.0008 IIR(S)^2 +0.0437 IIR(S) +1.37
CS_S3=FB(T3-S3)*CS3*TDPA*T3-S3(%)* 365*L*(1+(is3))^n
"CS_S3"
FB(T3-S3-R4)=0.0004 IIR(S)^2 +0.0462 IIR(S) +1.457
CS_R4=FB(R4)*CR4*TDPA*T3-S2-R4(%)*365 *L*(1+(ir4))^n
"CS_R4"
CON PROYECTO
Fb(A)= 0.0035 IIR(C)^2 +0.006 IIR(C) +1.13
CC_A= Fb(A) * CA * TDPA * A(%) * 365 *L* (1+ia)^n
"CC_A"
Fb(B)= 0.0013 IIR(C)^2 +0.0175 IIR(C) +1.32
CC_B= Fb (B) * CB * TDPA * B(%) * 365*L* (1+ib)^n
"CC_B"
Fb(C2)= 0.0004 IIR(C)^2 +0.0675 IIR(C) +1.254
CC_C2= Fb (C2) * CC2 *TDPA * C2(%) * 365*L* (1+(ic2))^n
"CC_C2"
Fb(C3)= 0.0002 IIR(C)^2 +0.0513 IIR(C) +1.371
CC_C3= Fb (C3) * CC3 *TDPA *C3(%) * 365*L* (1+(ic3))^n
"CC_C3"
Fb(T3-S2)= 0.001 IIR(C)^2 +0.0451 IIR(C) +1.289
CC_S2=Fb(T3-S2)*CS2*TDPA*T3-S2(%)* 365*L*(1+(is2))^n
"CC_S2"
Fb(T3-S3)= 0.0008 IIR(C)^2 +0.0437 IIR(C) +1.37
CC_S3=Fb(T3-S3)*CS3*TDPA*T3-S3(%)* 365*L*(1+(is3))^n
"CC_S3"
Fb(T3-S3-R4)=0.0004 IIR(C)^2 +0.0462 IIR(C) +1.457
CC_R4=Fb(R4)*CR4*TDPA*T3-S2-R4(%)*365 *L*(1+(ir4))^n
"CC_R4"
n ++
n = J

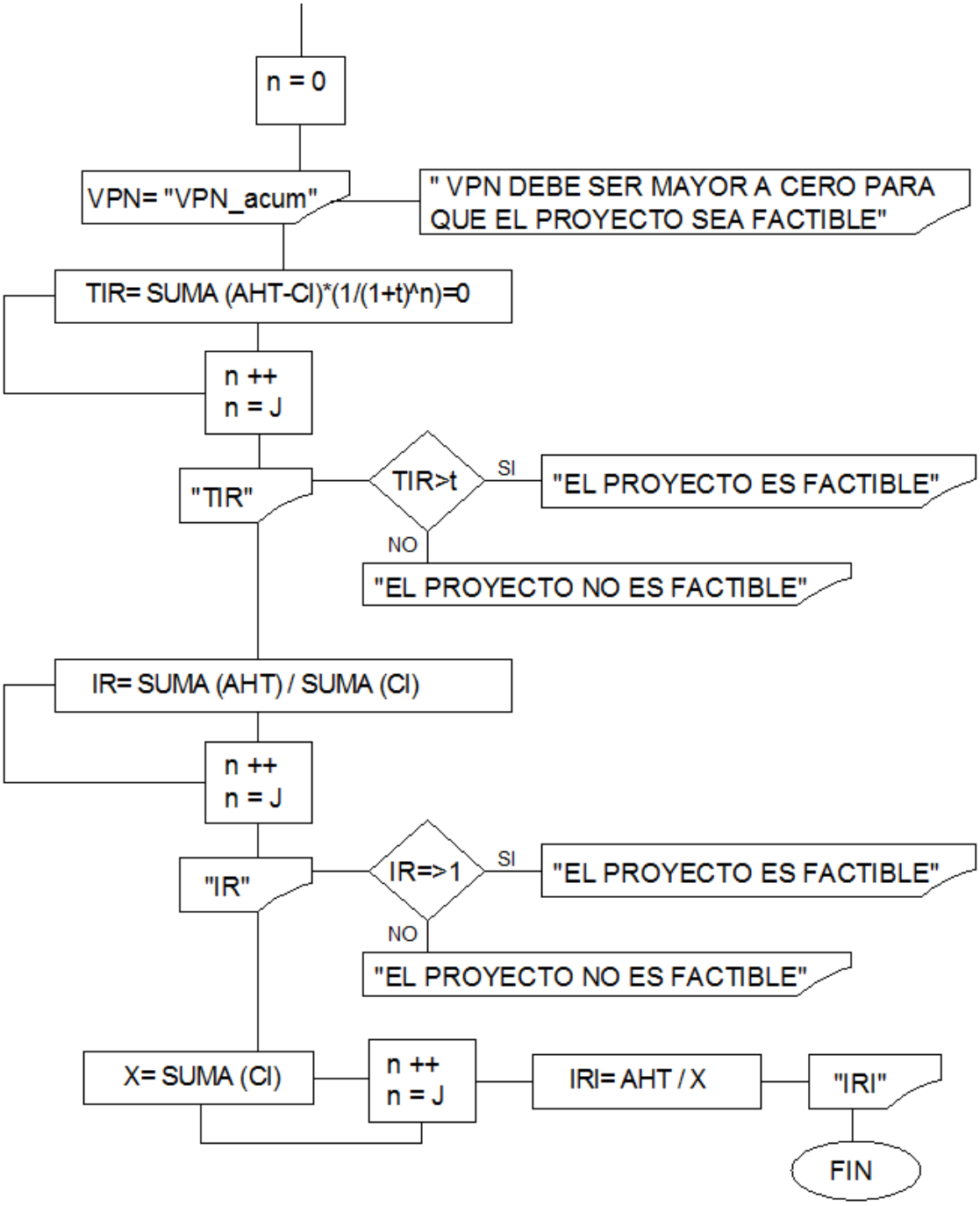

TERRENO = P
NO
SI
ERROR
SIN PROYECTO
FB(A)= 0.00001 IIR(S)^3 + 0.0035 IIR(S)^2 + 0.005 IIR(S) +1.03
CS_A= FB(A) * CA * TDPA * A(%) * 365 *L* (1+ia)^n
"CS_A"
FB(B)= 0.0013 IIR(S)^2 +0.0152 IIR(S) +1.067
CS_B= FB (B) * CB * TDPA * B(%) * 365*L* (1+ib)^n
"CS_B"
FB(C2)= 0.0008 IIR(S)^2 +0.0602 IIR(S) + 0.99
CS_C2= FB (C2) * CC2 *TDPA * C2(%) * 365*L* (1+(ic2))^n
"CS_C2"
FB(C3)= 0.0002 IIR(S)^2 +0.0476 IIR(S) +1.035
CS_C3= FB (C3) * CC3 *TDPA *C3(%) * 365*L* (1+(ic3))^n
"CS_C3"
FB(T3-S2)= 0.0014 IIR(S)^2 +0.403 IIR(S) +1.018
CS_S2=FB(T3-S2)*CS2*TDPA*T3-S2(%)* 365*L*(1+(is2))^n
"CS_S2"
FB(T3-S3)= 0.0014 IIR(S)^2 +0.0363 IIR(S) +1.055
CS_S3=FB(T3-S3)*CS3*TDPA*T3-S3(%)* 365*L*(1+(is3))^n
"CS_S3"
FB(R4)= 0.0008 IIR(S)^2 +0.0402 IIR(S) +1.08
CS_R4=FB(R4)*CR4*TDPA*T3-S2-R4(%)*365 *L*(1+(ir4))^n
"CS_R4"
CON PROYECTO
Fb(A)= 0.00001 IIR(C)^3 + 0.0035 IIR(C)^2 + 0.005 IIR(C) +1.03
CC_A= Fb(A) * CA * TDPA * A(%) * 365 *L* (1+ia)^n
"CC_A"
Fb(B)= 0.0013 IIR(C)^2 +0.0152 IIR(C) +1.067
CC_B= Fb (B) * CB * TDPA * B(%) * 365*L* (1+ib)^n
"CC_B"
Fb(C2)= 0.0008 IIR(C)^2 +0.0602 IIR(C) + 0.99
CC_C2= Fb (C2) * CC2 *TDPA * C2(%) * 365*L* (1+(ic2))^n
"CC_C2"
Fb(C3)= 0.0002 IIR(C)^2 +0.0476 IIR(C) +1.035
CC_C3= Fb (C3) * CC3 *TDPA *C3(%) * 365*L* (1+(ic3))^n
"CC_C3"
Fb(T3-S2)= 0.0014 IIR(C)^2 +0.403 IIR(C) +1.018
CC_S2=Fb(T3-S2)*CS2*TDPA*T3-S2(%)* 365*L*(1+(is2))^n
"CC_S2"
Fb(T3-S3)= 0.0014 IIR(C)^2 +0.0363 IIR(C) +1.055
CC_S3=Fb(T3-S3)*CS3*TDPA*T3-S3(%)* 365*L*(1+(is3))^n
"CC_S3"
Fb(R4)= 0.0008 IIR(C)^2 +0.0402 IIR(C) +1.08
CC_R4=Fb(R4)*CR4*TDPA*T3-S2-R4(%)*365 *L*(1+(ir4))^n
"CC_R4"
n ++
n = J

VALOR DEL TIEMPO




VTS_A =((L/STA)*TDPA *A(%)*365*2.5* (1+ia)^n)*((SHP*TRAB_A)*(VTPP*PLC_A))
"VTS_A"
VTC_A =((L/CTA)*TDPA *A(%)*365*2.5* (1+ia)^n)*((SHP*TRAB_A)*(VTPP*PLC_A))
"VTC_A"
VTS_B =((L/S_TB)*TDPA *B(%)*365*25* (1+ib)^n)*((SHP*TRAB_B)*(VTPP*PLC_B))
"VTS_B"
VTC_B=((L/C_TB)*TDPA *B(%)*365*25* (1+ib)^n)*((SHP*TRAB_B)*(VTPP*PLC_B))
"VTC_B"
n ++
n = J
VN_n = 0
VNP_n = 0
INTR COSTO DE INVERSIÓN O MANTENIMMIENTO DEL AÑO "n" (CI)
Ahorros Totales
AHT =(VTS_A-VTC_A)+(VTS_B-VTC_B)+(CS_A-CC_A)+(CS_A-CC_A)+(CS_B-CC_B)+(CS_C2-CC_C2)+(CS_C3-CC_C3)+(CS_R4-CC_R4)+(CS_S2-CC_S2)+(CS_S3-CC_S3)
"AHT"
Valores constantes
VN = AHT- CI
"VN"
VN_acum = VN_n + VN
"VN_acum"
VN_n = VN_acum
Valores actualizados
K= 1/(1+t)^n
CI_act = K*CI
AHT_act = K* AHT
VPN= (AHT_act) - (CI_act)
"VPN"
VPN_acum = VPN_n + VPN
"VPN_acum"
VPN_n = VPN_acum
n ++
n = J

INDICES ECONÓMICOS



ANEXO 1

FACTOR DE CORRECCIÓN

PUBLICACIÓN 337 DEL IMT (Torres Vargas et al, 2010)

En este anexo se presentan dos gráficas para cada uno de los siete vehículos seleccionados: dos camiones articulados con semirremolque; un camión articulado con semirremolque y remolque; un camión pesado de tres ejes; un camión mediano de dos ejes; un autobús foráneo; y un vehículo ligero.

Las gráficas del primer tipo muestran la relación entre el estado de la superficie de rodamiento y el Índice Internacional de Rugosidad, para tres tipos de terreno: sensiblemente plano (ligeras pendientes y curvas suaves); de lomerío; y montañoso. Se incluye como referencia el caso base, correspondiente a un camino recto y plano, con pavimento nuevo.

Las gráficas del segundo tipo relacionan para los tres tipos de terreno mencionados, el estado de la superficie de rodamiento en términos del Índice de Servicio y del Índice Internacional de Rugosidad, con la velocidad de operación típica (correspondiente a una velocidad 'de crucero' sobre un camino de un solo carril en cada sentido, sin acotamientos).

Debido a la poca influencia de rugosidades por debajo de un Índice Internacional de Rugosidad de 2m/km (o por arriba de un Índice de Servicio de 4.3), tanto en los costos como en las velocidades, dicho rango no se incluyó en las gráficas.
En ambas gráficas, las pendientes y curvaturas horizontales que corresponden a cada tipo de terreno son de 1% y 100°/km respectivamente, para el caso plano; de 3% y de 300°/km, para terreno de lomerío; y de 5% y 700°/km, para terreno montañoso. Al caso base le corresponden pendientes y curvaturas nulas.

El concepto de curvatura manejado corresponde a una curvatura media en un tramo representativo, que se calcula como la suma de los ángulos de deflexión en valor absoluto (o ángulos centrales de las curvas) dividida entre la longitud del tramo, y se expresa en grados por kilómetro.

Descripción de la topografía.

En general toda región en la cual el promedio de inclinación del terreno en una longitud de 30 km sea mayor del 4% será considerado montañosa si el promedio de inclinación fluctúa entre el 2% y el 4% será considerado ondulado ó en lomerío y si el promedio de inclinación es menor del 2% se considera como terreno plano.

El escoger montañoso poco escarpado ó montañoso muy escarpado dependerá si el promedio se acerca ó se aleja del valor dado del 4%.

Tipo de camino.	Plano con poco lomerío.	Plano con lomerío fuerte.	Montañoso poco escarpado.	Montañoso muy escarpado.
Tipo especial.	4%	4.5 %	5 %	5 %
Tipo A.	4 %	5 %	5.5 %	6 %
Tipo B.	4.5 %	5.5 %	6 %	6.5 %
Tipo C.	5 %	6 %	6 %	7.5 %

Clasificación de los caminos en México (S C T)

1) *tipo especial*: para transito promedio diario anual superior a 3000 vehículos equivalentes a un transito horario máximo anual de 360 vehículos o mas.

2) *tipo A:* para un transito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos, equivalente a un transito horario anual de 180 vehículos a 360.

3) *tipo B:* para un transito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos equivalentes a un transito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.

4) *tipo C:* para un transito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un transito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

Camino tipo	Especial	A	B	C	Brecha
T. P. D. A.	Mas de 3000	1500 − 3000	500 − 1500	50 − 500	Hasta 60
T. H. M. A.	Mas de 360	180 − 360	60 − 180	6 − 60	6

En las alturas los motores de explosión parte de su potencia debida al enrarecimiento del aire o sea a la menor cantidad de oxigeno en el ambiente para alimentar los cilindros esa perdida varia en razón inversa de la densidad del aire.

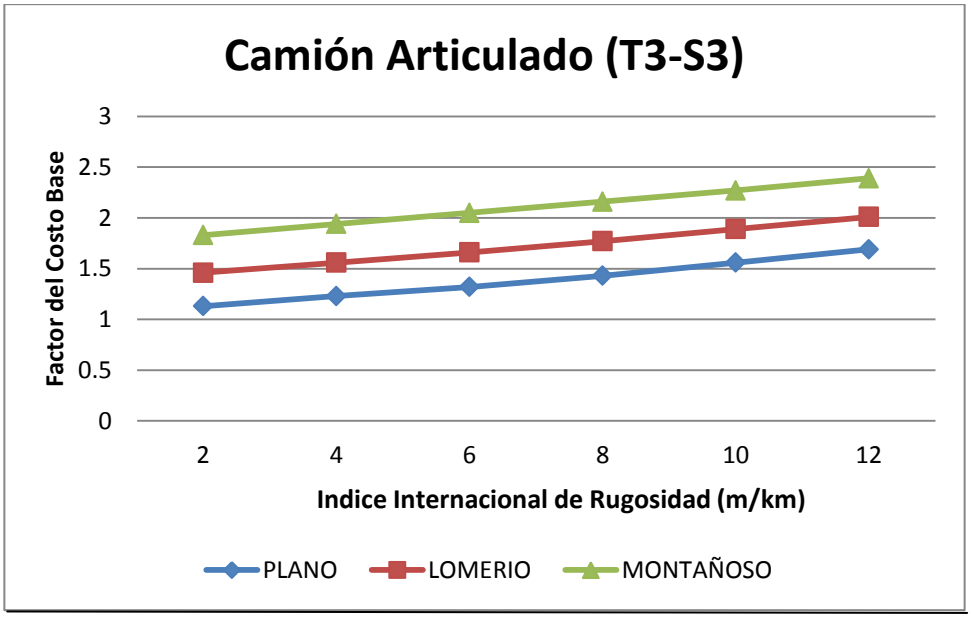
Para compensar esa perdida se puede dotar a los motores de súper−cargadores que inyectan la mezclaexplosiva a presión como los motores de aviación, o se puede afectar compensando las pendientes con las alturas.

En la practica se emplea un método que consiste en reducir 0.5 % la pendiente máxima a partir de los 1000 m por cada mil metros de ascenso.

Se recomienda no emplear los máximos indicado en la tabla en trayectos continuos con longitud exceda en 500 m ya que si los tramos con pendiente limite son muy largos, obligan a los vehículos a marchar mucho tiempo en primera y segunda, produciendo un desgaste adicional, y si el tramo es bastante largo se calentara mucho la maquina y hervirá el agua del radiador, haciendo que el rendimiento del motor baje. También se recomienda que antes ó después de cualquier tramo de pendiente máxima se intercale un tramo con pendiente de 2 % menor que la máxima y con longitud mínima de 300 m.

FACTOR DEL COSTO BASE (T3-S3)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	1.13	1.46	1.83
4	1.23	1.56	1.94
6	1.32	1.66	2.05
8	1.43	1.77	2.16
10	1.56	1.89	2.27
12	1.69	2.01	2.39



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

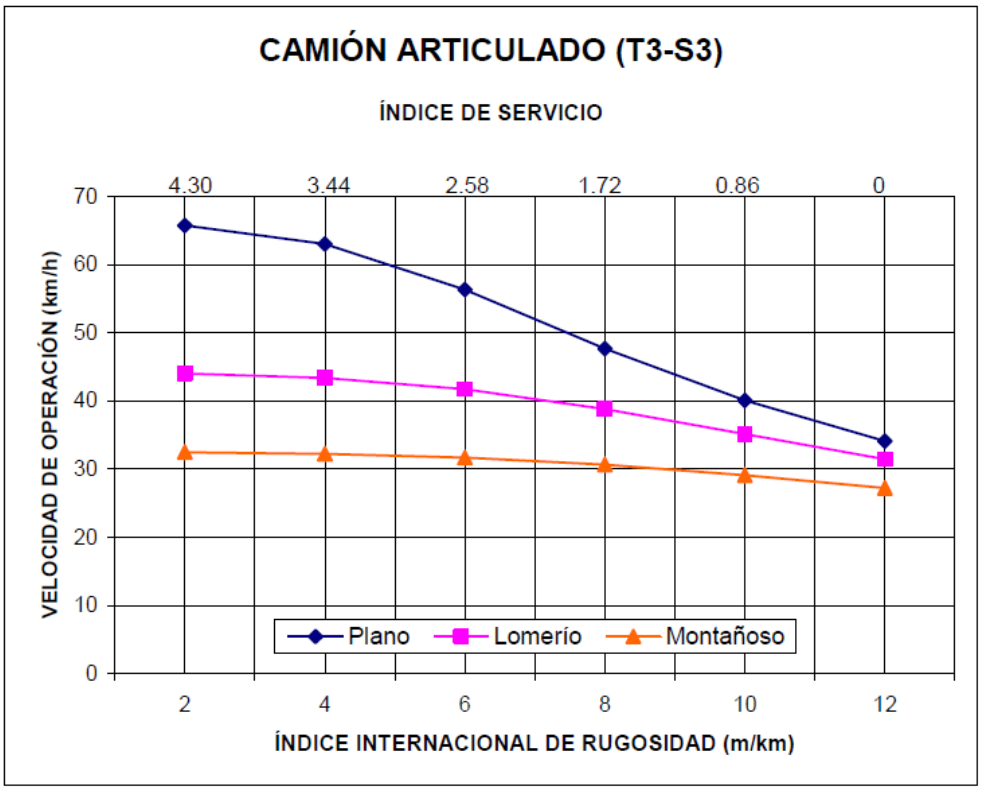
Plano: $0.0014\ x^2 + 0.0363\ x + 1.055$

Lomerío: $0.0008\ x^2 + 0.0437\ x + 1.37$

Montañoso: $0.0002\ x^2 + 0.0526\ x + 1.725$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-CAMIÓN ARTICULADO (T3-S3)
Valores calculados, en km/h (2010)

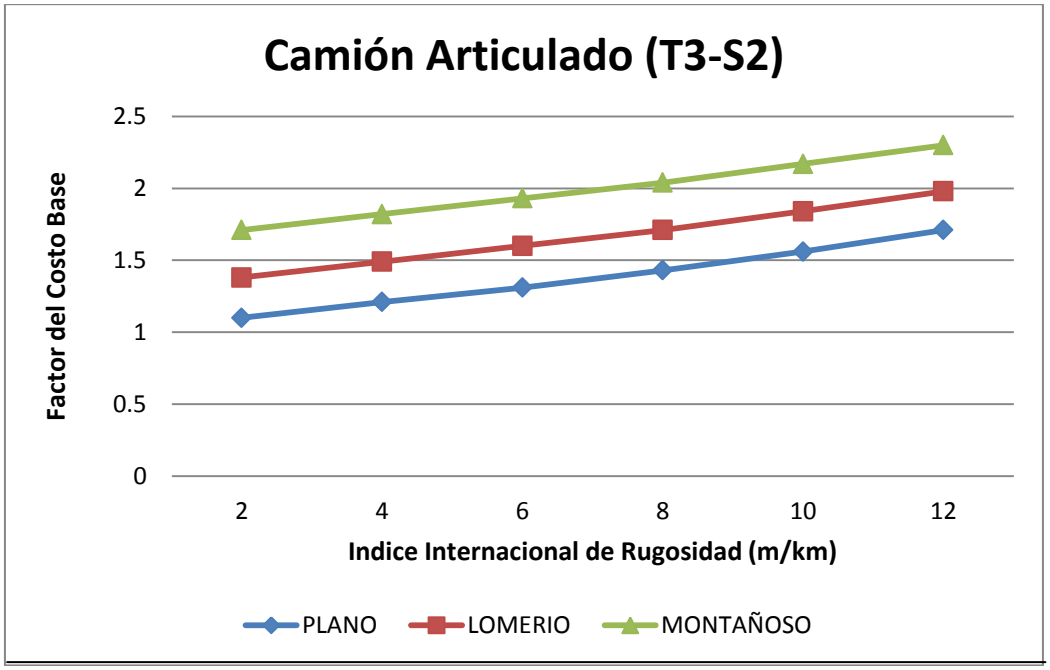
IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	65.71	44.00	32.45
4	63.01	43.36	32.21
6	56.28	41.72	31.68
8	47.69	38.80	30.66
10	40.06	35.14	29.11
12	34.09	31.42	27.22



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

FACTOR DEL COSTO BASE (T3-S2)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	1.1	1.38	1.71
4	1.21	1.49	1.82
6	1.31	1.6	1.93
8	1.43	1.71	2.04
10	1.56	1.84	2.17
12	1.71	1.98	2.3



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

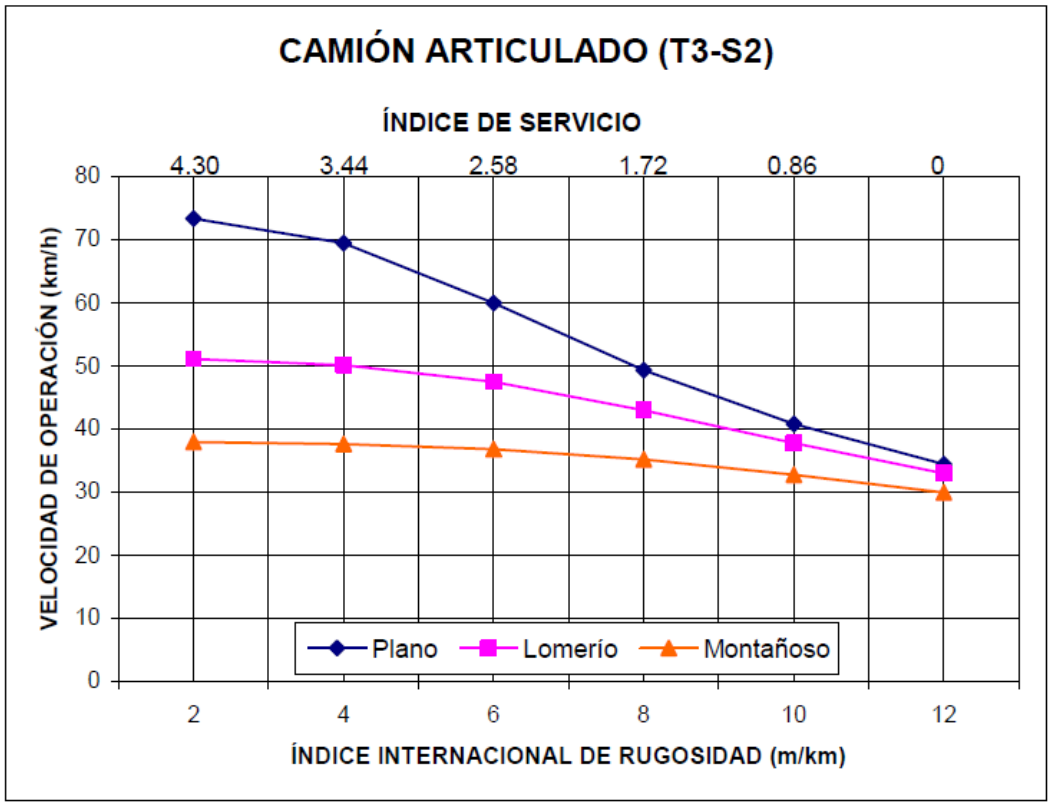
Plano: $0.0014\ x^2 + 0.0403\ x + 1.018$

Lomerío: $0.001\ x^2 + 0.0451\ x + 1.289$

Montañoso: $0.0008\ x^2 + 0.0475\ x + 1.614$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-CAMIÓN ARTICULADO (T3-S2)
Valores calculados, en km/h (2010)

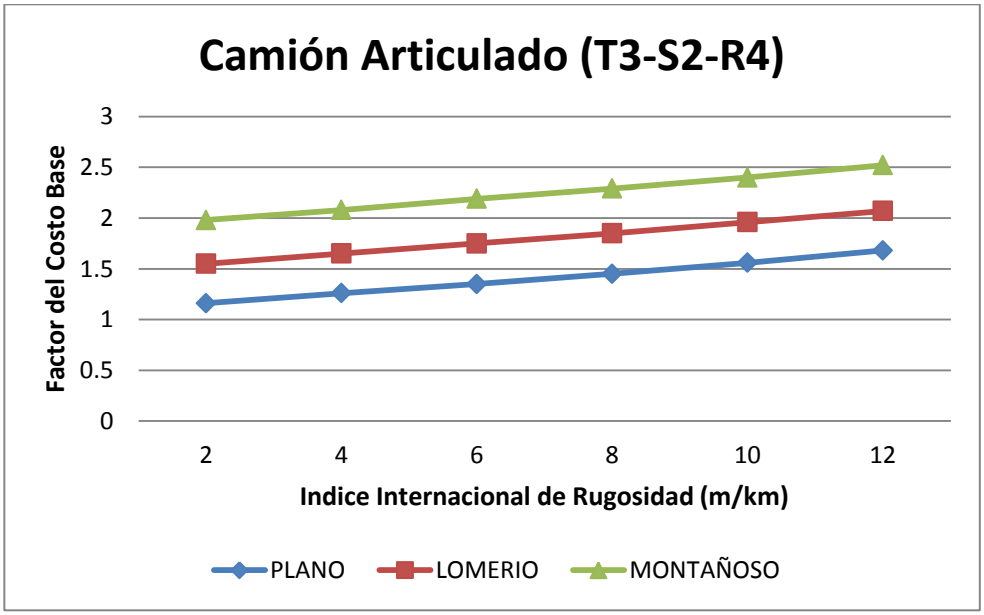
IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	73.33	51.04	37.88
4	69.42	50.12	37.57
6	59.93	47.45	36.76
8	49.29	42.90	35.12
10	40.75	37.72	32.70
12	34.41	32.94	29.91



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

FACTOR DEL COSTO BASE (T3-S2-R4)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	1.16	1.55	1.98
4	1.26	1.65	2.08
6	1.35	1.75	2.19
8	1.45	1.85	2.29
10	1.56	1.96	2.4
12	1.68	2.07	2.52



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

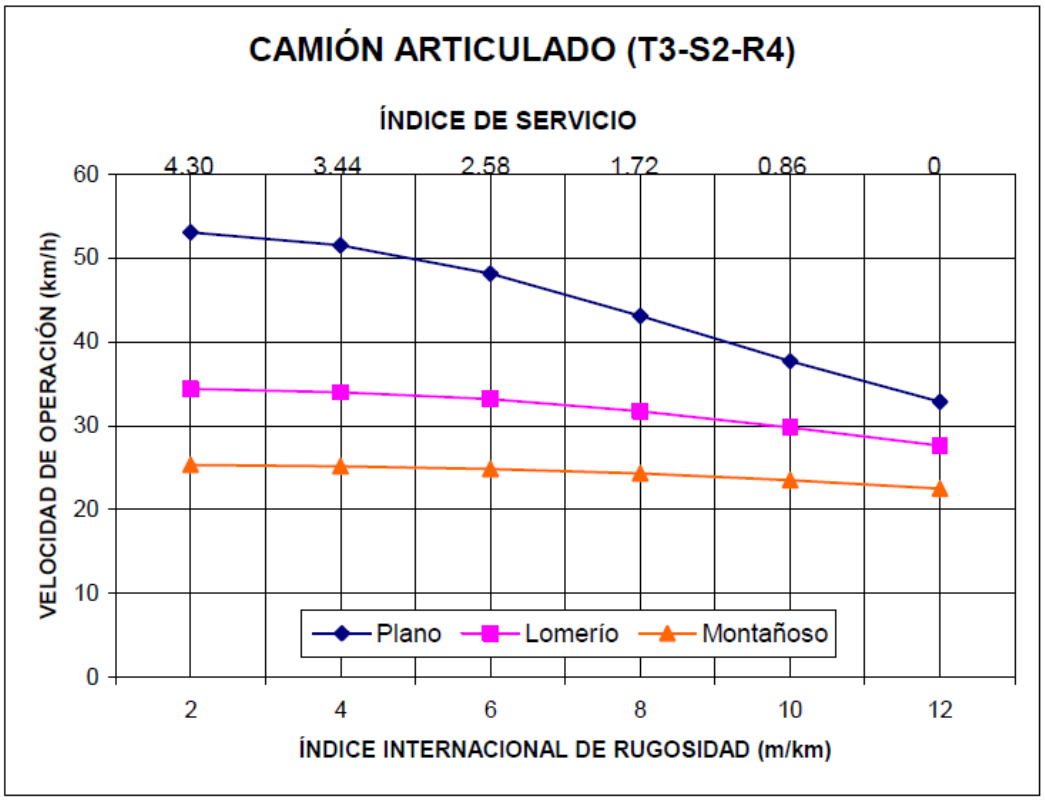
Plano: $0.0008\ x^2 + 0.0402\ x + 1.08$

Lomerío: $0.0004\ x^2 + 0.0462\ x + 1.457$

Montañoso: $0.0004\ x^2 + 0.0475\ x + 1.884$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-CAMIÓN ARTICULADO (T3-S2-R4)
Valores calculados, en km/h (2010)

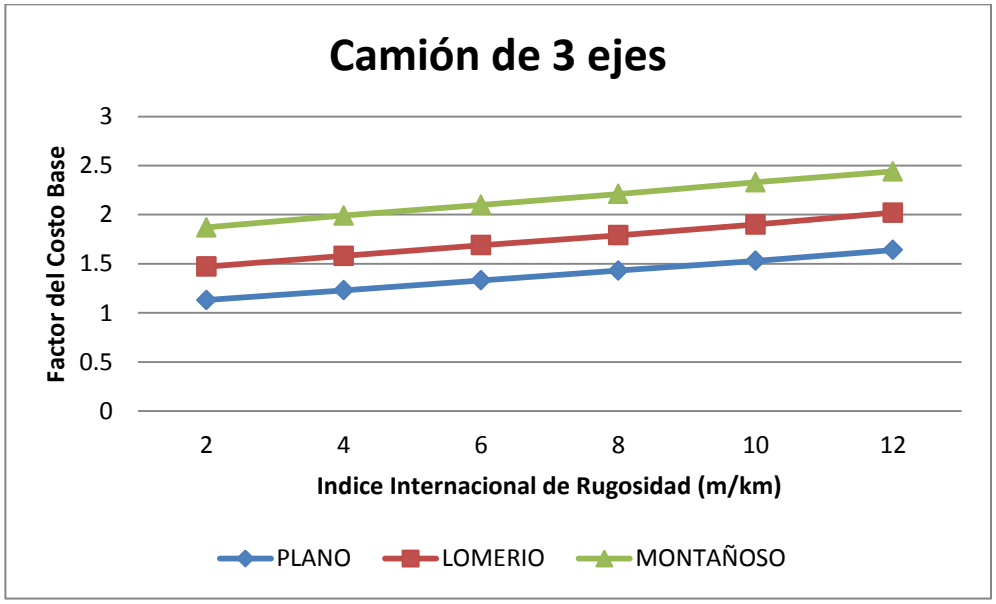
IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	53.11	34.42	25.34
4	51.57	34.00	25.16
6	48.19	33.19	24.85
8	43.14	31.77	24.32
10	37.74	29.83	23.52
12	32.89	27.65	22.51



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

FACTOR DEL COSTO BASE (CAMION DE 3 EJES)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	1.13	1.47	1.87
4	1.23	1.58	1.99
6	1.33	1.69	2.1
8	1.43	1.79	2.21
10	1.53	1.9	2.33
12	1.64	2.02	2.44



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

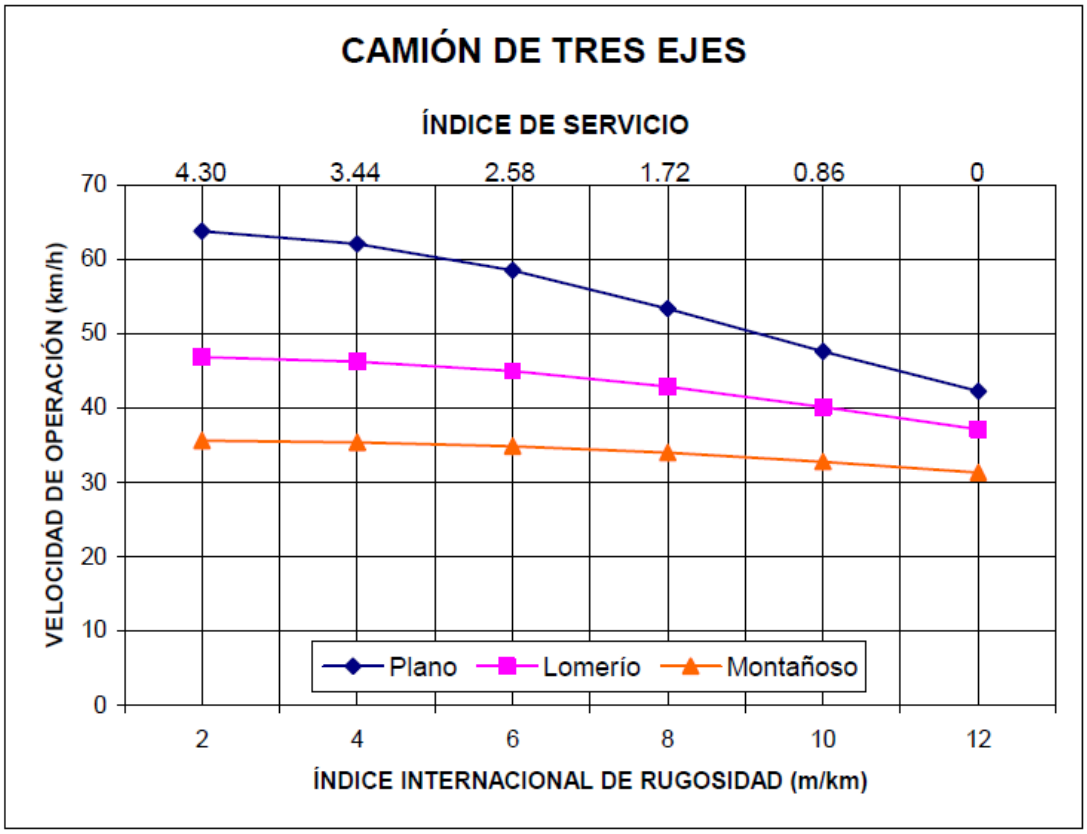
Plano: $0.0002\ x^2 + 0.0476\ x + 1.035$

Lomerío: $0.0002\ x^2 + 0.0513\ x + 1.371$

Montañoso: $-\ 0.00004\ x^2 + 0.0575x + 1.757$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-CAMIÓN DE TRES EJES
Valores calculados, en km/h (2010)

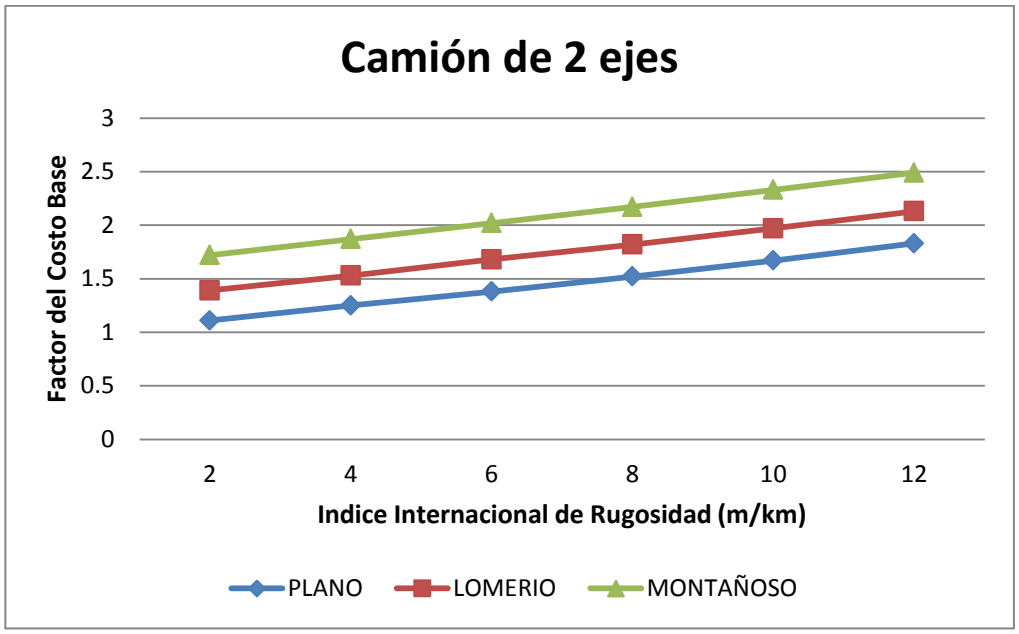
IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	63.81	46.88	35.65
4	62.14	46.26	35.38
6	58.56	44.97	34.86
8	53.37	42.88	34.01
10	47.66	40.17	32.80
12	42.28	37.16	31.31



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

COSTO DE OPERACIÓN (CAMION DE 2 EJES)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	6.32	7.89	9.79
4	7.11	8.73	10.66
6	7.86	9.54	11.51
8	8.63	10.36	12.37
10	9.48	11.22	13.24
12	10.4	12.12	14.15



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

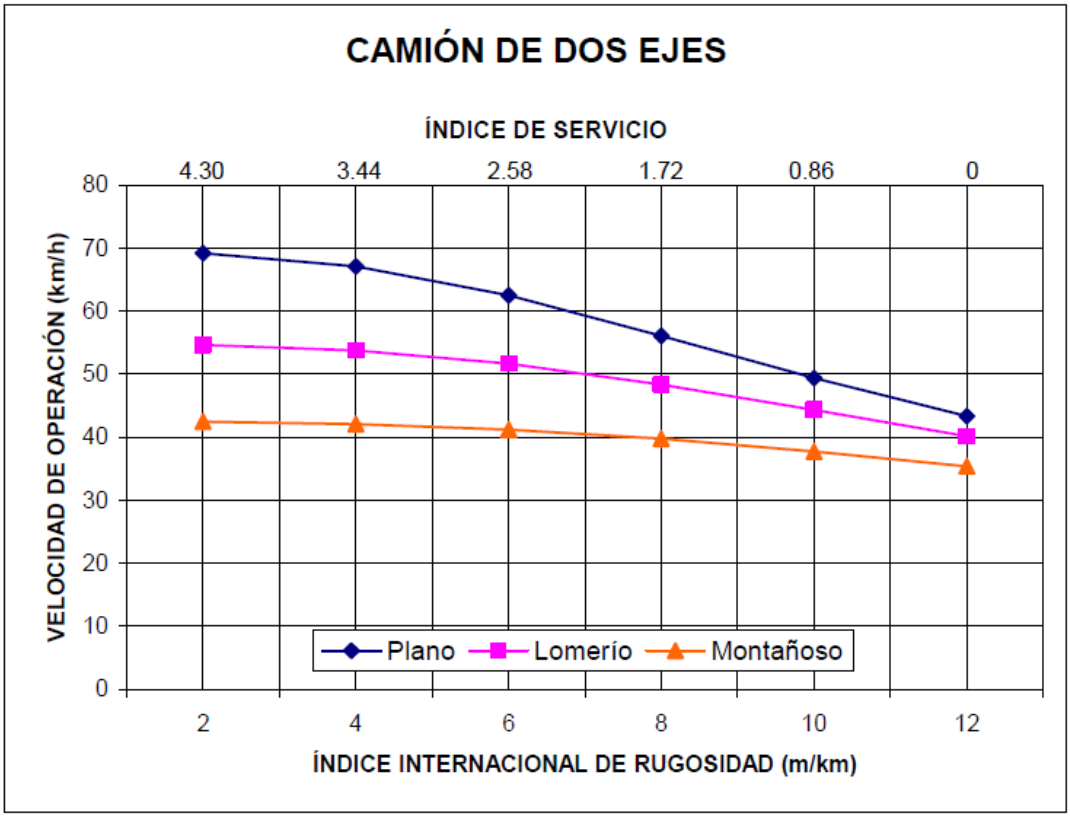
Plano: $0.0008\ x^2 + 0.0602\ x + 0.99$

Lomerío: $0.0004\ x^2 + 0.0675\ x + 1.254$

Montañoso: $0.0004\ x^2 + 0.0712\ x + 1.577$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-CAMIÓN DE DOS EJES
Valores calculados, en km/h (2010)

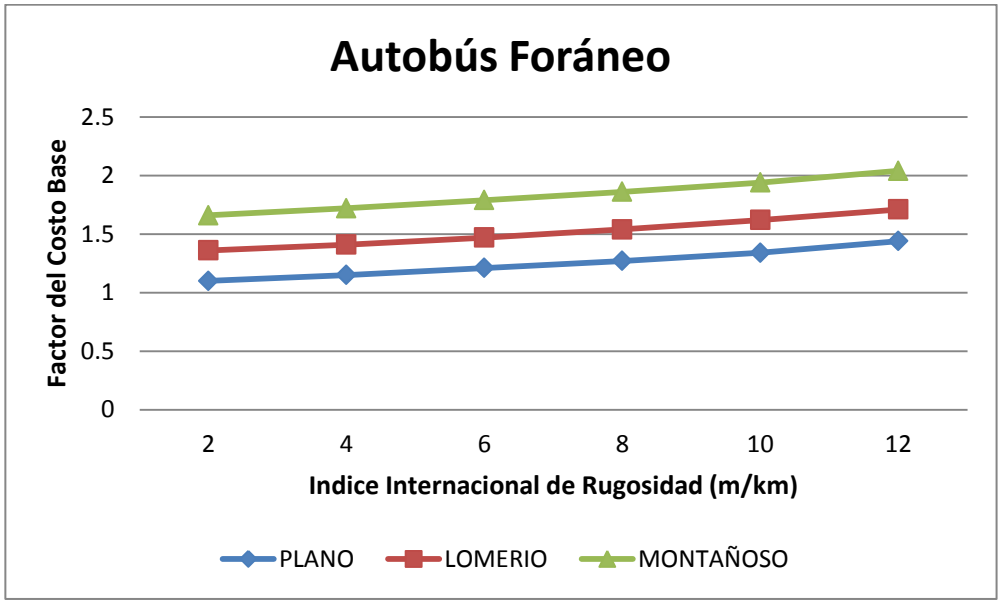
IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	69.24	54.69	42.48
4	67.16	53.77	42.09
6	62.54	51.68	41.23
8	56.11	48.37	39.77
10	49.39	44.32	37.75
12	43.34	40.14	35.37



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

COSTO DE OPERACIÓN (AUTOBUS FORANEO)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	11.15	13.72	16.79
4	11.66	14.27	17.38
6	12.19	14.89	18.04
8	12.81	15.57	18.78
10	13.57	16.37	19.62
12	14.52	17.31	20.58



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

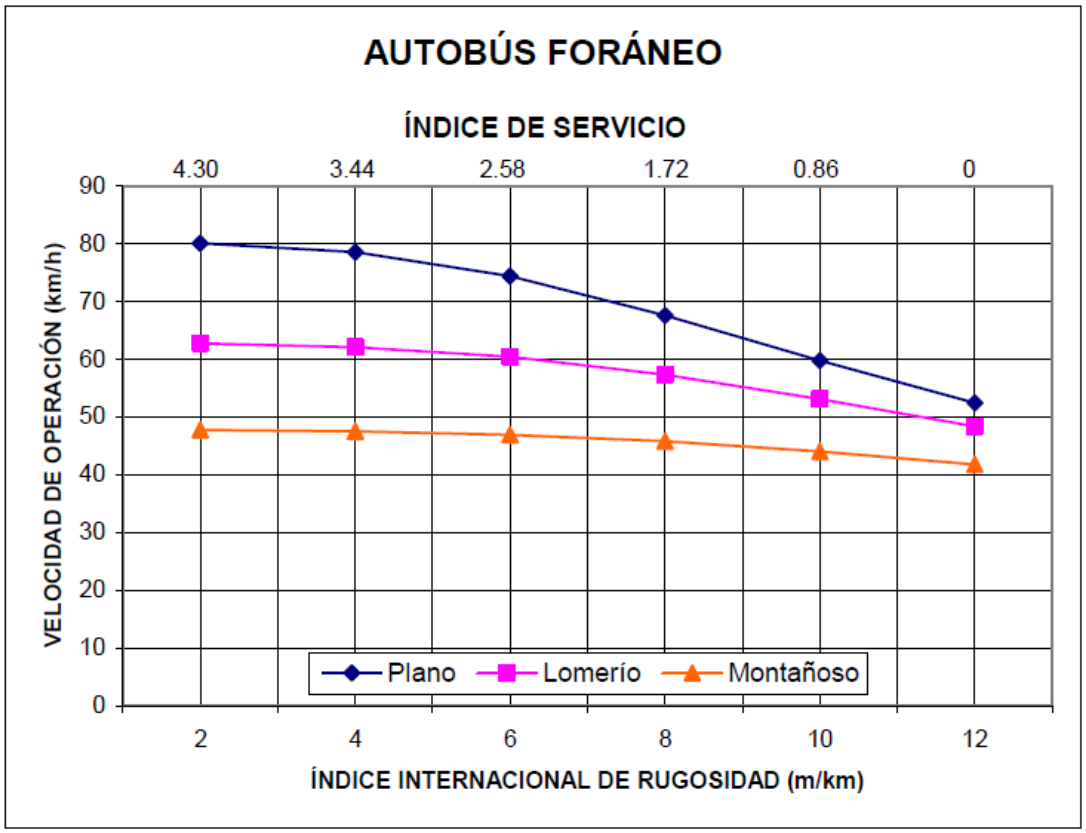
Plano: $0.0013\ x^2 + 0.0152\ x + 1.067$

Lomerío: $0.0013\ x^2 + 0.0175\ x + 1.32$

Montañoso: $0.001\ x^2 + 0.022\ x + 1.617$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-AUTOBÚS FORÁNEO
Valores calculados, en km/h (2010)

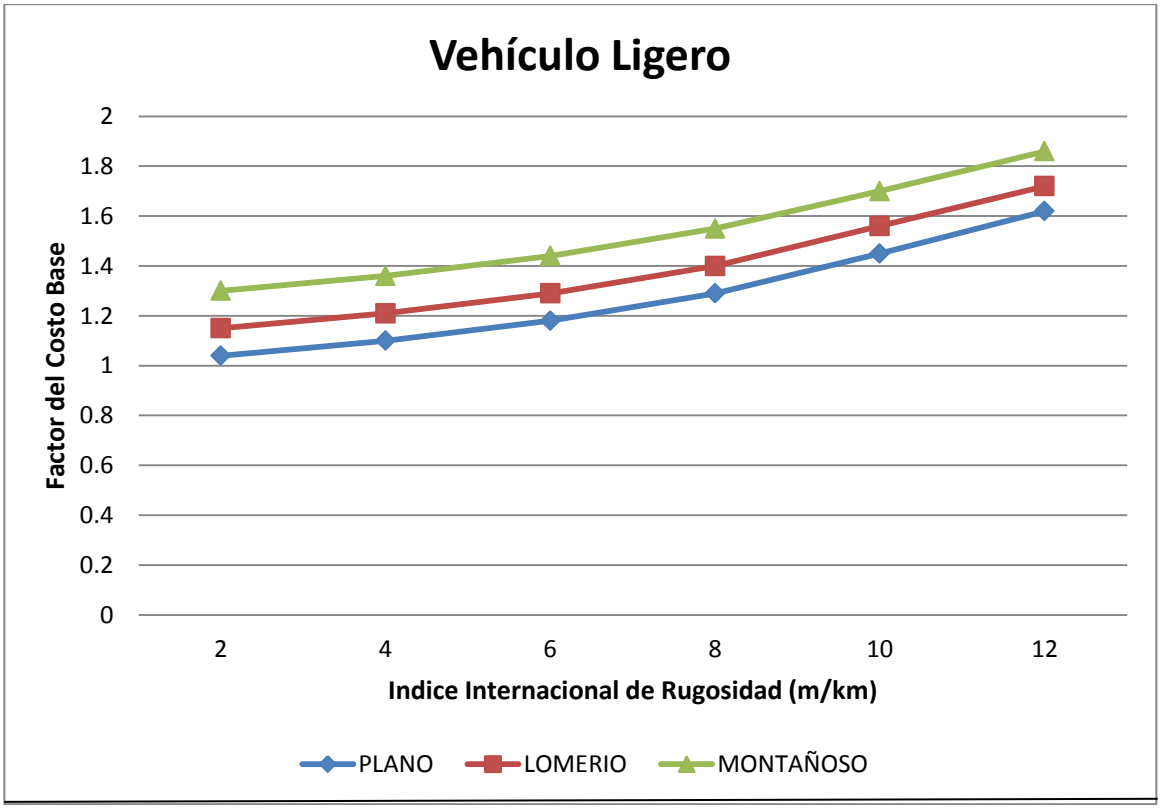
IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	80.14	62.78	47.79
4	78.61	62.12	47.52
6	74.44	60.45	46.94
8	67.63	57.38	45.82
10	59.82	53.14	44.07
12	52.50	48.40	41.77



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

COSTO DE OPERACIÓN (VEH. LIGERO)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	3.32	3.67	4.16
4	3.51	3.86	4.35
6	3.76	4.12	4.6
8	4.12	4.48	4.95
10	4.62	4.97	5.42
12	5.16	5.5	5.93



Para cada tipo de terreno se obtuvo la siguiente ecuación para obtener el factor de costo base dependiendo del índice internacional de rugosidad:

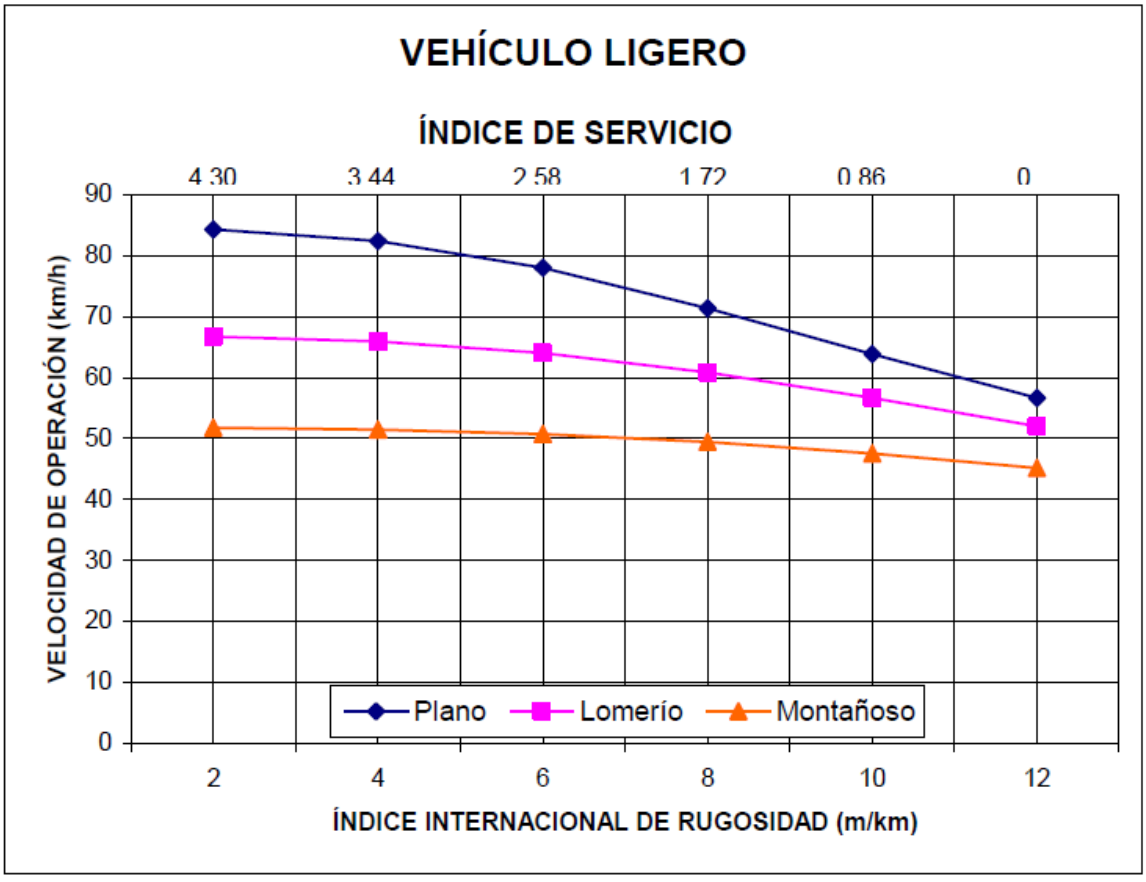
Plano: $0.00001\ x^3 + 0.0035\ x^2 + 0.005\ x + 1.03$

Lomerío: $0.0035\ x^2 + 0.006\ x + 1.13$

Montañoso: $-0.00002\ x^3 + 0.004\ x^2 + 0.004\ x + 1.276$

VELOCIDAD DE OPERACIÓN-VEHÍCULO LIGERO O UTILITARIO
Valores calculados, en km/h (2010)

IIR	Plano	Lomerío	Montañoso
2	84.34	66.72	51.76
4	82.45	65.94	51.46
6	78.04	64.08	50.76
8	71.39	60.90	49.48
10	63.87	56.69	47.59
12	56.69	52.01	45.17



Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

ANEXO 2

FACTOR DE CORRECCIÓN

PUBLICACIÓN 337 DEL IMT (Torres Vargas et al, 2010)

En este anexo se presentan las gráficas del costo de operación real vehicular por kilómetro para cada uno de los siete vehículos seleccionados: dos camiones articulados con semirremolque; un camión articulado con semirremolque y remolque; un camión pesado de tres ejes; un camión mediano de dos ejes; un autobús foráneo; y un vehículo ligero.

Las gráficas muestran la relación entre el estado de la superficie de rodamiento y el Índice Internacional de Rugosidad, así como el costo de operación real del vehículo, para tres tipos de terreno: sensiblemente plano (ligeras pendientes y curvas suaves); de lomerío; y montañoso. Se incluye como referencia el caso base, correspondiente a un camino recto y plano, con pavimento nuevo.

También se anexan las tablas de los consumos por cada 1000 veh-km, los costos unitarios en pesos y los precios del año 2010 para los costos de operación base (pesos, por veh-km). Las gráficas de los costos reales son el costo de operación base de cada vehículo por el factor de corrección mostradas en el anexo 1.

Debido a la poca influencia de rugosidades por debajo de un Índice Internacional de Rugosidad de 2m/km, tanto en los costos como en las velocidades, dicho rango no se incluyó en las gráficas.

En ambas gráficas, las pendientes y curvaturas horizontales que corresponden a cada tipo de terreno son de 1% y 100°/km respectivamente, para el caso plano; de 3% y de 300°/km, para terreno de lomerío; y de 5% y 700°/km, para terreno montañoso. Al caso base le corresponden pendientes y curvaturas nulas.

El concepto de curvatura manejado corresponde a una curvatura media en un tramo representativo, que se calcula como la suma de los ángulos de deflexión en valor absoluto (o ángulos centrales de las curvas) dividida entre la longitud del tramo, y se expresa en grados por kilómetro.

Descripción de la topografía.

En general toda región en la cual el promedio de inclinación del terreno en una longitud de 30 km sea mayor del 4% será considerado montañosa si el promedio de inclinación fluctúa entre el 2% y el 4% será considerado ondulado ó en lomerío y si el promedio de inclinación es menor del 2% se considera como terreno plano.

El escoger montañoso poco escarpado ó montañoso muy escarpado dependerá si el promedio se acerca ó se aleja del valor dado del 4%.

Tipo de camino.	Plano con poco lomerío.	Plano con lomerío fuerte.	Montañoso poco escarpado.	Montañoso muy escarpado.
Tipo especial.	4%	4.5 %	5 %	5 %
Tipo A.	4 %	5 %	5.5 %	6 %
Tipo B.	4.5 %	5.5 %	6 %	6.5 %
Tipo C.	5 %	6 %	6 %	7.5 %

Clasificación de los caminos en México (S C T)

1) *tipo especial*: para transito promedio diario anual superior a 3000 vehículos equivalentes a un transito horario máximo anual de 360 vehículos o mas.

2) *tipo A:* para un transito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos, equivalente a un transito horario anual de 180 vehículos a 360.

3) *tipo B:* para un transito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos equivalentes a un transito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.

4) *tipo C:* para un transito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un transito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

Camino tipo	Especial	A	B	C	Brecha
T. P. D. A.	Mas de 3000	1500 − 3000	500 − 1500	50 − 500	Hasta 60
T. H. M. A.	Mas de 360	180 − 360	60 − 180	6 − 60	6

En las alturas los motores de explosión parte de su potencia debida al enrarecimiento del aire o sea a la menor cantidad de oxigeno en el ambiente para alimentar los cilindros esa perdida varia en razón inversa de la densidad del aire.

Para compensar esa perdida se puede dotar a los motores de súper−cargadores que inyectan la mezclaexplosiva a presión como los motores de aviación, o se puede afectar compensando las pendientes con las alturas.

En la practica se emplea un método que consiste en reducir 0.5 % la pendiente máxima a partir de los 1000 m por cada mil metros de ascenso.

Se recomienda no emplear los máximos indicado en la tabla en trayectos continuos con longitud exceda en 500 m ya que si los tramos con pendiente limite son muy largos, obligan a los vehículos a marchar mucho tiempo en primera y segunda, produciendo un desgaste adicional, y si el tramo es bastante largo se calentara mucho la maquina y hervirá el agua del radiador, haciendo que el rendimiento del motor baje. También se recomienda que antes ó después de cualquier tramo de pendiente máxima se intercale un tramo con pendiente de 2 % menor que la máxima y con longitud mínima de 300 m.

CAMIÓN ARTICULADO (T3-S3)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200I, con motor CUMMINS ISX de 450 HP, Semirremolque de tres ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies, llantas 1100-20.00 normal.

Consumos, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	579.47
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.39
Tiempo de operador	horas	12.21
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	1 101 921.00
Costo de combustible	$/litro	8.48
Costo de lubricantes	$/litro	24.06
Costo de llanta nueva	$/llanta	2 350.67
Tiempo de operador	$/hora	52.20
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	36.80
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	1.14

Costo de operación base (pesos, por veh-km) **$ 12.52**

Consumo de combustible	$	4 913.92
Uso de lubricantes	$	131.17
Consumo de llantas	$	920.64
Tiempo de operador	$	637.33
Mano de obra de mantenimiento	$	1 121.59
Refacciones	$	3 008.64
Depreciación	$	614.60
Interés	$	32.45
Costos indirectos	$	1 140.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

CAMIÓN ARTICULADO (T3-S2)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200I, con motor CUMMINS ISX de 450 HP, Semirremolque de dos ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies, llantas 1100-20.00 normal.

Consumos, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	483.92
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.33
Tiempo de operador	horas	11.48
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	1 059 468.00
Costo de combustible	$/litro	8.48
Costo de lubricantes	$/litro	24.06
Costo de llanta nueva	$/llanta	2 350.67
Tiempo de operador	$/hora	52.20
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	36.80
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	1.02

Costo de operación base (pesos, por veh-km) **$ 11.24**

Consumo de combustible	$	4 103.60
Uso de lubricantes	$	131.17
Consumo de llantas	$	779.05
Tiempo de operador	$	599.09
Mano de obra de mantenimiento	$	1 121.59
Refacciones	$	2 892.73
Depreciación	$	562.09
Interés	$	29.68
Costos indirectos	$	1 020.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

CAMIÓN ARTICULADO (T3-S2-R4)

Tractocamión de tres ejes INTERNATIONAL 9200I, con motor CUMMINS ISX de 450 HP, Semirremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes, tipo caja de aluminio de 40 pies, llantas 1100-20.00 normal.

Consumo, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	760.89
Uso de lubricantes	litros	5.45
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.56
Tiempo de operador	horas	14.21
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.48
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.27
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Consumos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	1 293 081.00
Costo de combustible	$/litro	8.48
Costo de lubricantes	$/litro	24.06
Costo de llanta nueva	$/llanta	2 350.67
Tiempo de operador	$/hora	52.20
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	36.80
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	1.41

Costo de operación base (pesos, por veh-km)**$ 15.56**

Consumo de combustible	$	6 452.35
Uso de lubricantes	$	131.17
Consumo de llantas	$	1 315.36
Tiempo de operador	$	741.51
Mano de obra de mantenimiento	$	1 121.59
Refacciones	$	3 530.58
Depreciación	$	817.09
Interés	$	43.14
Costos indirectos	$	1 410.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

CAMIÓN DE TRES EJES

Camión pesado tres ejes INTERNATIONAL 4400, con motor NAVISTAR DT 466, Carrocería de “estacas” 2.44 x 2.10m x 23 pies, llantas 1100-20.00 normal.

Consumo, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	446.79
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.24
Tiempo de operador	horas	13.41
Mano de obra de mantenimiento	horas	12.43
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.21
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	561 325.63
Costo de combustible	$/litro	8.48
Costo de lubricantes	$/litro	24.06
Costo de llanta nueva	$/llanta	2 350.67
Tiempo de operador	$/hora	45.76
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	36.80
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	0.71

Costo de operación base (pesos, por veh-km) **$ 7.78**

Consumo de combustible	$	3 788.82
Uso de lubricantes	$	81.12
Consumo de llantas	$	554.74
Tiempo de operador	$	613.62
Mano de obra de mantenimiento	$	457.59
Refacciones	$	1 206.14
Depreciación	$	349.80
Interés	$	18.47
Costos indirectos	$	710.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 “Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano”, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

CAMIÓN DE DOS EJES

Camión pesado dos ejes INTERNATIONAL 4400, con motor NAVISTAR DT 466, Carrocería de “estacas” 2.44 x 2.10m x 22 pies, llantas 1100-20.00 normal.

Consumos, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	328.45
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.16
Tiempo de operador	horas	13.09
Mano de obra de mantenimiento	horas	8.18
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.15
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	488 081.50
Costo de combustible	$/litro	8.48
Costo de lubricantes	$/litro	24.06
Costo de llanta nueva	$/llanta	2 350.67
Tiempo de operador	$/hora	45.76
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	36.80
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	0.52

Costos de operación base (pesos, por veh-km) **$ 5.69**

Consumo de combustible	$	2 785.28
Uso de lubricantes	$	81.12
Consumo de llantas	$	375.22
Tiempo de operador	$	599.14
Mano de obra de mantenimiento	$	300.94
Refacciones	$	714.08
Depreciación	$	298.42
Interés	$	15.76
Costos indirectos	$	517.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 “Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano”, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

AUTOBÚS FORÁNEO

Autobús integral foráneo, con motor SCANIA DC12 02 EPA de 380 HP, sin aire acondicionado, llantas 1100-20.00 normal.

Consumos, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	398.63
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.26
Tiempo de operador	horas	11.47
Mano de obra de mantenimiento	horas	11.06
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.13
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.05
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.00

Costos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	1 980 821.00
Costo de combustible	$/litro	8.48
Costo de lubricantes	$/litro	24.06
Costo de llanta nueva	$/llanta	2 514.71
Tiempo de operador	$/hora	65.10
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	55.40
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	0.92

Costo de operación base (pesos, por veh-km)**$ 10.09**

Consumo de combustible	$	3 380.36
Uso de lubricantes	$	81.12
Consumo de llantas	$	655.91
Tiempo de operador	$	746.51
Mano de obra de mantenimiento	$	612.61
Refacciones	$	2 646.50
Depreciación	$	1 000.54
Interés	$	52.83
Costos indirectos	$	918.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

VEHÍCULO LIGERO

URVAN Nissan, con motor de 139 HP
Llantas Firestone convencionales

Consumos, por cada 1000 veh-km

Consumo de combustible	litros	172.03
Uso de lubricantes	litros	1.85
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.06
Tiempo de operador	horas	10.68
Mano de obra de mantenimiento	horas	2.15
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.14
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.40
Intereses (tasa 4.31%)	% precio vehículo nuevo	0.02

Costos unitarios en pesos, precios 2010

Precio de vehículo nuevo	$	202 050.50
Costo de combustible	$/litro	8.12
Costo de lubricantes	$/litro	24.49
Costo de llanta nueva	$/llanta	821.48
Tiempo de operador	$/hora	22.45
Mano de obra de mantenimiento	$/hora	21.15
Tasa de interés anual	%	1.32
Costos indirectos por veh-km	$	0.29

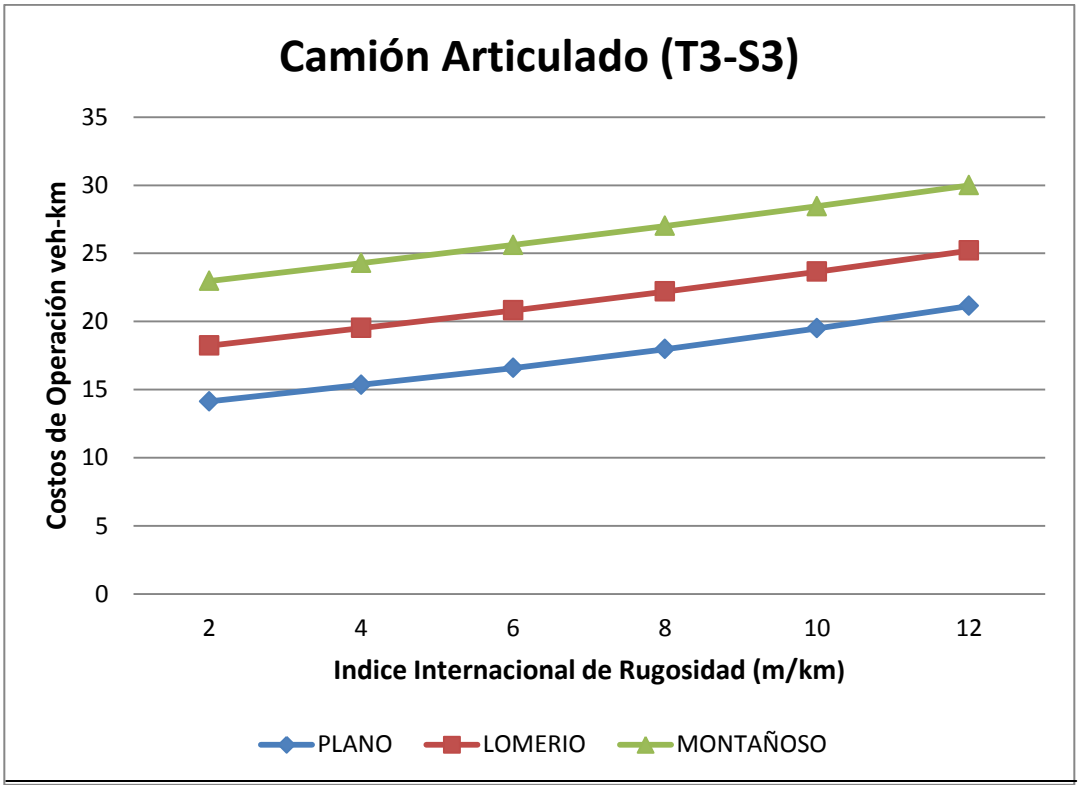
Costo de operación base (pesos, por veh-km) **$ 3.19**

Consumo de combustible	$	1 396.84
Uso de lubricantes	$	45.35
Consumo de llantas	$	49.16
Tiempo de operador	$	239.80
Mano de obra de mantenimiento	$	45.54
Refacciones	$	291.20
Depreciación	$	799.27
Interés	$	31.65
Costos indirectos	$	289.00

Fuente: Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2010.

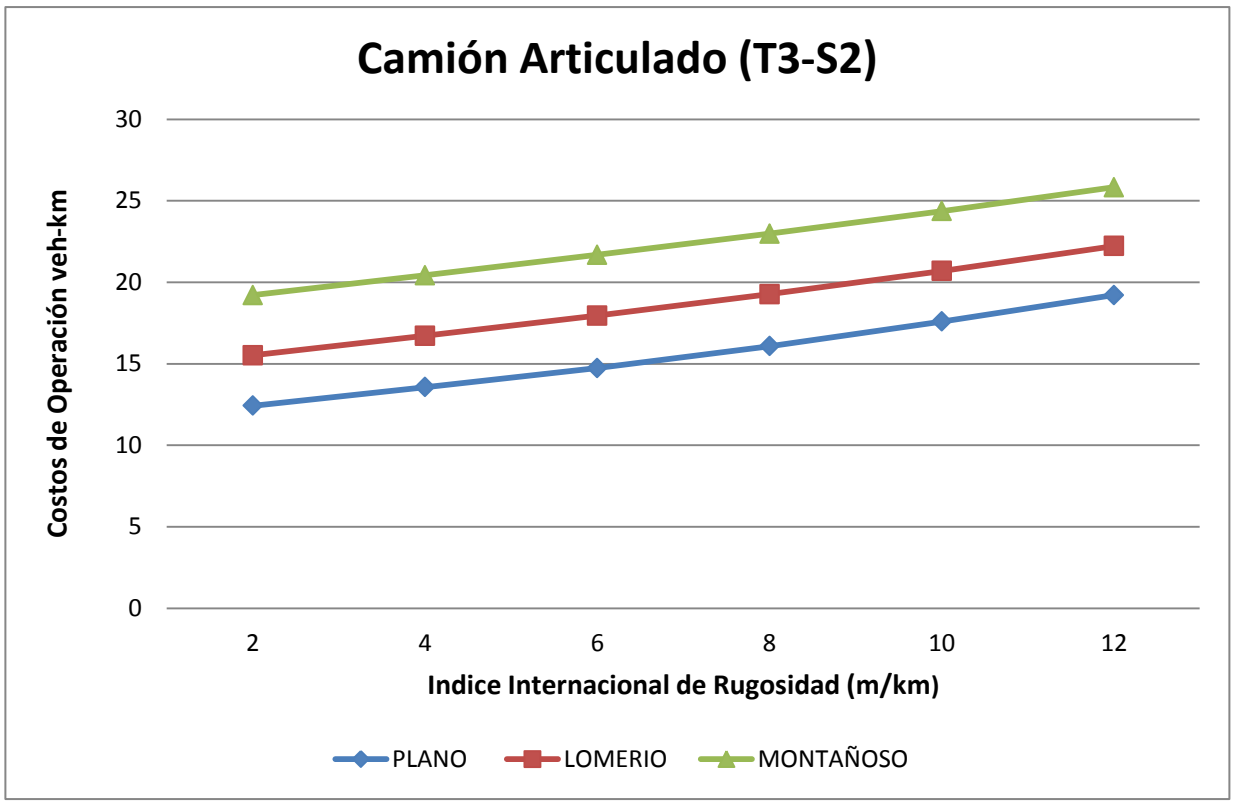
COSTO DE OPERACIÓN (T3-S3)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	14.13	18.23	22.97
4	15.35	19.52	24.29
6	16.59	20.82	25.62
8	17.97	22.2	27.01
10	19.5	23.66	28.46
12	21.14	25.21	29.99



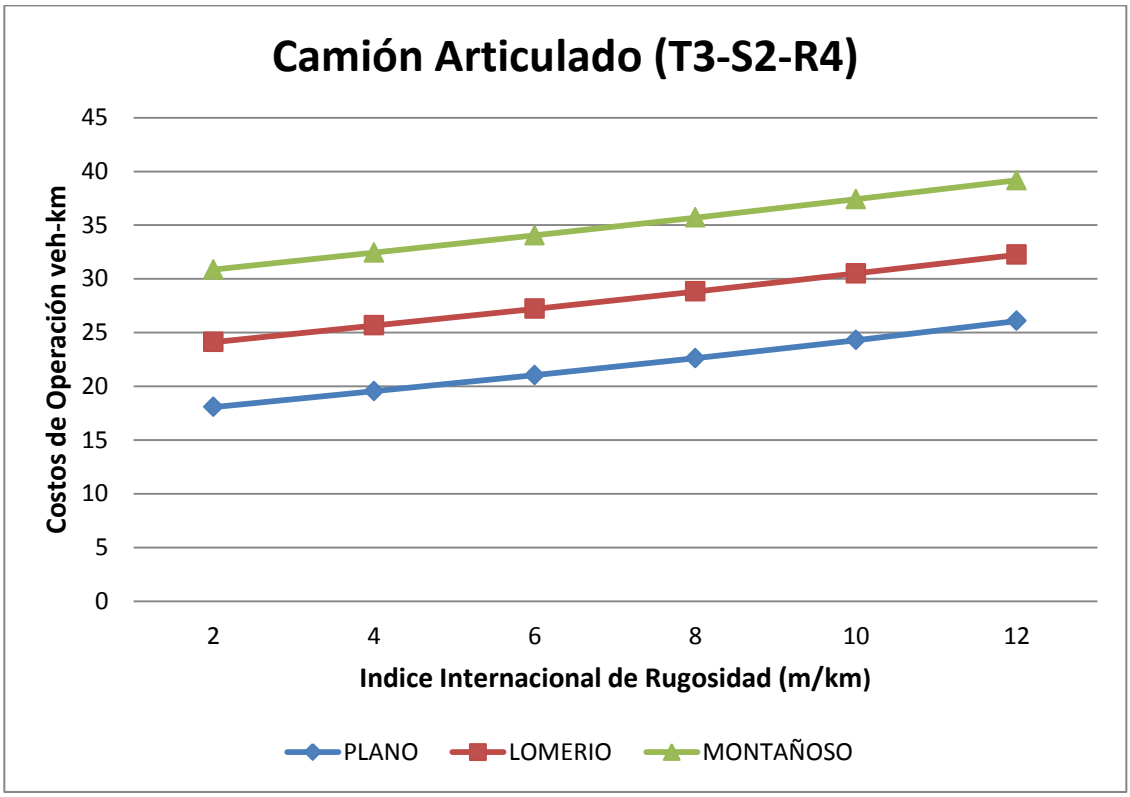
COSTO DE OPERACIÓN (T3-S2)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	12.43	15.52	19.21
4	13.56	16.72	20.43
6	14.73	17.95	21.68
8	16.08	19.27	22.98
10	17.59	20.69	24.36
12	19.21	22.22	25.83



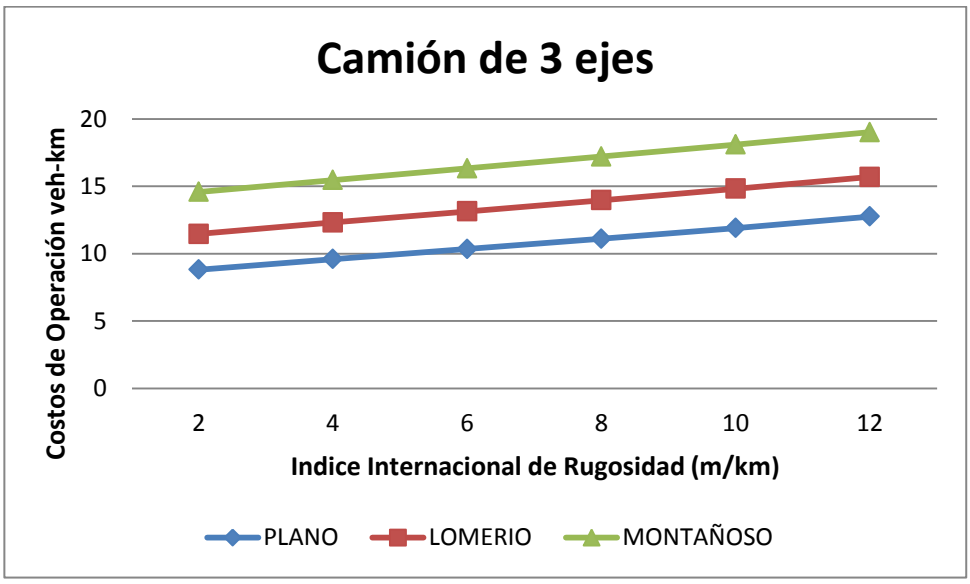
COSTO DE OPERACIÓN (T3-S2-R4)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	18.07	24.12	30.86
4	19.55	25.66	32.45
6	21.04	27.22	34.05
8	22.61	28.82	35.7
10	24.29	30.5	37.41
12	26.08	32.25	39.18



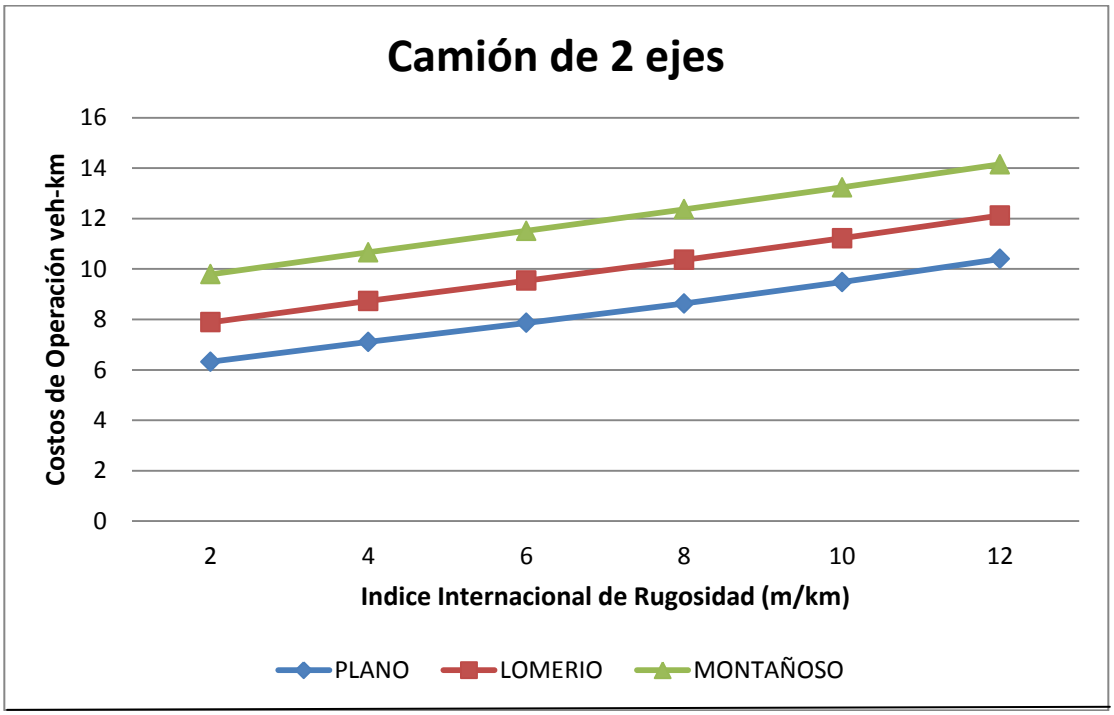
COSTO DE OPERACIÓN (CAMION DE 3 EJES)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	8.81	11.46	14.58
4	9.6	12.31	15.46
6	10.35	13.14	16.33
8	11.1	13.97	17.21
10	11.9	14.82	18.1
12	12.76	15.69	19.01



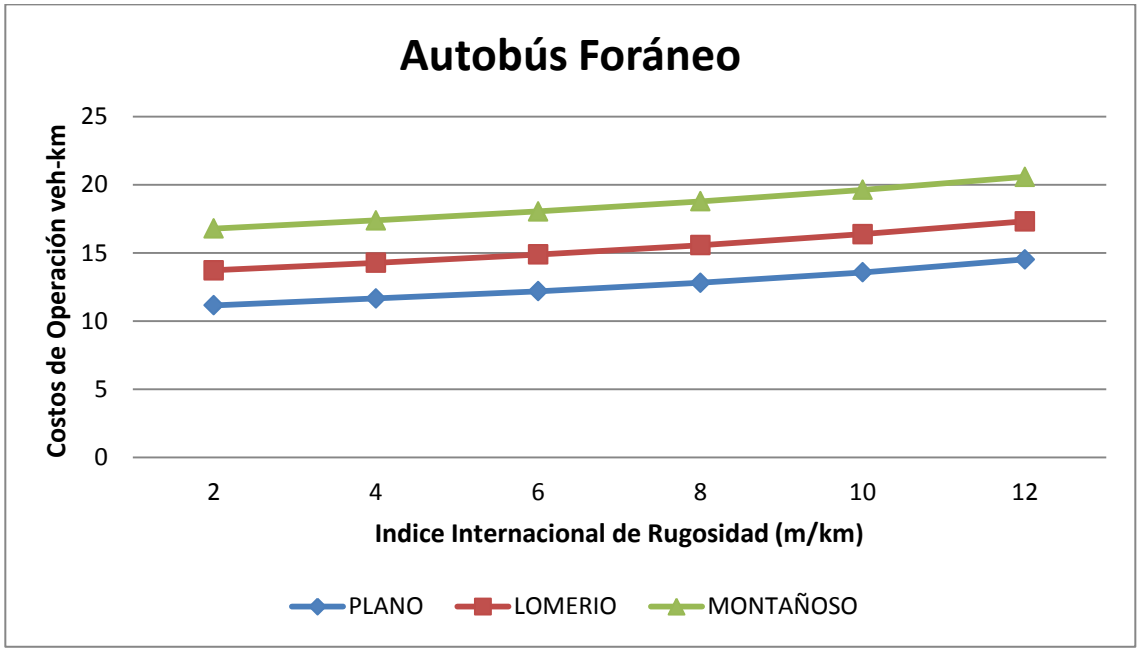
COSTO DE OPERACIÓN (CAMION DE 2 EJES)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	6.32	7.89	9.79
4	7.11	8.73	10.66
6	7.86	9.54	11.51
8	8.63	10.36	12.37
10	9.48	11.22	13.24
12	10.4	12.12	14.15



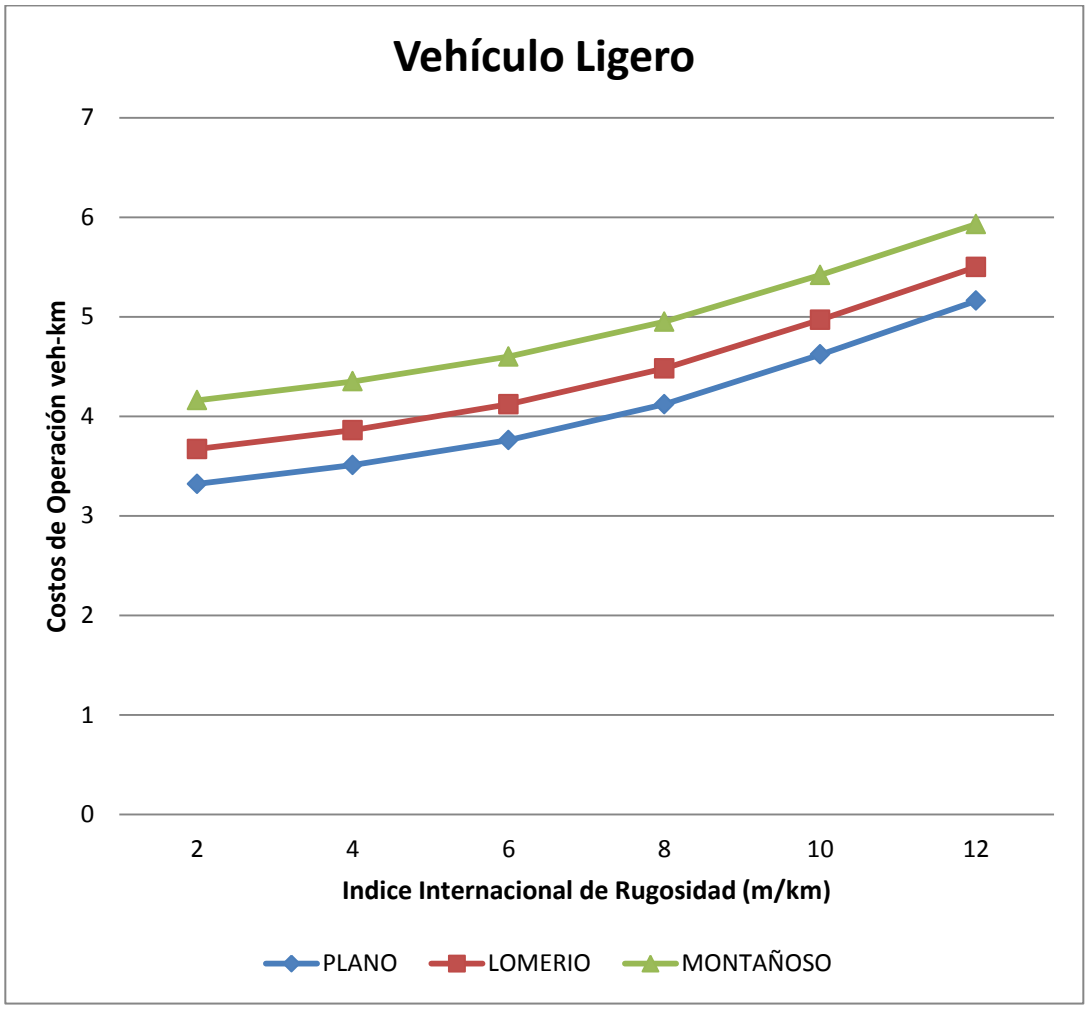
COSTO DE OPERACIÓN (AUTOBUS FORANEO)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	11.15	13.72	16.79
4	11.66	14.27	17.38
6	12.19	14.89	18.04
8	12.81	15.57	18.78
10	13.57	16.37	19.62
12	14.52	17.31	20.58



COSTO DE OPERACIÓN (VEH. LIGERO)

IIR	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
2	3.32	3.67	4.16
4	3.51	3.86	4.35
6	3.76	4.12	4.6
8	4.12	4.48	4.95
10	4.62	4.97	5.42
12	5.16	5.5	5.93



ANEXO 3 (ejemplo)

Análisis Costo-Beneficio

Carretera Celaya – San Miguel de Allende

Laterales Der. e Izq. del Km 46+000 al Km 52+000

San Miguel de Allende, Gto.

1 -Resumen Ejecutivo

La infraestructura de transporte en México presenta deficiencias que obligan a llevar a cabo un gran esfuerzo de inversión pública y privada durante los próximos años, para continuar con la construcción, la modernización y la ampliación de carreteras en todas las regiones del país.

Para orientar este esfuerzo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha definido un sistema de corredores carreteros, integrados por carreteras federales y autopistas de cuota de altas especificaciones, con base en el cual se identifican y jerarquizan las inversiones en carreteras, con objeto de priorizar la construcción o modernización de aquellos proyectos que demuestren tener suficiente rentabilidad económica y financiera en el caso de obras de peaje. Simultáneamente, se está actuando sobre las carreteras no troncales con obras que revisten importancia para el desarrollo local y regional. Este programa de carreteras incluye obras de modernización y construcción de accesos urbanos, caminos interurbanos y suburbanos, libramientos y ampliaciones de vías cuya capacidad ha sido rebasada por el tránsito, proyectos carreteros asociados a nuevos desarrollos turísticos y nuevas vías que comuniquen a comunidades apartadas. Se trata de infraestructura carretera que permita satisfacer los requerimientos planteados por el crecimiento económico, en los ámbitos local, regional y nacional.

a) Antecedentes

El proyecto de infraestructura de la presente evaluación, está incluido en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) por el H. Congreso de la Unión. Se ubica en el municipio de San Miguel de Allende en el estado de Guanajuato, en los kilómetros 46+000 a52+000 de la autopista Celaya - San Miguel de Allende.

Actualmente no se cuenta con las laterales y es una zona altamente congestionada y muy peligrosa para los usuarios de San Miguel de allende, Celaya y un sin número de comunidades a lo largo de los 6 km.

b) Problemática y necesidades a cubrir

Actualmente la carretera actual presenta problemas de saturación importantes debido a que su capacidad ha sido superada por la creciente demanda en la zona.

Lo antes expuesto implica demoras crecientes y riesgo de accidentes.

c) Características del proyecto

Se plantea la ampliación de la carretera por medio de laterales a ambos lados con las siguientes acciones:

Ampliación de dos laterales a cada lado para ampliar de cuatro a ocho carriles, lo que implica una ampliación de 9.50 m a cada lado para tener una sección tipo A8S.

Creación de tres entronques a nivel para permitir giros izquierdos y retornos, en el km 46+000 (Presa de Allende) y km 48+000 (Cabras de Begoña), y Km. 50+500 (Santa Teresita).

Creación de seis desincorporaciones para permitir la salida a las laterales y giros a la izquierda con sección de 4.50 m, con un carril de circulación un solo sentido.

Creación de seis incorporaciones de las laterales a los carriles centrales con sección de 4.50 m, con un carril de circulación un solo sentido.
Creación de pasos peatonales en la zona de los entronques para poder hacer los cruces de los peatones en forma segura en lo ancho de la carretera.
Ampliación de los pasos y alcantarillas que no tienen las laterales en la sección del camino actual, para tener una sección tipo A8S.

d) Alternativa elegida

Debido a las restricciones de espacio, el derecho de vía disponible y el nivel de congestión presente en la zona de proyecto, se considera que la elección propuesta representa la mejor alternativa en términos de diseño y método constructivo.

e) Costo Total

El costo total de la obra se estima en $ 110`017,350.00 pesos, sin incluir el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

f) Demanda

Con base en un estudio de demanda se determinó el tránsito beneficiado por la puesta en operación de estas laterales, es de aproximadamente 5393.00 vehículos diarios, al año de inicio de operaciones (2011), con la siguiente composición vehicular: automóviles 91.32%, autobuses 2.39% y camiones 6.29%. Y tomando en cuenta el desarrollo de los fraccionamientos con salida directa a la carretera, contamos con más de 13000 lotes vacíos los cuales nos da un crecimiento de 6521 vehículos más, en la carretera distribuyéndose entre los años calculados para el proyecto.

g) Indicadores de rentabilidad

Con base en la metodología de evaluación para este tipo de proyectos, se determinó que el proyecto es económicamente rentable al presentar un Valor Presente Neto de $ 1905.413 millones de pesos y una Tasa Interna de Retorno de 34.57%.

h) **Riesgos asociados**:

Licitación.-
No presenta ningún riesgo ya que se cuenta con el proyecto al 100 %.
No presenta ningún riesgo ya que se cuenta con el Derecho de vía totalmente liberado, es decir, Derecho de Vía al 100 %.
De contar con los recursos no presentará ningún problema para su licitación.
Construcción.-
Se cuenta con el espacio necesario para su construcción al 100 %
El proceso constructivo elegido no requiere de grandes espacios, no es lento, no requiere de tecnología o elementos sofisticados.
Es lo más seguro y eficiente para satisfacer las necesidades de afluencia vehicular.

i) Beneficios y argumentos de la realización del proyecto

Esta obra servirá para mejorar el nivel de servicio en la actual carretera Celaya-San Miguel de Allende, pues permitirá comunicar fácilmente a las comunidades y colonias que se

encuentran entre la carretera Celaya-Sanmiguel de Allende, hacer todos los giros con cruceros a nivel, además de que los cuerpos principales de la carretera trabajarán en forma más desahogada y segura pues se tendrá una sección ampliada a ocho carriles que aumentará de forma considerable la capacidad vial.
Actualmente existen, en algunos movimientos, tiempos de espera que se prolongan por efecto de topes y mal estado de la carpeta, estos efectos quedaría resueltos con la nueva ampliación de las laterales.
Al incluir ciclo pistas en la obra estamos dando pie a que se utilice una alternativa más de transporte, no contaminante y muy económico y así contribuir con el desarrollo de San Miguel de Allende.

2 -Situación Sin Proyecto y Posibles Soluciones

La carretera actual tiene problemas de capacidad lo que se traduce en un bajo nivel de servicio a ciertas horas del día, así como demoras en algunos movimientos. Estos hechos hacen que sea necesario invertir en su modernización para que cumpla con su propósito de responder a los requerimientos de comunicación y vivienda que esta región del país está experimentando en los años recientes.
Como posibles soluciones sólo queda la ampliación de las estructuras, pues su capacidad ha sido superada.

a) Diagnóstico de la Situación Actual

Problemática actual

La autopista Celaya-San Miguel de Allende en el tramo comprendido desde el entronque con el Libramiento a Querétaro y Dolores hasta 6 Km en dirección a Celaya ha experimentado un crecimiento sostenido en el corredor que, según Datos Viales, ha presentado una tasa de crecimiento global del 4.12% en el periodo 2002-2009. El grupo vehicular de autos ha presentado, para el mismo periodo, un crecimiento de 5.15%, el de buses 0.63%, los camiones unitarios 0.12%, los camiones de 5 y 6 ejes 11.75 % y los camiones de 7 o más ejes una tasa del 8.55%. Y teniendo varios desarrollos habitacionales que aun no cuentan con el 100% de su capacidad lo cual se traduce en una demanda adicional de el tramo en los años subsecuentes.
Debido a lo anterior la demanda presente en el tramo en estudio superara su capacidad lo que se traduce en crecientes tiempos de recorrido, accidentes y demoras.

Figura 1. Condición Actual de la Carretera

Figura 2. Condición Actual de la Carretera

Figura 3. Condición Actual de la Carretera

Figura 4. Condición Actual de la Carretera

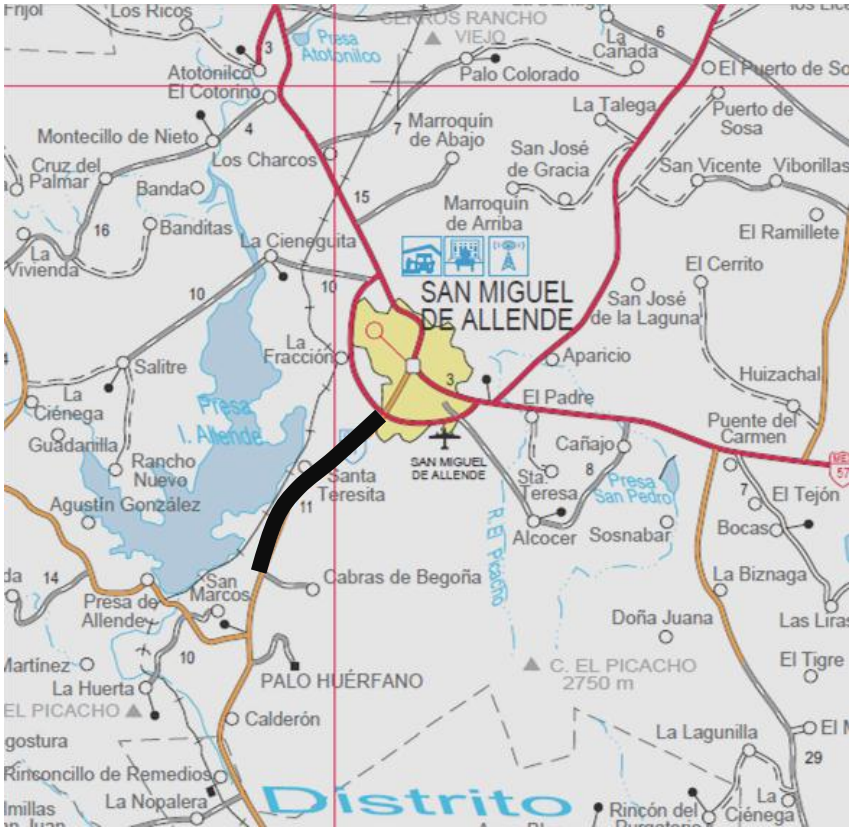


Figura 5. Ubicación del proyecto

En este caso se presentan las siguientes velocidades tomando en cuenta los topes baches y maniobras hechas por los automovilistas.

Tipo Veh.	Fecha	Sentido	Hora Ini.	Hora Final	Long. (Km)	Vel. (Km/h)
A	**8 de Nov. 2010**	**San miguel-Celaya**	**12:00:04**	**12:06:16**	**6**	**58.05**
A	**8 de Nov. 2010**	**Celaya-San miguel**	**12:10:43**	**12:16:21**	**6**	**63.91**
B	**8 de Nov. 2010**	**San miguel-Celaya**	**12:18:28**	**12:27:46**	**6**	**38.70**
B	**8 de Nov. 2010**	**Celaya-San miguel**	**12:29:35**	**12:38:05**	**6**	**42.36**
CA1	**8 de Nov. 2010**	**San miguel-Celaya**	**12:40:12**	**12:49:40**	**6**	**40.55**
CA1	**8 de Nov. 2010**	**Celaya-San miguel**	**12:50:54**	**12:59:15**	**6**	**43.08**

b) Descripción de la situación actual optimizada

En realidad la única mejora previsible en condición actual es la mejora de la superficie de rodamiento.

Tabla 1. Situación Actual Optimizada

Tramo	Acciones por realizar	Velocidad en Km/h	Número de Carriles	Estado Físico	Acotamientos
Carretera Celaya-San Miguel de Allende	Construcción de Laterales	58.05 km/Hr	4	No existen	Si hay dos acotamientos

Al realizar las diferentes obras relacionadas con la conservación de la carretera, ya sea bacheo, poner parabuses, quitar topes y en general mejorar el servicio de la vía. El objetivo de mayor movilidad en el tiempo esperado de vida de la obra no se cumple, y por ello es necesario hacer la modernización urbana de la vialidad.

c) Análisis de la oferta y la demanda

La metodología utilizada para el análisis de la oferta y la demanda, se basa en una serie de etapas que inician con el diagnóstico de la situación actual en la zona de estudio y finalizan con la estimación de aforos para el proyecto y su pronóstico para un horizonte de Planeación de 30 años.

Análisis de la Oferta

Como primera etapa, se llevó a cabo la **definición de la red análisis** a ser analizada como parte de este estudio, que consiste en la ampliación a 2 carriles por sentido de la carretera Celaya-San Miguel de Allende del Km 46+000 al Km 52+000

Posteriormente, se realizó el **levantamiento de las características físicas y geométricas** de la red de influencia, identificando los atributos más importantes de las vías que ahí convergen. Para ello, se realizaron recorridos para identificar las características tales como longitud, tipo de terreno, número de carriles y existencia de acotamientos. Asimismo, se identificaron las **condiciones de operación**, tales como velocidades de operación, tiempos de recorrido y niveles de servicio.
En la Tabla 2 se hace una descripción de las principales características de la infraestructura existente en la actual carretera Celaya-San Miguel de Allende.

Tabla 2. Características de la Oferta Actual

Sur-OConcepto	Cuerpo Izquierdo	Cuerpo Derecho
Longitud (km)	6	6
Tipo de Carretera	A4S	A4S
Número de carriles	2	2
Ancho de sección en (m)	10.50	10.50
Tipo de terreno	Plano y Lomerío suave	Plano y Lomerío suave
Velocidad de operación km/hr	50 km/hr	50 km/hr
Estado físico	Bueno	Bueno

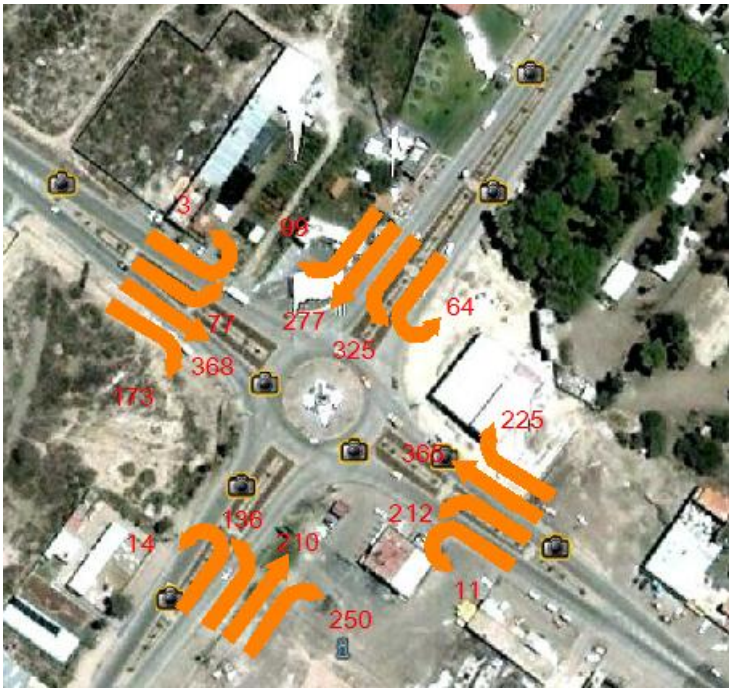
Análisis de la Demanda

La metodología utilizada para el análisis de la oferta y la demanda se basa en una serie de etapas que inician con el diagnóstico de la situación actual en la zona de estudio y finalizan con la estimación de aforos para el proyecto y su pronóstico para horizonte de planeación, que en este caso es de 30 años.

Como primera etapa, se llevó a cabo la **definición de la red de análisis** a ser analizada como parte de este estudio, con base en un recorrido de reconocimiento del área en que se encuentra ubicado el proyecto se determinó que la zona de influencia de este proyecto es un área de dos kilómetros a todo lo largo de la carretera medido desde el entronque con los libramientos de Querétaro y Dolores a 6 km rumbo a Celaya donde se construirá el proyecto.

Posteriormente, se realizó el **levantamiento de las características físicas y geométricas** de la red de influencia, identificando los atributos más importantes de las vías que ahí convergen. Para ello, se realizaron recorridos para identificar las características tales como longitud, tipo de terreno, número de carriles y existencia de acotamientos. Asimismo, se identificaron las **condiciones de operación**, tales como velocidades de operación, tiempos de recorrido y niveles de servicio.

Para determinar el comportamiento y las características de la demanda, se efectuó un conteo manual direccional el 4 de octubre de 2010 y se usaron datos de una estación de **aforo automático** con clasificación vehicular para desestacionalizar la demanda, así mismo se emplearon datos de los desarrollos habitacionales y comerciales que tienen una influencia significativa en la carretera Celaya – San Miguel de Allende.



Estación de Aforo, en glorieta del "Pipila". En esta figura se puede observar el número de vehículos que circulan actualmente por la carretera Celaya – San Miguel de Allende

Para obtener la TCMA, Se utilizaron los datos viales de SCT de los años 2002 y 200, posteriormente se utilizo, [(Datos2009/Datos2002)^(1/n)]-1.

Tabla 3. Demanda Actual de la Carretera Celaya-San Miguel de Allende

Concepto	TDPA 2010 *	Autos	Autobuses	Camiones	Nivel de servicio
Celaya – San Miguel de Allende	5393	4925	129	339	B
Composición (%)	*100.0*	*91.3*	*2.4*	*6.3*	

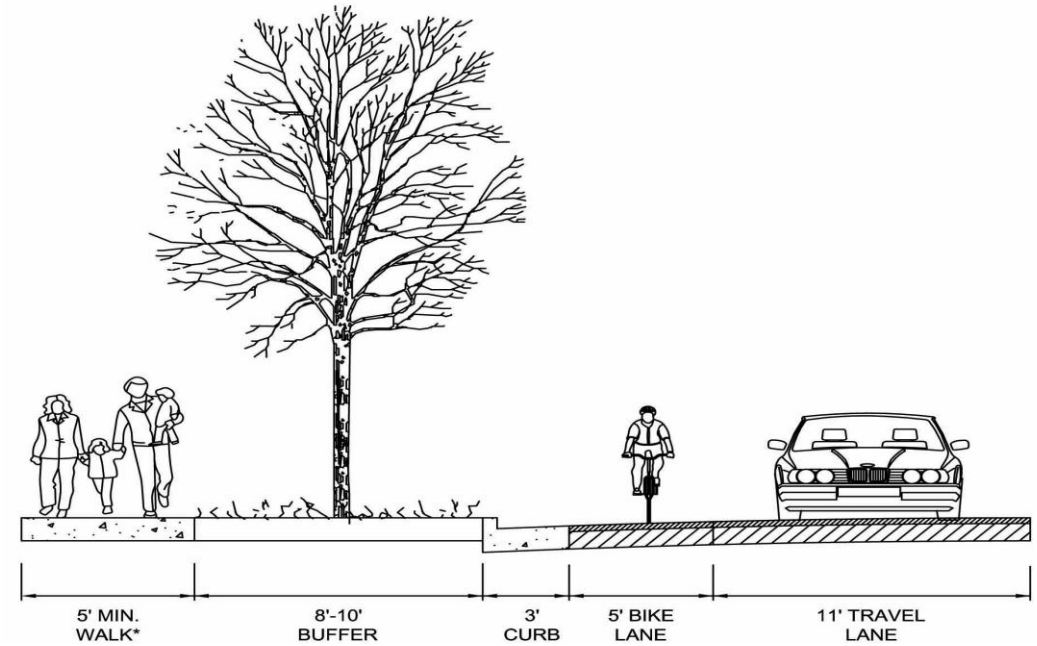
*** Con aforos realizados el día 11 de Noviembre del 2010**

Tabla 1 – Tiempos de Recorrido

Tipo Veh.	Fecha	Sentido	Hora Ini.	Hora Final	Long. (Km)	Vel. (Km/h)
A	8 de Nov. 2010	San miguel-Celaya	12:00:04	12:06:16	6	58.05
A	8 de Nov. 2010	Celaya-San miguel	12:10:43	12:16:21	6	63.91
B	8 de Nov. 2010	San miguel-Celaya	12:18:28	12:27:46	6	38.70
B	8 de Nov. 2010	Celaya-San miguel	12:29:35	12:38:05	6	42.36
CA1	8 de Nov. 2010	San miguel-Celaya	12:40:12	12:49:40	6	40.55
CA1	8 de Nov. 2010	Celaya-San miguel	12:50:54	12:59:15	6	43.08

La alternativa de solución más cercana al problema se muestra a continuación.

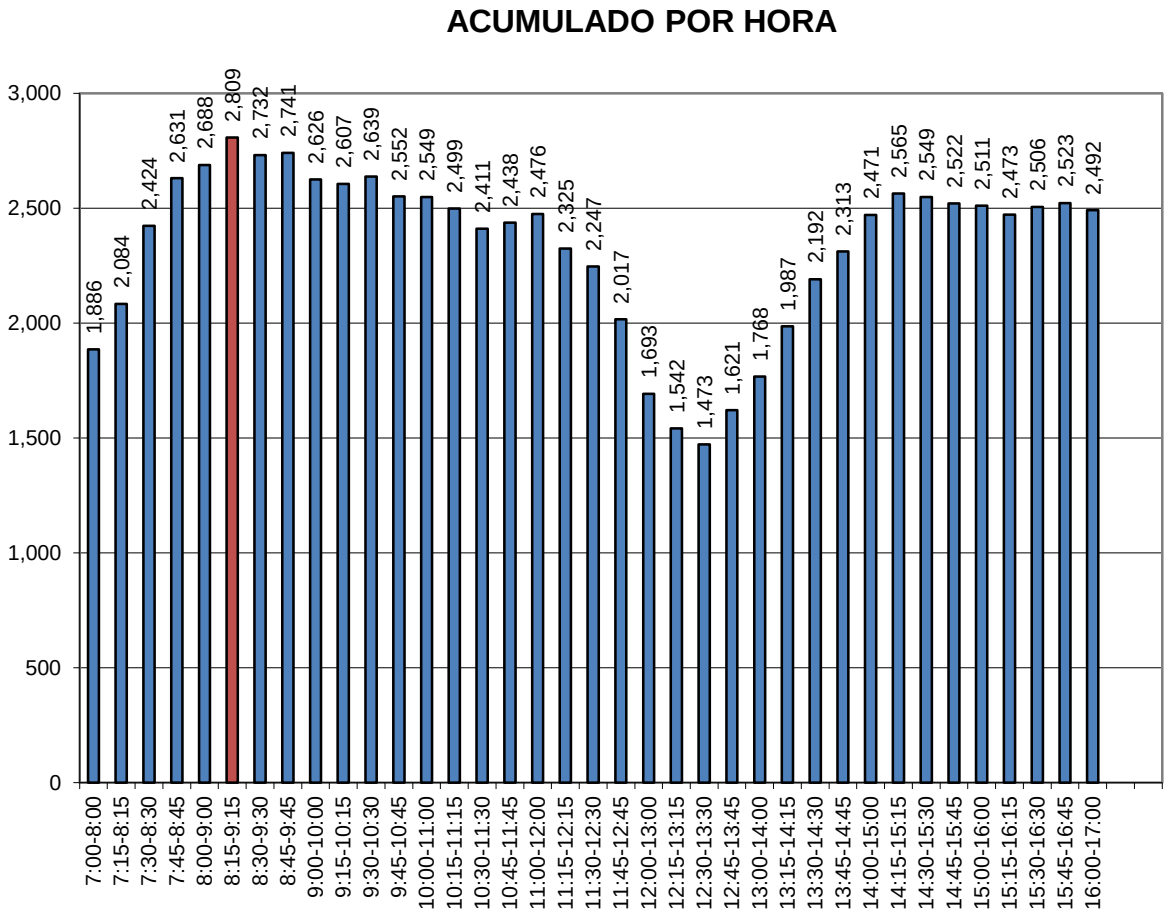
Corte A-A´



Detalle Carril Bici, Banqueta

Figura 6. Condición de Flujo en el horario Vespertino

Tabla 4. Contabilización de Movimientos en 10 horas



Total de Vehículos

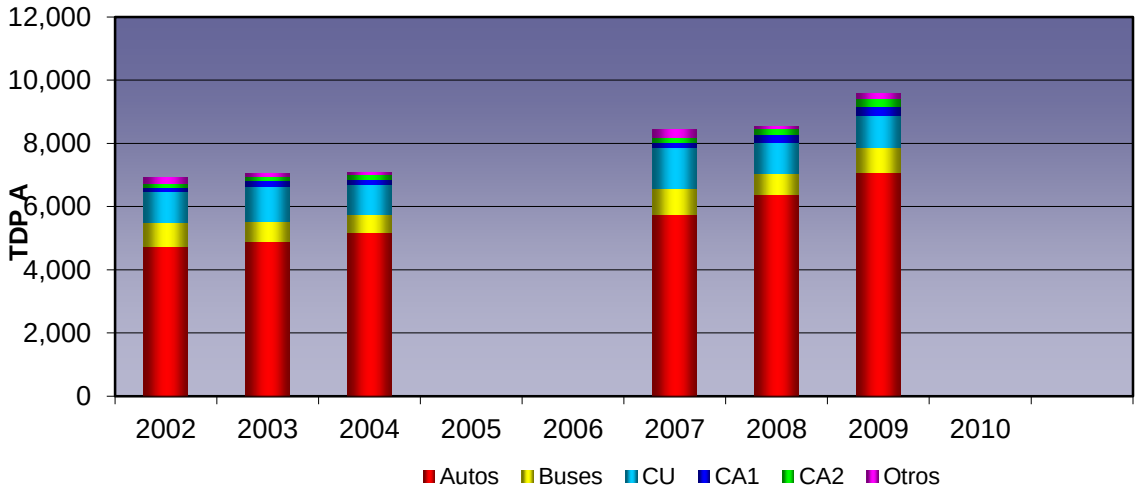
De acuerdo a los datos recabados en campo se determinó que la hora pico se presentó en el periodo de las 8:15 a las 9:15 h. El periodo vespertino presenta también un escenario de congestionamiento vial en el periodo de las 14:15 a las 15:15, pero sin embargo el número de vehículos es inferior al pico de la mañana. En el periodo vespertino se presentan demoras más grandes que en la mañana.

Tabla 5. Aforo histórico en la zona de estudio

Carretera *Celaya – San Miguel de Allende Km 44+100*

	2002	2003	2004	2007	2008	2009
Autos	4728	4888	5181	5760	6377	7068
Buses	756	627	560	802	675	795
CU	1005	1134	964	1326	974	1015
CA1	118	169	163	135	265	287
CA2	139	127	156	169	188	268
Otros	187	99	64	253	68	144
	6933	7044	7088	8445	8547	9577

Carretera *Celaya – San Miguel de Allende Km 44+100*



Concepto	A	B	CU	CA1	CA2	TOTAL
Tránsito en 10 horas	**4790**	**145**	**311**	**17**	**2**	**5265**
Factor al Día	**1.56**	**1.36**	**1.57**	**1.57**	**2.10**	
Tránsito en 24 horas	**7472**	**197**	**488**	**27**	**4**	**8188**
Factor Semanal	**0.79**	**0.79**	**0.79**	**0.79**	**0.79**	
Tránsito Semanal	**5903**	**156**	**386**	**21**	**3**	**6469**
Factor Anual	**0.81**	**0.81**	**0.81**	**0.81**	**0.81**	
Tránsito Anual 2009	**4782**	**126**	**312**	**17**	**3**	**5240**
Tasas de crecimiento	**3%**	**2%**	**2%**	**4.5%**	**4.5%**	
Transito Anual 2010	**4925**	**129**	**318**	**18**	**3**	**5393**

Entonces, al año de inicio de operaciones 2011, el tránsito diario anualizado asciende a 5393 vehículos. Este volumen es adecuado para una vía de dos carriles por sentido sin acotamientos. De hecho en la visita de campo se constató que las operaciones de traslado tienen una saturación vial del tipo B.
Pero para el tiempo que se pretende que la obra funcione el nivel de servicio ascendería a un nivel de servicio "D" en 15 años y "E" en 20 años, lo cual presentaría una saturación vial considerable.

3 –Descripción del Proyecto

a) Objetivo

Ampliar la carretera actual con carriles laterales con la finalidad de mejorar el actual nivel de servicio en los siguientes 30 años cuando se vea afectada por la creciente demanda. Esto implicará aumentar la actual velocidad de 50 km/h hasta los 100 km/h.

b) Propósito

Con la realización del proyecto, se disminuirán los tiempos de recorrido y los costos de operación vehicular, puesto que con las obras a llevarse a cabo, la velocidad de viaje aumentará y se eliminará el cruce a nivel que se presenta actualmente en algunos puntos para aquellos conductores que se desincorporan de la autopista Celaya-San Miguel de Allende para incorporarse a las colonias aledañas a la carretera.

c) Componentes

La carretera tendrá una ampliación de cuatro a ocho carriles en toda su sección. Se integrará además de seis desincorporaciones, e incorporaciones, tres entronques y tres retornos a nivel. Se plantea la construcción de terracerías, obras de drenaje, pavimento, superestructura y señalamiento.
La velocidad de operación aumentará de 50 a 80 km/h para los vehículos ligeros y con incrementos similares de velocidad para el resto de los Grupos Vehiculares. En la Tabla 6 se describen las principales características de los componentes de la vía.
Es un hecho que diferentes alternativas de transporte cada vez son más importantes, por ello se propone el funcionamiento de un carril para bicicleta a cada lado de la vía el proyecto Consiste de 2 carriles de 3.50 m, zona peatonal, compuesta de 1.00 de área verde, 1.30 m de ciclopista y 2.00 mts de banqueta. Alumbrado público cuerpo central, áreas verdes en camellón central, camellones laterales y banquetas, con un costo aproximado de 11.00 millones de pesos considerando costos paramétricos que se mencionaran más adelante.

Tabla 6. Componentes del proyecto

Concepto	Vía Celaya-San Miguel de allende
Longitud (Km)	6.00 Km (del Km 46+000 a 52+000)
Tipo de Carretera	A8S
Número de carriles	4 carriles por sentido
Ancho de sección (m.)	40.00
Tipo de Terreno	Plano y lomerío suave
Velocidad de operación Km/hr	80 Km/hr
Estado físico	Bueno

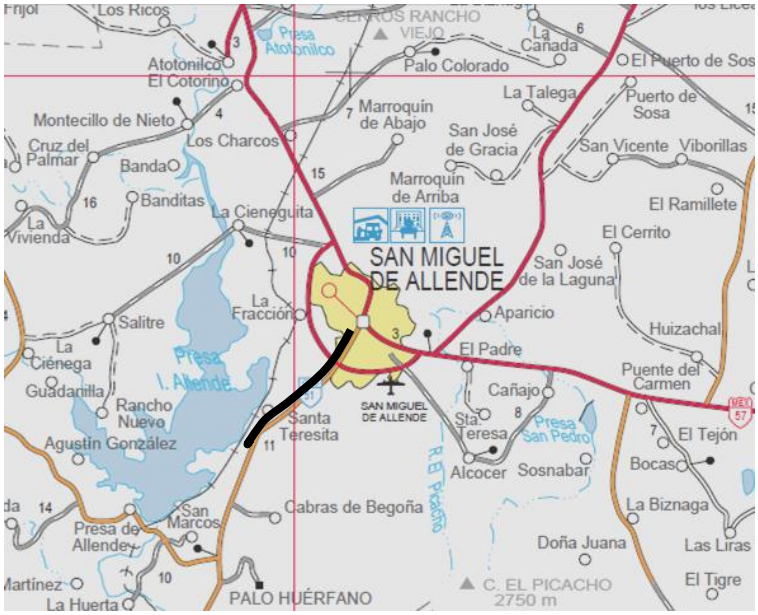
e) Tipo de proyecto

Se trata de un proyecto de infraestructura carretera, que comprende la ampliación de la carretera actual Celaya-San Miguel de allende, para construir las laterales izquierda y derecha del km 46+000 al km 52+000.

f) Localización geográfica

El proyecto se ubica en el municipio de San Miguel de Allende, en el kilómetro 46+000 al km 52+000 de la carretera Celaya-San Miguel de allende.

Dentro de la red nacional de carreteras, el proyecto forma parte de la carretera federal Celaya-San Miguel de allende – Dolores Hidalgo.



Localización geográfica

San Miguel Allende se cerca de tres aeropuertos internacionales: el aeropuerto Internacional de la ciudad de México, que se encuentra a 4 horas de San Miguel, el aeropuerto Internacional del Bajío en León, mismo que se encuentra a una hora y media y el tercer aeropuerto cercano a San Miguel: El nuevo Aeropuerto Internacional de ciudad de Querétaro a una hora de San Miguel Allende.

Y colinda al norte con Dolores Hidalgo Gto, al sur con Celaya Gto, al este con San José Iturbide Gto, y al oeste con los municipios de Guanajuato, Irapuato y Salamanca.

San Miguel de Allende es uno de los municipios que mayor crecimiento poblacional ha registrado en el estado de Guanajuato, principalmente por ser considerado una zona de descanso y retiro por poblaciones de otros puntos del país e inclusive del extranjero, siendo conocida la emigración de estadounidenses hacia la cabecera municipal. De acuerdo con los resultados del Conteo de Población y Vivienda de 2005 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la población total del Municipio de San Miguel de Allende es de 139,297 personas, siendo de estas 65,487 hombres y 73,810 mujeres; teniendo por tanto un índice de masculinidad del 47.0%, el 36.7% de sus habitantes son menores de 15 años de edad, mientras que el 56.8% se encuentran entre los 15 y los 64 años de edad, el 46.5% de

la población es considerada urbana por habitar en localidades que superan los 2,500 habitantes y apenas un 0.3% de sus habitantes mayores de 5 años hablan alguna lengua indígena.

Evolución demográfica del municipio de San Miguel de Allende					
Año	**1980**	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**
Población	77,624	110,692	118,769	134,880	139,297

g) Vida útil del proyecto y su horizonte de evaluación

La vida útil y el horizonte de evaluación del proyecto es por un periodo de 30 años, sin embargo, su vida útil puede prolongarse en función de la aplicación de un mantenimiento adecuado.

h) Capacidad instalada

De acuerdo a los datos históricos de tránsito observados en el tramo, se obtuvo una tasa de crecimiento de 5.24 %, con la que se pronosticó la demanda al horizonte de evaluación.

i) Metas anuales

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

Tabla 7. Metas físicas anuales

Año	Obras por realizar	Avance
2011	**Laterales Autopista Celaya-San Miguel de allende, km 46+000 a 52+000**	**100 %**

j) Beneficios anuales y totales en el horizonte de evaluación

Los beneficios del proyecto se estimaron en función del ahorro en tiempo de viaje de los usuarios en términos monetarios y de los ahorros en costos de operación vehicular, mismos que se calculan con la diferencia entre las situaciones sin y con proyecto. El detalle de la metodología para la obtención de los beneficios y ahorros del proyecto se encuentra en el capítulo 5 de este anexo.Obteniendo así un Costo Anual Equivalente de 7.02 millones de pesos.

k) Aspectos relevantes

Respecto a la evaluación técnica, legal y ambiental del proyecto todas se han concluido.

l) Avances en la integración del expediente técnico

El avance en la obtención de los elementos requeridos para iniciar la ejecución del proyecto es el siguiente:

Tabla 8. Avance en los requerimientos del proyecto

Elemento	Existe (SI/NO)	Avance (%)
Proyecto ejecutivo	**SI**	**100**
Derecho de vía	**SI**	**100**
Permisos	**SI**	**100**
Manifestación de impacto ambiental	**SI**	**100**

m)Costo total del proyecto

m.1. Etapa de ejecución

El monto total de inversión, incluyendo el IVA, en moneda nacional se estima en $127’620,126.00 pesos. El proyecto consiste de 2 carriles de 3.50 m, zona peatonal, compuesta de 1.00 de área verde, 1.30 m de ciclopista y 2.00 mts de banqueta. Alumbrado público cuerpo central, áreas verdes en camellón central, camellones laterales y banquetas, con un costo aproximado de 11.00 millones de pesos considerando costos paramétricos.
Incluye la obra civil, supervisión, y obras de mitigación de impacto ambiental.

Calculo Paramétrico Costo de Obra

No	CONCEPTO	UN	Largo	Ancho	Alto	pz	META DE OBRA	PARÁM	CANTIDAD TOTAL	PU	IMPORTE
PROPUESTA DE OBRA A EJECUTAR											
1	VIALIDAD, CALLES LATERALES										
1.1	Construcción de vialidad, incluyendo guarniciones y banquetas. Medir de paramento a	m2	6,000.00	15.00	1.00	2	180,000.00	1.000	180,000.00	573.80	$ 103,284,000.00
1.2	Reubicación de líneas de alta y media tensión	ml	6,000.00	1.00	1.00	1	6,000.00	1.000	6,000.00	675.00	$ 4,050,000.00
1.4	Alumbrado público, incluyendo obra civil. Luminarias en poste de 12.00 mts, dos brazos, cableado y sub estaciones	lum	6,000.00	1.00	1.00	2	12,000.00	0.029	342.86	56,999.88	$ 19,542,817.21
1.5	Areas Verdes equipadas, inc. Sistema de riego	m2	6,000.00	21.00	1.00	1	126,000.00	1.000	126,000.00	250.00	$ 31,500,000.00
										SUB TOTAL =	$ 107,334,000.00
	DIRECCIÓN DE OBRA	%						2.50%		107,334,000.00	$ 2,683,350.00
										SUB TOTAL =	$ 110,017,350.00
										mas 16% IVA =	$ 17,602,776.00
										TOTAL=	$ 127,620,126.00

El calendario de inversiones prevé un periodo de construcción de un año, tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Calendario de inversiones

Obra	Inversión con I.V.A.	Total
Construcción de laterales km 46+000 a km 52+000	**2011**	
	127,620,126.00	
Total	**127,620,126.00**	**127,620,126.00**

m.2. Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento normal, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; (ii) conservación rutinaria, que incluye bacheo general y riego de sello cada 2 años con una sobre carpeta cada 5 años. La tabla 10 presenta los costos de mantenimiento y conservación considerados para las situaciones sin y con proyecto, de acuerdo a las frecuencias indicadas.

Tabla 10. Mantenimiento y Conservación

SITUACIÓN	LONGITUD (KM)	NORMAL	RUTINARIA	SOBRECARPETA
SIN PROYECTO	6.00	1982.73	1293.98	1909.52
CON PROYECTO	6.00	3965.45	2587.95	3819.04

n) Fuentes de recursos
Los recursos para este proyecto provienen del Presupuesto de Egresos del Gobierno Federal.

o) Supuestos técnicos y socioeconómicos
Para llevar a cabo la evaluación socioeconómica del proyecto se toman en cuenta los beneficios obtenidos por concepto de ahorros en costos de operación vehicular, y en ahorros en el valor del tiempo de los usuarios, y como costos del proyecto, los correspondientes a inversión y mantenimiento, tal como se especifica en el capítulo 5.

Aspectos Socioeconómicos

Agricultura

En el municipio de San Miguel de Allende las actividades relacionadas al sector primario (agricultura y ganadería), generan el 25% de los empleos totales. Siendo estas actividades importantes para la dinámica del municipio. En ese sentido, de acuerdo a los resultados arrojados por los censos económicos de 1998, la superficie sembrada en San Miguel de Allende durante el ciclo agrícola 97 -98 fue de 32 mil 429 hectáreas, cifra que representa el 3.24% del total de hectáreas cultivadas en el Estado en ese mismo año.

En el ciclo agrícola de 99-00, la superficie sembrada en el municipio fue de 31 mil 283 que fue el 3.01% del total estatal.

De la superficie agrícola del municipio, 7 mil 393 hectáreas son destinadas al tipo de riego, mientras 6 mil 274 se destinaron a la cosecha de temporal.

Los cultivos predominantes en el municipio de acuerdo a la superficie sembrada destinada a cada uno de ellos son los siguientes: Maíz, Frijol, Trigo, y Alfalfa entre los cuales abarcan el 84% de la superficie agrícola de San Miguel de Allende.

Sin embargo en cuanto a la implementación de procesos agrícolas con la inclusión de una mejor tecnología como lo es la utilización de semillas mejoradas, fertilizantes y maquinaria, observamos en el siguiente gráfico, que ha habido un repunte importante en el último ciclo.

Ganadería

En cuanto a la ganadería, San Miguel de Allende destaca en lo relacionado a la cría de aves. Para el ciclo 99-00 en el municipio existían 3’219,422 pollos de engorda, cantidad que representó el (15.6)% del total estatal, aunque en el último período, la cría de aves aumentó en más del doble del período anterior. Es importante resaltar que el municipio de San Miguel de Allende es uno de los más importantes en este sentido en el estado.

En el período 99-00, la producción de carne de aves del municipio representó el 12.01% del total de la producción de este tipo de carne a nivel estatal. Reforzando de igual manera la importancia que tiene el municipio de San Miguel de Allende para el Estado como uno de los principales proveedores de este tipo de carne incluso a nivel nacional.

Respecto a los productos pecuarios, San Miguel de Allende destaca como uno de los municipios más importantes productores de miel a nivel estatal, ya que para 1999 su producción representó el 7.5% de la producción estatal. Por otra parte, a pesar de ser uno de los municipios con una mayor cantidad de cría de aves, la producción de huevo representa un bajo porcentaje respecto a la producción estatal.

Silvicultura

Las actividades de reforestación en el municipio de San Miguel de Allende han sido muy contrastantes en los últimos tiempos. En 1992 en el municipio se plantaron 14 mil 600 árboles en una superficie de 14.6 hectáreas representando el 1.7% de las áreas reforestadas del Estado; sin embargo, para 1998 estas cantidades se incrementaron de manera sobresaliente ya que en ese año se plantaron 660 mil 914 árboles en una superficie de mil 294 hectáreas, En contraste, para 2000 se plantaron tan sólo 12 mil 500 árboles con una superficie reforestada de 12.5 hectáreas.

Industria

Respecto a las actividades industriales que se desarrollan en San Miguel de Allende, podemos observar al analizar el siguiente gráfico, que estas no son tan intensivas como en otras ciudades del Estado, ya que de acuerdo al número de usuarios de energía eléctrica con giro industrial, en el municipio se localiza únicamente el 2% del total de usuarios de energía eléctrica industrial del Estado.

Sin embargo aunque a nivel estatal la actividad industrial del municipio es baja, el sector industrial de San Miguel de Allende genera el 33.4% de los empleos del mismo, por lo que su importancia relativa a nivel municipal como generador de empleos es elevada.

Para 1998 las actividades industriales más importantes desarrolladas en el municipio eran las relacionadas a las industrias metálicas, alimenticias, de la madera y minerales, esto de acuerdo al número de establecimientos de cada una de ellas.

Analizando el valor agregado generado por cada una de estas ramas industriales en el municipio, observamos que la relacionada al sector alimenticio es la actividad industrial más importante de San Miguel de Allende, ya que para el año 1998 representó el 52.2% del valor total generado por las actividades industriales.

Comercio

De acuerdo al número de usuarios de energía eléctrica podemos observar cómo las actividades comerciales son de gran importancia para la dinámica económica de San Miguel de Allende ya que en el municipio se localiza el 2.55% de los establecimientos comerciales existentes en la entidad.

De la misma forma, el sector comercio y servicios es el principal generador de empleos del municipio ya que para 1999 éste generó el 36.1% de los mismos.

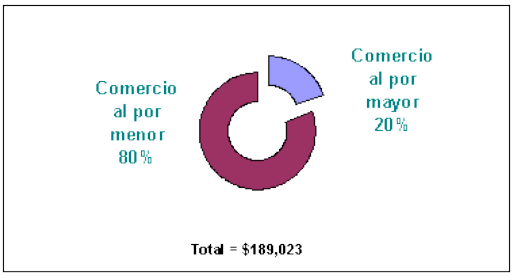
Establecimientos, Personal Ocupado, Remuneraciones, Ingresos e Insumos Totales y Valor Agregado del Comercio según Subsector de Actividad

Subsector	**Establecimientos**	**Personal Ocupado total promedio**	**Remuneraciones Totales al Personal Remunerado (Mdp)**	**Ingresos Totales Derivados de la actividad (Mdp)**	**Insumos Totales (Mdp)**	**Valor Agregado (Mdp)**
1988						
TOTAL	949	1,883	2,548.4	55,771.6	43,361.8	12,409.8
Comercio al por mayor	32	241	884.7	12,133.5	10,007.3	2,126.2
Comercio al por menor	917	1,642	1,663.7	43,638.1	33,354.5	10,283.6
1993						
TOTAL	1,538	1,373	17,656.7	349,481.7	251,129.7	98,352.0
Comercio al por mayor	34	311	5,342.2	47,939.6	40,259.2	7,680.4
Comercio al por menor	1,504	3,062	12,314.5	301,542.1	210,870.5	90,671.6
1998						
TOTAL	1,961	3,838	44,134	267,408	78,385	189,023
Comercio al por mayor	98	487	16,975	66,895	29,877	37,018
Comercio al por menor	1,863	3,351	27,159	200,513	48,508	152,005

Fuente: Censo Económico 1999. INEGI

Siendo la actividad comercial al menudeo la predominante en el municipio ya que para 1999 esta rama del comercio generó el 81.5% del valor agregado de la actividad comercial del municipio.

Distribución del Valor Agregado en el Sector Comercio. (1999)



Fuente: Censo Económico 1999. INEGI

p) Infraestructura existente y proyectos en desarrollo afectados
Proyectos en desarrollo:
Afectados: Ninguno.
Beneficiados: Ninguno

4 –Situación con proyecto

Debido a la puesta en operación de esta ampliación, se registrarán ahorros en tiempo y costo de operación vehicular consecuencia de las acciones ya enumeradas, algunas de éstas tienen más impacto que otras.

La demanda proyectada se calculó bajo las siguientes suposiciones:

- El crecimiento de vehículos ligeros es de 5.15% anual en los 30 años de operación.
- El crecimiento de buses será del 0.63% anual en los 30 años de operación.
- El crecimiento de camiones utilitarios será del 0.124% anual en los 30 años de operación.
- El crecimiento de camiones articulados de 5 y 6 ejes es de 11.75% anual en los 30 años de operación.
- El crecimiento de camiones articulados de 7 ejes o más es de 8.55% anual en los 30 años de operación.
- Y tomando en cuenta el desarrollo de los fraccionamientos con salida directa a la carretera, contamos con más de 13000 lotes vacios los cuales nos da un crecimiento de 6521 vehículos más, en la carretera distribuyéndose entre los años calculados para el proyecto.

AÑO	A	B	CU	CA1	CA2	|
2011	4925	129	318	18	3	5393
2012	6157	130	318	20	3	6629
2013	7402	131	319	22	4	7877
2014	8661	131	319	25	4	9140
2015	9934	132	320	28	4	10418
2016	11223	133	320	31	5	11712
2017	12527	134	320	35	5	13022
2018	13523	135	321	39	5	14023
2019	13883	136	321	44	6	14390
2020	14263	137	322	49	6	14776
2021	14662	137	322	55	7	15183
2022	15082	138	322	61	7	15611
2023	15523	139	323	68	8	16061
2024	15987	140	323	76	9	16535
2025	16475	141	324	85	9	17034
2026	16988	142	324	95	10	17559
2027	17527	143	324	106	11	18112
2028	18095	144	325	119	12	18694
2029	18691	144	325	133	13	19307
2030	19318	145	326	149	14	19952
2031	19978	146	326	166	15	20632
2032	20672	147	326	186	17	21348
2033	21401	148	327	207	18	22102
2034	22168	149	327	232	20	22896
2035	22975	150	328	259	22	23733
2036	23823	151	328	289	23	24614
2037	24714	152	328	323	25	25544
2038	25652	153	329	361	28	26523
2039	26638	154	329	404	30	27555
2040	27675	155	330	451	32	28643
2041	28766	156	330	504	35	29791
	A	**B**	**CU**	**CA1**	**CA2**	
T.C.M.A.	**5.15%**	**0.63%**	**0.12%**	**11.75%**	**8.55%**	**5.24%**

Tabla 12. Estimación de la Demanda

Esta obra mantendrá en todo momento la superficie de rodamiento en buenas condiciones con sus mantenimientos realizados en tiempo y forma.
Bajo estas consideraciones la demanda en treinta años queda como sigue:

5 –Evaluación del proyecto

a) Método de Análisis

El método que se emplea para la evaluación económica es mediante el "Análisis Costo-Beneficio".

La evaluación económica de un proyecto de infraestructura carretera, se basa en la determinación de las ventajas que ofrecerá al usuario, en términos de ahorros en costos de operación vehicular y tiempo de recorrido de los usuarios en comparación con la inversión requerida para ello. Se trata entonces de una relación entre los beneficios que recibirá la colectividad con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos. De esta forma, la evaluación económica se basa en la comparación de dos escenarios: con proyecto y sin proyecto, de lo cual se obtienen los beneficios buscados.

La comparación de ambos escenarios implica el análisis de las relaciones entre la oferta y demanda de la infraestructura.

La oferta se refiere a la infraestructura carretera que para el caso de la situación sin proyecto, la constituyen las instalaciones existentes, mientras que en la situación con proyecto, considera las modificaciones que se proponen realizar a aquéllas, o bien la realización de obras nuevas.

La demanda se refiere a la estimación del tránsito probable tanto para la situación con y sin proyecto y de su posible evolución. El análisis toma en cuenta que la demanda y su evolución están condicionadas por la oferta disponible.

Otros insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes a la situación con y sin proyecto.

Los costos de operación vehicular se refieren a los de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros, en las condiciones con y sin proyecto. Aún cuando es posible considerar otros costos exógenos asociados con los accidentes, con el ruido y con la degradación del medio ambiente, no existen datos cuantitativos confiables para hacerlo, por lo que no se han incluido en la evaluación que se presenta en este documento.

Por lo que se refiere a montos de inversión, en el cálculo intervienen la inversión en obra física, sea construcción o modernización, y el mantenimiento de la infraestructura en las dos condiciones indicadas anteriormente.

Con base en la información anterior, se estiman los beneficios económicos del proyecto mediante la resta de los costos asociados a la situación con proyecto menos los correspondientes a la situación sin proyecto.

En otros términos, los beneficios económicos derivados de la puesta en operación de un proyecto de infraestructura carretera, cuantificables en términos monetarios, se derivan principalmente de dos fuentes: ahorros por menores costos de operación vehicular y ahorros por menores tiempos de recorrido de los usuarios.

Por otra parte, los montos de inversión inherentes al proyecto en la situación con proyecto están compuestos por la inversión inicial y los gastos programados para su futuro mantenimiento. Para el caso de la situación sin proyecto los constituyen aquellos relacionados con la situación actual optimizada, que en la mayoría de los casos están integrados por los montos de inversión para la conservación y mantenimiento.

Finalmente, en virtud de que los efectos del proyecto se manifiestan a lo largo de su vida útil, se generan flujos de beneficios y costos con diferente valor en el tiempo, por lo que, para hacer comparables los valores de dichos flujos, es necesario emplear una tasa de actualización que refleje las preferencias por el consumo inmediato o diferido. En este caso se utilizó una tasa de actualización del 12%, como ocurre generalmente en proyectos de infraestructura carretera.
La rentabilidad del proyecto se midió en términos de dos indicadores: el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

b) Evaluación Económica

Identificación, cuantificación y valoración de beneficios

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: (i) ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y (ii) ahorros en costo de operación vehicular.
Y el beneficio que se obtendrá teniendo libres los carriles centrales del tránsito local, el cual se supone circulara por las laterales.

Ahorro en tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto, se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto.
La tabla siguiente presenta las distancias y velocidades consideradas en cada acción para las situaciones sin y con proyecto.

Tabla 13. Distancias y velocidades sin y con proyecto

		Distancias (Km)		Velocidades (Km/h)	
Vía	Gpo_Veh	Sin Pry	Con Pry	Sin Pry	Con Pry
Querétaro-San Luis Potosí	A	6.00	6.00	60.98	100
	B	6.00	6.00	40.53	90
	CU	6.00	6.00	41.82	90
	CA1	6.00	6.00	41.82	80
	CA2	6.00	6.00	41.82	80

La existencia del proyecto minimizará los conflictos vehiculares que se dan en cruces a nivel así como las demoras experimentadas en los retornos.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la Tabla 14. Estos valores se tomaron del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). La metodología para su obtención está avalada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Tabla 14. Parámetros para estimar el valor del tiempo

CONFIGURACION VALOR DEL TIEMPO	
Valor del tiempo conductor auto	26.37 $/hr,
Valor del tiempo pasajero auto	15.82 $/hr
Valor del tiempo pasajero autobús	20.12 $/hr
Número de pasajeros auto	2.50 pas/veh
Número de pasajeros autobús	22.00 pas/veh
Valor tiempo de la carga	15.00 $/hr/ton
Toneladas promedio	13.80 ton/veh
Tasa de Descuento	12 %

La contabilización de ahorros de tiempo por minuto por grupo vehicular se expone a continuación:

Autos:
Valor del tiempo del conductor $25.15 hora
Valor del tiempo del acompañante $15.09 hora
Número de ocupantes: 1 conductor, 1.5 acompañantes

$$Vot = \frac{26.37\$/hr}{60\ min/hr} + \frac{15.82/hr}{60\ min/hr}\ 1.50 = 0.835/min$$

Autobuses:
Valor del tiempo de cada pasajero $15.82 hora
Número promedio de ocupantes: 22

$$Vot = \frac{15.82\$/hr}{60\ min/hr}\ 22 = 5.80/min$$

Camiones:
Peso de los camiones de carga: 13.8 ton/camión
Valor del tiempo de la carga: $15/hora/tonelada

$$Vot = 13.8\ \frac{Ton}{Camión}\ 15 + \frac{hora}{ton} = 207\ \frac{\$}{hora} \approx \$\ 3.45/min$$

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto.

Para estimar los ahorros se consideró que los beneficios serán experimentados en la zona de influencia de las laterales. La longitud de cada movimiento para efecto de las contabilizaciones de tiempo y costo de operación vehicular se exponen en la Tabla 15.

Con base en las consideraciones anteriores, en el primer año de operación (2012), se estiman los siguientes ahorros por la consecuente disminución en el tiempo de viaje. Las cantidades se expresan en horas por vehículo anual.

Tabla 15. Estimación de ahorros por tiempo en el primer año de operación.

Descripción	A	B	CU	CA1	CA2	TOTAL
Uso de la Vía Celaya – Sn Miguel de Allende	**189.09**	**10.50**	**24.42**	**1.23**	**0.21**	**225.44**
Demanda Total	**189.09**	**10.50**	**24.42**	**1.23**	**0.21**	**225.44**

Ahorro en costos de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC, por sus siglas en inglés), que es parte del modelo HDM4 (Highway Development and Management) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

Para la situación sin proyecto, se consideró una calidad de la superficie de rodamiento correspondiente a la meta del promedio nacional de la red federal de carreteras, así como la eliminación de los reductores de velocidad, y un señalamiento horizontal y vertical en buen estado, como la situación actual optimizada.

La siguiente tabla presenta los ahorros por costos de operación vehicular (millones de pesos por año) para el primer año de operación.

Tabla 16. Estimación de ahorros por costo de operación vehicular en el primer año de operación (2012), en millones de pesos.

Descripción	A	B	CU	CA1	CA2	TOTAL
Uso de la Vía Celaya – Sn Miguel de Allende	**12.94**	**0.67**	**2.10**	**0.20**	**0.04**	**15.95**
Demanda Total	**12.94**	**0.67**	**2.10**	**0.20**	**0.04**	**15.95**

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto, menos los correspondientes a la

situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo.
La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel pre factibilidad, utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y costos de obra a partir de precios índice, bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento, eliminación de reductores de velocidad, señalamiento horizontal y vertical en buen estado y una tasa de crecimiento del tránsito del 5.15% para automóviles, 0.63% para buses, 0.124 para CU, 11.75% y 8.55% para camiones articulados durante el periodo de análisis.
- En la situación con proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en la descripción del proyecto. No incluye costos por molestias a los usuarios ya que se consideran mínimos, ya que las obras se pueden realizar por etapas en las que los usuarios utilizan un cuerpo, mientras que se trabaja en el otro.

La tabla siguiente resume el valor de los parámetros básicos utilizados para llevar a cabo la evaluación económica del proyecto.

Tabla 17. Parámetros para la evaluación económica

Tramo	Longitud (Km)	TDPA	Composición vehicular			Inversión Sin I.V.A. (mdp)
			A%	B%	C%	
Uso de la carretera Querétaro-San Luis Potosí	**6.00**	**5393**	**91.3**	**2.4**	**6.3**	**110.017**

Considerando un período de análisis de 30 años, los indicadores de rentabilidad global del proyecto son los siguientes:

Tabla 18. Indicadores de Rentabilidad Global

Tasa interna de retorno %	Valor presente neto (mdp)	Tasa de rentabilidad inmediata %
34.57%	**1905.41**	**37.19%**

Con base en estos indicadores, se observa que el proyecto es rentable desde el punto de vista económico.

c) Análisis de Sensibilidad

Como complemento a la evaluación económica, se efectuó un análisis de sensibilidad con respecto al monto de la inversión, a los costos de mantenimiento y a la tasa de crecimiento media anual de la demanda. En cada uno de los casos analizados se obtuvieron valores positivos, lo cual indica que el proyecto es económicamente rentable en todos los escenarios alternativos analizados (ver Tabla 19 a la Tabla 21).

Tabla 19. Análisis de sensibilidad al monto de inversión

Tasa de variación %	Inversión (mdp)	TIR %	V.P.N. (mdp)	T.R.I. %
140	185.53	24.32%	1852.40	46.90%
130	172.28	26.17%	1865.66	45.03%
120	159.03	28.40%	1878.91	42.85%
110	145.78	31.14%	1892.16	40.28%
100	132.52	34.57%	1905.41	37.19%
90	119.27	38.94%	1918.67	33.41%
80	106.02	44.66%	1931.92	28.69%
70	92.77	52.32%	1945.17	22.62%
60	79.51	62.88%	1958.42	14.53%

Tabla 20. Análisis de sensibilidad a los costos de mantenimiento

Tasa de variación %	Mantenimiento (mdp)	TIR %	V.P.N. (mdp)	T.R.I. %
140	1.995	34.57%	1905.41	37.19%
130	1.852	34.57%	1905.41	37.19%
120	1.710	34.57%	1905.41	37.19%
110	1.567	34.57%	1905.41	37.19%
100	1.425	34.57%	1905.41	37.19%
90	1.282	34.57%	1905.41	37.19%
80	1.140	34.57%	1905.41	37.19%
70	0.997	34.57%	1905.41	37.19%
60	0.855	34.57%	1905.41	37.19%

Tabla 21. Análisis de sensibilidad a TCMA de la demanda

Tasa de variación %	TCMA (mdp)	TIR %	V.P.N. (mdp)	T.R.I. %
140	7.34%	43.62%	5821.66	35.93%
130	6.82%	41.58%	4639.83	36.25%
120	6.29%	39.42%	3606.82	36.56%
110	5.77%	37.10%	2701.32	36.87%
100	5.24%	34.57%	1905.41	37.19%
90	4.72%	31.71%	1204.08	37.50%
80	4.19%	28.34%	584.60	37.82%
70	3.67%	23.88%	36.21	38.13%

6 -Factibilidad Legal

La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 36, inciso I, establece que corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones de acuerdo a las necesidades del país. Asimismo, en los incisos XXI y XXII del mismo artículo se establece que corresponde a la SCT construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y centrales de autotransporte federal; construir y conservar caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares.
En el Capítulo II, artículo 5º de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal se establece que corresponden a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sin perjuicio de las otorgadas a otras dependencias de la Administración Pública Federal las siguientes atribuciones:

I. Planear, formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de los caminos, puentes, servicios de autotransporte federal y sus servicios auxiliares;
II. Construir y conservar directamente caminos y puentes;
III. Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley; vigilar su cumplimiento y resolver sobre su revocación o terminación en su caso;
IV. Vigilar, verificar e inspeccionar que los caminos y puentes, así como los servicios de autotransporte y sus servicios auxiliares cumplan con los aspectos técnicos y normativos correspondientes; (Reforma en el DOF de fecha 4 de enero de 1999).
V. Determinar las características y especificaciones técnicas de los caminos y puentes;
VI. Expedir las normas oficiales mexicanas de caminos y puentes así como de vehículos de autotransporte y sus servicios auxiliares;
VII. Derogada. (DOF de fecha 4 de enero de 1999).
VIII. Establecer las bases generales de regulación tarifaria; y
IX. Las demás que señalen otras disposiciones legales aplicables.

El procedimiento de contratación, ejecución y control de las obras se lleva a cabo con base en lo establecido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM).
Para proyectos en los que se requiera liberar el derecho de vía, el proceso se llevará a cabo conforme al Manual de Procedimientos para la Liberación del Derecho de Vía de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. El monto de recursos estimado para el pago de afectaciones está incluido en el costo total del proyecto, sin embargo, el monto definitivo se conocerá hasta que el Instituto Nacional de Avalúos y Bienes Nacionales (INDABIN) emita los avalúos maestros y se lleven a cabo las negociaciones con los beneficiarios.

7 -Factibilidad Ambiental

El impacto ambiental se define como cualquier modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza. Sin embargo, sólo las modificaciones originadas por las actividades humanas son sometidas a evaluación por parte del Estado mexicano. En este sentido, la evaluación del impacto ambiental es un instrumento de la

política ambiental dirigido al análisis detallado de diversos proyectos de desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos que su ejecución puede ocasionar al ambiente. Con esta evaluación, es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto y determinar, en caso de que se requiera, las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales, a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el medio y la salud humana.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental en su artículo 5º, establecen que para los proyectos de vías generales de comunicación, en los que se incluyen los proyectos de infraestructura carretera, se deberá presentar la manifestación de impacto ambiental. La SEMARNAT, con base en la información presentada, evaluará y emitirá la resolución correspondiente en la que podrá negar o aprobar la autorización señalando, en su caso, las condicionantes establecidas en el resolutivo correspondiente, mismas que deberán ser atendidas.

El artículo 6º del Reglamento establece que para proyectos de ampliación, modificación, sustitución de infraestructura, rehabilitación y mantenimiento, se podrá solicitar una exención de la presentación de la manifestación de impacto ambiental, siempre y cuando se demuestre que su ejecución no causará desequilibrios ecológicos ni rebasará los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección al ambiente y a la preservación y restauración de los ecosistemas.

Una vez dictaminado el proyecto por la SEMARNAT, con base en el artículo 46 del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), se deberá elaborar un dictamen por un externo, quién verificará que se cuente con la manifestación de impacto ambiental debidamente autorizada.

Para efectos de la evaluación costo-beneficio, el costo total del proyecto incluye los costos de las acciones previstas para la mitigación del impacto ambiental, que de acuerdo a las condicionantes establecidas por la SEMARNAT en autorizaciones anteriores se han tenido que integrar como parte del proyecto ejecutivo y que fueron consideradas para esta evaluación.

8 -Conclusiones

La evaluación del proyecto de la ampliación de la carretera Celaya – Sn Miguel de Allende – Dolores Hidalgo, tramo Entronque Presa de Allende - San Miguel de Allende, indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable incluso en los escenarios alternativos de sensibilidad.

La puesta en operación de esta obra permitirá mejorar la movilidad de los viajeros que acceden desde la carretera Celaya Sn Miguel de allende a los poblados de Empalme Escobedo, Comonfort, Atotonilco, El Cotorino, Santa Teresita, etc.

Con el proyecto se tendrán los siguientes beneficios:

Aumento en las velocidades de operación.

Ahorros en tiempos de recorrido.

Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.

Operación más segura al evitar conflictos vehiculares a nivel, o colisiones debido a la implementación de acciones en esta infraestructura.

RESULTADOS:

Si los indicadores económicos: Valor Presente Neto (VPN) es mayor a 0, el (IR) Índice de Rentabilidad es mayor o igual a 1 y el (TIR) Tasa Interna de Retorno sea la tasa de actualización para la cual el VPN es igual a cero; entonces el proyecto se considerará rentable. El índice de rentabilidad inmediata, es el indicador que muestra la rapidez de recuperación de la inversión en el primer año de operación del proyecto.

La evaluación económica responde a la pregunta de qué gana la sociedad en términos netos cuando se lleva a cabo un proyecto de inversión determinado.

La evaluación de proyectoses el medio indicado para rechazar o aceptar un proyecto a través de su factibilidad, o también, para establecer prioridades.

BIBLIOGRAFIA:

Arriaga Patiño M C, Garnica Anguas P. 1998. Publicación Técnica N°. 108 "ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MÉXICO", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Arroyo Osorno J A, Aguerrebere Salido R, Torres Vargas G. 2002. Publicación Técnica No. 202 "ESTADO SUPERFICIAL Y COSTOS DE OPERACIÓN EN CARRETERAS", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Arroyo Osorno J A, Aguerrebere Salido R, Torres Vargas G. 2006. Publicación Técnica No. 282 "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Arroyo Osorno J A, Aguerrebere Salido R, Torres Vargas G. 2008. Publicación Técnica No. 316 "COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Arroyo Osorno J A, Aguerrebere Salido R, Torres Vargas G. 2010. Publicación Técnica N°. 337 "Costos de Operación base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID).- Programa de Mejoramiento y Modernización de Caminos Rurales y Carreteras Alimentadoras con financiamiento externo, Parámetros considerados en 1992.

Bennett, C R and Paterson, William D O. 2000. Documentation of HDM-4, version 1.0, International Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM), United Kingdom.

Cortés, F. 2003. "El ingreso y la desigualdad en su distribución, México: 1997-2000", enero/marzo.
http://papelesdepoblacion.uaemex.mx/rev35/home.

CONASAMI. "Salario Mínimo General Promedio" Comisión Nacional de Salarios Mínimos, México, página Web: http://www.conasami.gob.mx.

Diario Oficial de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con fundamento en los artículos 31 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal 1, 4, 34 y 109 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y 45,46, 47 y 214 de su Reglamento, así como por el artículo 61 fracción II del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

INEGI.- “Banco de Información Económica”, página Web, http://www.inegi.gob.mx
INEGI.- “XII Censo de Población y Vivienda, 2000”, página Web, http://www.inegi.gob.mx

De Rus Mendoza Ginés, Betancor Cruz Ofelia, Javier Campos Méndez Javier, MANUAL DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE TRANSPORTE, Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, 1300 New York Ave., NW Washington, D.C. 20577 USA, (www.iadb.org/sds)

Fay, M. y M. Morrison (2005): Infrastructure in Latin America and the Caribbean: Recent Developments and Key Challenges. Report No. 32640-LCR. The World Bank.

Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Technical Paper 46. World Bank Washington, D.C In: Aguerrebere S.R., Cepeda N.F., De Buen R.O. y Rico R. A. 1991. Publicación N°30 “Estado Superficial Y Costos de Operación en Carreteras” Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Orozco y Orozco JM, Téllez Gutiérrez M, Solorio Murillo M. 2004. Publicación Técnica N°. 245 “SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS”, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), datos viales, página web http://www.sct.gob.mx

Torres Vargas Guillermo, Islas Rivera Víctor M., Lelis Zaragoza Martha. 2000. Publicación Técnica N°. 147 “CRITERIOS QUE INTERVIENEN EN LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA DE REHABILITACIÓN DE CAMINOS RURALES”, Instituto Mexicano del Transporte, Qro, México.

TORRES V., Guillermo, HERNÁNDEZ G. Salvador, PÉREZ S. Arturo, LELIS Z. Martha-2003. “Modernización de caminos rurales: la evaluación económica como herramienta en la toma de decisiones”, Publicación Técnica No. 216 del IMT, Qro., México.

Torres Vargas Guillermo, Hernández García Salvador. 2006. Publicación Técnica No. 291 del IMT “PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO DE LOS USUARIOS DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO: EL CASO DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS”, Qro, México.

TRACE (1999): Elasticity Handbook: Elasticities for Prototypical Contexts.Prepared for the European Commission, Directorate-General for Transport, Contract No: RO-97-SC.2035 (www.hcg.nl/projects/trace/trace1.htm).

www.SAR.com.gob.mx.
www.cepep.gob.mx.

APENDICE

Abreviaturas de empleo

A	Vehículo ligero.
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
B	Autobús Foráneo.
BM	Banco Mundial.
BID	Banco Internacional de Desarrollo
C2	Vehículo de carga de dos ejes.
C3	Vehículo de carga de tres ejes.
CB	Costo de operación base.
CCP	Costo de Conservación Periódica.
CCR	Costo de Conservación Rutinaria.
CEPEP	Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Económica de Proyectos
Cm	Centímetros.
COA	Costo de operación anual.
FIP	Factor de ajuste del ingreso de la población.
IIR	Índice Internacional de Rugosidad.
IMT	Instituto Mexicano del Transporte.
IR	Índice de Rentabilidad.
IRI	Índice de rentabilidad Inmediata.
Km	Kilometro.
Km/hr	Velocidad.
Lbs/yda	Libras sobre Yarda
Ml	Metros lineales.
PIB	Producto Interno Bruto.
S/E	Sin escala.
S.C.T.	Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
SMG	Promedio del salario mínimo general de la población
SMH	Salario mínimo horario de la población
T3S2	Vehículo articulado de 5 ejes.

T3S3	Vehículo articulado de 6 ejes.
T3S2R4	Vehículo articulado de 9 ejes.
TCMA	Tasa de Crecimiento Media Anual.
TDPA	Transito diario promedio anual.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
TRI	Tasa de Rentabilidad Inmediata.
VPN	Valor Presente Neto.
VTpp	Valor del tiempo por motivo de placer