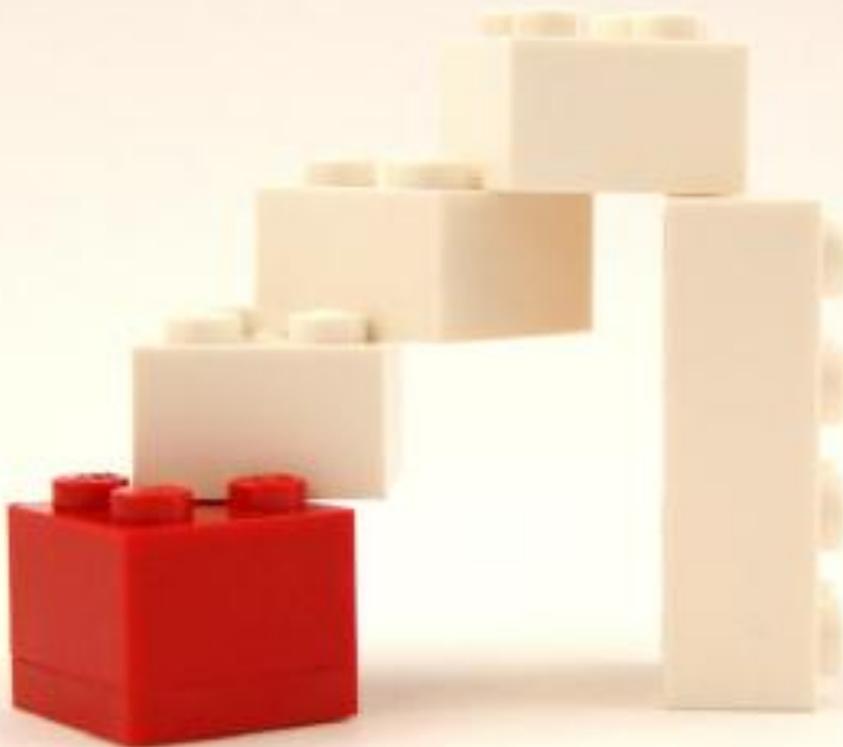


# Manual para la Evaluación de Proyectos de Carreteras



**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SHCP**



[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)  
[www.hacienda.gob.mx](http://www.hacienda.gob.mx)



**Vivir Mejor**









El presente manual es un documento de carácter exclusivamente informativo y por lo tanto no sustituye ni sule las disposiciones y normas jurídicas que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público haya emitido o emita en cumplimiento de sus facultades legales o reglamentarias. Se autoriza la reproducción parcial o total de la presente obra siempre y cuando se cite la fuente de origen y la reproducción se efectúe sin fines de lucro.

<b>Programas y Proyectos de Inversión Públicos</b>		
<b>Evaluación Socio-Económica</b>		
<b>Nombre del Documento</b>	<b>Responsable/Contacto</b>	<b>Versión 01</b>
Ampliación de la Carretera A – B	Nombre	
<b>Nombre de la Entidad o Dependencia</b>	<b>Área Responsable</b>	<b>Fecha: dd-mm-aaaa</b>
<b>Secretaría de Comunicaciones y Transportes</b>	Dirección General de Desarrollo Carretero	

**Ampliación de la Carretera A – B**  
**Proyecto de Infraestructura Económica**

**Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

Nombre del funcionario que elaboró el análisis	Nombre
Nombre del funcionario que revisó el análisis	Nombre
Nombre del funcionario que autorizó el análisis	Nombre



<b>NOTA SOBRE EL PRESENTE MANUAL .....</b>	<b>13</b>
<b>1. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>18</b>
2.1 OFERTA.....	18
2.1.1 Descripción de la infraestructura existente.....	18
2.1.2 Programas y/o proyectos de inversión relacionados.....	20
2.2 DEMANDA.....	20
2.2.1 Tramificación por demanda.....	20
2.2.2 Aforo Vehicular (Tránsito Diario Promedio Anual – TDPA).....	20
2.2.3 Composición vehicular.....	21
2.2.4 Número de pasajeros promedio por tipo de vehículo.....	21
2.2.5 Comportamiento horario del flujo vehicular.....	22
2.3 PROBLEMÁTICA Y VARIABLES CRÍTICAS .....	23
2.3.1 Tramificación por oferta y demanda.....	23
2.3.2 Velocidades promedio de operación actuales.....	23
2.3.3 Costos generalizados de viaje actuales .....	24
2.3.4 Problemática a resolver.....	25
<b>3. SITUACIÓN SIN PROYECTO .....</b>	<b>27</b>
3.1 OPTIMIZACIONES.....	27
3.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	27
3.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	28
3.3.1 Proyección del TDPA .....	28
3.4 INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA CON OPTIMIZACIONES.....	30
3.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	32
<b>4. SITUACIÓN CON PROYECTO .....</b>	<b>33</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	33
4.1.1 Descripción general.....	33
4.1.2 Localización geográfica.....	35
4.1.3 Calendario de actividades.....	35
4.1.4 Monto total de inversión del proyecto.....	36

4.1.5	<i>Fuentes de financiamiento</i> .....	36
4.1.6	<i>Vida útil del proyecto de inversión</i> .....	37
4.1.7	<i>Descripción de los aspectos más relevantes de los estudios realizados</i> .....	37
4.1	OFERTA.....	39
4.2	DEMANDA.....	39
4.3	INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	40
<b>5.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>43</b>
5.1	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	43
5.1.1	<i>Costos de inversión y mantenimiento</i> .....	43
5.1.2	<i>Costos por molestias</i> .....	44
5.2	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	44
5.2.1	<i>Beneficios directos: Ahorros en CGV en la carretera</i> .....	44
5.2.2	<i>Beneficios indirectos: Ahorros en CGV en la red relevante</i> .....	44
5.2.3	<i>Valor residual</i> .....	45
5.3	CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD .....	47
5.1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	47
5.2	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	48
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>
7.1	ANEXO A: EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	50
7.1.1	<i>Oferta sin proyecto</i> .....	50
7.1.2	<i>Demanda sin proyecto</i> .....	51
7.1.3	<i>Interacción oferta-demanda sin proyecto</i> .....	55
7.1.4	<i>Oferta con proyecto</i> .....	58
7.1.5	<i>Demanda con proyecto</i> .....	59
7.1.6	<i>Interacción oferta-demanda con proyecto</i> .....	60
7.1.7	<i>Costos</i> .....	62
7.1.8	<i>Beneficios</i> .....	67
7.1.9	<i>Evaluación</i> .....	70

---

7.1.10	<i>Análisis de sensibilidad</i> .....	75
7.2	ANEXO B: ESTUDIO TÉCNICOS .....	87
7.3	ANEXO C: ESTUDIO LEGALES.....	87
7.4	ANEXO D: ESTUDIO AMBIENTALES .....	87
7.5	ANEXO E: ESTUDIO DE MERCADO.....	87
7.6	ANEXO F: ESTUDIO ESPECÍFICOS .....	88
8.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>89</b>



## Nota sobre el Presente Manual

El objetivo del presente Manual es servir de modelo para la elaboración de la evaluación de Proyectos de Inversión referentes a la *Construcción, Modernización o Ampliación de Carreteras*. Por lo tanto, realiza una evaluación ilustrativa y didáctica de una situación supuesta dentro del contexto mencionado. En su desarrollo se emplean diversas premisas, así como cifras y datos estadísticos ejemplificativos.

Es importante mencionar que el documento no pretende emitir juicio alguno sobre evaluaciones pasadas y/o proyectos registrados en el portafolio de inversiones federal, por lo que únicamente se presenta como material de referencia para el proceso de Análisis y Evaluación de nuevos proyectos.







# 1. Resumen Ejecutivo del Proyecto de Inversión

## Problemática, Objetivo y Descripción del Proyecto de Inversión

Problemática Identificada

La congestión en horas de mayor tránsito aunado a las condiciones de la superficie de rodado genera altos costos de viaje para los usuarios de la carretera A – B. Considerando el incremento en el TDPA, esta situación se agravará en el futuro y con ello los niveles de servicio en la carretera seguirán deteriorándose, especialmente entre las 9:00 y las 21:00 horas del día.

Objetivo del Proyecto de Inversión

Disminuir el tiempo de viaje de los usuarios y el costo de operación de los vehículos y con ello, reducir el costo de viaje entre las ciudades A y B.

Breve Descripción del Proyecto de Inversión

Ampliación de 2 a 4 carriles de 23.85 kilómetros (km) de longitud en ambos sentidos de la carretera situada entre las ciudades A y B. La ampliación se realizará mediante la construcción de un cuerpo paralelo con lo cual el ancho de corona será de 22 metros, acotamientos de 2.5 metros y una superficie de rodado de asfalto.

## Horizonte de Evaluación, Costos y Beneficios del Proyecto de Inversión

Horizonte de Evaluación

31 años (uno de construcción y 30 de operación)

Año de Evaluación

2007

## Resumen Ejecutivo del Proyecto de Inversión

Año(s) de Inversión	2008
Monto total de inversión con IVA	171.7 mdp
Monto total de inversión sin IVA	150.5 mdp
Valor Presente del Costo Total Estimado	163.9 mdp
Valor Presente del Beneficio Total Estimado	213.6 mdp

### Indicadores de Rentabilidad

Valor Presente Neto (VPN)	49.7 mdp
Tasa de Interna de Retorno (TIR)	16.16%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	El primer año en que la TRI es mayor a la tasa social de descuento (12%) es el 2009 con un valor de 13.17%

### Conclusión

Conclusión del Análisis Costo-Beneficio

Para el proyecto de ampliación se concluye lo siguiente:

- Se recomienda su ejecución inmediata ya que el momento óptimo para operar es el año 2009, cuando la TRI es 13.17%, la cual es mayor a la tasa social de descuento (12%).
- Invirtiendo el próximo año (2008), se obtiene un VPN de 49.7 millones de pesos y una TIR de

16.16%.

Como resultado del análisis de sensibilidad, se recomienda administrar el costo de obra ya que con una variación mayor a 39% el proyecto deja de ser rentable.

Una variación en el TDPA tiene impacto significativo en la rentabilidad, dado que es una variable que no se puede controlar, se sugiere verificar la proyección de la demanda y sus supuestos con el fin de reducir la incertidumbre lo más posible.

## 2. Situación Actual

Para analizar la situación actual se realizó un estudio de campo en la carretera A – B e incluyó información sobre los siguientes aspectos:

- Análisis de la oferta actual: tipo de terreno, condiciones y características de la carretera, longitud de los tramos
- Demanda: TDPA por hora por tipo de vehículo
- Velocidades calculadas por medio del método del seguimiento de las placas

El estudio consistió en el levantamiento de información de la demanda durante una semana completa. La información de TDPA se obtuvo de la estación de aforo automático. El seguimiento de las placas para obtener el tiempo de recorrido y la velocidad promedio se realizó en distintos días y horarios.

A continuación se presentan los resultados y análisis correspondientes.

### 2.1 Oferta

#### 2.1.1 Descripción de la infraestructura existente

La carretera actualmente tiene una longitud de 23.85 km y está constituida por dos carriles con un ancho de corona de 12 metros, que incluye acotamientos de 2.5 metros para cada sentido. El tipo de superficie de rodado es pavimento asfáltico que cuenta con índices de rugosidad en sus diferentes tramos superiores a 4.

#### Red Relevante

En el caso de la carretera A – B se considera que no existe red relevante<sup>1</sup>. En caso de que sí existiera, la red relevante tendría que analizarse igual que el trayecto del proyecto, para posteriormente poder calcular los beneficios sobre la misma. Los beneficios en la red relevante se refieren a la reducción de la congestión como consecuencia de la desviación de tránsito y, por lo tanto, a la disminución de los costos generalizados de viaje.

---

<sup>1</sup> Se consideran como parte de la red relevante todas las vialidades donde la cantidad de vehículos que transitan por ellas puede incrementarse o reducirse como consecuencia de la realización del proyecto

## Tramificación por oferta

De acuerdo a la oferta, la carretera actual se ha dividido en tres tramos como a continuación se indica:

	Terreno	Longitud total (kilómetros)
Tramo 1	Plano	12.06
Tramo 2	Lomerío	8.25
Tramo 3	Montañoso	3.54

## Características físicas y geométricas

En el trabajo de campo se recabó información sobre las características físicas y geométricas de la carretera, la cual se presenta en el cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1 Características físicas y geométricas de la carretera por tramo<sup>2</sup> (2007)**

Características físicas y geométricas de cada tramo y sentido de circulación de la carretera actual			
Concepto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Longitud del tramo (km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso
Número de carriles	1	1	1
Ancho de corona (m)	12.00	12.00	12.00
Ancho de acotamientos (m)	2.50	2.50	2.50
Tipo de superficie	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad (m/km)	4.26	4.26	4.26
Pendiente media ascendente (%)	0.03%	0.35%	0.51%
Pendiente media descendente (%)	0.05%	0.41%	0.57%
Proporción de viaje ascendente (%)	12.00%	35.00%	38.00%
Proporción de viaje plano (%)	74.00%	27.00%	25.00%
Altitud promedio (m.s.n.m)	1337.4	1546.9	1782.6
Curvatura horizontal promedio ponderada (grados / km)	52.47	61.14	68.75
Condiciones actuales de la línea divisoria y laterales	Buena	Buena	Buena
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

<sup>2</sup> En caso de ser necesario, la oferta se debe analizar por sentido de circulación.

## 2.1.2 Programas y/o proyectos de inversión relacionados

Proyectos complementarios o relacionados <sup>3</sup>	
Nombre del Proyecto	Cómo se relaciona o afecta al proyecto
N.A.	

## 2.2 Demanda

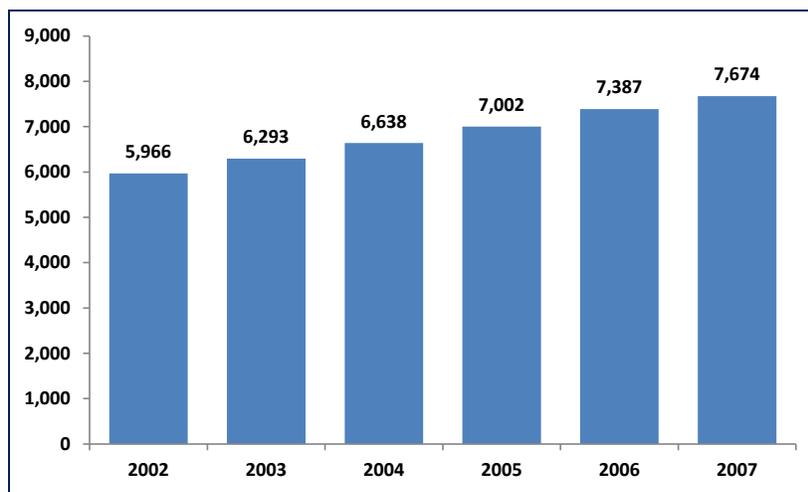
### 2.2.1 Tramificación por demanda

Ya que la carretera no cuenta con salidas o accesos importantes entre las ciudades A y B, se considera un solo tramo (Tramo A) desde el punto de vista de la demanda.

### 2.2.2 Aforo Vehicular (Tránsito Diario Promedio Anual – TDPA)

A continuación se presenta el aforo vehicular (TDPA) para los años 2002-2007 publicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

**Figura 2.1 Tránsito diario promedio anual (TDPA) de la carretera entre las ciudades A y B**



Fuente: Elaboración propia con base en los datos viales publicados por la SCT 2002-2007.

<sup>3</sup> Cualquier proyecto que afecte, o sea afectado por, éste deberá ser mencionado.

Lo anterior da como resultado una tasa media de crecimiento del TDPA equivalente al 5.2% anual.

### 2.2.3 Composición vehicular

De acuerdo con la información publicada por la SCT en 2006, la composición vehicular para esta carretera se constituye por vehículos ligeros, autobuses, camiones unitarios y camiones articulados. Se asume que la proporción por tipo de vehículo no ha cambiado significativamente desde el año 2006, por lo tanto la distribución del TDPA en el año 2007, de acuerdo a su composición se muestra en el cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2 Composición vehicular (2007)**

Composición vehicular (TDPA)	Año 2007	
	Tramo A	%
Total	7,674	100.00%
Vehículo ligero (A)	5,099	66.45%
Autobús (B)	467	6.09%
Camión unitario (CU)	1,283	16.72%
Camión articulado (CA)	825	10.75%

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo y la publicada por la SCT (2006)

### 2.2.4 Número de pasajeros promedio por tipo de vehículo

La tasa de ocupación, es decir el número de pasajeros promedio por tipo de vehículos, se muestra a continuación. A pesar de ser información del año 2006 se asume que no ha habido cambios significativos en cuanto al número de pasajeros.

**Cuadro 2.3 Tasa de ocupación por tipo de vehículos (2006)**

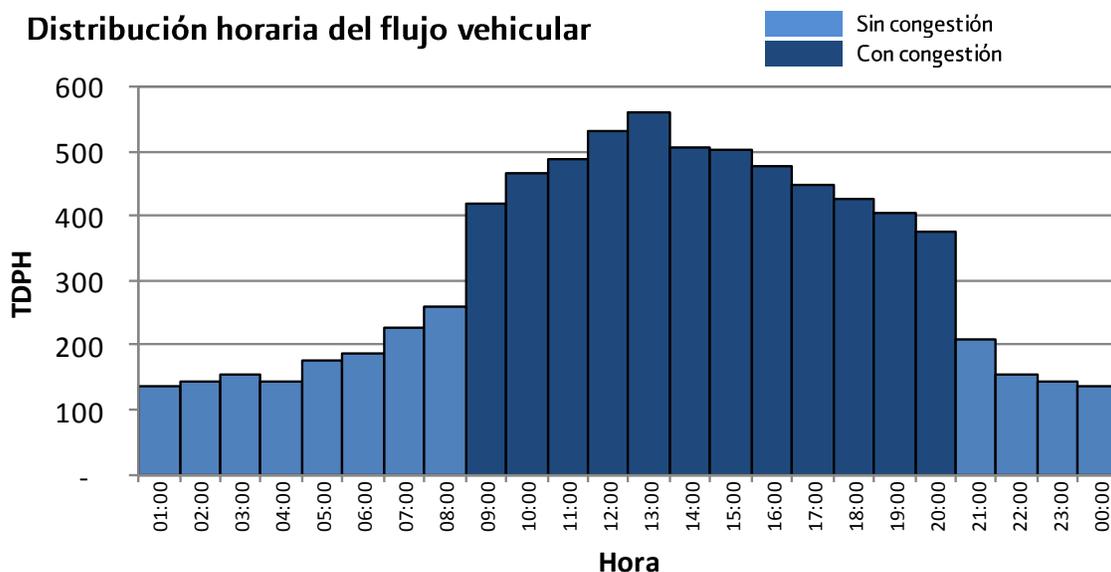
Tasa de ocupación por tipo de vehículo	2006
	Pasajeros por vehículo
Vehículo ligero (A)	2.6
Autobús (B)	24.2
Camión unitario (CU)	1.8
Camión articulado (CA)	1.9

Fuente: Elaboración propia con información de la SCT (2006)

### 2.2.5 Comportamiento horario del flujo vehicular

Se analizó el comportamiento del flujo vehicular durante el día, encontrando que existen horas sin congestión y horas con congestión como se muestra en la siguiente gráfica. Lo anterior se determinó con base en el trabajo de campo realizado<sup>4</sup>.

**Figura 2.4 Distribución horario del flujo vehicular en la carretera (2007)**



Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de campo y Manual de Capacidad Vial

En la figura 2.2, se observa que entre las 9:00 y 21:00 horas existe un mayor flujo vehicular (situación con congestión), el cual asciende en el año 2007 a 5,597 vehículos durante doce horas al día. Por otro lado, el flujo vehicular entre las 21:00 y 9:00 horas (situación sin congestión) es de 2,077 vehículos.

En el cuadro 2.4, se presenta el TDPA por tipo de vehículo para las horas sin congestión y con congestión, utilizando la composición vehicular presentada en el cuadro 2.2.

<sup>4</sup> Es requisito incluir en los Anexos la descripción y resultado del trabajo o estudios de campo realizados.

**Cuadro 2.5 TDPA en horas sin congestión y con congestión de acuerdo a la composición vehicular de la carretera (2007)**

Nivel de congestión	Tramo A			Año: 2007	
	TDPA total	Vehículo ligero	Autobús	Camión Unitario	Camión Articulado
Sin congestión	2,077	1,380	126	347	223
Con congestión	5,597	3,719	341	936	602
Total	7,674	5,099	467	1,283	825

Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de campo

## 2.3 Problemática y variables críticas

### 2.3.1 Tramificación por oferta y demanda

La tramificación de la carretera con base en la oferta derivó en 3 tramos indicados en la sección 2.1.1 y por demanda se considera un solo tramo. De acuerdo a esto la carretera finalmente se ha tramificado en tres tramos.

**Cuadro 2.6 Tramificación por oferta y demanda**

Tramificación por oferta-demanda			
Concepto	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Km de inicio	0 +000	12 +060	20 +310
Km de término	12 +060	20 +310	23 +850
Longitud total (Km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

### 2.3.2 Velocidades promedio de operación actuales

En el trabajo de campo se estimaron las velocidades promedio mediante el método de seguimiento de las placas. De esta manera se obtuvo el tiempo en que recorre cada vehículo por cada tramo y toda la ruta del proyecto y por lo tanto, tomando la distancia de la ruta, se pudo calcular la velocidad de operación por tipo de vehículo.

Se encontró que existen cambios relativamente significativos en las velocidades, dependiendo del aforo vehicular, es decir, existe una velocidad para la situación sin congestión y otra para la situación con congestión. Por lo tanto, en el cuadro 2.7 se muestran los resultados obtenidos.

**Cuadro 2.7 Velocidades promedio en horas sin congestión y con congestión en la situación actual (km/hr), (2007)**

Velocidades promedio en la situación actual (km/hr) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	65	40	45	35	35	25
Autobús	55	35	35	30	30	25
Camión unitario	45	35	30	25	25	20
Camión articulado	30	25	25	20	20	15

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

### 2.3.3 Costos generalizados de viaje actuales

A continuación se presenta el cálculo del CGV en la situación actual, el cual se compone del costo de operación de los vehículos (COV) más el costo por tiempo de recorrido (CTR) de los pasajeros.

De acuerdo con las condiciones físicas y geométricas de la carretera se determinaron los COV utilizando el modelo computacional VOC-MEX 3.0<sup>5</sup>. En el cuadro 2.8 se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al tramo, tipo de vehículo y horario de congestión.

**Cuadro 2.8 COV promedio por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación actual**

COV promedio en la situación actual (Pesos/Vehículo/Km) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	3.53	4.81	4.21	5.01	4.87	6.30
Autobús	8.60	11.58	9.14	10.27	9.54	11.04
Camión unitario	7.56	8.09	8.20	8.24	8.78	9.80
Camión articulado	16.84	17.69	16.19	17.46	17.12	19.29

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del programa VOC-MEX 3.0

El CTR se calculó con base en las velocidades promedio y la longitud de los tramos, el valor el tiempo de las personas corresponde al publicado por el CEPEP en su página de Internet.

<sup>5</sup> Submodelo del HDM-III desarrollado por el Banco Mundial, adaptado y calibrado para México por la SCT.

**Cuadro 2.9 CTR por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación actual**

CTR promedio en la situación actual (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Valor del tiempo de las personas: 26.37 Pesos/Hr						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
	Vehículo ligero	12.72	20.67	12.57	16.16	6.93
Autobús	139.93	219.89	150.42	175.49	75.30	90.36
Camión unitario	12.72	16.36	13.05	15.66	6.72	8.40
Camión articulado	20.14	24.17	16.53	20.67	8.87	11.82

Fuente: Elaboración propia, valor del tiempo de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

Finalmente, el CGV incluye el COV y el CTR del tramo correspondiente. En el cuadro 2.10 se muestra el CGV promedio por tipo de vehículo y en el 2.11 el costo generalizado de viaje total para la situación actual, año 2007.

**Cuadro 2.10 CGV promedio por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación actual**

CGV promedio en la situación actual (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
	Vehículo ligero	55.29	78.69	47.29	57.47	24.16
Autobús	243.65	359.52	225.79	260.23	109.08	129.43
Camión unitario	103.94	113.94	80.73	83.61	37.78	43.08
Camión articulado	223.21	237.49	150.08	164.72	69.48	80.10

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 2.11 CGV anual (2007) por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación actual**

CGV total anual en la situación actual 2007 para cada tramo y nivel de congestión (millones de pesos)						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
	Vehículo ligero	27.9	106.8	23.8	78.0	12.2
Autobús	11.2	44.7	10.4	32.4	5.0	16.1
Camión unitario	13.2	38.9	10.2	28.6	4.8	14.7
Camión articulado	18.2	52.2	12.2	36.2	5.7	17.6
<b>Total</b>	<b>70.4</b>	<b>242.7</b>	<b>56.6</b>	<b>175.2</b>	<b>27.6</b>	<b>91.9</b>
					<b>Gran Total:</b>	<b>664.4</b>

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.4 Problemática a resolver

Dadas las características físicas y geométricas, y la demanda actuales de la carretera, durante doce horas en promedio cada día se presenta congestión, lo cual incrementa los

## Situación Actual

---

costos de operación y tiempo de recorrido de los usuarios. Con este proyecto de ampliación se pretende incrementar los niveles de servicio con la finalidad de incrementar la velocidad promedio y reducir los costos generalizados de viaje.

En la situación actual, el nivel de servicios de la carretera A – B se ve deteriorado por las condiciones la infraestructura. Lo anterior se debe principalmente a que cuenta con un solo carril por sentido y a que el índice de rugosidad es superior a 4 en todos los tramos. El señalamiento se considera adecuado por lo que éste no afecta el nivel de servicio.

## 3. Situación sin Proyecto

### 3.1 Optimizaciones

De acuerdo con las características actuales de la carretera, se plantea como optimización posible pasar de un IRI actual mayor a 4 a lo largo de toda la carretera a uno de 3.0 en la superficie de rodado, esto permitirá una mayor velocidad promedio de circulación en la y como consecuencia, un menor CGV. Lo anterior se llevaría a cabo con actividades de bacheo general y riego de sello y, en las secciones que así se requiera, tendido de carpeta.

### 3.2 Análisis de la oferta

Considerando la optimización descrita anteriormente, en el cuadro 3.1 se presentan las características físicas y geométricas de la carretera.

**Cuadro 3.1 Características físicas y geométricas de la carretera por tramo en la situación sin proyecto**

Características físicas y geométricas de cada tramo de la carretera con optimizaciones (sin proyecto)			
Concepto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Longitud del tramo (km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso
Número de carriles	1	1	1
Ancho de corona (m)	12.00	12.00	12.00
Acotamientos (m)	2.50	2.50	2.50
Tipo de superficie	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad (m/km)	3.00	3.00	3.00
Pendiente media ascendente (%)	0.03%	0.35%	0.51%
Pendiente media descendente (%)	0.05%	0.41%	0.57%
Proporción de viaje ascendente (%)	12.00%	35.00%	38.00%
Proporción de viaje plano (%)	74.00%	27.00%	25.00%
Altitud promedio (m.s.n.m)	1337.4	1546.9	1782.6
Curvatura horizontal promedio ponderada (grados / km)	52.47	61.14	68.75
Condiciones actuales de la línea divisoria y laterales	Buena	Buena	Buena
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

### 3.3 Análisis de la demanda

#### 3.3.1 Proyección del TDPA

Con base en la tasa anual de crecimiento promedio del PIB<sup>6</sup>, se realizó la proyección del TDPA en el horizonte de evaluación, en horas con congestión y sin congestión por tipo de vehículo. Los resultados para algunos años se presentan en los cuadros 3.2 y 3.3.

**Cuadro 3.2 Proyección del TDPA en horas con congestión para algunos años en el horizonte de evaluación**

Proyección del TDPA con congestión		Tramo A		Tasa de crecimiento: 2.50%	
Año	Vehículo ligero	Autobús	Camión unitario	Camión articulado	TDPA
2007	3,719	341	936	602	5,598
2008	3,812	350	959	617	5,738
2009	3,907	358	983	632	5,881
2010	4,005	367	1,008	648	6,028
2015	4,531	415	1,140	733	6,821
2020	5,127	470	1,290	830	7,717
2025	5,800	532	1,460	939	8,731
2030	6,563	602	1,652	1,062	9,878
2035	7,425	681	1,869	1,202	11,176
2038	7,996	733	2,012	1,294	12,036

Fuente: Elaboración propia

\*Tasa de crecimiento del PIB de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

<sup>6</sup> La tasa de crecimiento promedio del PIB para la proyección de la demanda de proyectos de carreteras podrá consultarse en la página de Internet del CEPEP.

**Cuadro 3.3 Proyección del TDPA en horas sin congestión para algunos años en el horizonte de evaluación**

Año	Proyección del TDPA sin congestión		Tramo A		Tasa de crecimiento: 2.50%	
	Vehículo ligero	Autobús	Camión unitario	Camión articulado	TDPA	
2007	1,380	126	347	223	2,076	
2008	1,415	129	356	229	2,128	
2009	1,450	132	365	234	2,181	
2010	1,486	136	374	240	2,236	
2015	1,681	154	423	272	2,529	
2020	1,902	174	478	307	2,862	
2025	2,152	197	541	348	3,238	
2030	2,435	222	612	394	3,663	
2035	2,755	252	693	445	4,145	
2038	2,967	271	746	479	4,463	

Fuente: Elaboración propia

\*Tasa de crecimiento del PIB de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

Para conocer el TDPA por año, véase el anexo A.

En el cuadro 3.4 se muestran los aforos vehiculares que presentará esta carretera para algunos años del horizonte de evaluación.

**Cuadro 3.4 Aforos anuales<sup>7</sup> vehiculares para algunos años en el horizonte de evaluación**

Año	Proyección del aforo vehicular anual sin proyecto		Tramo A		Tasa de crecimiento: 2.50%		
	Vehículo ligero	Autobús	Camión unitario	Camión articulado	TDPA total	Aforo anual	
2007	5,099	467	1,283	825	7,674	2,801,010	
2008	5,226	479	1,315	846	7,866	2,871,035	
2009	5,357	491	1,348	867	8,062	2,942,811	
2010	5,491	503	1,382	888	8,264	3,016,381	
2015	6,213	569	1,563	1,005	9,350	3,412,759	
2020	7,029	644	1,769	1,137	10,579	3,861,223	
2025	7,953	728	2,001	1,287	11,969	4,368,620	
2030	8,998	824	2,264	1,456	13,542	4,942,692	
2035	10,180	932	2,562	1,647	15,321	5,592,203	
2038	10,963	1,004	2,758	1,774	16,499	6,022,190	

Fuente: Elaboración propia

\*Tasa de crecimiento del PIB de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

<sup>7</sup> Para obtener el resultado, se multiplicó por 365 (días) la suma del TDPA sin congestión y con congestión.

### 3.4 Interacción Oferta-Demanda con optimizaciones

Considerando la optimización definida, para estimar la velocidad promedio por tipo de vehículo en la situación sin proyecto, se realizó un trabajo de campo en una carretera con características semejantes aplicando el método de seguimiento de las placas. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 3.5. De tal forma que ésta es la situación base contra la que se evaluó el proyecto.

**Cuadro 3.5 Velocidades promedio de circulación por tramo en horas sin congestión y con congestión en la situación sin proyecto (optimizada)**

Velocidades promedio en la situación sin proyecto (km/hr) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	70	45	50	40	40	30
Autobús	60	40	40	30	35	30
Camión unitario	50	40	35	27	30	25
Camión articulado	35	30	30	25	25	20

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

Para calcular el CGV de la situación sin proyecto, primero se calculó el COV con base en las velocidades estimadas y utilizando el programa VOC-MEX 3.0, los resultados se muestran en el cuadro 3.6. Posteriormente se obtuvo el CTR para cada vehículo de acuerdo al tiempo de recorrido y el valor del tiempo de las personas, y se puede consultar en el cuadro 3.7. Finalmente, el CGV es resultado de la suma de los dos costos anteriores; en el cuadro 3.8 se muestra el CGV promedio por vehículo y en seguida el costo generalizado total para el año 2009, que se refiere al primer año de operación.

**Cuadro 3.6 COV promedio por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación sin proyecto (optimizada)**

COV promedio en la situación sin proyecto (Pesos/Vehículo/Km) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	3.34	3.66	3.85	4.07	4.34	4.64
Autobús	8.06	8.50	8.19	8.79	8.39	9.07
Camión unitario	6.98	7.46	7.31	7.68	7.67	8.29
Camión articulado	15.40	16.58	14.57	15.40	15.08	16.10

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del programa VOC-MEX 3.0

**Cuadro 3.7 CTR por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación sin proyecto (optimizada)**

CTR promedio en la situación sin proyecto (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Valor del tiempo de las personas: 26.37 Pesos/Hr						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
	Vehículo ligero	11.81	18.50	11.31	14.14	6.07
Autobús	128.27	192.40	131.62	175.49	64.54	75.30
Camión unitario	11.45	14.31	11.19	14.50	5.60	6.72
Camión articulado	17.26	20.14	13.78	16.53	7.09	8.87

Fuente: Elaboración propia, valor del tiempo de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

**Cuadro 3.8 CGV promedio por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación sin proyecto (optimizada)**

CGV promedio en la situación sin proyecto (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
	Vehículo ligero	52.09	62.68	43.04	47.71	21.42
Autobús	225.44	294.96	199.22	248.04	94.26	107.39
Camión unitario	95.62	104.26	71.49	77.84	32.77	36.08
Camión articulado	202.99	220.15	134.00	143.61	60.49	65.87

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 3.9 CGV anual (2009) por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación sin proyecto (optimizada)**

GV total anual en la situación sin proyecto en 2009 para cada tramo y nivel de congestión (millones de pesos)						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión
	Vehículo ligero	27.6	89.4	22.8	68.0	11.3
Autobús	10.9	38.6	9.6	32.4	4.6	14.0
Camión unitario	12.7	37.4	9.5	27.9	4.4	13.0
Camión articulado	17.4	50.8	11.5	33.2	5.2	15.2
Total	68.5	216.2	53.4	161.6	25.4	77.2
					<b>Gran Total:</b>	<b>602.3</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Alternativas de solución

Como alternativa se consideró la construcción de una nueva carretera que comunicaba las ciudades A y B con un trazo distinto al actual y que contemplaba un destino intermedio C.

De acuerdo al análisis conceptual realizado, a pesar de que las condiciones de la alternativa desechada permitían un costo por kilómetro de construcción menor al del proyecto, no fue posible reducir lo suficiente el CGV para que fuera más barato para los usuarios transitar por aquella alternativa. Así, y con base en información preliminar, tanto el VPN como la TIR indicaban que el proyecto seleccionado resultaba significativamente más rentable desde el punto de vista socioeconómico.

## 4. Situación con Proyecto

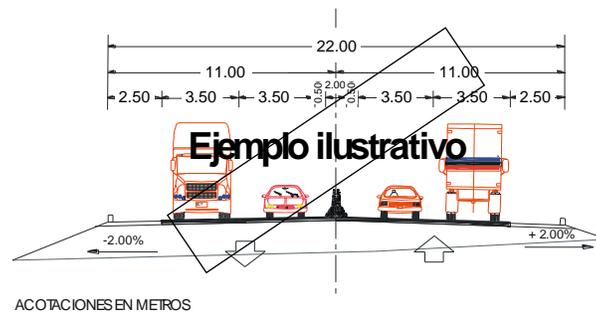
### 4.1 Descripción del proyecto de inversión

#### 4.1.1 Descripción general

El proyecto consiste en la ampliación de dos a cuatro carriles para ambos sentidos de la carretera de 23.85 km, situada entre las ciudades A y B.

La ampliación se realizará mediante la construcción de un cuerpo paralelo considerando las características de longitud, tipo de terreno, pendientes, altitud y trazo ya existentes en la situación sin proyecto. Con dicha ampliación, la carretera será de tipo A4, con un ancho de corona de 22 metros, acotamientos de 2.5 metros y una superficie de rodado de asfalto.

*Diagrama de sección transversal de 22 metros*



El monto de inversión se presenta a continuación.

Componente <sup>8</sup>	Cant.	Tipo de superficie	Costo Unitario	Principales Características
Tramo 1A	12.06 km	Pavimento asfáltico	\$ 5,100,000/Km  Total: \$ 61,506,000	Dos cuerpos separados (uno ya existente), cada uno con un ancho de corona de 11 metros, acotamientos de 2.5 metros y superficie de rodado de asfalto. Tipo de terreno: Plano

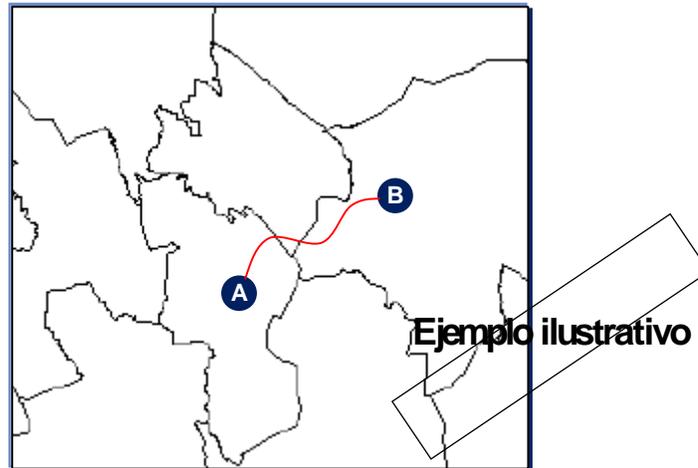
<sup>8</sup> En caso de que el proyecto incluya estructuras, éstas deberán incluirse de forma independiente en esta tabla.

Componente <sup>8</sup>	Cant.	Tipo de superficie	Costo Unitario	Principales Características
Tramo 2A	8.25 km	Pavimento asfáltico	\$ 5,580,000/Km  Total: \$ 46,035,000	Dos cuerpos separados (uno ya existente), cada uno con un ancho de corona de 11 metros, acotamientos de 2.5 metros y superficie de rodado de asfalto. Tipo de terreno: Lomerío
Tramo 3A	3.54 km	Pavimento asfáltico	\$ 7,000,000/Km  Total: \$ 24,780,000	Dos cuerpos separados (uno ya existente), cada uno con un ancho de corona de 11 metros, acotamientos de 2.5 metros y superficie de rodado de asfalto. Tipo de terreno: Montañoso
Terreno	17,500 m <sup>2</sup>		\$ 1,038.29  Total: \$ 18,170,000	Derecho de vía faltante en una franja de 3.5 km de largo y 5 metros de ancho
<b>Total</b>			<b>\$ 150,491,000</b>	

### 4.1.2 Localización geográfica

El proyecto se ubica en el estado de Morelos, va de la ciudad A a la ciudad B como se indica en el siguiente croquis.

*Croquis del proyecto*



### 4.1.3 Calendario de actividades

La ejecución del proyecto se planea realizar a lo largo de un año de la siguiente forma.

*Cuadro 4.1 Calendario de actividades*

Actividad	Trimestre			
	1	2	3	4
1 Estudios de mecánica de suelos	■			
2 Ingeniería de detalle	■	■		
3 Suministro de materiales			■	■
4 Limpieza, trazo y nivelación			■	
5 Construcción de carpeta asfáltica				■
6 Señalamientos				■
7 Limpieza general				■

Fuente: Elaboración propia con base en el estudio de ingeniería del proyecto "Ampliación de la carretera situada entre las ciudades A y B".

### 4.1.4 Monto total de inversión del proyecto

**Cuadro 4.2 Monto total de inversión**

Componente	Monto total de inversión (Millones de pesos)		Porcentaje
	Inversión con IVA	Inversión sin IVA	
Tramo 1A	71.35	61.51	41%
Tramo 2A	53.40	46.04	31%
Tramo 3A	28.74	24.78	16%
Terreno	18.17	18.17	12%
Total	171.66	150.49	100%

### 4.1.5 Fuentes de financiamiento

**Cuadro 4.3 Fuente de los recursos**

Fuente de los recursos <sup>9</sup>	Porcentaje	Monto
Recursos Fiscales	100%	150.49
Total	100%	150.49

<sup>9</sup> En caso necesario incluir recursos estatales, municipales, privados, fideicomisos y otros

#### 4.1.6 Vida útil del proyecto de inversión

**Cuadro 4.4 Vida útil del proyecto**

Vida útil del Proyecto de Inversión	
Vida útil promedio del proyecto	30 años
Horizonte de Evaluación del Proyecto de Inversión (años)	
Horizonte de evaluación del proyecto	31 años incluyendo 1 año de construcción

#### 4.1.7 Descripción de los aspectos más relevantes de los estudios realizados

**Cuadro 4.5 Avance de 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

#### Aspectos más relevantes de los estudios técnicos

Técnicamente, el proyecto ejecutivo se está realizando de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT y contará con el visto bueno correspondiente.

#### Aspectos más relevantes del estudio legal

Ya que el proyecto se refiere a una ampliación, la mayor parte del derecho de vía se encuentra liberado actualmente. Únicamente se requiere liberar una franja de 5 metros de ancho por 3.5 kilómetros de largo aproximadamente, cuyo costo está incluido en el monto de inversión del proyecto. El Centro SCT está encargado de las negociaciones y formalización de los montos indemnizatorios.

#### Descripción de los aspectos más relevantes del estudio ambiental

Respecto al tema ambiental, se encuentra en trámite el resolutivo de SEMARNAT de la Manifestación de Impacto Ambiental, de la misma forma se encuentra en proceso la elaboración de los Estudios Técnicos Justificativos (ETJ). El costo de mitigación estimado hasta el momento está incluido en el costo de obra.

### **Descripción de los aspectos más relevantes del estudio de mercado**

Se ha observado que las ciudades A y B se han ido especializando a lo largo de los últimos años, este comportamiento se puede explicar por la corta distancia entre ambas y la diferencia en la oferta de infraestructura y servicios de cada una de ellas. La ciudad A tiende a crecer en actividad productiva, es decir, cuenta con una mayor proporción de área construida para uso industrial y de oficinas que la ciudad B. Esta última ha incrementado la superficie y número de viviendas de tal forma que la tendencia es que las personas vivan en la ciudad B y se transporten a sus centros de trabajo en la ciudad A.

Derivado de lo anterior, del estudio de mercado y del crecimiento de la economía de las ciudades A y B, se estima que en caso de no realizarse el proyecto se caería a niveles de servicio muy bajos presentándose mayor congestión en el corto o mediano plazo.

### **Identificación de los principales agentes económicos involucrados**

**Usuarios de la carretera:** Principales beneficiarios del proyecto. Como se pudo observar en el estudio de demanda, dos terceras partes de los vehículos y usuarios son automóbiles en horas laborales, por lo que los usuarios tienden a ser aquellas personas que se trasladan a sus centros de trabajo. Debido a esta situación, se considera que su apoyo al proyecto es muy positivo ya que reducirá el tiempo diario de transporte. Será importante considerar una adecuada comunicación durante la construcción.

**Comunidades o poblaciones:** Centros poblacionales beneficiados por el proyecto a través de la mejora de las vías de comunicación. Las autoridades de las localidades A y B que conecta el proyecto están de acuerdo con él por los beneficios que traerá a sus pobladores.

**Otros:** Cualquier otro actor impactado por la ejecución del proyecto (por ejemplo, productores que utilicen la carretera para comercializar sus productos en otros centros poblacionales). Si bien, no se ha logrado identificar apoyo que tendrían, se han identificado empresas transportistas y negocios ubicados a los lados o cerca de la carretera. Sería importante poner atención a su reacción al proyecto para obtener su apoyo o, al menos, evitar que se expresen en contra de él.

## 4.1 Oferta

Una vez que la carretera haya sido ampliada, ésta contará con las características físicas y geométricas que se muestran en el cuadro 4.6.

**Cuadro 4.6 Características físicas y geométricas por tramo de la carretera en la situación con proyecto**

Características físicas y geométricas de la carretera con proyecto			
Concepto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Longitud del tramo (km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso
Número de carriles	2	2	2
Ancho de corona (m)	22.00	22.00	22.00
Acotamientos (m)	2.50	2.50	2.50
Tipo de superficie	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad (m/km)	3.00	3.00	3.00
Pendiente media ascendente (%)	0.03%	0.35%	0.51%
Pendiente media descendente (%)	0.05%	0.41%	0.57%
Proporción de viaje ascendente (%)	12.00%	35.00%	38.00%
Proporción de viaje plano (%)	74.00%	27.00%	25.00%
Altitud promedio (m.s.n.m)	1337.4	1546.9	1782.6
Curvatura horizontal promedio ponderada (grados / km)	52.47	61.14	68.75
Condiciones actuales de la línea divisoria y laterales	Buena	Buena	Buena
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia con información del estudio técnico y de campo

## 4.2 Demanda

La demanda en la situación con proyecto está compuesta por los vehículos que transitarían por la carretera una vez realizada su ampliación. Para este caso, la demanda se considera igual que en la situación sin proyecto debido a que no existen carreteras sustitutas que permitan circular en el mismo origen-destino. Por lo tanto, no habrá tránsito desviado debido a la reducción del CGV. Adicionalmente, con base en experiencias anteriores con carreteras de características similares, el tránsito generado es marginal, por lo que tampoco se considera como parte de la demanda con proyecto.

La proyección de la demanda con proyecto se muestra en el cuadro 4.7.

**Cuadro 4.7 Proyección de la demanda con proyecto para algunos años en el horizonte de evaluación**

Proyección del aforo vehicular anual con proyecto						
Año	Vehículos ligeros	Autobuses	Camiones unitarios	Camiones articulados	TDPA total	Aforo anual
2007	5,099	467	1,283	825	7,674	2,801,010
2008	5,226	479	1,315	846	7,866	2,871,035
2009	5,357	491	1,348	867	8,062	2,942,811
2010	5,491	503	1,382	888	8,264	3,016,381
2015	6,213	569	1,563	1,005	9,350	3,412,759
2020	7,029	644	1,769	1,137	10,579	3,861,223
2025	7,953	728	2,001	1,287	11,969	4,368,620
2030	8,998	824	2,264	1,456	13,542	4,942,692
2035	10,180	932	2,562	1,647	15,321	5,592,203
2038	10,963	1,004	2,758	1,774	16,499	6,022,190

Fuente: Elaboración propia

Para conocer el TDPA por año, véase anexo A.

### 4.3 Interacción Oferta-Demanda a lo largo del horizonte de evaluación

Las velocidades promedio de la situación con proyecto se obtuvieron con base en estudios previos de evaluación de carreteras con características similares a las del proyecto. Los resultados se muestran en el cuadro 4.8.

**Cuadro 4.8 Velocidades promedio de circulación por tramo (km/hr) en la situación con proyecto**

Velocidades promedio en la situación con proyecto (km/hr) para cada			
	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Tipo de vehículo	Sin Congestión	Sin Congestión	Sin Congestión
Vehículo ligero	78	56	47
Autobús	68	46	40
Camión unitario	57	39	33
Camión articulado	42	34	30

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de camp

De forma análoga a la situación sin proyecto, se calculó el COV y el CTR para finalmente obtener el CGV por tramo y total tal como se muestra en los siguientes cuadros.

**Cuadro 4.9 COV promedio por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación con proyecto**

COV promedio en la situación con Proyecto (Pesos/Vehículo/Km) para cada tramo			
Tipo de vehículo	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
	Sin Congestión	Sin Congestión	Sin Congestión
Vehículo ligero	3.71	4.39	4.89
Autobús	8.92	9.23	9.48
Camión unitario	7.93	8.33	8.55
Camión articulado	17.37	16.18	17.08

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del programa VOC-MEX 3.0

**Cuadro 4.10 CTR por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación con proyecto**

CTR promedio en la situación con Proyecto (Pesos/Vehículo) para cada			
Valor del tiempo de las personas:			26.37
Tipo de vehículo	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
	Sin Congestión	Sin Congestión	Sin Congestión
Vehículo ligero	10.61	10.05	5.15
Autobús	113.66	113.32	56.87
Camión unitario	10.01	9.94	5.04
Camión articulado	14.41	12.24	5.94

Fuente: Elaboración propia, valor del tiempo de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

**Cuadro 4.11 CGV promedio por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación con proyecto**

CGV promedio en la situación con Proyecto (Pesos/Vehículo) para cada			
Tipo de vehículo	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Vehículo ligero	55.39	46.24	22.46
Autobús	221.19	189.47	90.44
Camión unitario	105.59	78.70	35.31
Camión articulado	223.88	145.70	66.40

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.12 CGV anual (2009) por tipo de vehículo, tramo y niveles de congestión en la situación con proyecto**

CGV total anual en la situación con proyecto para cada tramo en 2009 (millones de pesos)			
Tipo de vehículo	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Vehículo ligero	108.3	90.4	43.9
Autobús	39.6	33.9	16.2
Camión unitario	51.9	38.7	17.4
Camión articulado	70.8	46.1	21.0
Total	270.7	209.2	98.5
Fuente: Elaboración propia		<b>Gran Total:</b>	<b>578.4</b>

## 5. Evaluación del Proyecto

### 5.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto de inversión

#### 5.1.1 Costos de inversión y mantenimiento

En este proyecto se identifican los costos de inversión y mantenimiento, los cuales se cuantifican y valoran respecto a las cotizaciones presentadas en el estudio de ingeniería de este proyecto.

**Cuadro 5.1 Costos de inversión**

Concepto	Costo de ejecución			Terreno (m <sup>2</sup> )
	Tramo 1A (km)	Tramo 2A (km)	Tramo 3A (km)	
Tipo de terreno:	Plano	Lomerío	Montañoso	
Costo unitario (pesos):	5,100,000	5,580,000	7,000,000	1,038.29
Cantidad:	12.06	8.25	3.54	17,500
Costo total (pesos):	61,506,000	46,035,000	24,780,000	18,170,000

Fuente: Estudios de ingeniería

Para obtener los costos del proyecto sin sobrevalorarlos se consideró el costo de mantenimiento de la situación sin proyecto. De esta forma el costo de mantenimiento y operación que se usó en la evaluación es la diferencia entre el costo con proyecto y el costo sin proyecto.

**Cuadro 5.2 Costos de mantenimiento y operación sin proyecto**

Concepto	Costo de mantenimiento y operación sin proyecto (pesos)				
	Costo por km	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A	Periodicidad
Mtto menor:	48,000	578,880	396,000	169,920	anualmente
Riego de sello:	200,000	2,412,000	1,650,000	708,000	años 4, 12, 20, 28
Sobrecarpeta:	800,000	9,648,000	6,600,000	2,832,000	años 8, 24
Reconstrucción:	3,040,000	36,662,400	25,080,000	10,761,600	año 16

Fuente: Estudios de ingeniería

**Cuadro 5.3 Costos de mantenimiento y operación con proyecto**

Costo de mantenimiento y operación con proyecto (pesos)					
Concepto	Costo por km	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A	Periodicidad
Mtto menor	96,000	1,157,760	792,000	339,840	anualmente
Riego de sello	400,000	4,824,000	3,300,000	1,416,000	años 4, 12, 20, 28
Sobrecarpeta	1,600,000	19,296,000	13,200,000	5,664,000	años 8, 24
Reconstrucción	6,080,000	73,324,800	50,160,000	21,523,200	año 16

Fuente: Estudios de ingeniería

### 5.1.2 Costos por molestias

Para este proyecto no se consideran costos por molestias debido a que se construirá un nuevo cuerpo junto al existente, permitiendo a los vehículos circular por la carretera actual con afectaciones mínimas.

## 5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto de inversión

### 5.2.1 Beneficios directos: Ahorros en CGV en la carretera

El cálculo del CGV en la carretera, tanto de la situación sin proyecto como con proyecto, se realizó con base en información levantada en el estudio de campo, tomando en cuenta la información de composición vehicular y horarios de congestión. La proyección de la demanda se realizó de acuerdo a la metodología correspondiente con una tasa de crecimiento anual promedio del 2.5%.

En este ejemplo se considera que el ahorro unitario en CGV, es decir por cada vehículo, permanece constante a lo largo del horizonte de evaluación. De esta forma, el mayor ahorro en CGV se da como resultado del incremento en la demanda (TDPA) de la carretera<sup>10</sup>.

### 5.2.2 Beneficios indirectos: Ahorros en CGV en la red relevante

Dado que para fines prácticos no existe una red relevante, no existen efectos indirectos de ahorro en CGV.

<sup>10</sup> Para proyectos que requieran una evaluación a nivel pre-factibilidad, será necesario calcular el ahorro en CGV para cada año del horizonte de evaluación.

### 5.2.3 Valor residual

En este caso, el valor residual en el último año del horizonte de evaluación es igual al monto de la inversión (150.49 millones de pesos).

De acuerdo a lo anterior se calcularon los beneficios totales para todo el proyecto y para cada tramo de la carretera

**Cuadro 5.4 Beneficios anuales generados por el proyecto en algunos años en el horizonte de evaluación**

Tramo 1A + 2A + 3A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	23.9			23.9
2010	24.5			24.5
2015	27.7			27.7
2020	31.4			31.4
2025	35.5			35.5
2030	40.2			40.2
2035	45.5			45.5
2038	49.0	150.5		199.5
<b>Total</b>	<b>1,050.5</b>	<b>150.5</b>	<b>-</b>	<b>1,201.0</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5.5 Beneficios anuales generados por el Tramo 1A en algunos años en el horizonte de evaluación**

Tramo 1A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	14.0			14.0
2010	14.4			14.4
2015	16.3			16.3
2020	18.4			18.4
2025	20.8			20.8
2030	23.6			23.6
2035	26.7			26.7
2038	28.7	61.5		90.2
<b>Total</b>	<b>616.5</b>	<b>61.5</b>	<b>-</b>	<b>678.0</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5.6 Beneficios anuales generados por el Tramo 2A en algunos años en el horizonte de evaluación**

Tramo 2A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	5.8			5.8
2010	5.9			5.9
2015	6.7			6.7
2020	7.6			7.6
2025	8.6			8.6
2030	9.7			9.7
2035	11.0			11.0
2038	11.8	46.0		57.9
<b>Total</b>	<b>253.6</b>	<b>46.0</b>	<b>-</b>	<b>299.7</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5.7 Beneficios anuales generados por el Tramo 3A en algunos años en el horizonte de evaluación**

Tramo 3A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	4.1			4.1
2010	4.2			4.2
2015	4.8			4.8
2020	5.4			5.4
2025	6.1			6.1
2030	6.9			6.9
2035	7.8			7.8
2038	8.4	24.8		33.2
<b>Total</b>	<b>180.3</b>	<b>24.8</b>	<b>-</b>	<b>205.1</b>

Fuente: Elaboración propia

Para conocer los beneficios por año, véase anexo A.

## 5.3 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

**Cuadro 5.8 Indicadores de rentabilidad por tramo y por todo el proyecto**

Indicadores de Rentabilidad del Proyecto y por Tramo				
Indicador	Proyecto	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
VPN (mdp)	49.7	39.1	0.6	10.1
TIR	16.16%	18.11%	12.16%	17.11%
TRI (año y porcentaje)	2009	2009	2017	2009
	13.17%	15.02%	12.21%	14.12%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores de rentabilidad, el proyecto completo es rentable y se recomienda ejecutarlo en el año 2008. Además, el proyecto debe incluir todos los tramos ya que todos muestran ser rentables aunque se evalúen de forma independiente.

## 5.1 Análisis de sensibilidad

Se realizaron los análisis correspondientes con cambios en la inversión, en el TDPA y en los costos de mantenimiento obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 5.9.

**Cuadro 5.9 Análisis de sensibilidad con variaciones en la inversión**

Resumen del análisis de sensibilidad				
Tipo de análisis de sensibilidad	Variación	VPN (Mdp)	TIR	Primer año en que la TRI es mayor a 12%
Valores del caso base	0%	49.75	16.16%	2009
Variación en la inversión	10%	36.76	14.63%	2010
Variación en la inversión	20%	23.77	13.57%	2012
Variación en la inversión	30%	10.78	12.66%	2015
Variación en la inversión para VPN=0	38%	0.00	12.00%	2017
Variación en el TDPA	-10%	28.83	14.27%	2011
Variación en el TDPA	-20%	7.92	12.63%	2015
Variación en el TDPA	-30%	-12.99	10.96%	2021
Variación en el TDPA para VPN=0	-24%	-0.00	12.00%	2017
Variación en el costo de mantenimiento	10%	46.80	15.65%	2009
Variación en el costo de mantenimiento	20%	43.85	15.42%	2009
Variación en el costo de mantenimiento	30%	40.90	15.18%	2009
Variación en el periodo de construcción	1	41.14	15.25%	2009

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los indicadores muestran que el proyecto no es rentable cuando el monto de inversión se incrementa más del 38% o cuando el TDPA se reduce más del 24%. El momento ideal para invertir, de acuerdo al valor de la TRI, cambia incluso con pequeñas variaciones en la inversión o el TDPA.

## 5.2 Análisis de riesgos

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de mitigación
Riesgo de baja o nula rentabilidad del proyecto si el TDPA es menor al esperado	El proyecto deja de ser rentable si el TDPA es 24% menor al esperado	Media	Verificar el método, supuestos e información para la proyección del TDPA.
Incremento en el monto de inversión	El incremento de 38% en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Media	Establecer un proceso formal de seguimiento al proyecto con el fin de identificar a tiempo las variaciones en costo y definir medidas correctivas
Posibilidad de que los negocios que se encuentran a lo largo y en los alrededores del proyecto se expresen en contra del mismo por las potenciales pérdidas durante la construcción.	Posibilidad de retraso en las obras y/o necesidad de pagar indemnizaciones.	Baja	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con la comunidad a una persona con experiencia

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

Para el proyecto se concluye lo siguiente:

Se sugiere llevar a cabo el proyecto de ampliación de la carretera A – B a partir del próximo año (2008) ya que los resultados de la evaluación muestran indicadores de rentabilidad VPN y TIR positivos, \$49.7 mdp y 16.16% respectivamente, y una TRI de 13.17% en 2009. Adicionalmente, el análisis de sensibilidad muestra que el TDPA es una variable a la cual el proyecto es sensible, por lo que es recomendable verificar los supuestos sobre los que se pronosticó la demanda.

Ya que los beneficios se han calculado con base en las optimizaciones, el proyecto se considera socioeconómicamente rentable. En caso de no realizar el proyecto los niveles de congestión se deteriorarían derivado del crecimiento en la demanda. Por lo tanto se recomienda realizar la inversión en el momento sugerido.

## 7. Anexos

En esta sección se integran todos los cálculos, tablas y estudios realizados para la evaluación del proyecto.

### 7.1 Anexo A: Evaluación del proyecto

Las secciones que se presentan a continuación corresponden a las hojas del archivo de Excel que sirve como soporte para la evaluación del proyecto<sup>11,12</sup>.

#### 7.1.1 Oferta sin proyecto

1. En esta hoja se capturaron las características físicas y geométricas por tramo y por sentido para la carretera actual y para la carretera con optimizaciones.

Características físicas y geométricas de cada tramo y sentido de circulación de la carretera actual			
Concepto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Longitud del tramo (km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso
Número de carriles	1	1	1
Ancho de corona (m)	12.00	12.00	12.00
Ancho de acotamientos (m)	2.50	2.50	2.50
Tipo de superficie	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad (m/km)	4.26	4.26	4.26
Pendiente media ascendente (%)	0.03%	0.35%	0.51%
Pendiente media descendente (%)	0.05%	0.41%	0.57%
Proporción de viaje ascendente (%)	12.00%	35.00%	38.00%
Proporción de viaje plano (%)	74.00%	27.00%	25.00%
Altitud promedio (m.s.n.m)	1337.4	1546.9	1782.6
Curvatura horizontal promedio ponderada (grados / km)	52.47	61.14	68.75
Condiciones actuales de la línea divisoria y laterales	Buena	Buena	Buena
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

<sup>11</sup> Para cada una se muestran los principales pasos para llenarla.

<sup>12</sup> El formato de Excel es sólo una herramienta de soporte. Es responsabilidad de la entidad o dependencia evaluar, para cada proyecto, la necesidad de modificar la hoja de cálculo.

Características físicas y geométricas de cada tramo de la carretera con optimizaciones (sin proyecto)			
Concepto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Longitud del tramo (km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso
Número de carriles	1	1	1
Ancho de corona (m)	12.00	12.00	12.00
Acotamientos (m)	2.50	2.50	2.50
Tipo de superficie	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad (m/km)	3.00	3.00	3.00
Pendiente media ascendente (%)	0.03%	0.35%	0.51%
Pendiente media descendente (%)	0.05%	0.41%	0.57%
Proporción de viaje ascendente (%)	12.00%	35.00%	38.00%
Proporción de viaje plano (%)	74.00%	27.00%	25.00%
Altitud promedio (m.s.n.m)	1337.4	1546.9	1782.6
Curvatura horizontal promedio ponderada (grados / km)	52.47	61.14	68.75
Condiciones actuales de la línea divisoria y laterales	Buena	Buena	Buena
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

### 7.1.2 Demanda sin proyecto

1. Se captura el tránsito (TDPA) total histórico, idealmente 10 años. Esto con el fin de mostrar el crecimiento y magnitud de la demanda.
2. La tasa media de crecimiento anual del TDPA se calcula tomando en cuenta el tránsito histórico

Tránsito histórico (TDPA)			
Año	Tramo A	Tramo B	Tramo C
2002	5,966	-	-
2003	6,293	-	-
2004	6,638	-	-
2005	7,002	-	-
2006	7,387	-	-
2007/p	7,674	-	-
Tasa media de crecimiento anual	5.2%	N.A.	N.A.

Fuente: Elaboración propia con base en información publicada por la SCT (2002-2006). /p cifras 2007 estimadas.

3. Capturar la composición vehicular, es decir, la cantidad de cada uno de los tipos de vehículos. El porcentaje de cada uno se calcula con base en total.

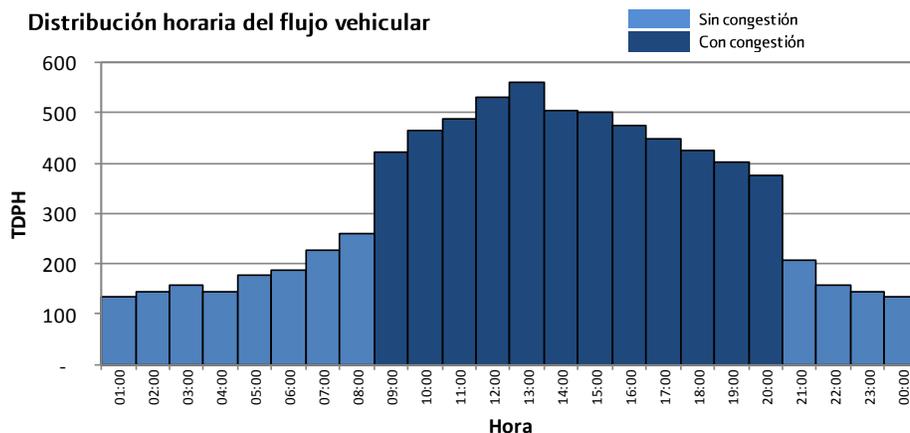
Composición vehicular (TDPA)		Año 2007	
	Tramo A		%
Total	7,674		100.00%
Vehículo ligero (A)	5,099		66.45%
Autobús (B)	467		6.09%
Camión unitario (CU)	1,283		16.72%
Camión articulado (CA)	825		10.75%

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo y la publicada por la SCT (2006)

- Capturar la distribución horaria del tránsito como el número de vehículos promedio que circula cada hora. La gráfica se genera utilizando los datos incluidos aunque es necesario cambiar el color de las barras dependiendo del nivel de congestión.
- El TDPA por cada nivel de congestión, la distribución por tipo de vehículo se calcula con base en la composición vehicular.

Tramo A	
Distribución horaria	
Hora	TDPH*
01:00	135
02:00	145
03:00	156
04:00	145
05:00	177
06:00	187
07:00	228
08:00	260
09:00	420
10:00	465
11:00	487
12:00	532
13:00	560
14:00	504
15:00	502
16:00	476
17:00	448
18:00	425
19:00	403
20:00	375
21:00	208
22:00	156
23:00	145
00:00	135

\*TDPH: Tránsito Diario Promedio por Hora



Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de campo y Manual de Capacidad Vial

TDPA por nivel de congestión y tipo de vehículo			Tramo A		Año: 2007	
Nivel de congestión	TDPA total	Vehículo ligero	Autobús	Camión Unitario	Camión Articulado	
Sin congestión	2,077	1,380	126	347	223	
Con congestión	5,597	3,719	341	936	602	
Total	7,674	5,099	467	1,283	825	

Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de campo

- Capturar la tasa de ocupación como número de pasajeros promedio por tipo de vehículo.

Tasa de ocupación por tipo de vehículo		2006
		Pasajeros por vehículo
Vehículo ligero (A)		2.6
Autobús (B)		24.2
Camión unitario (CU)		1.8
Camión articulado (CA)		1.9

Fuente: Elaboración propia con información de la SCT (2006)

- Para la proyección de la demanda, se captura la tasa anual promedio de crecimiento que corresponde a la del PIB y que será publicada por el CEPEP en su página de Internet. El TDPA por nivel de congestión y tipo de vehículo se calcula con base en las mismas proporciones de la situación actual.

Proyección del TDPA sin congestión		Tramo A			Tasa de crecimiento: 2.50%	
Año	Vehículo ligero	Autobús	Camión unitario	Camión articulado	TDPA	
2007	1,380	126	347	223	2,076	
2008	1,415	129	356	229	2,128	
2009	1,450	132	365	234	2,181	
2010	1,486	136	374	240	2,236	
2011	1,523	139	383	246	2,292	
2012	1,561	143	393	252	2,349	
2013	1,600	146	402	259	2,408	
2014	1,640	150	412	265	2,468	
2015	1,681	154	423	272	2,529	
2016	1,723	157	433	278	2,593	
2017	1,767	161	444	285	2,657	
2018	1,811	165	455	293	2,724	
2019	1,856	169	467	300	2,792	
2020	1,902	174	478	307	2,862	
2021	1,950	178	490	315	2,933	
2022	1,999	182	503	323	3,007	
2023	2,049	187	515	331	3,082	
2024	2,100	192	528	339	3,159	
2025	2,152	197	541	348	3,238	
2026	2,206	201	555	356	3,319	
2027	2,261	206	569	365	3,402	
2028	2,318	212	583	375	3,487	
2029	2,376	217	597	384	3,574	
2030	2,435	222	612	394	3,663	
2031	2,496	228	628	403	3,755	
2032	2,558	234	643	413	3,849	
2033	2,622	239	659	424	3,945	
2034	2,688	245	676	434	4,044	
2035	2,755	252	693	445	4,145	
2036	2,824	258	710	456	4,248	
2037	2,895	264	728	468	4,355	
2038	2,967	271	746	479	4,463	
2039	3,041	278	765	491	4,575	

Fuente: Elaboración propia

\*Tasa de crecimiento del PIB de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

Año	Proyección del TDPA con congestión		Tramo A		Tasa de crecimiento: 2.50%	
	Vehículo ligero		Autobús	Camión unitario	Camión articulado	TDPA
2007	3,719		341	936	602	5,598
2008	3,812		350	959	617	5,738
2009	3,907		358	983	632	5,881
2010	4,005		367	1,008	648	6,028
2011	4,105		376	1,033	664	6,179
2012	4,208		386	1,059	681	6,334
2013	4,313		395	1,085	698	6,492
2014	4,421		405	1,113	716	6,654
2015	4,531		415	1,140	733	6,821
2016	4,645		426	1,169	752	6,991
2017	4,761		437	1,198	771	7,166
2018	4,880		447	1,228	790	7,345
2019	5,002		459	1,259	810	7,529
2020	5,127		470	1,290	830	7,717
2021	5,255		482	1,323	851	7,910
2022	5,386		494	1,356	872	8,108
2023	5,521		506	1,389	894	8,310
2024	5,659		519	1,424	916	8,518
2025	5,800		532	1,460	939	8,731
2026	5,945		545	1,496	962	8,949
2027	6,094		559	1,534	986	9,173
2028	6,246		573	1,572	1,011	9,402
2029	6,403		587	1,611	1,036	9,637
2030	6,563		602	1,652	1,062	9,878
2031	6,727		617	1,693	1,089	10,125
2032	6,895		632	1,735	1,116	10,378
2033	7,067		648	1,779	1,144	10,638
2034	7,244		664	1,823	1,173	10,904
2035	7,425		681	1,869	1,202	11,176
2036	7,611		698	1,915	1,232	11,456
2037	7,801		715	1,963	1,263	11,742
2038	7,996		733	2,012	1,294	12,036
2039	8,196		751	2,063	1,327	12,337

Fuente: Elaboración propia

\*Tasa de crecimiento del PIB de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

Proyección del aforo vehicular anual sin proyecto			Tramo A		Tasa de crecimiento: 2.50%	
Año	Vehículo ligero	Autobús	Camión unitario	Camión articulado	TDPA total	Aforo anual
2007	5,099	467	1,283	825	7,674	2,801,010
2008	5,226	479	1,315	846	7,866	2,871,035
2009	5,357	491	1,348	867	8,062	2,942,811
2010	5,491	503	1,382	888	8,264	3,016,381
2011	5,628	515	1,416	911	8,471	3,091,791
2012	5,769	528	1,452	933	8,682	3,169,086
2013	5,913	542	1,488	957	8,899	3,248,313
2014	6,061	555	1,525	981	9,122	3,329,521
2015	6,213	569	1,563	1,005	9,350	3,412,759
2016	6,368	583	1,602	1,030	9,584	3,498,078
2017	6,527	598	1,642	1,056	9,823	3,585,530
2018	6,690	613	1,683	1,082	10,069	3,675,168
2019	6,858	628	1,725	1,110	10,321	3,767,047
2020	7,029	644	1,769	1,137	10,579	3,861,223
2021	7,205	660	1,813	1,166	10,843	3,957,754
2022	7,385	676	1,858	1,195	11,114	4,056,698
2023	7,569	693	1,905	1,225	11,392	4,158,115
2024	7,759	711	1,952	1,255	11,677	4,262,068
2025	7,953	728	2,001	1,287	11,969	4,368,620
2026	8,152	747	2,051	1,319	12,268	4,477,835
2027	8,355	765	2,102	1,352	12,575	4,589,781
2028	8,564	784	2,155	1,386	12,889	4,704,526
2029	8,778	804	2,209	1,420	13,211	4,822,139
2030	8,998	824	2,264	1,456	13,542	4,942,692
2031	9,223	845	2,321	1,492	13,880	5,066,259
2032	9,453	866	2,379	1,530	14,227	5,192,916
2033	9,690	887	2,438	1,568	14,583	5,322,739
2034	9,932	910	2,499	1,607	14,947	5,455,807
2035	10,180	932	2,562	1,647	15,321	5,592,203
2036	10,435	956	2,626	1,688	15,704	5,732,008
2037	10,695	980	2,691	1,730	16,097	5,875,308
2038	10,963	1,004	2,758	1,774	16,499	6,022,190
2039	11,237	1,029	2,827	1,818	16,912	6,172,745

Fuente: Elaboración propia

\*Tasa de crecimiento del PIB de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

### 7.1.3 Interacción oferta-demanda sin proyecto

1. Tanto para la situación actual como para la situación sin proyecto (con optimizaciones) se capturaron las velocidades promedio y el COV por tipo de vehículo calculado con base en el VOC-MEX 3.0.

Velocidades promedio en la situación actual (km/hr) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	65	40	45	35	35	25
Autobús	55	35	35	30	30	25
Camión unitario	45	35	30	25	25	20
Camión articulado	30	25	25	20	20	15

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

Velocidades promedio en la situación sin proyecto (km/hr) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	70	45	50	40	40	30
Autobús	60	40	40	30	35	30
Camión unitario	50	40	35	27	30	25
Camión articulado	35	30	30	25	25	20

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de campo

COV promedio en la situación actual (Pesos/Vehículo/Km) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	3.53	4.81	4.21	5.01	4.87	6.30
Autobús	8.60	11.58	9.14	10.27	9.54	11.04
Camión unitario	7.56	8.09	8.20	8.24	8.78	9.80
Camión articulado	16.84	17.69	16.19	17.46	17.12	19.29

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del programa VOC-MEX 3.0

COV promedio en la situación sin proyecto (Pesos/Vehículo/Km) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	3.34	3.66	3.85	4.07	4.34	4.64
Autobús	8.06	8.50	8.19	8.79	8.39	9.07
Camión unitario	6.98	7.46	7.31	7.68	7.67	8.29
Camión articulado	15.40	16.58	14.57	15.40	15.08	16.10

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del programa VOC-MEX 3.0

- Se captura el valor del tiempo de las personas en pesos/hora y el CTR tanto de la situación actual como sin proyecto se calcula utilizando el tiempo de viaje de acuerdo a la velocidad y distancia de cada tramo.

CTR promedio en la situación actual (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Valor del tiempo de las personas: 26.37 Pesos/Hr						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	12.72	20.67	12.57	16.16	6.93	9.71
Autobús	139.93	219.89	150.42	175.49	75.30	90.36
Camión unitario	12.72	16.36	13.05	15.66	6.72	8.40
Camión articulado	20.14	24.17	16.53	20.67	8.87	11.82

Fuente: Elaboración propia, valor del tiempo de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

CTR promedio en la situación sin proyecto (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Valor del tiempo de las personas: 26.37 Pesos/Hr						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	11.81	18.50	11.31	14.14	6.07	8.09
Autobús	128.27	192.40	131.62	175.49	64.54	75.30
Camión unitario	11.45	14.31	11.19	14.50	5.60	6.72
Camión articulado	17.26	20.14	13.78	16.53	7.09	8.87

Fuente: Elaboración propia, valor del tiempo de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

3. El CGV anual de las situaciones actual y sin proyecto para el primer año de operación se calcula como la suma del costo de todos los vehículos que transitan por la carretera y tiempo de viaje de los pasajeros.

CGV promedio en la situación actual (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	55.29	78.69	47.29	57.47	24.16	32.00
Autobús	243.65	359.52	225.79	260.23	109.08	129.43
Camión unitario	103.94	113.94	80.73	83.61	37.78	43.08
Camión articulado	223.21	237.49	150.08	164.72	69.48	80.10

Fuente: Elaboración propia

CGV promedio en la situación sin proyecto (Pesos/Vehículo) para cada tramo						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	52.09	62.68	43.04	47.71	21.42	24.52
Autobús	225.44	294.96	199.22	248.04	94.26	107.39
Camión unitario	95.62	104.26	71.49	77.84	32.77	36.08
Camión articulado	202.99	220.15	134.00	143.61	60.49	65.87

Fuente: Elaboración propia

CGV total anual en la situación actual 2007 para cada tramo y nivel de congestión (millones de pesos)						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	27.9	106.8	23.8	78.0	12.2	43.4
Autobús	11.2	44.7	10.4	32.4	5.0	16.1
Camión unitario	13.2	38.9	10.2	28.6	4.8	14.7
Camión articulado	18.2	52.2	12.2	36.2	5.7	17.6
<b>Total</b>	<b>70.4</b>	<b>242.7</b>	<b>56.6</b>	<b>175.2</b>	<b>27.6</b>	<b>91.9</b>
Fuente: Elaboración propia					<b>Gran Total:</b>	<b>664.4</b>

CGV total anual en la situación sin proyecto en 2009 para cada tramo y nivel de congestión (millones de pesos)						
Tipo de vehículo	Tramo 1A		Tramo 2A		Tramo 3A	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Vehículo ligero	27.6	89.4	22.8	68.0	11.3	35.0
Autobús	10.9	38.6	9.6	32.4	4.6	14.0
Camión unitario	12.7	37.4	9.5	27.9	4.4	13.0
Camión articulado	17.4	50.8	11.5	33.2	5.2	15.2
<b>Total</b>	<b>68.5</b>	<b>216.2</b>	<b>53.4</b>	<b>161.6</b>	<b>25.4</b>	<b>77.2</b>
Fuente: Elaboración propia					<b>Gran Total:</b>	<b>602.3</b>

#### 7.1.4 Oferta con proyecto

De la misma forma que en la situación sin proyecto, se capturaron las características físicas y geométricas del proyecto por tramo y por sentido.

Características físicas y geométricas de la carretera con proyecto			
Concepto	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Longitud del tramo (km)	12.06	8.25	3.54
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso
Número de carriles	2	2	2
Ancho de corona (m)	22.00	22.00	22.00
Acotamientos (m)	2.50	2.50	2.50
Tipo de superficie	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad (m/km)	3.00	3.00	3.00
Pendiente media ascendente (%)	0.03%	0.35%	0.51%
Pendiente media descendente (%)	0.05%	0.41%	0.57%
Proporción de viaje ascendente (%)	12.00%	35.00%	38.00%
Proporción de viaje plano (%)	74.00%	27.00%	25.00%
Altitud promedio (m.s.n.m)	1337.4	1546.9	1782.6
Curvatura horizontal promedio ponderada (grados / km)	52.47	61.14	68.75
Condiciones actuales de la línea divisoria y laterales	Buena	Buena	Buena
Condiciones del señalamiento (horizontal y vertical)	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: Elaboración propia con información del estudio técnico y de campo

### 7.1.5 Demanda con proyecto

1. Si se hubiera considerado el tránsito atraído o generado como parte de la demanda con proyecto, sería necesario capturar el porcentaje que estos representan como proporción del tránsito normal.

Composición del TDPA de la situación con proyecto (como proporción de la situación sin proyecto %)		
Tipo de vehículo	Tránsito atraído	Tránsito generado
Vehículos ligeros	0.00%	0.00%
Autobuses	0.00%	0.00%
Camiones unitarios	0.00%	0.00%
Camiones articulados	0.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia con base en experiencias anteriores

- La proyección del aforo vehicular de la situación con proyecto se calcula con base en el porcentaje de tránsito atraído y generado y la proporción que corresponde a cada tipo de vehículo.

Proyección del aforo vehicular anual con proyecto						
Año	Vehículos ligeros	Autobuses	Camiones unitarios	Camiones articulados	TDPA total	Aforo anual
2007	5,099	467	1,283	825	7,674	2,801,010
2008	5,226	479	1,315	846	7,866	2,871,035
2009	5,357	491	1,348	867	8,062	2,942,811
2010	5,491	503	1,382	888	8,264	3,016,381
2011	5,628	515	1,416	911	8,471	3,091,791
2012	5,769	528	1,452	933	8,682	3,169,086
2013	5,913	542	1,488	957	8,899	3,248,313
2014	6,061	555	1,525	981	9,122	3,329,521
2015	6,213	569	1,563	1,005	9,350	3,412,759
2016	6,368	583	1,602	1,030	9,584	3,498,078
2017	6,527	598	1,642	1,056	9,823	3,585,530
2018	6,690	613	1,683	1,082	10,069	3,675,168
2019	6,858	628	1,725	1,110	10,321	3,767,047
2020	7,029	644	1,769	1,137	10,579	3,861,223
2021	7,205	660	1,813	1,166	10,843	3,957,754
2022	7,385	676	1,858	1,195	11,114	4,056,698
2023	7,569	693	1,905	1,225	11,392	4,158,115
2024	7,759	711	1,952	1,255	11,677	4,262,068
2025	7,953	728	2,001	1,287	11,969	4,368,620
2026	8,152	747	2,051	1,319	12,268	4,477,835
2027	8,355	765	2,102	1,352	12,575	4,589,781
2028	8,564	784	2,155	1,386	12,889	4,704,526
2029	8,778	804	2,209	1,420	13,211	4,822,139
2030	8,998	824	2,264	1,456	13,542	4,942,692
2031	9,223	845	2,321	1,492	13,880	5,066,259
2032	9,453	866	2,379	1,530	14,227	5,192,916
2033	9,690	887	2,438	1,568	14,583	5,322,739
2034	9,932	910	2,499	1,607	14,947	5,455,807
2035	10,180	932	2,562	1,647	15,321	5,592,203
2036	10,435	956	2,626	1,688	15,704	5,732,008
2037	10,695	980	2,691	1,730	16,097	5,875,308
2038	10,963	1,004	2,758	1,774	16,499	6,022,190
2039	11,237	1,029	2,827	1,818	16,912	6,172,745

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.6 Interacción oferta-demanda con proyecto

- Se capturaron las velocidades promedio de acuerdo a las características físicas, geométricas y de congestión del proyecto, lo mismo que el COV por tipo de vehículo.

Velocidades promedio en la situación con proyecto (km/hr) para cada			
	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Tipo de vehículo	Sin Congestión	Sin Congestión	Sin Congestión
Vehículo ligero	78	56	47
Autobús	68	46	40
Camión unitario	57	39	33
Camión articulado	42	34	30

Fuente: Elaboración propia con información del estudio de camp

COV promedio en la situación con Proyecto (Pesos/Vehículo/Km) para cada tramo			
	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Tipo de vehículo	Sin Congestión	Sin Congestión	Sin Congestión
Vehículo ligero	3.71	4.39	4.89
Autobús	8.92	9.23	9.48
Camión unitario	7.93	8.33	8.55
Camión articulado	17.37	16.18	17.08

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del programa VOC-MEX 3.0

2. El CTR y el CGV total para el primer año de operación se calculan de la misma forma que en la situación sin proyecto.

CTR promedio en la situación con Proyecto (Pesos/Vehículo) para cada			
Valor del tiempo de las personas:			26.37
	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Tipo de vehículo	Sin Congestión	Sin Congestión	Sin Congestión
Vehículo ligero	10.61	10.05	5.15
Autobús	113.66	113.32	56.87
Camión unitario	10.01	9.94	5.04
Camión articulado	14.41	12.24	5.94

Fuente: Elaboración propia, valor del tiempo de acuerdo a lo publicado por el CEPEP

CGV promedio en la situación con Proyecto (Pesos/Vehículo) para cada			
Tipo de vehículo	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Vehículo ligero	55.39	46.24	22.46
Autobús	221.19	189.47	90.44
Camión unitario	105.59	78.70	35.31
Camión articulado	223.88	145.70	66.40

Fuente: Elaboración propia

CGV total anual en la situación con proyecto para cada tramo en 2009 (millones de pesos)			
Tipo de vehículo	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
Vehículo ligero	108.3	90.4	43.9
Autobús	39.6	33.9	16.2
Camión unitario	51.9	38.7	17.4
Camión articulado	70.8	46.1	21.0
Total	270.7	209.2	98.5
		<b>Gran Total:</b>	<b>578.4</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.7 Costos

- Se capturaran los siguientes costos.
  - Costo por kilómetro de construcción para cada tramo
  - Costo del terreno
  - Costo de estudios
  - Costo del proyecto ejecutivo

Costo de ejecución						
Concepto	Tramo 1A (km)	Tramo 2A (km)	Tramo 3A (km)	Terreno (m2)	Estudios	Proyecto
Tipo de terreno	Plano	Lomerío	Montañoso			
Costo unitario (pesos)	5,100,000	5,580,000	7,000,000	1,038.29	-	-
Cantidad	12.06	8.25	3.54	17,500	-	-
Costo total (pesos)	61,506,000	46,035,000	24,780,000	18,170,000	-	-

Fuente: Estudios de ingeniería

- Costo por kilómetro y periodicidad de cada tipo de mantenimiento para cada una de las situaciones sin y con proyecto

Costo de mantenimiento y operación sin proyecto (pesos)					
Concepto	Costo por km	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A	Periodicidad
Mtto menor	48,000	578,880	396,000	169,920	anualmente
Riego de sello	200,000	2,412,000	1,650,000	708,000	años 4, 12, 20, 28
Sobrecarpeta	800,000	9,648,000	6,600,000	2,832,000	años 8, 24
Reconstrucción	3,040,000	36,662,400	25,080,000	10,761,600	año 16

Fuente: Estudios de ingeniería

Costo de mantenimiento y operación con proyecto (pesos)					
Concepto	Costo por km	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A	Periodicidad
Mtto menor	96,000	1,157,760	792,000	339,840	anualmente
Riego de sello	400,000	4,824,000	3,300,000	1,416,000	años 4, 12, 20, 28
Sobrecarpeta	1,600,000	19,296,000	13,200,000	5,664,000	años 8, 24
Reconstrucción	6,080,000	73,324,800	50,160,000	21,523,200	año 16

Fuente: Estudios de ingeniería

- Para todo el proyecto y por cada tramo se suman los costos para obtener los totales por año. En caso de haber costos por molestias se deben calcular como la diferencia en CGVs entre la situación sin proyecto y con proyecto durante el periodo de construcción.

Tramo 1A + 2A + 3A								
Costos (millones de pesos)								
Año	Costos de Ejecución				Costos de Mantenimiento y Operación			Total
	Terreno	Obra	Costos por molestias	Subtotal	Con Proyecto	Sin Proyecto	Subtotal	
2008	18.2	132.3	-	150.5	-	-	-	150.5
2009				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2010				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2011				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2012				-	9.5	4.8	4.8	4.8
2013				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2014				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2015				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2016				-	38.2	19.1	19.1	19.1
2017				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2018				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2019				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2020				-	9.5	4.8	4.8	4.8
2021				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2022				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2023				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2024				-	145.0	72.5	72.5	72.5
2025				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2026				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2027				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2028				-	9.5	4.8	4.8	4.8
2029				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2030				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2031				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2032				-	38.2	19.1	19.1	19.1
2033				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2034				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2035				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2036				-	9.5	4.8	4.8	4.8
2037				-	2.3	1.1	1.1	1.1
2038				-	2.3	1.1	1.1	1.1
Total	18.2	132.3	-	150.5	312.1	156.1	156.1	306.6

Fuente: Elaboración propia

Tramo 1A								
Costos (miles de pesos)								
Año	Costos de Ejecución				Costos de Mantenimiento y Operación			
	Terreno	Obra	Costos por molestias	Subtotal	Con Proyecto	Sin Proyecto	Subtotal	Total
2008	18.2	61.5	-	79.7	-	-	-	79.7
2009				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2010				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2011				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2012				-	4.8	2.4	2.4	2.4
2013				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2014				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2015				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2016				-	19.3	9.6	9.6	9.6
2017				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2018				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2019				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2020				-	4.8	2.4	2.4	2.4
2021				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2022				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2023				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2024				-	73.3	36.7	36.7	36.7
2025				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2026				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2027				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2028				-	4.8	2.4	2.4	2.4
2029				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2030				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2031				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2032				-	19.3	9.6	9.6	9.6
2033				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2034				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2035				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2036				-	4.8	2.4	2.4	2.4
2037				-	1.2	0.6	0.6	0.6
2038				-	1.2	0.6	0.6	0.6
Total	18.2	61.5	-	79.7	157.8	78.9	78.9	158.6

Fuente: Elaboración propia

Tramo 2A								
Costos (miles de pesos)								
Año	Costos de Ejecución				Costos de Mantenimiento y Operación			Total
	Terreno	Obra	Costos por molestias	Subtotal	Con Proyecto	Sin Proyecto	Subtotal	
2008	-	46.0	-	46.0	-	-	-	46.0
2009				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2010				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2011				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2012				-	3.3	1.7	1.7	1.7
2013				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2014				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2015				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2016				-	13.2	6.6	6.6	6.6
2017				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2018				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2019				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2020				-	3.3	1.7	1.7	1.7
2021				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2022				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2023				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2024				-	50.2	25.1	25.1	25.1
2025				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2026				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2027				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2028				-	3.3	1.7	1.7	1.7
2029				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2030				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2031				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2032				-	13.2	6.6	6.6	6.6
2033				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2034				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2035				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2036				-	3.3	1.7	1.7	1.7
2037				-	0.8	0.4	0.4	0.4
2038				-	0.8	0.4	0.4	0.4
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>46.0</b>	<b>-</b>	<b>46.0</b>	<b>108.0</b>	<b>54.0</b>	<b>54.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia

Tramo 3A								
Costos (millones de pesos)								
Año	Costos de Ejecución				Costos de Mantenimiento y Operación			Total
	Terreno	Obra	Costos por molestias	Subtotal	Con Proyecto	Sin Proyecto	Subtotal	
2008	-	24.8	-	24.8	-	-	-	24.8
2009				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2010				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2011				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2012				-	1.4	0.7	0.7	0.7
2013				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2014				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2015				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2016				-	5.7	2.8	2.8	2.8
2017				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2018				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2019				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2020				-	1.4	0.7	0.7	0.7
2021				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2022				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2023				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2024				-	21.5	10.8	10.8	10.8
2025				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2026				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2027				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2028				-	1.4	0.7	0.7	0.7
2029				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2030				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2031				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2032				-	5.7	2.8	2.8	2.8
2033				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2034				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2035				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2036				-	1.4	0.7	0.7	0.7
2037				-	0.3	0.2	0.2	0.2
2038				-	0.3	0.2	0.2	0.2
Total	-	24.8	-	24.8	46.3	23.2	23.2	47.9

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.8 Beneficios

Los beneficios se calculan como el ahorro en CGVs entre la situación con y sin proyecto, tanto para la ruta del proyecto como para la red relevante. Adicionalmente se considera el valor residual. Esto se realiza para cada tramo y para todo el proyecto.

Tramo 1A + 2A + 3A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	23.9			23.9
2010	24.5			24.5
2011	25.1			25.1
2012	25.8			25.8
2013	26.4			26.4
2014	27.1			27.1
2015	27.7			27.7
2016	28.4			28.4
2017	29.2			29.2
2018	29.9			29.9
2019	30.6			30.6
2020	31.4			31.4
2021	32.2			32.2
2022	33.0			33.0
2023	33.8			33.8
2024	34.7			34.7
2025	35.5			35.5
2026	36.4			36.4
2027	37.3			37.3
2028	38.3			38.3
2029	39.2			39.2
2030	40.2			40.2
2031	41.2			41.2
2032	42.2			42.2
2033	43.3			43.3
2034	44.4			44.4
2035	45.5			45.5
2036	46.6			46.6
2037	47.8			47.8
2038	49.0	150.5		199.5
<b>Total</b>	<b>1,050.5</b>	<b>150.5</b>	<b>-</b>	<b>1,201.0</b>

Fuente: Elaboración propia

Tramo 1A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	14.0			14.0
2010	14.4			14.4
2011	14.8			14.8
2012	15.1			15.1
2013	15.5			15.5
2014	15.9			15.9
2015	16.3			16.3
2016	16.7			16.7
2017	17.1			17.1
2018	17.5			17.5
2019	18.0			18.0
2020	18.4			18.4
2021	18.9			18.9
2022	19.4			19.4
2023	19.8			19.8
2024	20.3			20.3
2025	20.8			20.8
2026	21.4			21.4
2027	21.9			21.9
2028	22.4			22.4
2029	23.0			23.0
2030	23.6			23.6
2031	24.2			24.2
2032	24.8			24.8
2033	25.4			25.4
2034	26.0			26.0
2035	26.7			26.7
2036	27.4			27.4
2037	28.0			28.0
2038	28.7	79.7		108.4
<b>Total</b>	<b>616.5</b>	<b>79.7</b>	<b>-</b>	<b>696.2</b>

Fuente: Elaboración propia

Tramo ZA				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	5.8			5.8
2010	5.9			5.9
2011	6.1			6.1
2012	6.2			6.2
2013	6.4			6.4
2014	6.5			6.5
2015	6.7			6.7
2016	6.9			6.9
2017	7.0			7.0
2018	7.2			7.2
2019	7.4			7.4
2020	7.6			7.6
2021	7.8			7.8
2022	8.0			8.0
2023	8.2			8.2
2024	8.4			8.4
2025	8.6			8.6
2026	8.8			8.8
2027	9.0			9.0
2028	9.2			9.2
2029	9.5			9.5
2030	9.7			9.7
2031	9.9			9.9
2032	10.2			10.2
2033	10.4			10.4
2034	10.7			10.7
2035	11.0			11.0
2036	11.3			11.3
2037	11.5			11.5
2038	11.8	46.0		57.9
<b>Total</b>	<b>253.6</b>	<b>46.0</b>	<b>-</b>	<b>299.7</b>

Fuente: Elaboración propia

Tramo 3A				
Beneficios (millones de pesos)				
Año	Directos		Indirectos	Total
	Ahorro en CGV	Valor Residual	Ahorro en CGV en la red relevante	
2008				-
2009	4.1			4.1
2010	4.2			4.2
2011	4.3			4.3
2012	4.4			4.4
2013	4.5			4.5
2014	4.6			4.6
2015	4.8			4.8
2016	4.9			4.9
2017	5.0			5.0
2018	5.1			5.1
2019	5.3			5.3
2020	5.4			5.4
2021	5.5			5.5
2022	5.7			5.7
2023	5.8			5.8
2024	5.9			5.9
2025	6.1			6.1
2026	6.2			6.2
2027	6.4			6.4
2028	6.6			6.6
2029	6.7			6.7
2030	6.9			6.9
2031	7.1			7.1
2032	7.2			7.2
2033	7.4			7.4
2034	7.6			7.6
2035	7.8			7.8
2036	8.0			8.0
2037	8.2			8.2
2038	8.4	24.8		33.2
<b>Total</b>	<b>180.3</b>	<b>24.8</b>	<b>-</b>	<b>205.1</b>

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.9 Evaluación

Los indicadores de rentabilidad (VPN, TIR y TRI) se calculan con base en los costos y beneficios para cada tramo y para todo el proyecto

Indicador	Indicadores de Rentabilidad del Proyecto y por Tramo			
	Proyecto	Tramo 1A	Tramo 2A	Tramo 3A
VPN (mdp)	49.7	39.1	0.6	10.1
TIR	16.16%	18.11%	12.16%	17.11%
TRI (año y porcentaje)	2009	2009	2017	2009
	13.17%	15.02%	12.21%	14.12%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del proyecto (Tramos 1A + 2A + 3A) - Caso Base						
Año	Costos Netos	Beneficios Netos	Flujo Neto	VPN (mdp)	TIR	TRI
2008	150.5	-	(150.5)	49.7	16.16%	
2009	1.1	23.9	22.8			13.17%
2010	1.1	24.5	23.4			13.57%
2011	1.1	25.1	24.0			13.98%
2012	4.8	25.8	21.0			14.40%
2013	1.1	26.4	25.3			14.82%
2014	1.1	27.1	25.9			15.26%
2015	1.1	27.7	26.6			15.71%
2016	19.1	28.4	9.4			16.17%
2017	1.1	29.2	28.0			16.65%
2018	1.1	29.9	28.7			17.13%
2019	1.1	30.6	29.5			17.63%
2020	4.8	31.4	26.6			18.14%
2021	1.1	32.2	31.0			18.66%
2022	1.1	33.0	31.8			19.19%
2023	1.1	33.8	32.7			19.74%
2024	72.5	34.7	(37.8)			20.30%
2025	1.1	35.5	34.4			20.88%
2026	1.1	36.4	35.3			21.47%
2027	1.1	37.3	36.2			22.07%
2028	4.8	38.3	33.5			22.69%
2029	1.1	39.2	38.1			23.33%
2030	1.1	40.2	39.0			23.98%
2031	1.1	41.2	40.0			24.65%
2032	19.1	42.2	23.1			25.33%
2033	1.1	43.3	42.1			26.03%
2034	1.1	44.4	43.2			26.75%
2035	1.1	45.5	44.3			27.49%
2036	4.8	46.6	41.8			28.24%
2037	1.1	47.8	46.6			29.02%
2038	1.1	199.5	198.3			129.81%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del proyecto (Tramo 1A) - Caso Base						
Año	Costos Netos	Beneficios Netos	Flujo Neto	VPN (mdp)	TIR	TRI
2008	79.7	-	(79.7)	39.1	18.11%	
2009	0.6	14.0	13.5			15.02%
2010	0.6	14.4	13.8			15.46%
2011	0.6	14.8	14.2			15.91%
2012	2.4	15.1	12.7			16.38%
2013	0.6	15.5	14.9			16.85%
2014	0.6	15.9	15.3			17.34%
2015	0.6	16.3	15.7			17.84%
2016	9.6	16.7	7.0			18.35%
2017	0.6	17.1	16.5			18.87%
2018	0.6	17.5	17.0			19.41%
2019	0.6	18.0	17.4			19.96%
2020	2.4	18.4	16.0			20.52%
2021	0.6	18.9	18.3			21.10%
2022	0.6	19.4	18.8			21.69%
2023	0.6	19.8	19.3			22.30%
2024	36.7	20.3	(16.3)			22.92%
2025	0.6	20.8	20.3			23.56%
2026	0.6	21.4	20.8			24.21%
2027	0.6	21.9	21.3			24.88%
2028	2.4	22.4	20.0			25.57%
2029	0.6	23.0	22.4			26.28%
2030	0.6	23.6	23.0			27.00%
2031	0.6	24.2	23.6			27.74%
2032	9.6	24.8	15.1			28.50%
2033	0.6	25.4	24.8			29.27%
2034	0.6	26.0	25.5			30.07%
2035	0.6	26.7	26.1			30.89%
2036	2.4	27.4	24.9			31.73%
2037	0.6	28.0	27.5			32.58%
2038	0.6	108.4	107.8			133.46%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del proyecto (Tramo ZA) - Caso Base						
Año	Costos Netos	Beneficios Netos	Flujo Neto	VPN (mdp)	TIR	TRI
2008	46.0	-	(46.0)	0.6	12.16%	
2009	0.4	5.8	5.4			9.47%
2010	0.4	5.9	5.5			9.78%
2011	0.4	6.1	5.7			10.10%
2012	1.7	6.2	4.6			10.43%
2013	0.4	6.4	6.0			10.77%
2014	0.4	6.5	6.1			11.12%
2015	0.4	6.7	6.3			11.47%
2016	6.6	6.9	0.3			11.84%
2017	0.4	7.0	6.6			12.21%
2018	0.4	7.2	6.8			12.59%
2019	0.4	7.4	7.0			12.98%
2020	1.7	7.6	5.9			13.38%
2021	0.4	7.8	7.4			13.80%
2022	0.4	8.0	7.6			14.22%
2023	0.4	8.2	7.8			14.65%
2024	25.1	8.4	(16.7)			15.09%
2025	0.4	8.6	8.2			15.55%
2026	0.4	8.8	8.4			16.01%
2027	0.4	9.0	8.6			16.49%
2028	1.7	9.2	7.6			16.98%
2029	0.4	9.5	9.1			17.48%
2030	0.4	9.7	9.3			18.00%
2031	0.4	9.9	9.6			18.52%
2032	6.6	10.2	3.6			19.06%
2033	0.4	10.4	10.1			19.62%
2034	0.4	10.7	10.3			20.18%
2035	0.4	11.0	10.6			20.77%
2036	1.7	11.3	9.6			21.36%
2037	0.4	11.5	11.1			21.97%
2038	0.4	57.9	57.5			122.60%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del proyecto (Tramo 3A) - Caso Base						
Año	Costos Netos	Beneficios Netos	Flujo Neto	VPN (mdp)	TIR	TRI
2008	24.8	-	(24.8)	10.1	17.11%	
2009	0.2	4.1	3.9			14.12%
2010	0.2	4.2	4.0			14.53%
2011	0.2	4.3	4.1			14.96%
2012	0.7	4.4	3.7			15.39%
2013	0.2	4.5	4.4			15.84%
2014	0.2	4.6	4.5			16.30%
2015	0.2	4.8	4.6			16.76%
2016	2.8	4.9	2.1			17.25%
2017	0.2	5.0	4.8			17.74%
2018	0.2	5.1	5.0			18.24%
2019	0.2	5.3	5.1			18.76%
2020	0.7	5.4	4.7			19.29%
2021	0.2	5.5	5.4			19.83%
2022	0.2	5.7	5.5			20.39%
2023	0.2	5.8	5.6			20.96%
2024	10.8	5.9	(4.8)			21.55%
2025	0.2	6.1	5.9			22.15%
2026	0.2	6.2	6.1			22.76%
2027	0.2	6.4	6.2			23.39%
2028	0.7	6.6	5.9			24.04%
2029	0.2	6.7	6.6			24.70%
2030	0.2	6.9	6.7			25.38%
2031	0.2	7.1	6.9			26.08%
2032	2.8	7.2	4.4			26.79%
2033	0.2	7.4	7.3			27.52%
2034	0.2	7.6	7.4			28.27%
2035	0.2	7.8	7.6			29.04%
2036	0.7	8.0	7.3			29.83%
2037	0.2	8.2	8.0			30.64%
2038	0.2	33.2	33.0			131.46%

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.10 Análisis de sensibilidad

Los tipos de análisis estándares recomendados se calculan con base en la información proporcionada, modificando las variables relevantes en las proporciones de 10%, 20% y 30%.

Resumen del análisis de sensibilidad				
Tipo de análisis de sensibilidad	Variación	VPN (Mdp)	TIR	Primer año en que la TRI es mayor a 12%
Valores del caso base	0%	49.75	16.16%	2009
Variación en la inversión	10%	36.76	14.63%	2010
Variación en la inversión	20%	23.77	13.57%	2012
Variación en la inversión	30%	10.78	12.66%	2015
Variación en la inversión para VPN=0	38%	0.00	12.00%	2017
Variación en el TDPA	-10%	28.83	14.27%	2011
Variación en el TDPA	-20%	7.92	12.63%	2015
Variación en el TDPA	-30%	-12.99	10.96%	2021
Variación en el TDPA para VPN=0	-24%	-0.00	12.00%	2017
Variación en el costo de mantenimiento	10%	46.80	15.65%	2009
Variación en el costo de mantenimiento	20%	43.85	15.42%	2009
Variación en el costo de mantenimiento	30%	40.90	15.18%	2009
Variación en el periodo de construcción	1	41.14	15.25%	2009

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de la inversión con incremento del 10%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	165.54	-	(165.54)	36.76	14.63%	
2009	4.10	23.93	19.82			11.98%
2010	4.10	24.53	20.42			12.34%
2011	4.10	25.14	21.04			12.71%
2012	4.10	25.77	21.66			13.09%
2013	4.10	26.41	22.31			13.48%
2014	4.10	27.07	22.97			13.88%
2015	4.10	27.75	23.65			14.28%
2016	4.10	28.44	24.34			14.70%
2017	4.10	29.15	25.05			15.13%
2018	4.10	29.88	25.78			15.57%
2019	4.10	30.63	26.53			16.02%
2020	4.10	31.40	27.29			16.49%
2021	4.10	32.18	28.08			16.96%
2022	4.10	32.98	28.88			17.45%
2023	4.10	33.81	29.71			17.95%
2024	4.10	34.65	30.55			18.46%
2025	4.10	35.52	31.42			18.98%
2026	4.10	36.41	32.31			19.52%
2027	4.10	37.32	33.22			20.07%
2028	4.10	38.25	34.15			20.63%
2029	4.10	39.21	35.11			21.21%
2030	4.10	40.19	36.09			21.80%
2031	4.10	41.19	37.09			22.41%
2032	4.10	42.22	38.12			23.03%
2033	4.10	43.28	39.18			23.67%
2034	4.10	44.36	40.26			24.32%
2035	4.10	45.47	41.37			24.99%
2036	4.10	46.61	42.50			25.68%
2037	4.10	47.77	43.67			26.38%
2038	4.10	214.51	210.40			127.10%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de la inversión con incremento del 20%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	180.59	-	(180.59)	23.77	13.57%	
2009	4.10	23.93	19.82			10.98%
2010	4.10	24.53	20.42			11.31%
2011	4.10	25.14	21.04			11.65%
2012	4.10	25.77	21.66			12.00%
2013	4.10	26.41	22.31			12.35%
2014	4.10	27.07	22.97			12.72%
2015	4.10	27.75	23.65			13.09%
2016	4.10	28.44	24.34			13.48%
2017	4.10	29.15	25.05			13.87%
2018	4.10	29.88	25.78			14.28%
2019	4.10	30.63	26.53			14.69%
2020	4.10	31.40	27.29			15.11%
2021	4.10	32.18	28.08			15.55%
2022	4.10	32.98	28.88			15.99%
2023	4.10	33.81	29.71			16.45%
2024	4.10	34.65	30.55			16.92%
2025	4.10	35.52	31.42			17.40%
2026	4.10	36.41	32.31			17.89%
2027	4.10	37.32	33.22			18.39%
2028	4.10	38.25	34.15			18.91%
2029	4.10	39.21	35.11			19.44%
2030	4.10	40.19	36.09			19.98%
2031	4.10	41.19	37.09			20.54%
2032	4.10	42.22	38.12			21.11%
2033	4.10	43.28	39.18			21.69%
2034	4.10	44.36	40.26			22.29%
2035	4.10	45.47	41.37			22.91%
2036	4.10	46.61	42.50			23.54%
2037	4.10	47.77	43.67			24.18%
2038	4.10	229.55	225.45			124.84%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de la inversión con incremento del 30%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	195.64	-	(195.64)	10.78	12.66%	
2009	4.10	23.93	19.82			10.13%
2010	4.10	24.53	20.42			10.44%
2011	4.10	25.14	21.04			10.75%
2012	4.10	25.77	21.66			11.07%
2013	4.10	26.41	22.31			11.40%
2014	4.10	27.07	22.97			11.74%
2015	4.10	27.75	23.65			12.09%
2016	4.10	28.44	24.34			12.44%
2017	4.10	29.15	25.05			12.80%
2018	4.10	29.88	25.78			13.18%
2019	4.10	30.63	26.53			13.56%
2020	4.10	31.40	27.29			13.95%
2021	4.10	32.18	28.08			14.35%
2022	4.10	32.98	28.88			14.76%
2023	4.10	33.81	29.71			15.18%
2024	4.10	34.65	30.55			15.62%
2025	4.10	35.52	31.42			16.06%
2026	4.10	36.41	32.31			16.51%
2027	4.10	37.32	33.22			16.98%
2028	4.10	38.25	34.15			17.46%
2029	4.10	39.21	35.11			17.94%
2030	4.10	40.19	36.09			18.45%
2031	4.10	41.19	37.09			18.96%
2032	4.10	42.22	38.12			19.48%
2033	4.10	43.28	39.18			20.02%
2034	4.10	44.36	40.26			20.58%
2035	4.10	45.47	41.37			21.14%
2036	4.10	46.61	42.50			21.73%
2037	4.10	47.77	43.67			22.32%
2038	4.10	244.60	240.50			122.93%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de la inversión para VPN=0					38%	
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	207.72	-	(207.72)	0.00	12.00%	
2009	4.10	23.93	19.82			9.54%
2010	4.10	24.53	20.42			9.83%
2011	4.10	25.14	21.04			10.13%
2012	4.10	25.77	21.66			10.43%
2013	4.10	26.41	22.31			10.74%
2014	4.10	27.07	22.97			11.06%
2015	4.10	27.75	23.65			11.38%
2016	4.10	28.44	24.34			11.72%
2017	4.10	29.15	25.05			12.06%
2018	4.10	29.88	25.78			12.41%
2019	4.10	30.63	26.53			12.77%
2020	4.10	31.40	27.29			13.14%
2021	4.10	32.18	28.08			13.52%
2022	4.10	32.98	28.88			13.90%
2023	4.10	33.81	29.71			14.30%
2024	4.10	34.65	30.55			14.71%
2025	4.10	35.52	31.42			15.13%
2026	4.10	36.41	32.31			15.55%
2027	4.10	37.32	33.22			15.99%
2028	4.10	38.25	34.15			16.44%
2029	4.10	39.21	35.11			16.90%
2030	4.10	40.19	36.09			17.37%
2031	4.10	41.19	37.09			17.86%
2032	4.10	42.22	38.12			18.35%
2033	4.10	43.28	39.18			18.86%
2034	4.10	44.36	40.26			19.38%
2035	4.10	45.47	41.37			19.91%
2036	4.10	46.61	42.50			20.46%
2037	4.10	47.77	43.67			21.02%
2038	4.10	244.60	240.50			115.78%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad del TDPA con disminución del 10%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	150.49	-	(150.49)	28.83	14.27%	
2009	4.10	21.53	17.43			11.58%
2010	4.10	22.07	17.97			11.94%
2011	4.10	22.63	18.52			12.31%
2012	4.10	23.19	19.09			12.68%
2013	4.10	23.77	19.67			13.07%
2014	4.10	24.36	20.26			13.46%
2015	4.10	24.97	20.87			13.87%
2016	4.10	25.60	21.50			14.28%
2017	4.10	26.24	22.14			14.71%
2018	4.10	26.89	22.79			15.14%
2019	4.10	27.57	23.46			15.59%
2020	4.10	28.26	24.15			16.05%
2021	4.10	28.96	24.86			16.52%
2022	4.10	29.69	25.58			17.00%
2023	4.10	30.43	26.33			17.49%
2024	4.10	31.19	27.09			18.00%
2025	4.10	31.97	27.87			18.52%
2026	4.10	32.77	28.67			19.05%
2027	4.10	33.59	29.48			19.59%
2028	4.10	34.43	30.32			20.15%
2029	4.10	35.29	31.18			20.72%
2030	4.10	36.17	32.07			21.31%
2031	4.10	37.07	32.97			21.91%
2032	4.10	38.00	33.90			22.52%
2033	4.10	38.95	34.85			23.16%
2034	4.10	39.92	35.82			23.80%
2035	4.10	40.92	36.82			24.47%
2036	4.10	41.95	37.84			25.15%
2037	4.10	42.99	38.89			25.84%
2038	4.10	194.56	190.46			126.56%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad del TDPA con disminución del 20%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	150.49	-	(150.49)	7.92	12.63%	
2009	4.10	19.14	15.04			9.99%
2010	4.10	19.62	15.52			10.31%
2011	4.10	20.11	16.01			10.64%
2012	4.10	20.61	16.51			10.97%
2013	4.10	21.13	17.03			11.31%
2014	4.10	21.66	17.55			11.66%
2015	4.10	22.20	18.10			12.02%
2016	4.10	22.75	18.65			12.39%
2017	4.10	23.32	19.22			12.77%
2018	4.10	23.91	19.80			13.16%
2019	4.10	24.50	20.40			13.56%
2020	4.10	25.12	21.01			13.96%
2021	4.10	25.74	21.64			14.38%
2022	4.10	26.39	22.28			14.81%
2023	4.10	27.05	22.94			15.25%
2024	4.10	27.72	23.62			15.70%
2025	4.10	28.42	24.31			16.16%
2026	4.10	29.13	25.02			16.63%
2027	4.10	29.86	25.75			17.11%
2028	4.10	30.60	26.50			17.61%
2029	4.10	31.37	27.26			18.12%
2030	4.10	32.15	28.05			18.64%
2031	4.10	32.95	28.85			19.17%
2032	4.10	33.78	29.68			19.72%
2033	4.10	34.62	30.52			20.28%
2034	4.10	35.49	31.39			20.86%
2035	4.10	36.38	32.27			21.44%
2036	4.10	37.28	33.18			22.05%
2037	4.10	38.22	34.11			22.67%
2038	4.10	189.66	185.56			123.30%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad del TDPA con disminución del 30%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN (Mdp)	TIR	TRI
2008	150.49	-	(150.49)	(12.99)	10.96%	
2009	4.10	16.75	12.65			8.40%
2010	4.10	17.17	13.07			8.68%
2011	4.10	17.60	13.49			8.97%
2012	4.10	18.04	13.93			9.26%
2013	4.10	18.49	14.39			9.56%
2014	4.10	18.95	14.85			9.87%
2015	4.10	19.42	15.32			10.18%
2016	4.10	19.91	15.81			10.50%
2017	4.10	20.41	16.30			10.83%
2018	4.10	20.92	16.81			11.17%
2019	4.10	21.44	17.34			11.52%
2020	4.10	21.98	17.87			11.88%
2021	4.10	22.53	18.42			12.24%
2022	4.10	23.09	18.99			12.62%
2023	4.10	23.67	19.56			13.00%
2024	4.10	24.26	20.16			13.39%
2025	4.10	24.86	20.76			13.80%
2026	4.10	25.49	21.38			14.21%
2027	4.10	26.12	22.02			14.63%
2028	4.10	26.78	22.67			15.07%
2029	4.10	27.45	23.34			15.51%
2030	4.10	28.13	24.03			15.97%
2031	4.10	28.84	24.73			16.43%
2032	4.10	29.56	25.45			16.91%
2033	4.10	30.29	26.19			17.40%
2034	4.10	31.05	26.95			17.91%
2035	4.10	31.83	27.73			18.42%
2036	4.10	32.62	28.52			18.95%
2037	4.10	33.44	29.34			19.49%
2038	4.10	184.77	180.66			120.05%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad del TDPA para VPN=0					24%	
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN Acumulado	TIR	TRI
2008	150.49	-	(150.49)	(0.00)	12.00%	
2009	4.10	18.24	14.13			9.39%
2010	4.10	18.69	14.59			9.69%
2011	4.10	19.16	15.06			10.00%
2012	4.10	19.64	15.54			10.32%
2013	4.10	20.13	16.03			10.65%
2014	4.10	20.63	16.53			10.98%
2015	4.10	21.15	17.05			11.33%
2016	4.10	21.68	17.57			11.68%
2017	4.10	22.22	18.12			12.04%
2018	4.10	22.77	18.67			12.41%
2019	4.10	23.34	19.24			12.79%
2020	4.10	23.93	19.82			13.17%
2021	4.10	24.53	20.42			13.57%
2022	4.10	25.14	21.04			13.98%
2023	4.10	25.77	21.66			14.40%
2024	4.10	26.41	22.31			14.82%
2025	4.10	27.07	22.97			15.26%
2026	4.10	27.75	23.65			15.71%
2027	4.10	28.44	24.34			16.17%
2028	4.10	29.15	25.05			16.65%
2029	4.10	29.88	25.78			17.13%
2030	4.10	30.63	26.53			17.63%
2031	4.10	31.39	27.29			18.13%
2032	4.10	32.18	28.08			18.66%
2033	4.10	32.98	28.88			19.19%
2034	4.10	33.81	29.71			19.74%
2035	4.10	34.65	30.55			20.30%
2036	4.10	35.52	31.42			20.88%
2037	4.10	36.41	32.30			21.47%
2038	4.10	187.81	183.71			122.07%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de los costos de mtto y operación con incremento del 10%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN		TRI
				Acumulado	TIR	
2008	150.49	-	(150.49)	46.80	15.65%	
2009	4.51	23.93	19.41			12.90%
2010	4.51	24.53	20.01			13.30%
2011	4.51	25.14	20.63			13.71%
2012	4.51	25.77	21.25			14.12%
2013	4.51	26.41	21.90			14.55%
2014	4.51	27.07	22.56			14.99%
2015	4.51	27.75	23.24			15.44%
2016	4.51	28.44	23.93			15.90%
2017	4.51	29.15	24.64			16.37%
2018	4.51	29.88	25.37			16.86%
2019	4.51	30.63	26.12			17.35%
2020	4.51	31.40	26.88			17.86%
2021	4.51	32.18	27.67			18.38%
2022	4.51	32.98	28.47			18.92%
2023	4.51	33.81	29.30			19.47%
2024	4.51	34.65	30.14			20.03%
2025	4.51	35.52	31.01			20.60%
2026	4.51	36.41	31.90			21.19%
2027	4.51	37.32	32.81			21.80%
2028	4.51	38.25	33.74			22.42%
2029	4.51	39.21	34.70			23.05%
2030	4.51	40.19	35.68			23.71%
2031	4.51	41.19	36.68			24.37%
2032	4.51	42.22	37.71			25.06%
2033	4.51	43.28	38.77			25.76%
2034	4.51	44.36	39.85			26.48%
2035	4.51	45.47	40.96			27.22%
2036	4.51	46.61	42.09			27.97%
2037	4.51	47.77	43.26			28.74%
2038	4.51	199.46	194.94			129.54%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de los costos de mtto y operación con incremento del 20%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN		TRI
				Acumulado	TIR	
2008	150.49	-	(150.49)	43.85	15.42%	
2009	4.92	23.93	19.00			12.63%
2010	4.92	24.53	19.60			13.03%
2011	4.92	25.14	20.22			13.43%
2012	4.92	25.77	20.84			13.85%
2013	4.92	26.41	21.49			14.28%
2014	4.92	27.07	22.15			14.72%
2015	4.92	27.75	22.83			15.17%
2016	4.92	28.44	23.52			15.63%
2017	4.92	29.15	24.23			16.10%
2018	4.92	29.88	24.96			16.58%
2019	4.92	30.63	25.71			17.08%
2020	4.92	31.40	26.47			17.59%
2021	4.92	32.18	27.26			18.11%
2022	4.92	32.98	28.06			18.65%
2023	4.92	33.81	28.89			19.19%
2024	4.92	34.65	29.73			19.76%
2025	4.92	35.52	30.60			20.33%
2026	4.92	36.41	31.49			20.92%
2027	4.92	37.32	32.40			21.53%
2028	4.92	38.25	33.33			22.15%
2029	4.92	39.21	34.28			22.78%
2030	4.92	40.19	35.27			23.43%
2031	4.92	41.19	36.27			24.10%
2032	4.92	42.22	37.30			24.79%
2033	4.92	43.28	38.36			25.49%
2034	4.92	44.36	39.44			26.21%
2035	4.92	45.47	40.55			26.94%
2036	4.92	46.61	41.68			27.70%
2037	4.92	47.77	42.85			28.47%
2038	4.92	199.46	194.53			129.27%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad de los costos de mtto y operación con incremento del 30%						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN Acumulado	TIR	TRI
2008	150.49	-	(150.49)	40.90	15.18%	
2009	5.33	23.93	18.59			12.36%
2010	5.33	24.53	19.19			12.75%
2011	5.33	25.14	19.81			13.16%
2012	5.33	25.77	20.43			13.58%
2013	5.33	26.41	21.08			14.01%
2014	5.33	27.07	21.74			14.44%
2015	5.33	27.75	22.42			14.89%
2016	5.33	28.44	23.11			15.36%
2017	5.33	29.15	23.82			15.83%
2018	5.33	29.88	24.55			16.31%
2019	5.33	30.63	25.30			16.81%
2020	5.33	31.40	26.06			17.32%
2021	5.33	32.18	26.85			17.84%
2022	5.33	32.98	27.65			18.37%
2023	5.33	33.81	28.48			18.92%
2024	5.33	34.65	29.32			19.48%
2025	5.33	35.52	30.19			20.06%
2026	5.33	36.41	31.08			20.65%
2027	5.33	37.32	31.99			21.25%
2028	5.33	38.25	32.92			21.87%
2029	5.33	39.21	33.87			22.51%
2030	5.33	40.19	34.85			23.16%
2031	5.33	41.19	35.86			23.83%
2032	5.33	42.22	36.89			24.51%
2033	5.33	43.28	37.94			25.21%
2034	5.33	44.36	39.03			25.93%
2035	5.33	45.47	40.14			26.67%
2036	5.33	46.61	41.27			27.43%
2037	5.33	47.77	42.44			28.20%
2038	5.33	199.46	194.12			128.99%

Fuente. Elaboración propia

Análisis de sensibilidad, retraso en la construcción por un año						
Año	Costos Totales	Beneficios Totales	Flujo Neto	VPN Acumulado	TIR	TRI
2008	75.25	-	(75.25)	41.14	15.25%	
2009	75.25	-	(75.25)			
2010	4.10	24.53	20.42			13.57%
2011	4.10	25.14	21.04			13.98%
2012	4.10	25.77	21.66			14.40%
2013	4.10	26.41	22.31			14.82%
2014	4.10	27.07	22.97			15.26%
2015	4.10	27.75	23.65			15.71%
2016	4.10	28.44	24.34			16.17%
2017	4.10	29.15	25.05			16.65%
2018	4.10	29.88	25.78			17.13%
2019	4.10	30.63	26.53			17.63%
2020	4.10	31.40	27.29			18.14%
2021	4.10	32.18	28.08			18.66%
2022	4.10	32.98	28.88			19.19%
2023	4.10	33.81	29.71			19.74%
2024	4.10	34.65	30.55			20.30%
2025	4.10	35.52	31.42			20.88%
2026	4.10	36.41	32.31			21.47%
2027	4.10	37.32	33.22			22.07%
2028	4.10	38.25	34.15			22.69%
2029	4.10	39.21	35.11			23.33%
2030	4.10	40.19	36.09			23.98%
2031	4.10	41.19	37.09			24.65%
2032	4.10	42.22	38.12			25.33%
2033	4.10	43.28	39.18			26.03%
2034	4.10	44.36	40.26			26.75%
2035	4.10	45.47	41.37			27.49%
2036	4.10	46.61	42.50			28.24%
2037	4.10	47.77	43.67			29.02%
2038	4.10	199.46	195.35			129.81%

Fuente. Elaboración propia

## 7.2 Anexo B: Estudio Técnicos

Incluir el estudio técnico.

## 7.3 Anexo C: Estudio Legales

Incluir el estudio legal.

## 7.4 Anexo D: Estudio Ambientales

Incluir el estudio ambiental (MIA).

## 7.5 Anexo E: Estudio de Mercado

Incluir el estudio de mercado (TDPA, matriz origen-destino, otros).

## 7.6 Anexo F: Estudio Específicos

Incluir cualquier otro estudio que soporte la evaluación.

## 8. Bibliografía

Bibliografía de información secundaria o de los estudios realizados para el proyecto de inversión, utilizando el formato APA.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Unidad de Inversiones. (2010). *Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras*. México

Banobras, CEPEP. (2007). *Ejemplo de la evaluación de un proyecto carretero*. México

Acta de Revisión

**Ramo:** 9 – Comunicaciones y Transportes

**Entidad:** Secretaría de Comunicaciones y Transportes

**Área Responsable:** Dirección General de Desarrollo Carretero

	Nombre	Puesto / Rol	Firma	Fecha
Elaboró				
Revisó				
Autorizó				

Versión	Fecha
01	