



SEGUNDO ENCUENTRO TÉCNICO SOBRE LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE ASOCIACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

Análisis de prefactibilidad socioeconómica de la ampliación de la Carretera X-Y

**DANIEL VIEITEZ MARTINEZ
PIAPPEM**

20 de julio de 2009

Guanajuato, Guanajuato, México.



Contenido

I. Objetivo

II. Registro de PPI en Cartera UISHCP

III. Marco metodológico

IV. Carretera X-Y

- Diagnóstico de la ruta actual
 - Análisis Oferta
 - Análisis Demanda
 - Análisis interacción Oferta-Demanda
- Optimización de la ruta actual
- Situación sin Proyecto
- Descripción del proyecto
 - Alternativas de ampliación
- Situación con Proyecto
- Niveles de Servicio

V. Evaluación socioeconómica

- Supuestos de evaluación
- Identificación y cuantificación de costos
- Identificación de Beneficios
- Cuantificación de Beneficios (CP vs. SP)
- Indicadores de Rentabilidad
- Resultados

VI. Conclusiones y Recomendaciones





I. OBJETIVO



Objetivo

Mostrar el análisis costo-beneficio a nivel prefactibilidad de un caso hipotético que permita determinar la conveniencia de invertir recursos públicos para la modernización de un proyecto carretero según los lineamientos establecidos por la UISHCP.





II. REGISTRO DE PPI EN CARTERA UISHCP



Sistema de Inversión Pública Registro en Cartera

El Sistema de Inversión Pública se conforma de las siguientes etapas:



Fuente: Unidad de Inversiones de SHCP



Registro en Cartera

Tipos de PPI

Se deberá solicitar el registro en la cartera de:

- ✓ Los Programas y Proyectos de Inversión (PPI) que ejecuten las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal
- Los Proyectos de Infraestructura Productiva de Largo Plazo (Pidiregas)
- Los Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)
- Los PPI apoyados a través de fideicomisos públicos
- El gasto de inversión que así determine la SHCP

Fuente: Unidad de Inversiones de SHCP



Registro en Cartera

Tipos de Análisis Costo-Beneficio

Rigor en el análisis

Tipo de análisis	Tipo de PPI
(+) • Análisis costo – beneficio (nivel prefactibilidad)	✓ Proyectos de inversión (>150 mdp) ✓ Los que determine la UI
• Análisis costo - beneficio simplificado (nivel perfil)	✓ Proyectos de inversión (20 a 150 mdp) ✓ Programas de adquisiciones (>50 mdp)
• Análisis costo – eficiencia	✓ PPI con motivos de seguridad nacional o con beneficios de difícil cuantificación.
(-) • Justificación económica	✓ Programas y proyectos de inversión (<20 mdp) ✓ Programas de adquisiciones (<50 mdp) ✓ Programas de mantenimiento (<150 mdp) ✓ Estudios de preinversión

Fuente: Unidad de Inversiones de SHCP





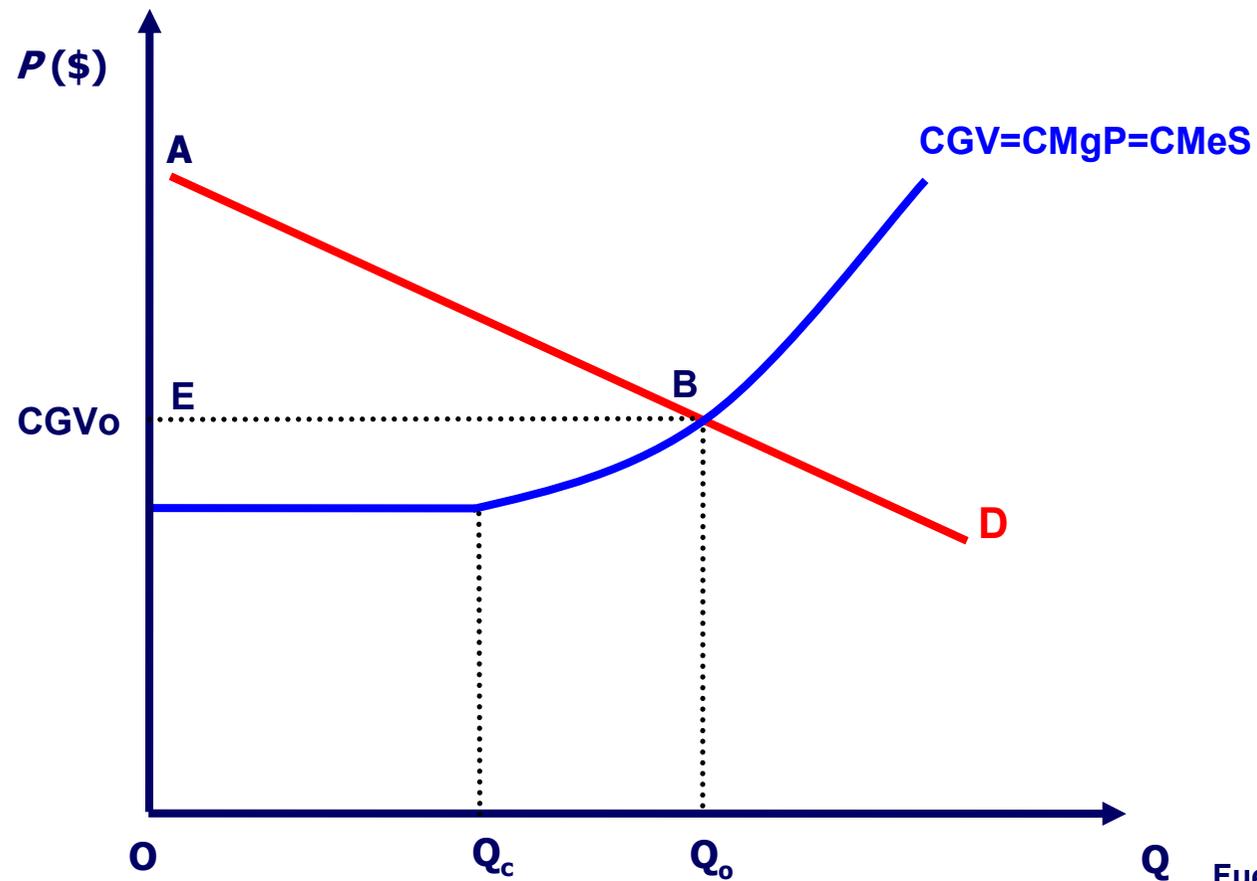
III. MARCO METODOLÓGICO



Marco metodológico

Demanda y Oferta de Transporte

Sin Externalidad



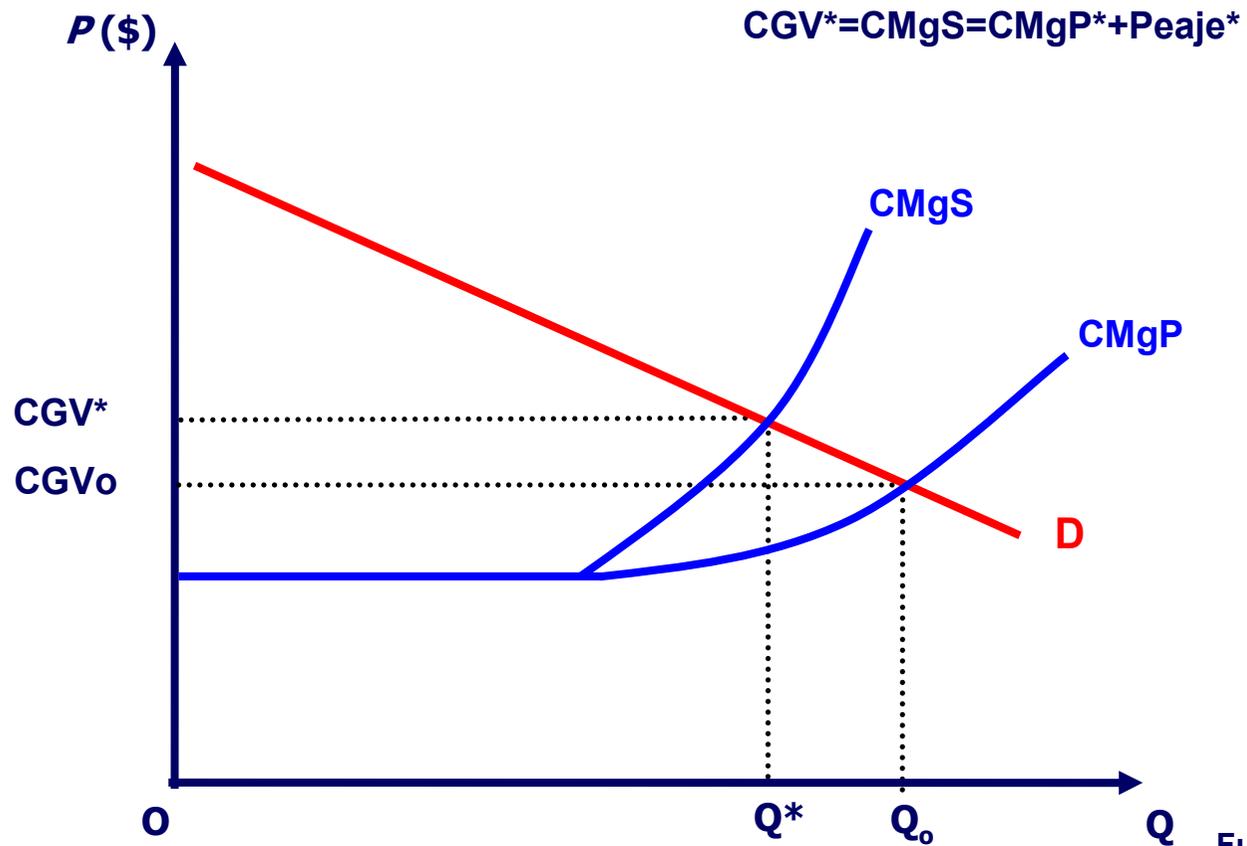
Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Demanda y Oferta de Transporte

Con Externalidad



Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Beneficios

Tipología de tránsitos

Un proyecto carretero puede producir reasignación de flujos vehiculares:

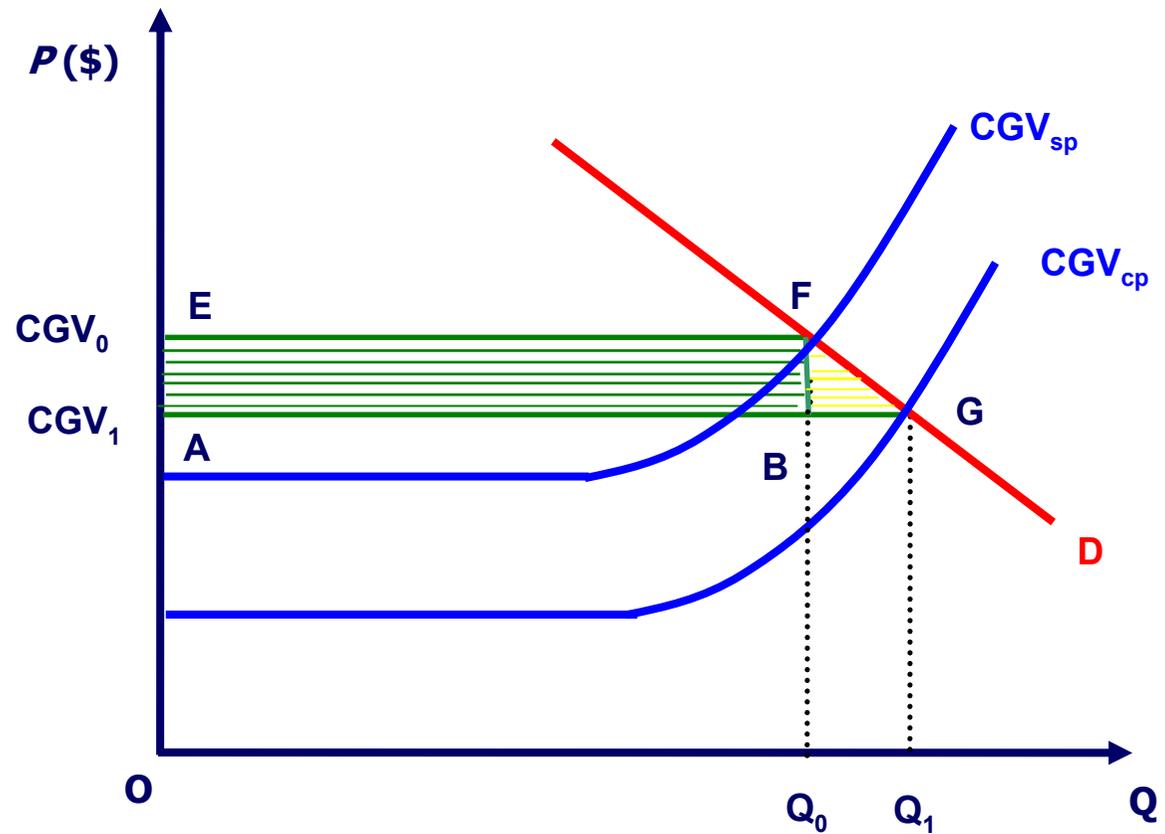
- ✓ **Tránsito Normal:** tránsito que no cambia su ruta por la ejecución del proyecto.
- ✓ **Tránsito Desviado:** tránsito que cambia su ruta por efecto del proyecto, pero mantiene su origen y destino.
- ✓ **Tránsito Transferido:** tránsito que por efecto del proyecto cambia su origen - destino o ambos.
- ✓ **Tránsito Generado:** tránsito vehicular que se incorpora a la red vial por causa del proyecto, el cual antes no circulaba por ningún tramo de ella.

Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Beneficios directos



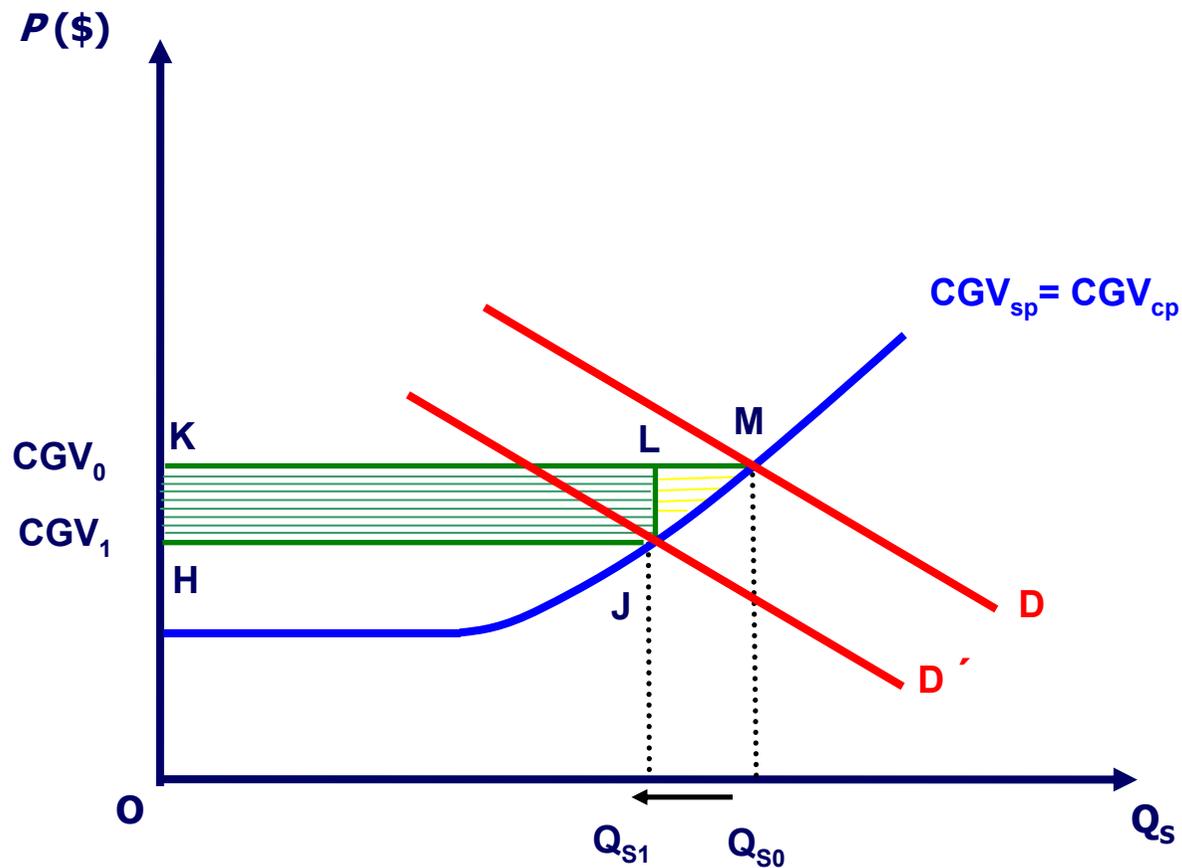
Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Beneficios indirectos

Vía alternativa o sustituta



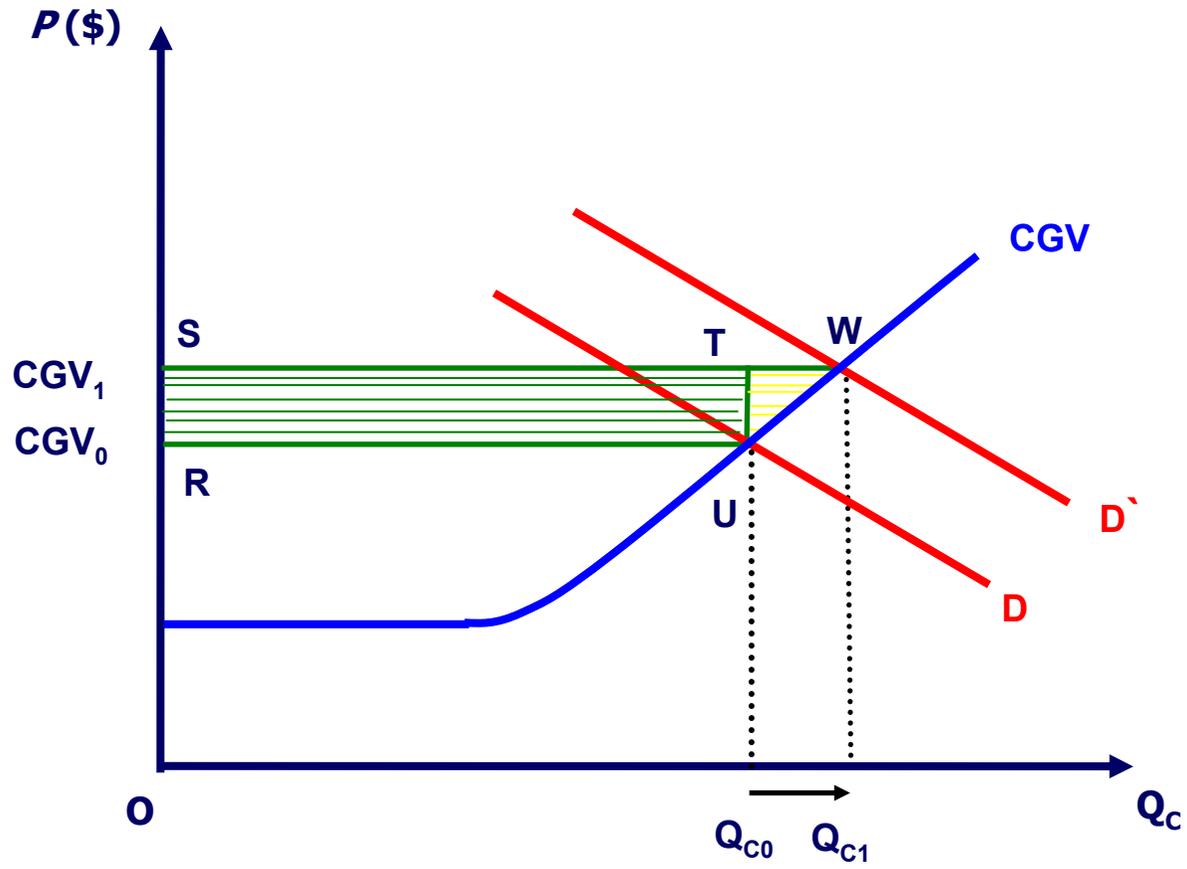
Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Beneficio indirecto negativo

Camino complementario



Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Costos

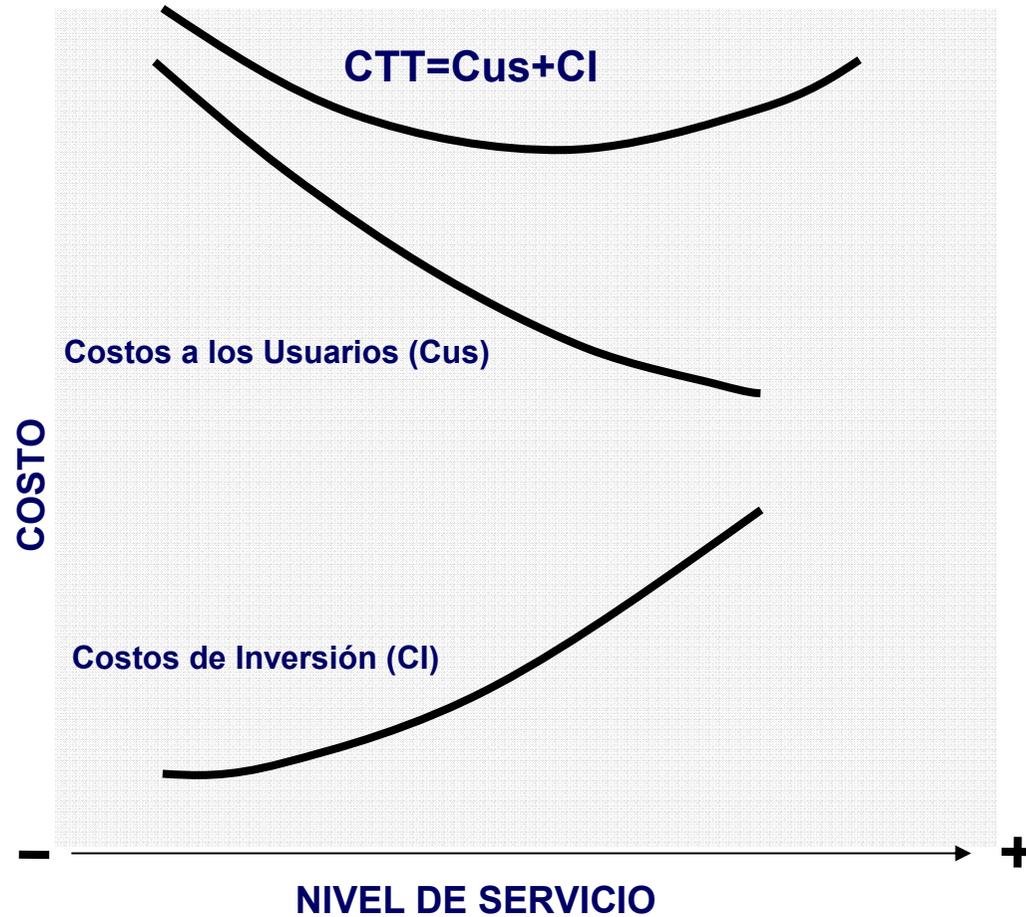
Los costos relevantes en un proyecto carretero son:

- ✓ **Costos de inversión:** proyecto ejecutivo, estudios de ingeniería, obra civil, derechos de vía, etc.
- ✓ **Costos de conservación y mantenimiento:** conservación normal, riego de sello, sobrecarpeta, reconstrucción.



Marco metodológico

Costos de transporte (CTT)



Marco metodológico

Estimación de costos y beneficios a precios sociales

En economías con distorsiones es necesario corregir los precios de mercado para obtener precios sociales.

Las distorsiones más importantes son:

- ✓ Impuestos específicos
- ✓ Subsidios
- ✓ Aranceles de importación
- ✓ Diferencia entre el precio de oferta de la mano de obra y su precio de mercado
- ✓ Diferencia entre el precio oficial de las divisas y el costo que efectivamente tienen para la sociedad

Fuente: MIDEPLAN



Marco metodológico

Estimación de costos y beneficios a precios sociales

Para estimar la inversión en términos sociales, se debe:

1. Calcular las cantidades físicas de cada concepto
2. Los precios unitarios de cada componente desagregarse en:
 - ✓ mano de obra calificada, semicalificada y no calificada
 - ✓ componente nacional
 - ✓ componente importado e impuestos
3. A cada concepto aplicar los precios sociales
4. Obtener el valor social de la inversión
5. Para estimar beneficios sociales, se procede de forma similar

Fuente: MIDEPLAN





IV. CARRETERA X-Y





DIAGNÓSTICO DE LA RUTA ACTUAL





Análisis Oferta



Ruta actual Oferta

Características físicas y geométricas

- ✓ Longitud: 34 kilómetros
- ✓ Sección 12 metros: 2 carriles de circulación con acotamientos laterales de 2.5 metros de ancho para cada sentido
- ✓ Superficie de rodamiento: pavimento asfáltico
- ✓ Terreno: plano a lo largo de toda la longitud
- ✓ De acuerdo a la DGCC de la SCT el estado de la superficie de rodamiento se califica de regular a malo





Análisis Demanda



Ruta Actual Demanda

TDPA y Composición vehicular

De acuerdo a información publicada por la SCT, por la ruta actual circulan 19,600 vehículos diarios con la siguiente composición vehicular:

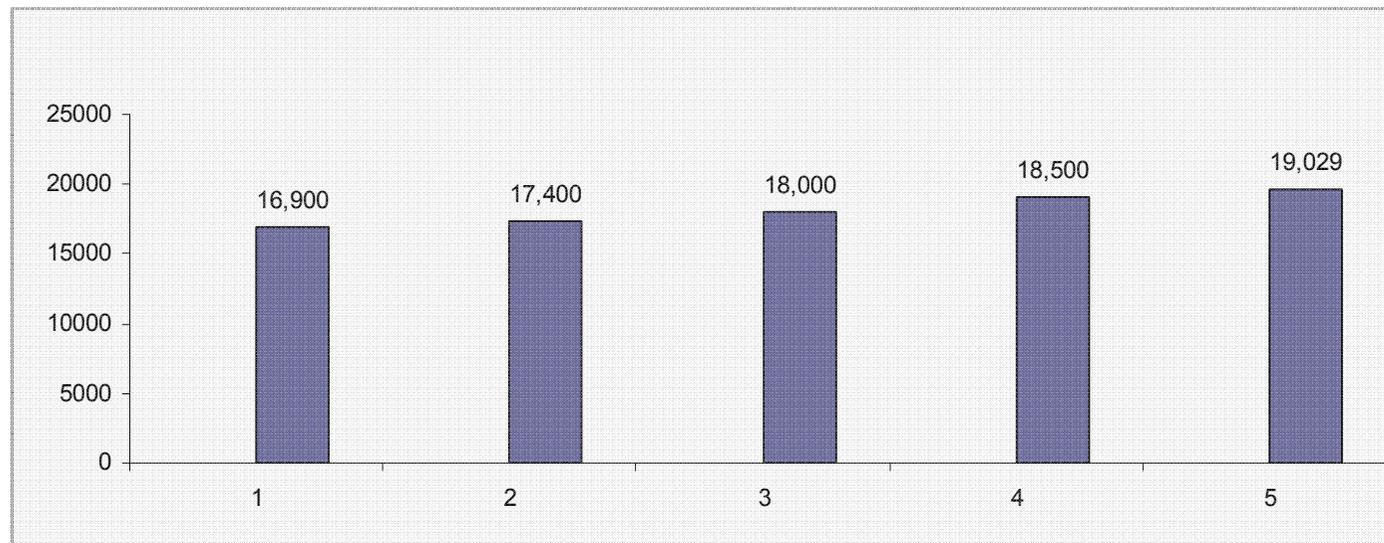
Ruta actual		
Carretera 2 carriles		
Tipo de vehículo	TDPA	Composición vehicular (%)
Automóviles	13,916	71
Autobuses	1,372	7
Camiones de todo tipo	4,312	22
Total	19,600	100



Ruta Actual Demanda

Tasa de crecimiento histórica del TDPA

Para estimar la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) , se utilizaron los datos históricos de tránsito publicadas por la SCT, estimándose en 3%:



Ruta Actual Demanda

Proyección del Tránsito (veh./día)

Año	Situación actual Carretera 2 carriles			
	A	B	C	Total
0	13,916	1,372	4,312	19,600
1	14,333	1,413	4,441	20,188
2	14,763	1,456	4,575	20,794
3	15,206	1,499	4,712	21,417
4	15,663	1,544	4,853	22,060
5	16,132	1,591	4,999	22,722
6	16,616	1,638	5,149	23,403
7	17,115	1,687	5,303	24,106
8	17,628	1,738	5,462	24,829
9	18,157	1,790	5,626	25,574
10	18,702	1,844	5,795	26,341
15	21,681	2,138	6,718	30,536
20	25,134	2,478	7,788	35,400
25	29,137	2,873	9,028	41,038
30	33,778	3,330	10,466	47,574





Análisis Interacción Oferta-Demanda



Ruta Actual

Interacción Oferta-Demanda

Velocidades de operación actual

Ruta actual	
Carretera 2 carriles	
Tipo de vehículo	Velocidad de operación (Km/hr)
Automóviles	62
Autobuses	58
Camiones de todo tipo	51

Tiempos de recorrido actual

Ruta actual		
Carretera 2 carriles		
Tipo de vehículo	Tiempo de recorrido (hrs)	Tiempo de recorrido (minutos)
Automóviles	0.58	35
Autobuses	0.55	33
Camiones de todo tipo	0.67	40



Ruta Actual

Interacción Oferta-Demanda

Costo Generalizado de Viaje actual (mdp/año)

Situación actual		
Carretera 2 carriles		
COV	CVT	CGV
442	189	631

Nivel de servicio actual

Ruta actual				
Carretera 2 carriles				
TDPA	Veh-eq.	Capacidad 12 mts.	Grado de saturación	Nivel de Servicio
19,601	26,149	35,000	75%	E





OPTIMIZACIÓN DE LA RUTA ACTUAL



Ruta Actual Optimización

La situación sin proyecto consiste en la situación de la ruta actual optimizada sobre la base de medidas administrativas e inversiones de menor costo.

El análisis de la situación de la actual indica que no existen medidas de optimización significativas, por lo que se considera a la situación de la ruta actual como la situación sin proyecto.





CARRETERA X-Y

SITUACIÓN SIN PROYECTO (SP)



Carretera X-Y

Situación sin proyecto (SP)

- ✓ Longitud: 34 kilómetros
- ✓ Sección 12 metros: 2 carriles de circulación con acotamientos laterales de 2.5 metros de ancho para cada sentido
- ✓ Superficie de rodamiento: pavimento asfáltico
- ✓ Terreno: plano a lo largo de toda la longitud
- ✓ TDPA: 19,600 (71% A, 7% B, 22% C)
- ✓ TCMA: 3%
- ✓ De acuerdo a la DGCC de la SCT el estado de la superficie de rodamiento se califica de regular a malo



Carretera X-Y

Situación sin proyecto

Diagnóstico

La ruta actual no ofrece condiciones de operación adecuadas al volumen vehicular que se presenta ya que:

- ✓ Problemas de saturación
- ✓ Mal estado de la superficie de rodamiento

Por lo tanto:

Altos costos de:

- mantenimiento
- tiempo de viaje
- operación vehicular



**Altos Costo de
Transporte**





DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



Ampliación Carretera X-Y

Descripción del proyecto

El proyecto en ampliar a cuatro carriles con ancho de corona de 22 metros para alojar 4 carriles de circulación de 3.5 metros de ancho cada uno y dos acotamientos laterales de 2.5 metros de ancho cada uno y camellón central de 3 metros así como realizar trabajos de conservación y mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto.

Esto con el objetivo de disminuir el tiempo de viaje de los usuarios y el costo de operación de los vehículos y, con ello, reducir los costos generalizados de viaje.





ALTERNATIVAS DE AMPLIACIÓN



Alternativas de ampliación

Se consideraron dos alternativas para realizar la ampliación:

1. Carpeta asfáltica
2. Concreto hidráulico

Alternativa	Costo de Inversión	Costo de conservación y mantenimiento				Vida útil (años)
		Conservación normal	Riego de sello	Sobrecarpeta	Reconstrucción	
1	353	2.04 (cada año)	3.4 (años 7, 15, 25)	19.04 (años 11, 30)	48.3 (año 19)	30
2	476	2.28 (cada dos años)	-	12.9 (cada 8 años)	74.95 (cada 25 años)	50

Cifras en millones de pesos



Alternativas de ampliación

Análisis costo-eficiencia

Debido a que con estas alternativas se obtiene el mismo beneficio, se utilizó el Costo Anual Equivalente (CAE) para determinar la de menor costo:

donde:

$$CAE = \frac{VPC - VPR}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^t}}$$

CAE costo anual equivalente

VPC valor presente de los costos al último año de inversión

VPR valor presente del valor de rescate

r tasa social de descuento

t número de años de vida útil de cada alternativa



Alternativas de ampliación Carpeta asfáltica

Año	Inversión	Valor de Rescate	Costos de mantenimiento	VPR	VPC	CAE
0	228				227.60	42.462758
1	125		2.04		113.43	
2			2.04		1.63	
3			2.04		1.45	
4			2.04		1.30	
5			2.04		1.16	
6			2.04		1.03	
7			3.40		1.54	
8			2.04		0.82	
9			2.04		0.74	
10			2.04		0.66	
11			19.04		5.47	
12			2.04		0.52	
13			2.04		0.47	
14			2.04		0.42	
15			3.40		0.62	
16			2.04		0.33	
17			2.04		0.30	
18			2.04		0.27	
19			48.28		5.61	
20			2.04		0.21	
21			2.04		0.19	
22			2.04		0.17	
23			2.04		0.15	
24			2.04		0.13	
25			3.40		0.20	
26			2.04		0.11	
27			2.04		0.10	
28			2.04		0.09	
29		-228	2.04		0.08	
30		-125	19.0	-12.68	-12.05	
Suma				-12.680674	354.726002	



Alternativas de ampliación Concreto hidráulico

Año	Inversión	Valor de Rescate	Costos de mantenimiento	VPR	VPC	CAE
						61.229504
0	309				309	
1	167				167	
2			2.28		1.82	
3						
4			2.28		1.45	
5						
6			2.28		1.16	
7						
8			12.90		5.21	
13						
14			2.28		0.47	
15						
16			12.90		2.10	
17						
22			2.28		0.19	
23						
24			12.90		0.85	
25			74.95		4.41	
26			2.28		0.12	
27						
28			2.28		0.10	
29						
30			2.28		0.08	
31						
32			12.90		0.34	
33						
34			2.28		0.05	
39						
40			12.90		0.14	
47						
48			12.90		0.06	
49		-309.41				
50		-166.60	74.95	-1.78	-1.52	
Total				-1.78	495.0	



Ampliación Carretera X-Y

Comparación de alternativas

La alternativa de menor costo es pavimentar con asfalto ya que:

$$\text{CAE asfalto} < \text{CAE c.hidráulico}$$

Por lo tanto, se debe escoger alternativa de ampliar con asfalto.





CARRETERA X-Y

SITUACIÓN CON PROYECTO (CP)



Carretera X-Y Situación con proyecto (CP)

- ✓ Longitud: 34 kilómetros
- ✓ Sección 22 metros: 4 carriles de circulación con acotamientos laterales y camellón central de 3 metros (Tipo A4)
- ✓ Superficie rodamiento: pavimento asfáltico
- ✓ Terreno: plano a lo largo de toda la longitud
- ✓ TDPA: 19,600 (71% A, 7% B, 22% C)
- ✓ TCMA: 3%
- ✓ **Inversión: 353 mdp (pesos de 2002)**
- ✓ **Tiempo de ejecución: 2 años**
- ✓ **Mantenimiento y Conservación a lo largo de la vida del proyecto**





NIVELES DE SERVICIO



Carretera X-Y

Nivel de Servicio

Definición

Se entiende por nivel de servicio a la medida cualitativa del efecto que puede tener la capacidad y estado físico de la carretera con la demanda vehicular, sobre algunos factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones de tránsito, el costo de operación, la libertad de maniobra entre otros.



Carretera X-Y

Capacidad instalada

Vehículos equivalentes

Para expresar el TDPA en unidades homogéneas se corrige el flujo heterogéneo a través de factores de equivalencia:

Vehículos equivalentes s/p		
Tipo de vehículo	Factor de equivalencia	Capacidad Veh-eq.
Automóviles	1	35,000
Autobuses	2	
Camiones de todo tipo	2.2	

Vehículos equivalentes c/p		
Tipo de vehículo	Factor de equivalencia	Capacidad Veh-eq.
Automóviles	1	90,000
Autobuses	1.5	
Camiones de todo tipo	1.7	

Carretera X-Y

Capacidad instalada

Niveles de Servicio

Año	TDPA	Veh- eq.		Capacidad		NS	
		s/p	c/p	12 mts.	22 mts.	s/p	c/p
1	20,188	26,931	24,004	35,000	90,000	E	A
2	20,794	27,739	24,724	35,000	90,000	E	A
3	21,417	28,571	25,465	35,000	90,000	E	A
4	22,060	29,428	26,229	35,000	90,000	E	A
5	22,722	30,311	27,016	35,000	90,000	E	A
6	23,403	31,220	27,827	35,000	90,000	E	A
7	24,106	32,157	28,661	35,000	90,000	F	A
8	24,829	33,121	29,521	35,000	90,000	F	A
9	25,574	34,115	30,407	35,000	90,000	F	A
10	26,341	35,139	31,319	35,000	90,000	F	A
11	27,131	36,193	32,259	35,000	90,000	F	A
12	27,945	37,279	33,227	35,000	90,000	F	B
13	28,783	38,397	34,223	35,000	90,000	F	B
14	29,647	39,549	35,250	35,000	90,000	F	B
15	30,536	40,735	36,307	35,000	90,000	F	B
20	35,400	47,223	42,090	35,000	90,000	F	B
25	41,038	54,745	48,794	35,000	90,000	F	C
30	47,574	63,464	56,566	35,000	90,000	F	C



Carretera X-Y

Nivel de Servicio

Nivel de Servicio según grado de saturación

Carretera libre con acotamientos 2 carriles

Grado de saturación	Nivel de Servicio	Flujo	Tipo de tránsito
0-20	A	libre	No saturado
21-31	B	estable sin cambios de velocidad	Normal
32-52	C	estable con restricciones de velocidad	Normal
53-72	D	se aproxima a flujo inestable	Con problemas
73-90	E	inestable y pueden ocurrir paradas	Saturado
91 <=	F	inestable a punto de colapso	Sobre saturado

Carretera libre con acotamientos 4 carriles

Grado de saturación	Nivel de Servicio	Flujo	Tipo de tránsito
0-35	A	libre	No saturado
36-50	B	estable sin cambios de velocidad	Normal
51-67	C	estable con restricciones de velocidad	Normal
68-90	D	se aproxima a flujo inestable	Con problemas
91-95	E	inestable y pueden ocurrir paradas	Saturado
96 <=	F	inestable a punto de colapso	Sobre saturado





V. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA



Ampliación Carretera X-Y

Supuestos de evaluación

- ✓ Costo estimado de ampliación: 352 mdp (258 en el primer año y el resto en el segundo)
- ✓ Tasa social de descuento: 12%
- ✓ Se consideran precios constantes del año 2002
- ✓ Horizonte de evaluación de 30 años, considerando dos años de construcción
- ✓ Fuente de información obtenida a través de proyecto ejecutivo y de fuentes de información primaria y secundaria como cotizaciones, encuestas directas y revistas especializadas



Ampliación Carretera X-Y

Supuestos de evaluación

- ✓ Factibilidad legal y ambiental
- ✓ No existen carreteras sustitutas que permitan circular en el mismo origen-destino. Por lo tanto no hay tránsito desviado debido a la reducción del CGV
- ✓ No habrá tránsito generado debido a que el ahorro en los CGV es marginal
- ✓ No se generará tránsito transferido, puesto que difícilmente los usuarios cambiarán su origen-destino como resultado en el ahorro de los CGV
- ✓ No se consideran costos por demora o molestias durante la realización de las obras (externalidad)





IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COSTOS



Costos Inversión

Costos de Inversión del proyecto desglosado por concepto

Concepto	%	mdp
Materiales	33%	116
Mano de Obra	5%	18
Maquinaria y Equipo	37%	130
Derecho de vía	19%	67
Otros conceptos	6%	21
Total	100%	353



Costos

Mantenimiento y Conservación

Costos de mantenimiento y conservación s/p

Concepto	Costo (\$/km/carril)	Frecuencia
Conservación normal	30,000	todos los años
Riegos de sello	50,000	años 4,12, 20 y 28
Sobrecarpeta	280,000	años 16
Reconstrucción	710,000	años 8 y 24

Costos de mantenimiento y conservación c/p

Concepto	Costo (\$/km/carril)	Frecuencia
Conservación normal	30,000	todos los años
Riegos de sello	50,000	años 7,15 y 25
Sobrecarpeta	280,000	años 11 y 30
Reconstrucción	710,000	año 19





IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS



Beneficios Directos

Identificación

Ahorro en Costos Generalizados de Viaje (CGV):

- ✓ Costos de Operación Vehicular (COV)
- ✓ Costo del Tiempo de Viaje (CTV)
- × Costo de accidentes

Para cuantificarlos, se realiza la diferencia entre la situación con y sin proyecto



Beneficios Directos

Costos Generalizados de Viaje (CGV)

Para calcular el CGV de los vehículos que circulan por la red vial actual, se recomienda utilizar el modelo computacional VOC-MEX 3.0 el cual es un submodelo del HDM-4.

Se compone de la suma del Costo de Operación Vehicular (COV) más el Costo del Tiempo de Viaje (CTV):

$$\text{CGV} = \text{COV} + \text{CTV}$$



Beneficios Directos

Costo de Operación Vehicular (COV)

El COV depende fundamentalmente de:

- ✓ Geometría del camino
- ✓ Tipo y estado de la superficie de rodamiento
- ✓ Tipo de vehículos que circulan
- ✓ Volumen, composición y distribución vehicular
- ✓ Precio social de los insumos

Para cada tipo de vehículo se debe calcular los siguiente:

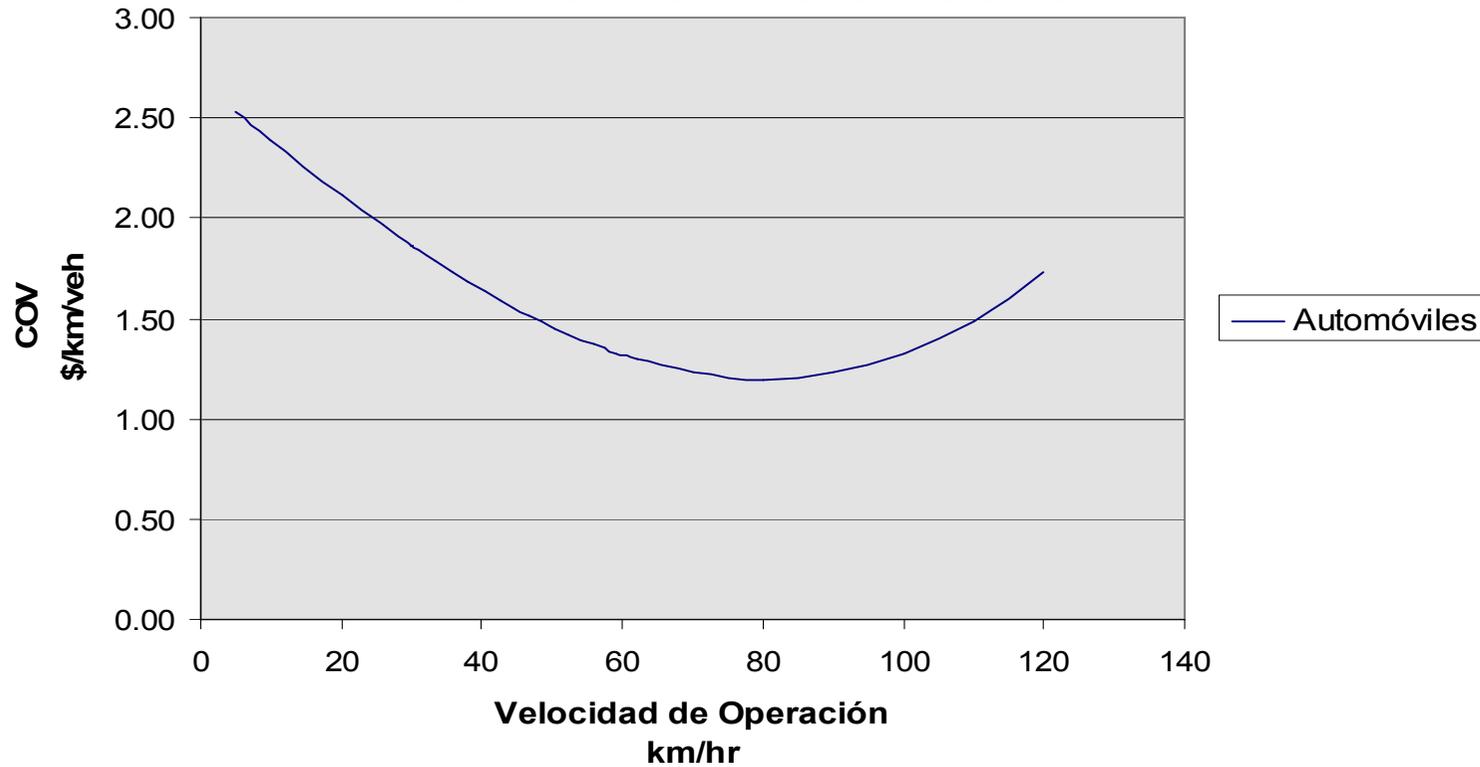
- Consumo de Combustibles
- Consumo de Lubricantes
- Consumo de Neumáticos
- Consumo de Repuestos
- Depreciación del vehículo



Beneficios Directos

COV autom6viles vs. Velocidad de Operaci6n autom6viles

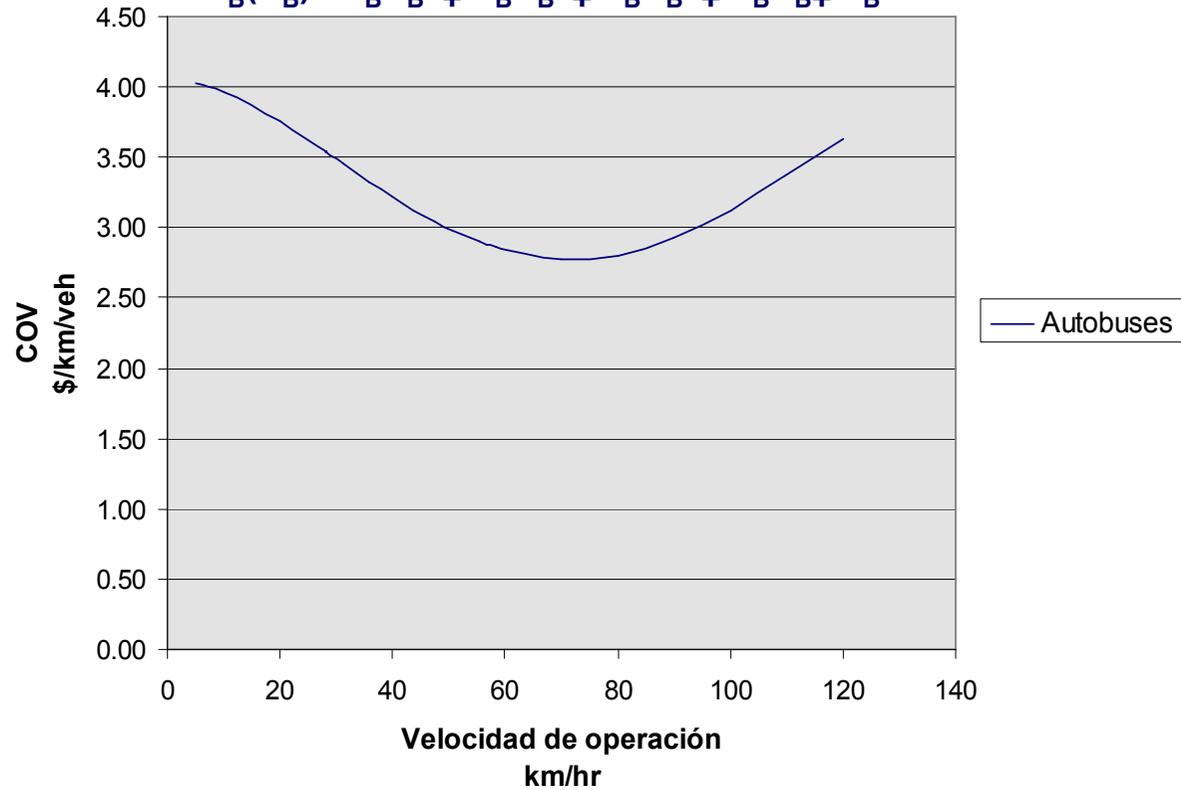
$$COV_A(V_A) = a_A V_A^4 + b_A V_A^3 + c_A V_A^2 + d_A V_A + e_A$$



Beneficios Directos

COV autobuses vs. Velocidad de Operación autobuses

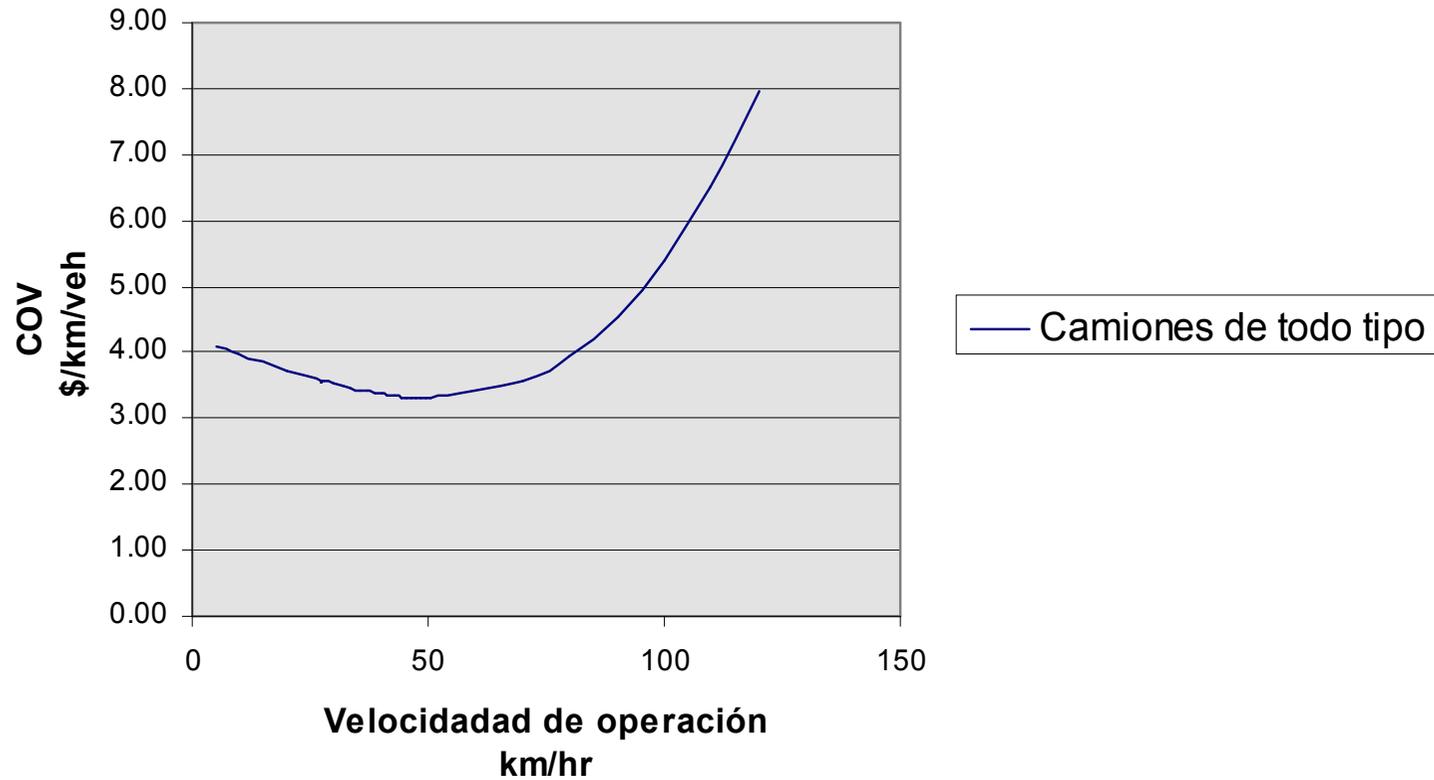
$$COV_B(V_B) = a_B V_B^4 + b_B V_B^3 + c_B V_B^2 + d_B V_B + e_B$$



Beneficios Directos

COV camiones vs. Velocidad de Operación camiones

$$COV_C(V_C) = a_C V_C^4 + b_C V_C^3 + c_C V_C^2 + d_C V_C + e_C$$



Beneficios Directos

Costo del tiempo de viaje (CTV)

El CTV depende fundamentalmente de:

- ✓ Velocidad de operación vehicular
- ✓ Valor social del tiempo de los usuarios de los vehículos

Para determinar el CTV se utilizaron los siguientes supuestos:

Configuración del Valor del Tiempo	
Concepto	Valor
Valor del tiempo conductor auto	15 \$/hr
Valor del tiempo pasajero auto	10 \$/hr
Valor del tiempo pasajero autobus	10 \$/hr
Número de pasajeros auto	2.5 pas/veh
Número de pasajeros autobus	30 pas/veh
% viaje de negocios	0.47
Valor tiempo de la carga	15 \$/hr/ton
Toneladas promedio	6 ton/veh





CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Situación Con Proyecto vs. Situación Sin Proyecto



Carretera X-Y CP vs. SP

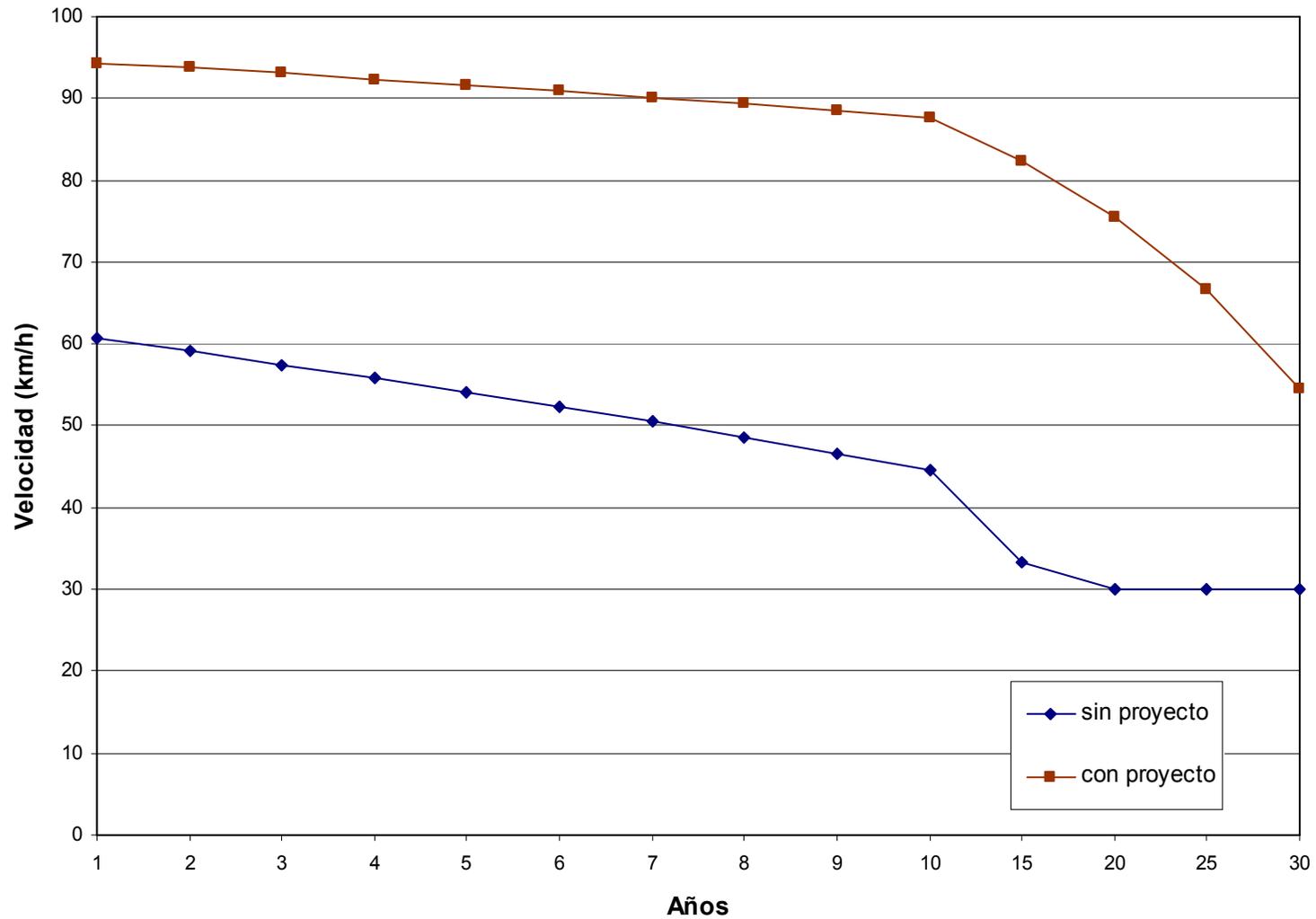
Velocidades (km/hr)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	62	58	51	0	0	0
1	61	57	50	94	86	68
2	59	55	49	94	86	68
3	57	54	48	93	85	67
4	56	52	46	92	85	67
5	54	51	45	92	84	67
6	52	49	44	91	84	66
7	51	47	43	90	83	66
8	49	46	41	89	82	66
9	47	44	40	88	81	65
10	45	42	39	88	81	65
15	33	31	30	82	76	62
20	30	28	27	76	70	58
25	30	28	27	67	62	53
30	30	28	27	55	51	46



Carretera X-Y

Velocidad de operación



Carretera X-Y CP vs. SP

Costos de operación vehicular (\$/km/veh)

Año	Sin Proyecto			Con proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	1.30	2.86	3.16	-	-	-
1	1.31	2.88	3.17	1.26	2.87	3.06
2	1.33	2.90	3.19	1.26	2.86	3.06
3	1.35	2.92	3.20	1.25	2.85	3.06
4	1.37	2.95	3.21	1.24	2.85	3.06
5	1.40	2.98	3.23	1.24	2.84	3.06
6	1.42	3.01	3.25	1.23	2.83	3.06
7	1.45	3.04	3.27	1.23	2.83	3.06
8	1.48	3.08	3.29	1.22	2.82	3.06
9	1.52	3.13	3.31	1.22	2.81	3.06
10	1.55	3.17	3.34	1.22	2.81	3.06
15	1.79	3.45	3.50	1.20	2.78	3.07
20	1.86	3.54	3.56	1.21	2.77	3.09
25	1.86	3.54	3.56	1.25	2.81	3.13
30	1.86	3.54	3.56	1.39	2.97	3.23



Carretera X-Y CP vs. SP

Tránsito (veh/día)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	13,916	1,372	4,312	0	0	0
1	14,333	1,413	4,441	14,333	1,413	4,441
2	14,763	1,456	4,575	14,763	1,456	4,575
3	15,206	1,499	4,712	15,206	1,499	4,712
4	15,663	1,544	4,853	15,663	1,544	4,853
5	16,132	1,591	4,999	16,132	1,591	4,999
6	16,616	1,638	5,149	16,616	1,638	5,149
7	17,115	1,687	5,303	17,115	1,687	5,303
8	17,628	1,738	5,462	17,628	1,738	5,462
9	18,157	1,790	5,626	18,157	1,790	5,626
10	18,702	1,844	5,795	18,702	1,844	5,795
15	21,681	2,138	6,718	21,681	2,138	6,718
20	25,134	2,478	7,788	25,134	2,478	7,788
25	29,137	2,873	9,028	29,137	2,873	9,028
30	33,778	3,330	10,466	33,778	3,330	10,466



Carretera X-Y CP vs. SP

Costos de operación vehicular (\$/día)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	613,461	133,357	463,824	-	-	-
1	639,722	138,250	479,406	614,618	137,781	461,352
2	667,889	143,434	495,674	630,273	141,576	475,240
3	698,143	148,936	512,678	646,332	145,471	489,558
4	730,681	154,782	530,470	662,817	149,469	504,320
5	765,718	161,001	549,111	679,757	153,574	519,543
6	803,490	167,624	568,666	697,183	157,790	535,242
7	844,250	174,682	589,208	715,132	162,121	551,437
8	888,276	182,208	610,817	733,647	166,575	568,147
9	935,869	190,237	633,582	752,778	171,156	585,393
10	987,353	198,802	657,599	772,585	175,872	603,196
15	1,316,408	250,739	800,572	884,589	201,837	701,508
20	1,592,690	298,003	943,555	1,030,548	233,343	818,624
30	2,140,442	400,491	1,268,059	1,595,765	336,199	1,148,161



Carretera X-Y CP vs. SP

Tiempo de recorrido (horas)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	0.55	0.58	0.67	-	-	-
1	0.56	0.60	0.69	0.36	0.39	0.50
2	0.58	0.61	0.70	0.36	0.40	0.50
3	0.59	0.63	0.72	0.37	0.40	0.50
4	0.61	0.65	0.73	0.37	0.40	0.51
5	0.63	0.67	0.75	0.37	0.40	0.51
6	0.65	0.69	0.77	0.37	0.41	0.51
7	0.67	0.72	0.79	0.38	0.41	0.52
8	0.70	0.74	0.82	0.38	0.41	0.52
9	0.73	0.78	0.85	0.38	0.42	0.52
10	0.76	0.81	0.88	0.39	0.42	0.53
15	1.02	1.09	1.13	0.41	0.45	0.55
20	1.13	1.21	1.25	0.45	0.48	0.58
25	1.13	1.21	1.25	0.51	0.55	0.64
30	1.13	1.21	1.25	0.62	0.66	0.75

Carretera X-Y CP vs. SP

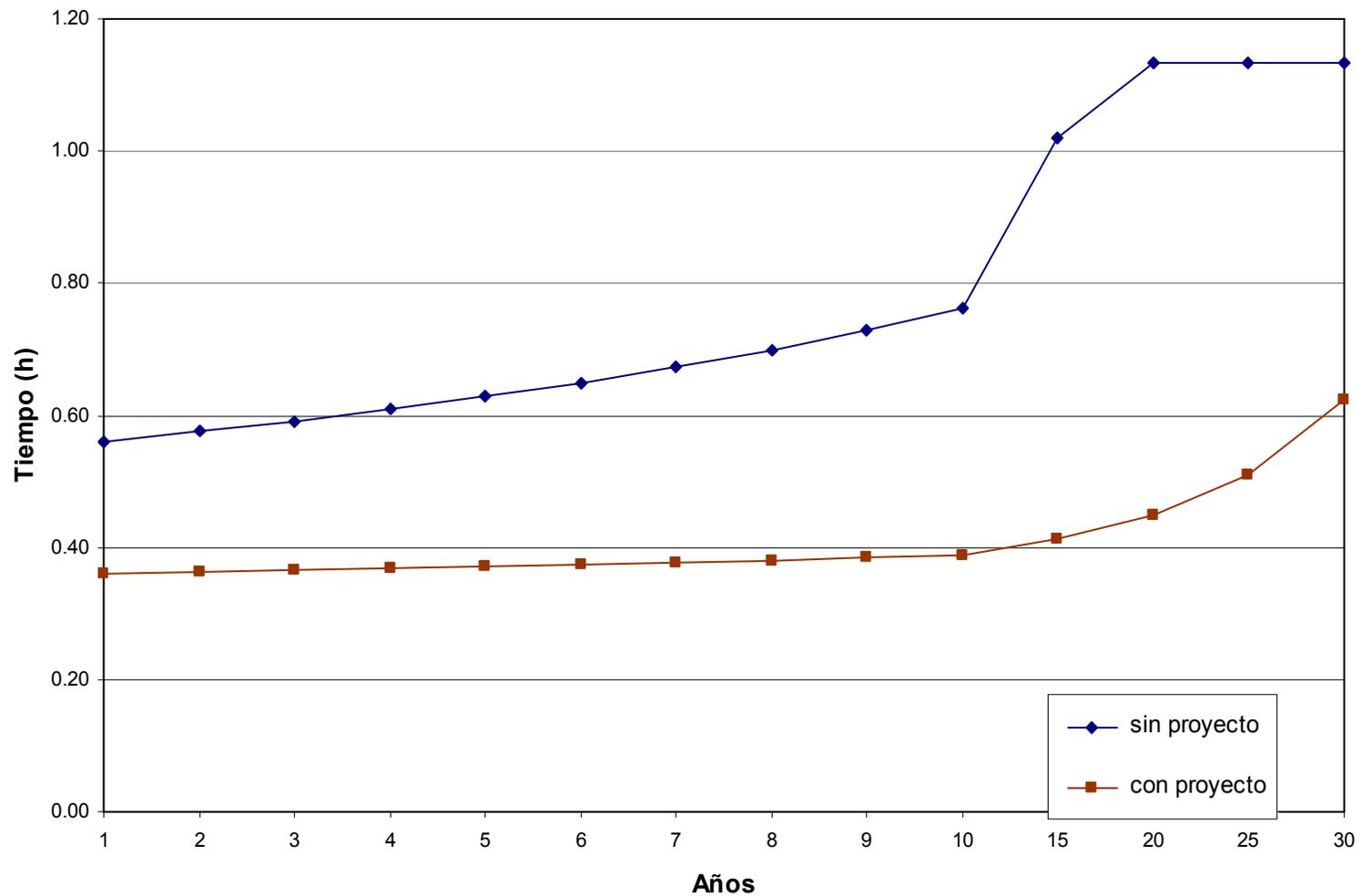
Tiempo de recorrido (minutos)

Año	Sin proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	33	35	40	-	-	-
1	34	36	41	22	24	30
2	35	37	42	22	24	30
3	35	38	43	22	24	30
4	37	39	44	22	24	30
5	38	40	45	22	24	31
6	39	41	46	22	24	31
7	40	43	48	23	25	31
8	42	45	49	23	25	31
9	44	47	51	23	25	31
10	46	49	53	23	25	32
15	61	65	68	25	27	33
20	68	72	75	27	29	35
25	68	72	75	31	33	38
30	68	72	75	37	40	45



Carretera X-Y

Tiempos de recorrido



Carretera X-Y CP vs. SP

Valor tiempo de recorrido (\$/día)

Año	Sin Proyecto			Con proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	A	B	C	A	B	C
0	143,197	112,966	261,227	-	-	-
1	151,130	119,162	274,209	97,113	78,402	200,046
2	159,738	125,888	288,214	100,694	81,239	206,916
3	169,111	133,214	303,373	104,444	84,206	214,073
4	179,350	141,222	319,838	108,374	87,312	221,536
5	190,579	150,009	337,789	112,496	90,567	229,323
6	202,944	159,692	357,445	116,825	93,982	237,455
7	216,623	170,413	379,065	121,377	97,567	245,956
8	231,831	182,343	402,970	126,167	101,337	254,851
9	248,836	195,696	429,554	131,216	105,306	264,170
10	267,969	210,738	459,308	136,546	109,491	273,944
15	415,503	327,235	685,059	168,357	134,390	331,063
20	535,518	422,156	872,935	212,632	168,897	407,594
25	620,813	489,394	1,011,971	279,467	220,880	518,303
30	719,692	567,342	1,173,152	395,690	311,484	702,479



Carretera X-Y CP vs. SP

Costo Generalizado de Viaje CGV (mdp)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	COV	Costo tiempo	CGV	COV	Costo tiempo	CGV
0	441.9	188.8	630.7	-	-	-
1	458.9	198.7	657.7	443.0	137.1	580.1
2	477.1	209.5	686.5	455.2	141.9	597.1
3	496.3	221.1	717.4	467.7	147.0	614.7
4	516.8	233.7	750.6	480.6	152.3	632.8
5	538.7	247.6	786.3	493.8	157.8	651.6
6	562.0	262.8	824.8	507.4	163.6	671.0
7	587.0	279.6	866.6	521.5	169.7	691.2
8	613.7	298.3	911.9	536.0	176.1	712.0
9	642.3	319.0	961.3	550.9	182.8	733.7
10	673.0	342.4	1,015.3	566.4	189.8	756.1
15	864.2	521.1	1,385.4	652.6	231.3	883.9
20	1,034.5	668.2	1,702.7	760.1	288.0	1,048.1
25	1,199.3	774.6	1,973.9	905.2	371.8	1,277.0
30	1,390.3	898.0	2,288.3	1,124.2	514.5	1,638.8



Carretera X-Y CP vs. SP

Costos de Conservación y Mantenimiento (pesos)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	Normal	Rutinaria	Reconstrucción	Normal	Rutinaria	Reconstrucción
0	2,040,000			-	-	-
1	2,040,000			7,480,000		
2	2,040,000			7,480,000		
3	2,040,000			7,480,000		
4	2,040,000	3,400,000		7,480,000		
5	2,040,000			7,480,000		
6	2,040,000			7,480,000		
7	2,040,000			7,480,000	11,657,143	
8	2,040,000		48,280,000	7,480,000		
11	2,040,000			7,480,000	65,280,000	
12	2,040,000	3,400,000		7,480,000		
15	2,040,000			7,480,000	11,657,143	
16	2,040,000	19,040,000		7,480,000		
19	2,040,000			7,480,000		165,531,429
20	2,040,000	3,400,000		7,480,000		
24	2,040,000		48,280,000	7,480,000		
25	2,040,000			7,480,000	11,657,143	
26	2,040,000			7,480,000		
27	2,040,000			7,480,000		
28	2,040,000	3,400,000		7,480,000		
29	2,040,000			7,480,000		
30	2,040,000			7,480,000	65,280,000	



Carretera X-Y CP vs. SP

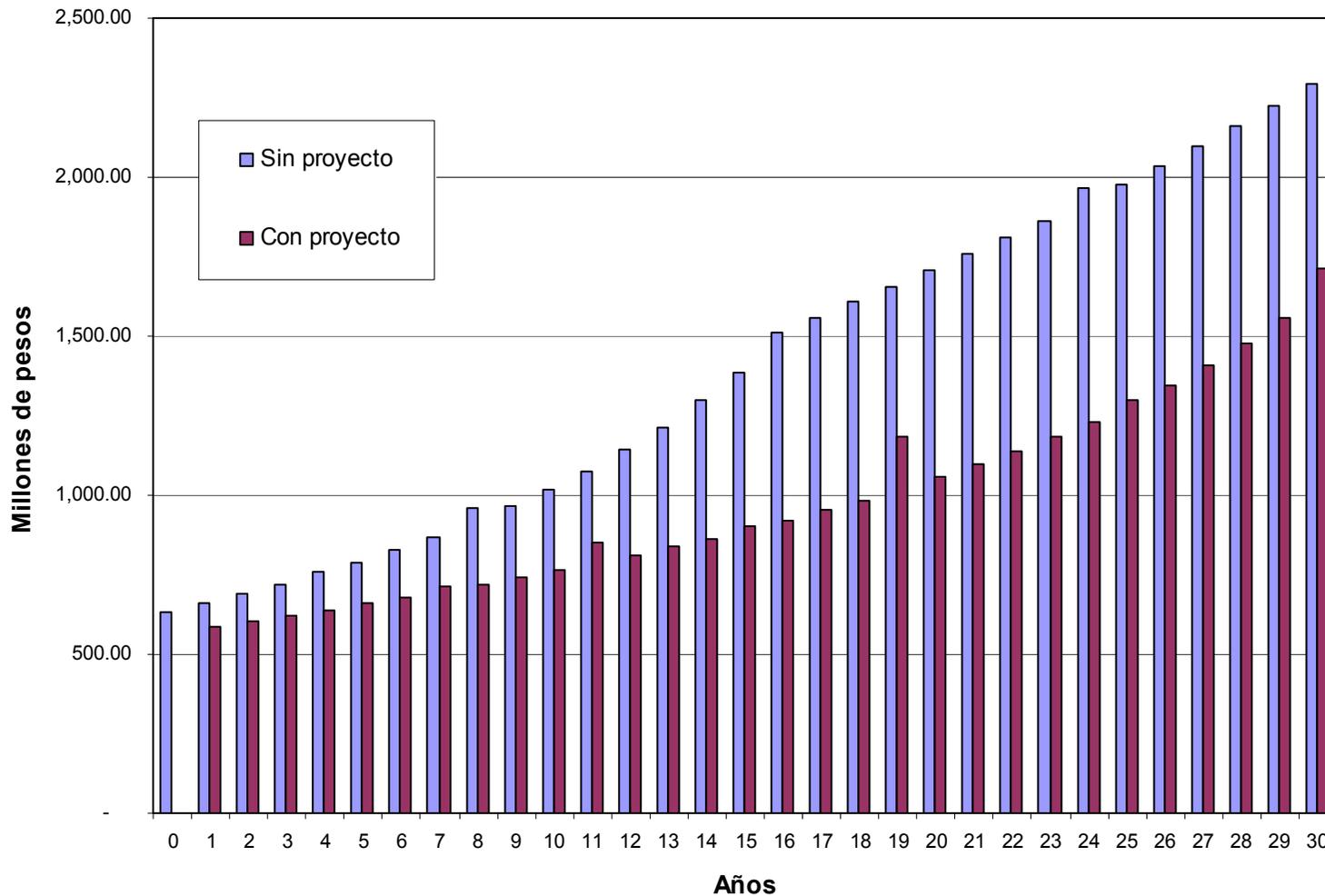
Costo Total Transporte CTT (mdp)

Año	Sin Proyecto			Con Proyecto		
	Carretera 2 carriles			Carretera 4 carriles		
	CGV	Costo M y C	CTT	CGV	Costo M y C	CTT
0	630.7	2.0	632.8	-	-	-
1	657.7	2.0	659.7	580.1	7.5	587.6
2	686.5	2.0	688.5	597.1	7.5	604.6
3	717.4	2.0	719.4	614.7	7.5	622.2
4	750.6	5.4	756.0	632.8	7.5	640.3
5	786.3	2.0	788.3	651.6	7.5	659.1
6	824.8	2.0	826.9	671.0	7.5	678.5
7	866.6	2.0	868.6	691.2	19.1	710.3
8	911.9	50.3	962.3	712.0	7.5	719.5
9	961.3	2.0	963.4	733.7	7.5	741.1
10	1,015.3	2.0	1,017.4	756.1	7.5	763.6
15	1,385.4	2.0	1,387.4	883.9	19.1	903.1
20	1,702.7	5.4	1,708.1	1,048.1	7.5	1,055.6
25	1,973.9	2.0	1,975.9	1,277.0	19.1	1,296.1
30	2,288.3	2.0	2,290.3	1,638.8	72.8	1,711.5



Carretera X-Y

Comparación de Costo Total Transporte CTT



Carretera X-Y CP vs. SP

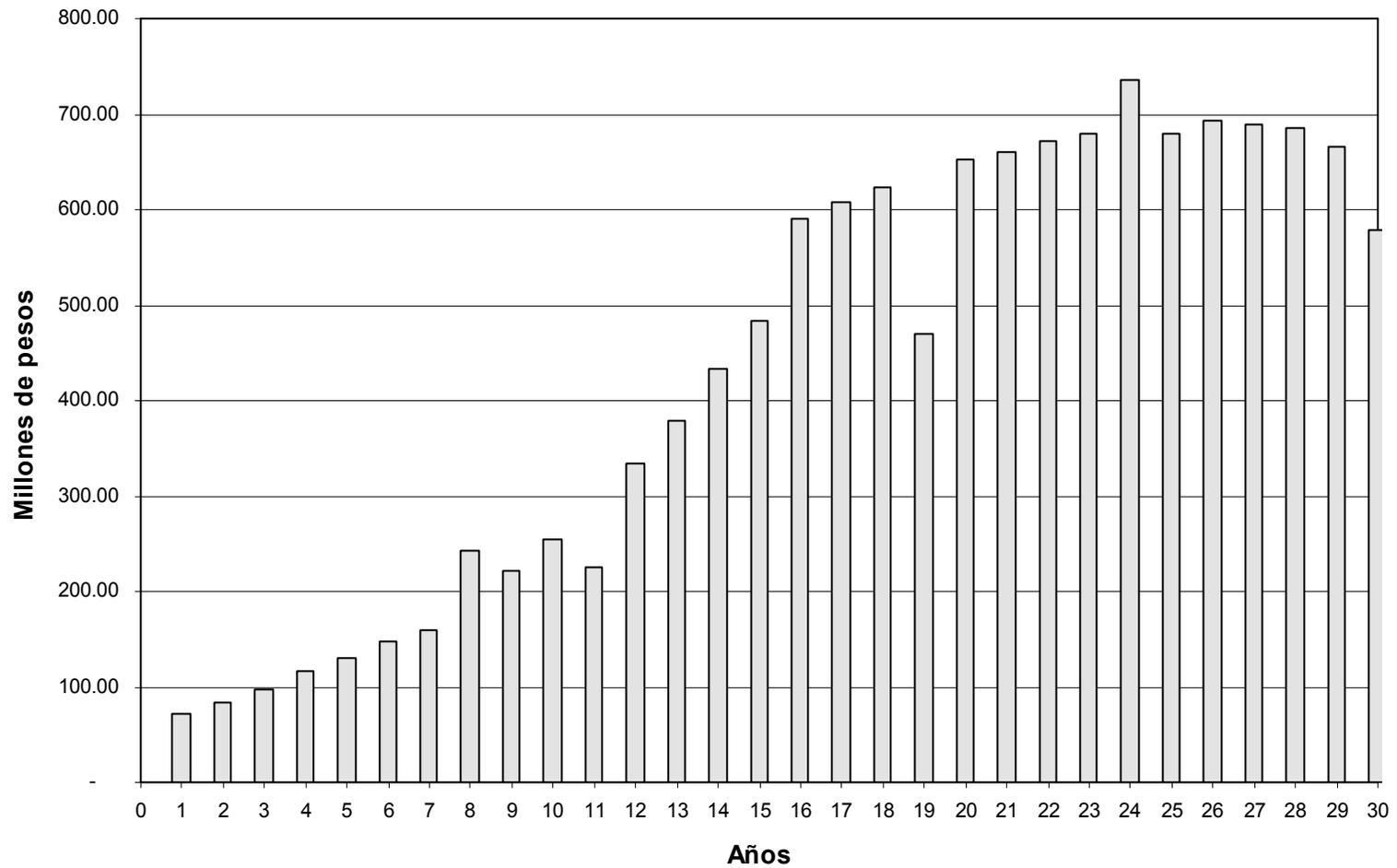
Beneficio Neto (mdp)

Año	Ahorro CGV	Ahorro C y M	Beneficio Neto
0	-	-	-
1	77.6	-5.4	72.1
2	89.4	-5.4	83.9
3	102.7	-5.4	97.3
4	117.7	-2.0	115.7
5	134.7	-5.4	129.2
6	153.8	-5.4	148.4
7	175.4	-17.1	158.3
8	199.9	42.8	242.8
9	227.7	-5.4	222.2
10	259.2	-5.4	253.8
15	501.4	-17.1	484.3
20	654.5	-2.0	652.5
25	696.9	-17.1	679.8
30	649.5	-70.7	578.8



Carretera X-Y

Beneficio neto





INDICADORES DE RENTABILIDAD



Indicadores de rentabilidad

Valor Presente Neto (VPN)

$$VPN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i \pm BI_i \pm e_i}{(1+r)^t}$$

VPN= Valor Presente Neto

I_0 = Inversión inicial del proyecto actualizado al año cero

B_i = Beneficio Directo del proyecto percibido el año i

C_i = Costo del proyecto incurrido el año i

BI_i = Beneficio Indirecto del proyecto percibido el año i

e_i = Externalidad del proyecto percibido el año i

n= Período de análisis, en años

r = Tasa social de descuento



Indicadores de rentabilidad

Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$-I + \sum_{i=0}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+TIR)^t} = 0$$

Tasa Rentabilidad Inmediata (TRI)

$$TRI = \frac{B_1}{I_0}$$

TRI= Tasa de Rentabilidad Inmediata

B_1 = Beneficio del primer año de operación del proyecto

I_0 = Inversión inicial actualizada al año anterior al primer año de operación





RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN



Carretera X-Y

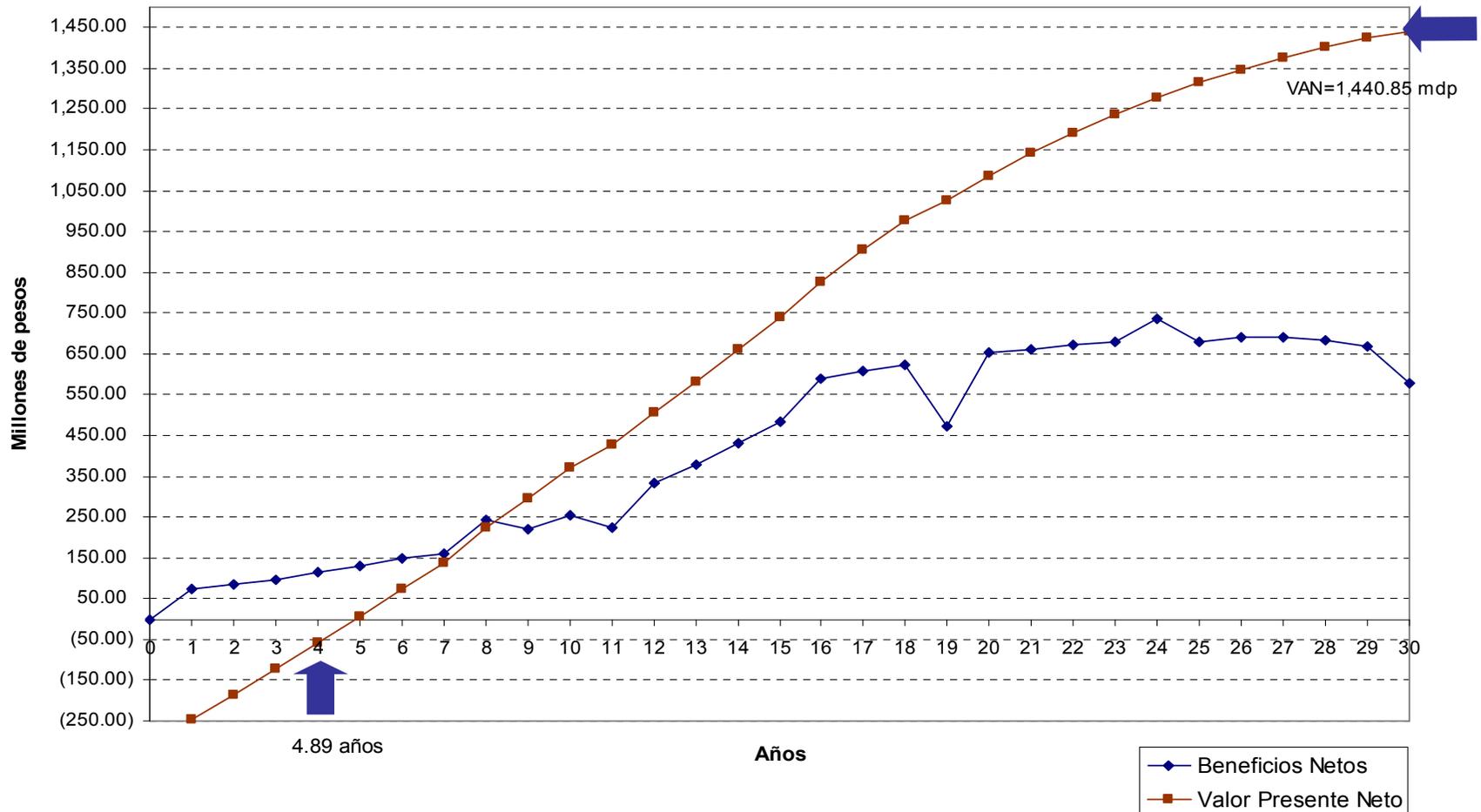
Resultados de la Evaluación

Año	Inversión (mdp)	Beneficios (mdp)			Flujo (mdp)	VPN (mdp)	TIR (%)
		Neto	Adicional	Total			
0	-227.6	-	-	-	-227.6		
1	-125.0	72.1	-	72.1	-52.9	-245.3	#NUM!
2	-	83.9	-	83.9	83.9	-185.6	#NUM!
3	-	97.3	-	97.3	97.3	-123.8	-16.92%
4	-	115.7	-	115.7	115.7	-58.1	1.97%
5	-	129.2	-	129.2	129.2	7.3	12.98%
6	-	148.4	-	148.4	148.4	74.4	20.04%
7	-	158.3	-	158.3	158.3	138.4	24.48%
8	-	242.8	-	242.8	242.8	225.9	28.53%
9	-	222.2	-	222.2	222.2	297.5	30.78%
10	-	253.8	-	253.8	253.8	370.4	32.42%
15	-	484.3	-	484.3	484.3	740.0	36.09%
20	-	652.5	-	652.5	652.5	1,086.5	37.10%
25	-	679.8	-	679.8	679.8	1,314.4	37.32%
30	-	578.8	-	578.8	578.8	1,440.8	37.36%



Carretera X-Y

Valor Presente Neto (VPN)



Carretera X-Y

Resultados

Indicador	Valor
TIR (%)	37.36
VPN (mdp)	1,440.85
TRI (%)	22.10

Con base en estos indicadores, se observa que el proyecto es rentable desde el punto de vista socioeconómico ya que su inversión produce un rendimiento mayor a la tasa social de descuento del 12%.



Análisis de Sensibilidad

Variación en el monto de inversión				
Incremento	Inversión (mdp)	TIR (%)	VPN (mdp)	TRI (%)
40%	493.6	29.8	1,319.7	17.0
30%	458.4	31.3	1,350.0	18.3
20%	423.1	33.0	1,380.3	19.8
10%	387.9	35.0	1,410.6	21.6
Escenario base	352.6	37.4	1,440.9	22.1
-10%	317.3	40.2	1,471.1	26.5
-20%	282.1	43.8	1,501.4	29.8
-30%	246.8	48.4	1,531.7	34.0
-40%	211.6	54.5	1,562.0	39.7

El incremento de la inversión que hace que el VPN igual a cero es > 500%





VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ La modernización de la carretera resulta factible desde el punto de vista socioeconómico. Los ahorros en tiempos de recorrido y costos de operación vehicular justifican la inversión requerida.
- ✓ La modernización de este tramo mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario al proporcionar una mejor y más eficiente comunicación en la zona.
- ✓ El momento óptimo de inversión es el año cero, ya que la TRI es mayor a la tasa social de descuento del 12%.
- ✓ Finalmente, se recomienda realizar este proyecto de ampliación y tratar de optimizar su tiempo de construcción.





Daniel Vieitez Martínez
Coordinador Técnico PIAPPEM

dvieitez@iadb.org