



CADUMA

Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas

Análisis Costo – Beneficio

Mejoramiento de la seguridad vial en el corredor comercial Cuauhtémoc-Álvaro Obregón: Retornos seguros y confinamiento de camellón central tramo km 4+700 – 37+300 primera etapa.

GRUPO CADUMA CONSULTORES

DICIEMBRE DE 2022

ÍNDICE

I.- RESUMEN EJECUTIVO	6
1. Objetivo del PPI	6
2. Problemática identificada	6
3.- Breve descripción del PPI	8
4.- Localización.....	8
5.- Horizonte de evaluación.....	11
6.- Descripción de los principales costos del PPI.....	11
7.- Descripción de los principales beneficios del PPI.....	12
8.- Monto total de inversión (Con IVA)	12
9.- Riesgos asociados al PPI.....	12
10.- Indicadores de rentabilidad	14
11.- Conclusión del análisis del PPI	15
II.- SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI.....	17
1.- Diagnóstico de la situación actual.	17
2.- Análisis de la oferta.	17
3.- Análisis de la demanda.	19
4.- Aforo vehicular.	20
5.- Composición vehicular	21
6.- Tasa de crecimiento histórica del TDPA	22
7.- Tasa de ocupación de los vehículos	25
9.- Interacción de la oferta demanda.....	26
10.- Velocidades promedio de operación.....	26
11.- Costos generalizado de viaje actuales.....	29
III.- SITUACIÓN SIN EL PPI	33
1.- Optimizaciones	33
2.- Análisis de la oferta	33
3.- Análisis de la demanda	34
4.- Proyección del aforo vehicular	34
5.- Diagnóstico de la Interacción oferta-demanda.....	35
6.- Alternativas de solución.	37
IV.- SITUACIÓN CON PROYECTO.....	38

1.- Descripción general.....	38
2.- Alineación estratégica	40
3.- Localización Geográfica	41
4.- Monto total de la inversión	43
5.- Financiamiento	44
6.- Capacidad Instalada.....	44
7.- Vida Útil	45
8.- Descripción de los aspectos más relevantes de los estudios de factibilidad.....	45
9.- Análisis de la oferta	45
10.- Análisis de la demanda	46
11.- Interacción Oferta-Demanda.....	46
V.- EVALUACIÓN DEL PPI	49
1.- Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto.....	49
2.- Identificación, Cuantificación y Valoración de los Beneficios del PPI.....	49
3.- Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad	50
4.- Análisis de Sensibilidad.....	50
VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Accidentabilidad De Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.	6
TABLA 2. Resultado De Los Accidentes En Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.....	7
TABLA 3. Costo Aproximado De Accidentes Vehiculares (Millones De Pesos).	7
TABLA 4. Costos De Inversión Del PPI (Pesos 2022).	11
TABLA 5. Costos De Mantenimiento (Pesos 2022).	12
TABLA 6. Riesgos asociados con el PPI.	13
TABLA 7. Características físicas y geométricas de la carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón	19
TABLA 8. Clasificación vehicular.	21
TABLA 9. Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur. 21	
TABLA 10. Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte.	21
TABLA 11. Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Sur-Norte.....	22
TABLA 12. Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Norte-Sur.....	22
TABLA 13. Aforo vehicular en horas sin congestión y con congestión de acuerdo a la composición vehicular de la carretera, 2022.....	24
TABLA 14. Tasa de ocupación por tipo de vehículos, 2022.	25
TABLA 15. Proyección del TDPA por tipo de vehículo para la situación actual.....	26
TABLA 16. <i>Velocidad promedio en con congestión en la situación actual (km/hr), 2022.</i>	27
TABLA 17. Niveles de servicio y su descripción.	28
TABLA 18. Nivel de servicio situación actual.	29
TABLA 19. Costo de operación vehicular sin proyecto.	30
TABLA 20. Costo de operación por condición del pavimento, IMT 2022.....	30
TABLA 21. Valor del tiempo para el Estado de Chihuahua.	31
TABLA 22. Costo por tiempo de viaje sin proyecto.	31
TABLA 23. Costo de mantenimiento sin proyecto.....	32
TABLA 24. CGV en los 32.6 km para la situación actual (pesos 2022).....	32
TABLA 25. <i>Características del camino sin proyecto</i>	34
TABLA 26. <i>Características del camino sin proyecto.</i>	35
TABLA 27.- Aforos vehiculares anuales para algunos años en el horizonte de evaluación....	35
TABLA 28.- Velocidad promedio en horas sin congestión en la Situación Sin Proyecto (km/hr), 2022	36
TABLA 29.- CGV por vehículo en los 9.06 km para la Situación Sin Proyecto a 10 años (pesos de 2022).....	36
TABLA 30.- CGV anuales para algunos años en el horizonte de evaluación de la Situación Sin Proyecto (millones de pesos de 2022).....	36
TABLA 31. Tipo de proyecto.....	38

TABLA 32. Descripción general del PPI.....	40
TABLA 33. Monto total de la inversión.....	44
TABLA 34. Fuentes de financiamiento del PPI (Monto con IVA).....	44
TABLA 35. Vida útil del proyecto.	45
TABLA 36. Velocidad promedio de circulación (km/hr) de la carretera situada entre Cd. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón, Situación Con Proyecto.	46
TABLA 37. Análisis de los costos de accidentes antes del proyecto.....	47
TABLA 38. Gastos operativos con proyecto.	47
TABLA 39. Costos de Operación Vehicular con Proyecto.....	47
TABLA 40. Costo de operación por condición del pavimento, IMT 2022.....	47
TABLA 41. Costos por tiempo de viaje con proyecto.	48
TABLA 42. Valor del tiempo para el Estado de Chihuahua, IMT 2022.	48
TABLA 43. Costo de mantenimiento con proyecto.....	48
TABLA 44. Gastos operativos en los 32.6 km para la situación actual (pesos de 2022).	48
TABLA 45. Costos de inversión y mantenimiento (millones de pesos de 2015, sin IVA).....	49
TABLA 46. Beneficios anuales generados por el proyecto (millones de pesos 2022).	49
TABLA 47. Indicadores de rentabilidad.....	50
TABLA 48. Análisis de Sensibilidad al monto de inversión.	51
TABLA 49. Análisis de Sensibilidad al monto de mantenimiento.	52
TABLA 50. Análisis de Sensibilidad a la demanda (TDPA).....	52
TABLA 51. Beneficios o pérdidas anuales, producto del desarrollo del PPI.....	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMG 1. Situación Actual De Libramiento Gómez Morín.....	7
IMG 2. Situación Actual De Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.....	8
IMG 3. Localización Del Estado De Chihuahua.	9
IMG 4. Municipio De Cuauhtémoc.....	9
IMG 5. Localización Del Proyecto.....	10
IMG 6. Área del PPI.	10
IMG 7. Maniobras invasivas y de alto riesgo.	17
IMG 8. Localización De Poblados Origen Destino.	18
IMG 9. Realización de trabajos de campo.	24
IMG 10. Realización de trabajos de campo.	25
IMG 11. Área de estudio.....	42
IMG 12. Proyecto Tipo de retornos.....	43

I.- RESUMEN EJECUTIVO

1. Objetivo del PPI

El proyecto “Mejoramiento de la seguridad vial en el corredor comercial Cuauhtémoc – Álvaro Obregón: Retornos seguros y confinamiento de camellón central tramo km 4+700 – 37+300 primera etapa” tiene como objetivo principal el incrementar la seguridad vial de la ruta para la disminución del porcentaje de accidentes que ocurren en la misma, a efecto de proporcionar a sus usuarios, una vía de comunicación moderna, eficiente, segura y de alta calidad, que promueva la reducción de accidentes viales.

2. Problemática identificada

En la actualidad existe una grave problemática de movilidad dentro del municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, de manera más específica en la zona noroeste, a lo largo de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, conocida localmente como Corredor Comercial.

A su vez, este tramo en estudio presenta un índice de accidentabilidad elevado, toda vez que se tiene registro de 2 muertes, 15 lesionados y un acumulado de 54 accidentes con daños únicamente materiales a lo largo del año 2021, de acuerdo a información obtenida del INEGI.

TIPO DE ACCIDENTE	CANTIDAD
COLISIÓN CON VEHÍCULO AUTOMOTOR	48
VOLCADURA	8
COLISIÓN CON ANIMAL	1
COLISIÓN CON OBJETO FIJO	10
COLISIÓN CON MOTOCICLETA	1
SALIDA DEL CAMINO	3
TOTAL	71

TABLA 1. Accidentabilidad De Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.

RESULTADO DE LOS ACCIDENTES	CANTIDAD
SOLO DAÑOS	54
NO FATAL	15
FATAL	2
TOTAL	71

TABLA 2. Resultado De Los Accidentes En Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.

DIMENSIÓN DEL ACCIDENTE	COSTO APROX.
	mdp
SIN LESIONES	0.005 - 0.01
LESIONES MENORES	0.025
LESIONES GRAVES	0.35
CATASTRÓFICO	1.5

TABLA 3. Costo Aproximado De Accidentes Vehiculares (Millones De Pesos).

FUENTE. Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS)

Actualmente, la vía en estudio cuenta con dos carriles por sentido, una parte del conflicto vial en la zona se debe al incremento en años recientes del número de automotores que circulan regularmente por ella, así como a la falta de opciones viales con las que cuentan los usuarios de esta región para desplazarse entre sus puntos de origen y destino.



IMG 1. Situación Actual De Libramiento Gómez Morín.



IMG 2. Situación Actual De Carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón.

3.- Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en la mejora de seguridad vial, como la colocación de señalamientos horizontales y verticales en lugares estratégicos, pavimentación de algunos camellones, así como la construcción de retornos de oreja en puntos de alto conflicto vial de la carretera, lo anterior a lo largo de 32.6 km de la carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón, en el municipio de Cuauhtémoc, Estado de Chihuahua.

La mejora de seguridad vial se realizará en el tramo comprendido del Km. 4+700 al Km 37+300, con la implementación de un carril exclusivo para retornos, , dichas adecuaciones incrementarán la seguridad del usuario a lo largo del tramo. Como se mencionó anteriormente, se colocará y repondrá señalamiento tanto horizontal como vertical adecuado y que cumpla con todos los requerimientos de la entidad correspondiente.

4.- Localización

A nivel territorial (macro localización), el área de estudio considerada está constituida por el municipio de Cuauhtémoc, en el Estado de Chihuahua, el cual se encuentra en la zona norte de la República Mexicana. La superficie del municipio de Cuauhtémoc es de 3.613 km².



IMG 3. Localización Del Estado De Chihuahua.

A nivel regional (meso localización), el estudio se enfoca en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, al poniente del estado.



IMG 4. Municipio De Cuauhtémoc.

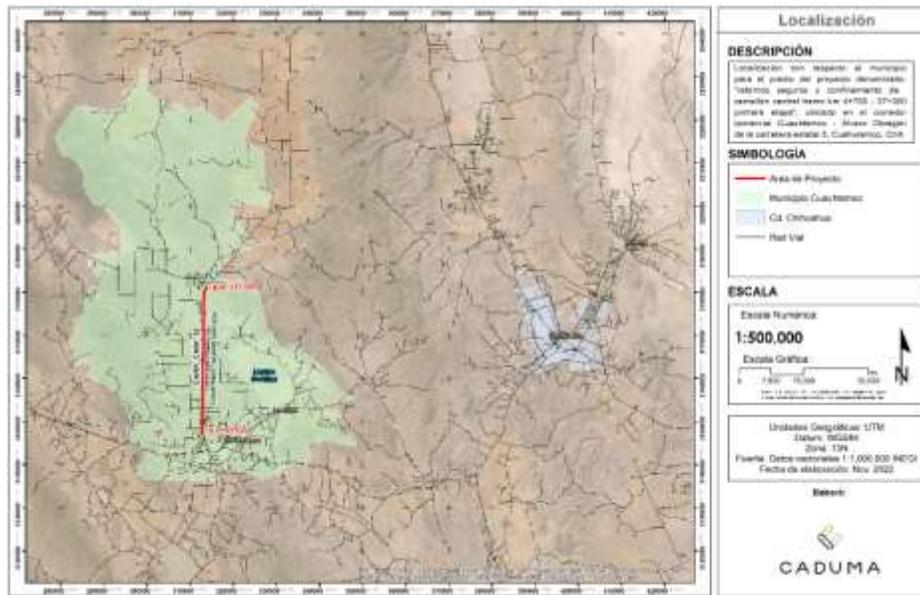
El municipio de Cuauhtémoc colinda al norte con Namiquipa, al este con Riva Palacio, al sur con Cusiuhiriachi y al oeste con Bachiniva y Guerro. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 103.7 Km

Representa un 4.82 % total del estado.

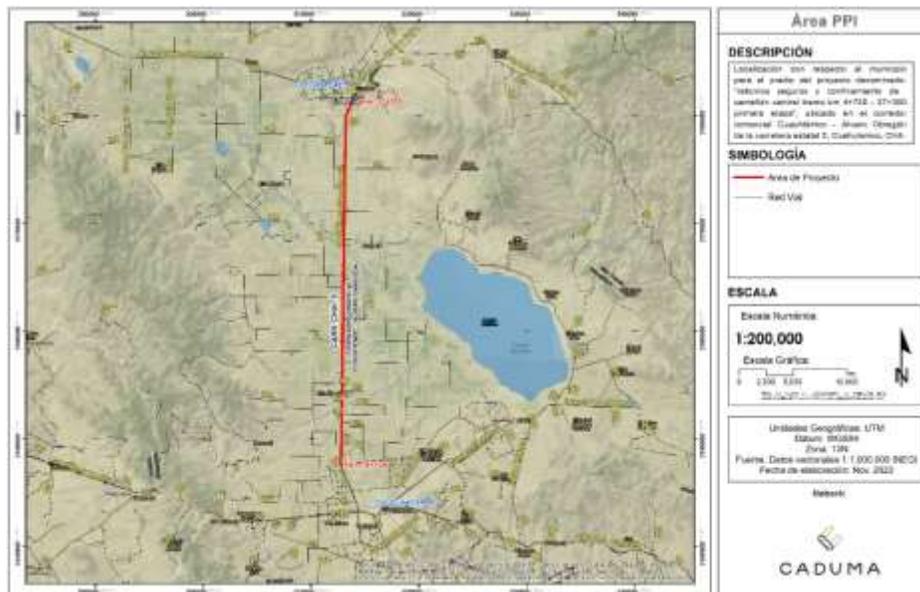
A continuación se muestra la localización del proyecto con coordenadas de georreferenciación.

Comienzo: Latitud: 28°26'29.46"N Longitud: 106° 54'42.54"O.

Termino: Latitud 28°44'23.31"N Longitud: 106°54'33.40"O.



IMG 5. Localización Del Proyecto.



IMG 6. Área del PPI.

5.- Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación será de 21 años (1 año de inversión y 20 años de operación).

6.- Descripción de los principales costos del PPI

Los principales costos del proyecto son los siguientes:

- Costos de inversión: El monto total de inversión sin IVA será de \$92'260,862.52 millones de pesos (lo que corresponde a un monto de inversión presupuestal de \$107'022,600.52 millones de pesos con IVA).

TAREA	COSTO
TERRACERÍAS	\$ 8,222,505.90
DRENAJE Y SUB.	\$ 1,361,434.40
PAVIMENTOS	\$ 15,520,538.98
SEÑ. Y DIS. DE SEG.	\$ 65,676,390.81
ILUMINACIÓN	\$ -
ESTRUCTURAS	\$ 1,479,992.43
SUB-TOTAL	\$ 92,260,862.52
16% I.V.A	\$ 14,761,738.00
TOTAL	\$107,022,600.52

TABLA 4. Costos De Inversión Del PPI (Pesos 2022).

Mantenimiento:

Se considera el siguiente mantenimiento:

Rutinaria: se refiere a los trabajos que se realizan de manera continua durante todos los años para seguridad de los usuarios, y funcionalidad hidráulica de la carretera. Algunos ejemplos son el bacheo aislado, la limpieza y desazolve de cunetas, corte de maleza del derecho de vía, limpieza y reposición de señales, repintado de marcas de pavimento, y limpieza de alcantarillas.

Periódica: se entiende como las acciones planeadas y previstas en el diseño cada determinado tiempo, con el objetivo de proteger la estructura del pavimento, o rescatar la calidad de rodamiento. Acciones típicas son los tratamientos superficiales, como es el caso del riego de sello.

Sobrecarpeta: es necesaria cuando la estructura de pavimento requiere un refuerzo mediante la colocación de una nueva capa de carpeta asfáltica.

Reconstrucción: como su nombre lo indica, implica volver a construir parcial o totalmente la sección estructural del pavimento, a fin de que cuente con la capacidad estructural adecuada para resistir el tránsito por acumularse, sin que existan modificaciones geométricas en la sección transversal.

Los costos por kilómetro por carril y la periodicidad es la siguiente:

CONCEPTO	COSTO POR KM POR CARRIL (PESOS)	PERIODICIDAD
Rutinaria	35,200	Anual
Periódica	266,000	c/5 años
Sobrecarpeta	1'043,000	c/10 años
Reconstrucción	2,500,000	c/15 años

Tabla 5. Costos De Mantenimiento (Pesos 2022).

Fuente: Tabulador de Precios Referenciales a Costo Directo para la Construcción, Modernización y Conservación de Obras para la Infraestructura Carretera 2021 de la Dirección General de Conservación de Carreteras SICT,.

7.- Descripción de los principales beneficios del PPI

Con la implementación de mejoras de seguridad vial, de la carretera Cuauhtémoc – Álvaro Obregón para ambos sentidos, del km 4+700 al km 37+300, se tendrán los siguientes beneficios:

- ✓ Mayor seguridad para los usuarios y con ello una disminución en los índices de accidentalidad.
- ✓ incremento de la capacidad vial y Nivel de Servicio.
- ✓ Incremento en la velocidad global de viaje seguro del flujo vehicular involucrado.
- ✓ Ahorro en tiempos de recorrido.
- ✓ Ahorro en costos de operación vehicular.

8.- Monto total de inversión (Con IVA)

\$107'022,600.52 Ciento siete millones veintidos mil seiscientos pesos 52/100 M.N. Incluido el Impuesto al Valor Agregado.

9.- Riesgos asociados al PPI

Los riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto son los siguientes:

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de mitigación
Incremento en el monto de inversión	Un incremento en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Bajo	Establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo variaciones en costos y definir medidas correctivas
Problemas sociales en la zona.	Posibilidad de retraso en las obras	Bajo	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con la comunidad a una persona con experiencia.
Obtención de los recursos en tiempo	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Medio	Seguimiento puntual con las dependencias involucradas.
Riesgo en los procesos de licitación	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	Implementar mecanismos de control y transparencia.
Efectos hidrometeorológicos atípicos durante la construcción del proyecto.	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	El calendario de ejecución contempla los periodos de lluvias.

TABLA 6. Riesgos asociados con el PPI.

10.- Indicadores de rentabilidad

Valor Presente Neto VPN	\$68'647,900.56
--------------------------------	------------------------

Tasa Interna de Retorno TIR	11.69%
------------------------------------	---------------

Tasa de Rentabilidad Inmediata TRI	11.72%
---	---------------

Valor Presente Neto (VPN): Es la suma de los beneficios netos futuros del proyecto actualizado a un año común a una tasa de descuento relevante. En el caso de una evaluación privada será considerada la tasa de mercado.

La fórmula para estimar el VPN es la siguiente.

$$VPN = -I_0 + \sum \frac{B_n - C_n}{(1 + d)^n}$$

Donde:

VPN = Valor Presente Neto

I = Inversión

B = Beneficios directos

C = Costos directos

d = Tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero

n = Número de años del horizonte de evaluación

Tasa Interna de Retorno (TIR): La TIR es la tasa máxima que soportaría el proyecto para ser rentable, cualquier tasa de descuento mayor que la TIR ocasionaría que el VPN del proyecto es negativo, por lo tanto, el proyecto deberá ser rechazado. Cualquier tasa de descuento inferior a la TIR garantizará una rentabilidad positiva para el proyecto, por lo tanto, será conveniente realizarlo.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

TIR = Tasa Interna de Retorno

Fn = Flujo de caja en el periodo n.

n = Número de periodos

i = Valor de la inversión inicial

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI): Esta tasa es un indicador temporal. Indica cuándo es mejor arrancar con el proyecto de inversión. La TRI varía con el tiempo y da información de la siguiente manera: Si la TRI es igual a la tasa de descuento es el momento óptimo para arrancar, si es menor, debe postergarse y de ser mayor debe ponerse en práctica rápidamente.

$$TRI = \frac{(B_{t+1}) - (C_{t+1})}{I_t}$$

Donde:

TRI = Tasa de Rentabilidad Inmediata

B_{t+1} = Beneficio total en el año t+1

C_{t+1} = Costo total en el año t+1

I_t = Monto total de inversión valuado al año (inversión acumulada hasta el periodo t)

t = Año anterior al primer año de operación.

t+1 = Primer año de operación.

11.- Conclusión del análisis del PPI

Realizando la evaluación socioeconómica del proyecto "Mejoramiento de la seguridad vial en el corredor comercial Cuauhtémoc-Álvaro Obregón: Retornos seguros y confinamiento de camellón central tramo km 4+700 – 37+300 primera etapa" se evalúa positivamente conforme a los siguientes resultados:

El Valor Presente Neto (VPN) que genera el flujo del proyecto es de **\$68.65** millones de pesos, cifra que representa la rentabilidad social positiva del proyecto.

Tiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) de **11.69%** que es mayor a la Tasa Social de Descuento que la sociedad espera con la realización de un proyecto.

Se observa que el proyecto tiene una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) de **11.72%**. Lo anterior significa que el proyecto es idóneo en términos de su rentabilidad social ya que se tendrían beneficios sociales a un menor costo y se contribuiría a resolver la problemática que actualmente se presenta.

II.- SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI

1.- Diagnóstico de la situación actual.

El camino que conecta la Ciudad de Cuauhtémoc con la Colonia Álvaro Obregón, se ubica en la región poniente del Estado de Chihuahua. Su área de influencia incide en las poblaciones pertenecientes al Municipio de Cuauhtémoc así como del Municipio.

Esta vía cuenta actualmente con una infraestructura en condiciones aceptables para atender el tránsito que por ella circula, lo anterior es debido básicamente a que la carretera es catalogada como red estatal libre, que de acuerdo a sus características geométricas corresponde a un camino tipo "A4"; el tramo en estudio cuenta, en algunas zonas, con acotamiento que van desde los 0.20 a 2.0 metro de ancho, sin embargo, en algunas zonas dentro del tramo de estudio no cuenta con acotamiento, lo que reduce el nivel de seguridad con el que actualmente cuenta dicha vía.

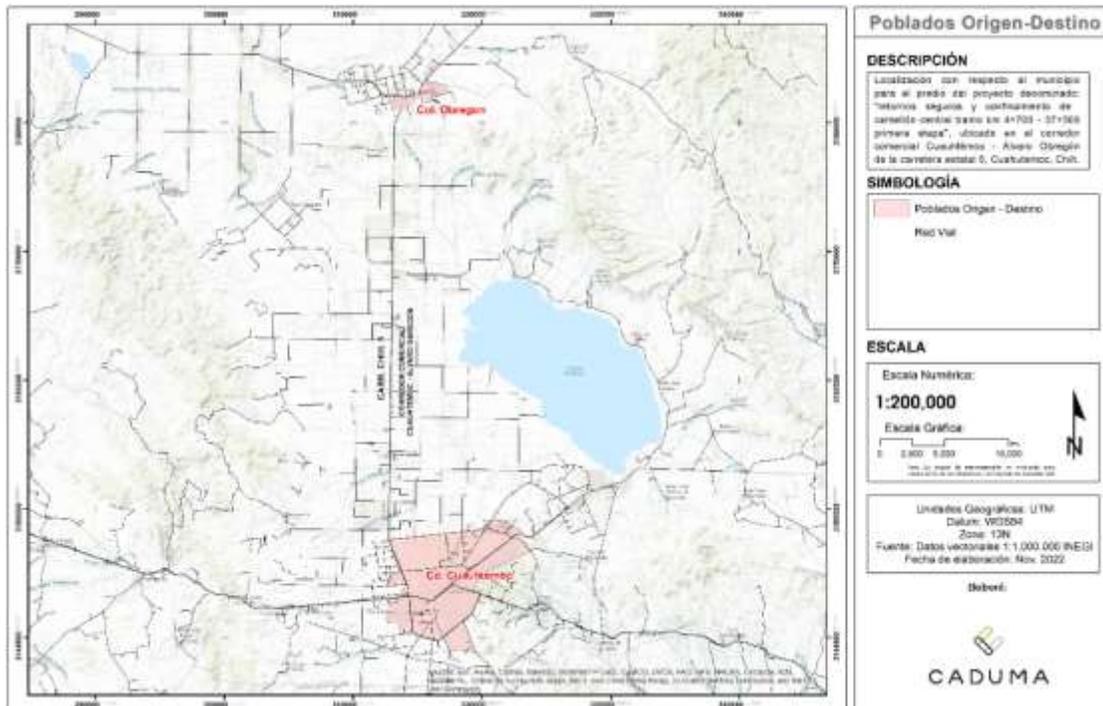


IMG 7. Maniobras invasivas y de alto riesgo.

2.- Analisis de la oferta.

La problemática está dada por la baja sensación de seguridad por parte de los usuarios, ya que es un tramo con velocidad de proyecto de 40 km/hr y se transita

a una velocidad más alta, añadiendo que la carpeta asfáltica presenta fallas longitudinales, transversales y en forma de mapa, además de presentar movimientos peligrosos en ella, como lo son los retornos y las incorporaciones de los entronques existentes a la carretera; a su vez, se considera que en ciertos tramos, la carretera cuenta con acotamientos laterales con un ancho de 0.15 metros para el sentido norte-sur, y con un ancho de 3.0 metro para el sentido sur-norte y en algunas zonas del tramo la nula existencia de los mismos.



IMG 8. Localización De Poblados Origen Destino.

El tramo en estudio tiene una longitud de 32.6 km y está constituida por dos carriles, con un ancho de corona de 10.40 metros con acotamientos laterales. El tipo de superficie de rodado es pavimento asfáltico. En el trabajo de campo se debe recabar información sobre las características físicas y geométricas de la carretera, las cuales se presentan en la Tabla 7.

CONCEPTO	POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN
<i>Longitud (kms)</i>	32.6
<i>Tipo de Carretera</i>	A4
<i>Tipo de Terreno</i>	Plano
<i>Número de carriles</i>	2, 3 y 4 (Tramos con laterales de 2 carriles)
<i>Ancho de Calzada (mts)</i>	7.20, 11.25 y 15
<i>Ancho de corona (mts)</i>	10.40, 30.20 y 53.20
<i>Superficie de rodamiento</i>	Pavimento asfáltico
<i>Estado físico de la vía</i>	Regular
<i>Acotamientos</i>	n/a
<i>Señalamiento</i>	Regular

TABLA 7. Características físicas y geométricas de la carretera Cuauhtémoc - Álvaro Obregón

3.- Analisis de la demanda.

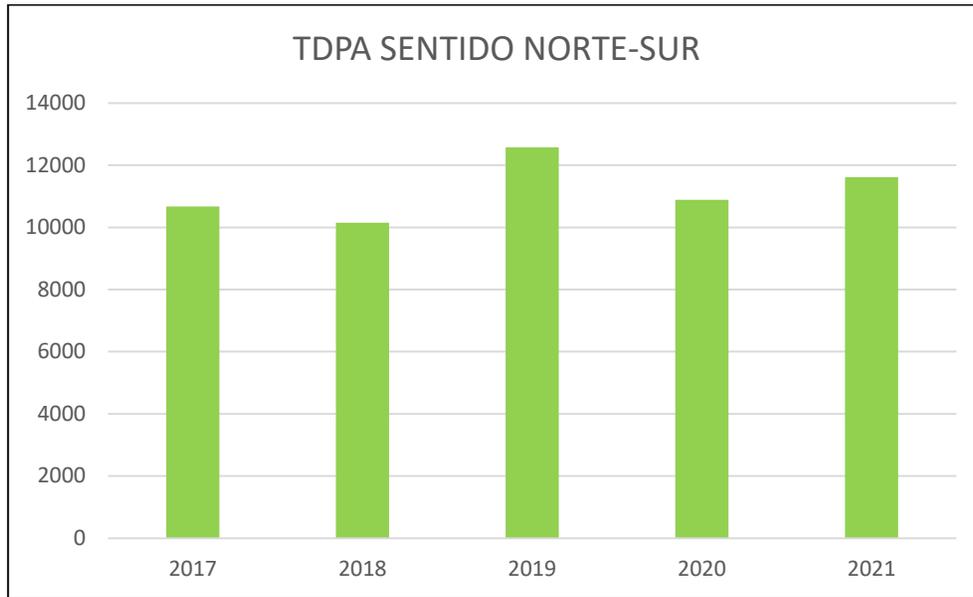
La demanda está compuesta por el aforo vehicular que viaja de la ciudad de Cuauhtémoc hacia Colonia Álvaro Obregón, y viceversa, así como los compradores de los negocios a lo largo de la vía. No obstante, en atención a la metodología internacionalmente aceptada para la evaluación de proyectos carreteros, es necesario determinar la composición, la tasa de crecimiento y el comportamiento histórico del aforo, para poder generar la estimación de los CGV relevantes del proyecto.

Se observa que el tramo en estudio de 32.6 kms no presenta desviaciones de flujo relevantes, a pesar que las intersecciones a lo largo del mismo cuentan con movimientos direccionales, sin embargo, se determina que la mayor parte del flujo es lineal y continuo, teniendo los principales accesos en el inicio y fin del tramo en estudio.

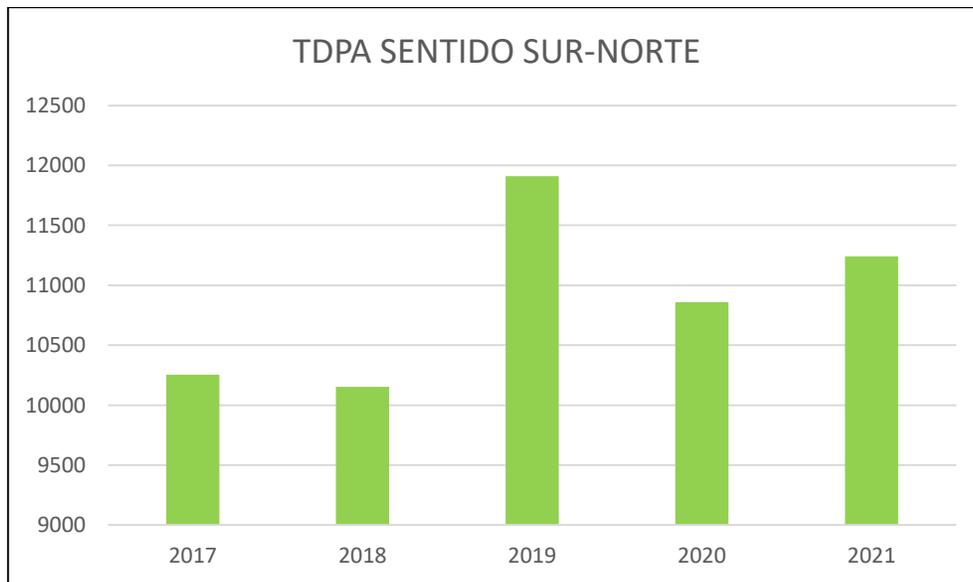
Para la estimación de la demanda y a fin de conocer el volumen de tránsito que circula por ese camino, se obtuvo información mediante la elaboración de aforos manuales, con la finalidad de recabar datos de volúmen, velocidades y composición vehicular en la zona.

4.- Aforo vehicular.

Para calcular el aforo vehicular, se utilizaron las estimaciones de tránsito diario promedio anual (TDPA), publicadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para los años 2018- 2021.



GRÁFICA 1. TDPA carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur.
 Datos obtenidos de los Datos Viales de la SICT.



GRÁFICA 2. TDPA Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte.
 Datos obtenidos de los Datos Viales de la SICT.

5.- Composición vehicular

A fin de identificar la composición del flujo vehicular, en la siguiente tabla se presente la nomenclatura y clasificación vehicular utilizada en este estudio:

Nomenclatura	Tipo de vehículo
A	Autos
B	Autobuses
C	Camiones unitarios tipo C2 Y C3
T	Camiones articulados tipo T3S2, T3S3 Y T3S2R4

TABLA 8. Clasificación vehicular.

De acuerdo con la información publicada por la SCT, la composición vehicular para esta carretera se constituye por vehículos ligeros, autobuses, camiones no articulados y camiones articulados. La distribución del TDPA en el año 2022 de acuerdo a su composición, se muestra en Tabla 9 y 10.

TIPO DE VEHÍCULO	TDPA	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)
Vehículo ligero	9,550	82.20
Autobús	93	0.80
Camión no articulado	1,673	14.40
Camión articulado	302	2.60
Total	11,618	100.00

TABLA 9. Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Norte-Sur.

Nota: Se supone misma composición vehicular sin y con congestión y en ambos sentidos.

Fuente: Elaboración propia.

TIPO DE VEHÍCULO	TDPA	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)
Vehículo ligero	9,162	81.50
Autobús	90	0.80
Camión no articulado	1,664	14.80
Camión articulado	326	2.90
Total	11,242	100.00

TABLA 10. Composición vehicular Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón sentido Sur-Norte.

Nota: Se supone misma composición vehicular sin y con congestión y en ambos sentidos.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información del Tabla 9 y 10, se puede observar que existe una intermedia proporción de camiones que circulan por la carretera bajo estudio (9.9%), hecho que ocasiona “bajas” velocidades en la Situación Actual para los demás vehículos.

6.- Tasa de crecimiento historica del TDPA

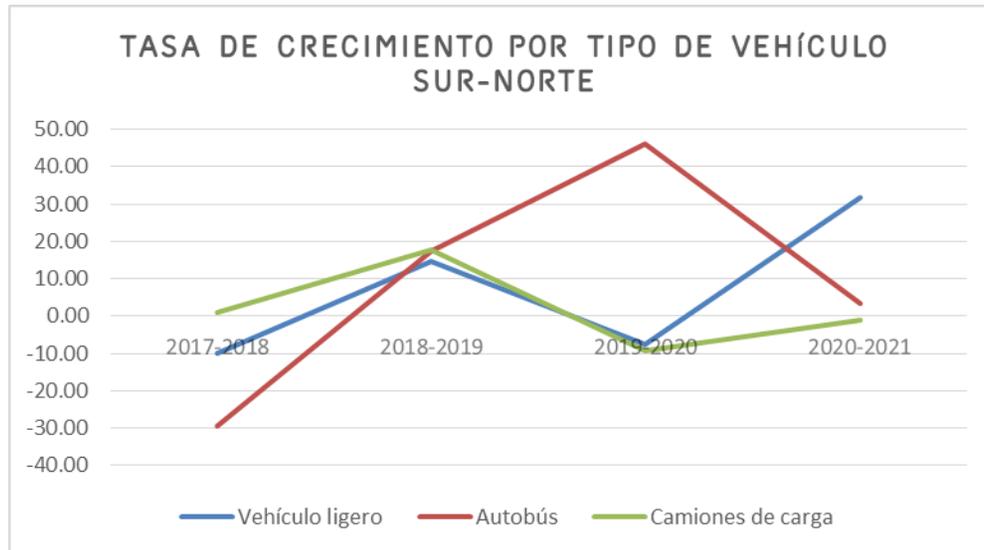
Con el fin de determinar el crecimiento promedio anual del TDPA para esta carretera, en la Tabla 11 se muestra el crecimiento del aforo vehicular del periodo 2018-2022, de acuerdo a los datos obtenidos del INEGI: Vehículos de motor registrados en circulación.

SENTIDO SUR-NORTE					
TIPO DE VEHÍCULO	AÑO				CRECIMIENTO PROMEDIO
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	
Vehículo ligero	0.88	17.72	-9.34	-1.09	2.04
Autobús	-29.29	17.31	45.91	3.52	9.36
Camiones de carga	-10.00	14.79	-7.48	31.82	7.28

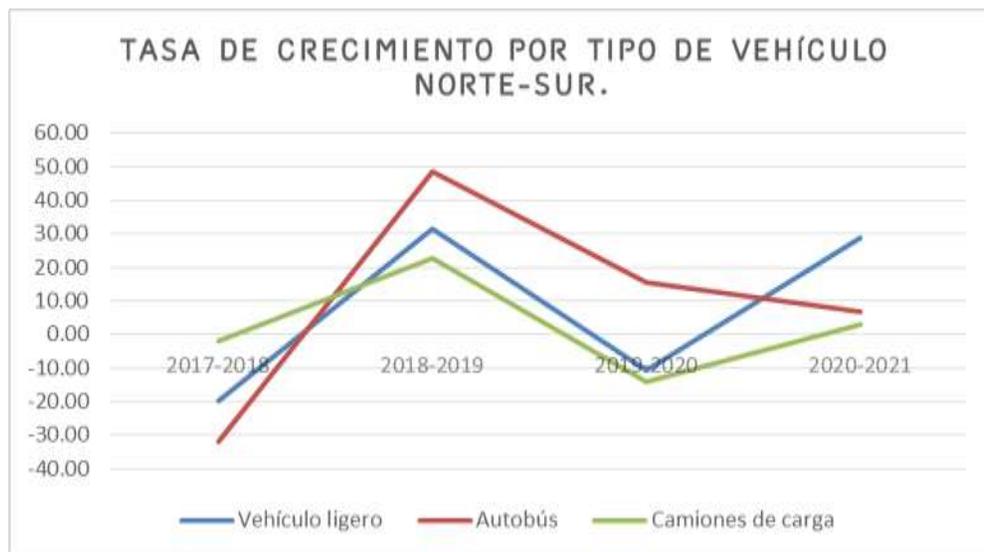
TABLA 11. Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Sur-Norte.

SENTIDO NORTE-SUR					
TIPO DE VEHÍCULO	AÑO				CRECIMIENTO PROMEDIO
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	
Vehículo ligero	-1.90	22.58	-13.99	3.03	2.43
Autobús	-32.03	48.64	15.49	6.67	9.69
Camiones de carga	-19.77	31.55	-10.85	28.60	7.38

TABLA 12. Crecimiento promedio del flujo vehicular por tipo de vehículo (porcentaje) sentido Norte-Sur.



GRÁFICA 3. Tasa de crecimiento vehicular anual. Sentido Sur-Norte.



GRÁFICA 4. Tasa de crecimiento vehicular anual. Sentido Norte-Sur.

TIPO DE VEHÍCULO	COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)	AFORO TOTAL EN HORAS CON CONGESTIÓN
<i>Vehículo ligero</i>	73.3	3,396
<i>Autobús</i>	1.2	
<i>Camión no articulado</i>	20.1	
<i>Camión articulado</i>	5.4	

TABLA 13. Aforo vehicular en horas sin congestión y con congestión de acuerdo a la composición vehicular de la carretera, 2022.

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo.



IMG 9. Realización de trabajos de campo.



IMG 10. Realización de trabajos de campo.

7.- Tasa de ocupación de los vehículos

De acuerdo con la metodología aceptada, otro requisito para la estimación de los CGV, es el cálculo de la tasa de ocupación por tipo de vehículo (véase Tabla 14).

TIPO DE VEHÍCULO	PASAJEROS POR VEHÍCULO (INCLUYE AL CHOFER)
<i>Vehículo ligero</i>	<i>1.80</i>
<i>Autobús</i>	<i>20.0</i>
<i>Camión unitario</i>	<i>1.0</i>
<i>Camión articulado</i>	<i>1.0</i>

TABLA 14. Tasa de ocupación por tipo de vehículos, 2022.

Nota: Elaboración con base en el trabajo de campo.

H.E	A	B	C	TDPA
0	9162	90	1990	11242
1	9349	98	2135	11582
2	9540	108	2290	11938
3	9735	118	2457	12310
4	9934	129	2636	12698
5	10137	141	2828	13105
6	10344	154	3034	13531
7	10555	168	3255	13978
8	10770	184	3492	14446
9	10990	201	3746	14938
10	11215	220	4019	15454
11	11444	241	4311	15996
12	11677	263	4625	16566
13	11916	288	4962	17166
14	12159	315	5324	17798
15	12408	344	5711	18463
16	12661	376	6127	19165
17	12919	412	6573	19905
18	13183	450	7052	20686
19	13452	492	7566	21511
20	13727	538	8117	22382
21	14008	589	8708	23304

TABLA 15. Proyección del TDPA por tipo de vehículo para la situación actual.

***H.E.-** Horizonte de Evaluación

9.- Interacción de la oferta demanda

Se pretende resolver la problemática de altos índices de accidentabilidad a lo largo de la vialidad, así como los CGV (Costos Generalizados de Viaje).

Por lo tanto, para estimar los CGV en la Situación Actual, además de utilizar la información antes presentada, es necesario calcular la velocidad promedio para los vehículos que circulan por la carretera.

10.- Velocidades promedio de operacion

En el trabajo de campo se estimaron las velocidades promedio mediante el método de placas. Este método consiste en colocar una brigada en un punto de inicio de la carretera y otra en un punto final. La primera brigada anota las

placas de los vehículos y la hora en que pasan por dicho lugar; la brigada del final realiza la misma operación. De esta manera se obtiene el tiempo en que recorre cada vehículo la ruta del proyecto y por lo tanto, dado que ya se conoce la distancia de la ruta, se puede calcular la velocidad de cada vehículo.

<i>Tipo de vehículo</i>	<i>Ambos sentidos</i>
	<i>Vel. Promedio KM/H</i>
<i>Vehículo ligero</i>	<i>103</i>
<i>Autobús</i>	<i>96.54</i>
<i>Camión no articulado</i>	<i>84.12</i>
<i>Camión articulado</i>	<i>81.41</i>

TABLA 16. Velocidad promedio en con congestión en la situación actual (km/hr), 2022.

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros en el que opera la carretera, reflejando su grado de eficiencia. Las condiciones de operación de los niveles de servicio de un tramo de carretera de carriles múltiples se expresan en términos de la densidad de vehículos por carril en un intervalo de tiempo, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. La descripción de los servicios es:

NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS QUE DEFINEN EL NIVEL DEL SERVICIO.
A	Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.
B	Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

C	Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.
D	Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.
E	El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son emergentes bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.
F	Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

TABLA 17. Niveles de servicio y su descripción.

Para el análisis de capacidad se utilizó la metodología y parámetros del Manual de Capacidad Vial de la SCT. Asimismo, con base al TDPA obtenido, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda.

AÑO	TDPA	VOLUMEN HMD	NIVEL DE SERVICIO
2022	11242	978	A
2023	11551	1005	A
2024	11869	1033	B
2025	12196	1061	B
2026	12532	1090	B
2027	12877	1120	C
2028	13231	1151	C
2029	13596	1183	C
2030	13970	1215	C
2031	14355	1249	C
2032	14750	1283	C
2033	15156	1319	C
2034	15573	1355	D
2035	16002	1392	D
2036	16442	1430	D
2037	16895	1470	D
2038	17360	1510	D
2039	17838	1552	D
2040	18329	1595	E
2041	18833	1639	E
2042	19352	1684	E

TABLA 18. Nivel de servicio situación actual.

11.- Costos generalizado de viaje actuales.

De acuerdo con las condiciones físicas y geométricas de la carretera (número de carriles, tipo de terreno, altitud de terreno, IRI, grados de curvatura horizontal, velocidad de circulación, etc.) se determinaron los CGV en la Situación Actual, utilizando datos publicados por el IMT así como datos recabados directamente en campo. En la Tabla 19 se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al tipo de vehículo y sentido de circulación.

Cabe mencionar que el CGV se conforma tanto por los costos de operación vehicular (COV), así como el costo de oportunidad del tiempo de las personas que transitan por la vialidad. Para la estimación de éste último, es necesario

tomar en cuenta el valor social del tiempo. A pesar que el tramo en estudio tiene una longitud de 32.6 km, no se presentarán mejoras directas a la superficie de rodamiento a todo lo largo del mismo, por lo cual, para efectos del presente análisis, se determina realizar la sumatoria, de manera lineal de cada uno de los cruces y retornos intervenidos, dado lo anterior, se obtiene una longitud efectiva de 2.25 km.

TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO	TDPA (VEH)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/VEH-KM)	LONGITUD DEL TRAMO (KM)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
TIPO A	Norte - Sur	9552	6.280	2.25	\$ 134,965.86	\$ 49,262,539.66
	Sur - Norte	9158	6.280	2.25	\$ 129,401.05	\$ 47,231,384.21
TIPO B	Norte - Sur	92	18.400	2.25	\$ 3,806.90	\$ 1,389,517.24
	Sur - Norte	92	18.400	2.25	\$ 3,813.16	\$ 1,391,802.63
TIPO C	Norte - Sur	1977	25.080	2.25	\$ 111,562.76	\$ 40,720,406.90
	Sur - Norte	1987	25.080	2.25	\$ 112,117.50	\$ 40,922,887.50
TOTAL ANUAL						\$ 180,918,538.14

TABLA 19. Costo de operación vehicular sin proyecto.

Para obtener el Costo de Operación Vehicular por día, se multiplica el TDPA de proyecto por el costo de operación sin proyecto (obtenido de la Tabla 20, publicada por el IMT, 2022) y finalmente por la longitud del tramo en estudio.

TIPO DE VEHÍCULO	ESTADO SUPERFICIAL		
	MUY BUENO	REGULAR	MALO
Vehículo ligero	\$ 5.94	\$ 6.28	\$ 6.73
Autobús	\$ 17.72	\$ 18.40	\$ 19.03
Camión de dos ejes	\$ 11.07	\$ 12.06	\$ 12.95
Camión articulado	\$ 23.49	\$ 25.08	\$ 26.68

TABLA 20. Costo de operación por condición del pavimento, IMT 2022.

En 2004, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) inició la publicación de una propuesta para la estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, con base en una metodología de cálculo cuyas principales variables explicativas son el salario mínimo general vigente (SMG), el número de horas laboradas por semana por la población ocupada con ingreso (POI) y el monto del ingreso percibido, expresado en salarios mínimos generales promedio a nivel nacional (SMGP).

Los valores publicados han sido tomados como referencia por las áreas operativas de la Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para la evaluación de proyectos carreteros. Asimismo, la metodología ha sido utilizada por investigadores y profesionales del sector que han elaborado otros trabajos relacionados con el valor social del tiempo.

	Trabajo	Placer
VALOR DEL TIEMPO	\$ 123.63	\$ 74.18

TABLA 21. Valor del tiempo para el Estado de Chihuahua.

Tipo de Vehículo	A	B	$C = (A*B)/60$	$D = (C*306)$ DIAS	$E = (D*VALOR DEL TIEMPO)$
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (veh/día)	HORAS TOTALES	D=CX306 DIAS	COSTO DE TIEMPO ANUAL
SITUACIÓN SIN PROYECTO					
Tipo A	21.95	9,162	3352	1,025,640	\$ 126,799,884.33
Tipo B	22.80	90	34	10,465	\$ 1,293,812.68
Tipo C	24.21	1,990	803	245,707	\$ 30,376,792.26

TABLA 22. Costo por tiempo de viaje sin proyecto.

El Costo por Tiempo de Viaje se obtiene de la multiplicación del tiempo de recorrido (obtenido en campo) por la demanda actual de la carretera (TDPA) misma que se obtiene de los aforos manuales realizados en la zona del proyecto, esto a su vez es dividido entre 60 minutos. Una vez realizadas dichas operaciones, se multiplica por 306 que son los días hábiles promedio al año y finalmente por el costo del valor del tiempo considerado para la entidad federativa donde se desarrolla el proyecto (Publicado por el IMT para cada entidad federativa, tanto para valor del tiempo de trabajo o de placer, y que se refleja en la Tabla 21.

Se considera que el Costo Total Anual de Mantenimiento Sin Proyecto es un 2.5% del costo total del PPI sin considerar el valor por concepto de IVA.

COSTO TOTAL ANUAL DE MANTENIMIENTO SIN PROYECTO	
\$	2,306,521.56
TOTAL DE AHORRO ANUAL	

TABLA 23. Costo de mantenimiento sin proyecto.

Finalmente se obtiene un resumen de los Gastos Operativos, que es la suma de los Costos de Operación Vehicular, el Costo por Tiempo de Viaje así como el Costo Total de Mantenimiento, en este caso todos ellos para el escenario Sin Proyecto.

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
SIN PROYECTO	\$ 180,918,538.14	\$ 461,786,979.42	\$ 6,217,500.00	\$ 2,306,521.56	\$ 651,229,539.12

TABLA 24. CGV en los 32.6 km para la situación actual (pesos 2022).

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del IMT y estudios de campo.

III.- SITUACIÓN SIN EL PPI

1.- Optimizaciones

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual y definida la problemática que da origen al proyecto, se debe considerar si existen posibles optimizaciones, es decir, medidas o acciones alternas al mismo, que reduzcan la problemática identificada y permitan mejorar las condiciones actuales de la vía y a su vez incrementar la seguridad de su recorrido. Esto con el propósito de no atribuirle beneficios al proyecto que no le corresponden.

Para mejorar la situación actual se identifica como medida de optimización la semaforización y colocación de señalamiento adecuado en las intersecciones correspondientes. Se estima un costo aproximado de **\$19'328,814.00** para la adecuación de cruces (semáforos, pintura y dispositivos de control)

Con estas acciones, la seguridad se incrementaría, sin embargo, con la colocación de semáforos, se verá interrumpido el flujo continuo de los vehículos desde el inicio del tramo hasta su término, incrementando también los tiempos de recorrido y con ello los CGV (Costos Generalizados de Viaje). Las variables se modifican de manera poco significativa en la situación sin proyecto, por lo que debido a que el impacto de las medidas de optimización es mínimo, la situación actual se considera la situación sin proyecto.

2.- Análisis de la oferta

La problemática está dada por los elevados índices de accidentabilidad en la zona del proyecto en análisis. Una vez implementada la optimización anteriormente mencionada, se aprecia un incremento directo en las condiciones de seguridad vial para los cruces en los que actualmente se presenta mayor índice de accidentes, sin embargo, se identificó también un incremento significativo en el tiempo de traslado desde un punto hasta otro, asimismo, la optimización no incluye la rehabilitación del pavimento en ningún tramo de la vía, lo que en conjunto con el tiempo de traslado, demerita el nivel de servicio presentado actualmente.

CONCEPTO	POR SENTIDO DE CIRCULACIÓN
<i>Altitud promedio (m.s.n.m)</i>	2,000 msnm
<i>Longitud de la carretera</i>	32.06
<i>Número de carriles</i>	2, 3 y 4 (Tramos con laterales)
<i>Ancho de calzada (mts)</i>	7.2
<i>Ancho de acotamiento por sentido (mts)</i>	n/a
<i>Tipo de superficie de rodado</i>	Pavimento asfáltico

TABLA 25. Características del camino sin proyecto

3.- Análisis de la demanda

Con la implementación de las medidas de optimización mencionadas, no se espera un impacto en la demanda actual, por lo que para fines del presente análisis, se determina mantener la composición vehicular arrojada por los datos obtenidos en campo, la cual considera un total de 82.2% para vehículos ligeros (A), 0.8% para Autobuses (B) y 17.0% para camiones unitarios y articulados (C).

4.- Proyección del aforo vehicular

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo, y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía es muy importante conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle pues de este dependen las características básicas de nuestro proyecto.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de los modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de Capacidad y Niveles de Servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales.

Con base en la tasa anual promedio de crecimiento por tipo de vehículo mostrada en la Tabla 4, se realizó la proyección del TDPA en el horizonte de evaluación, en horas con congestión. Los resultados se presentan en la Tabla 19.

TABLA 26. Características del camino sin proyecto.

AÑO	VEHÍCULO LIGERO	AUTOBÚS	CAMIÓN DE CARGA	AFORO VEHICULAR
2022	733	7	159	899
2025	760	7	157	924
2028	781	8	161	950
2031	802	8	166	976
2034	824	8	170	1,003
2037	847	8	175	1,030
2040	870	8	180	1,059

Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por la SCT y del trabajo de campo.

Finalmente, en la Tabla 27 se muestran los aforos vehiculares anuales que presentará esta carretera en algunos años del horizonte de evaluación.

Tabla 27.- Aforos vehiculares anuales para algunos años en el horizonte de evaluación

AÑO	AFORO VEHICULAR	AFORO VEHICULAR
	EN HORARIO DE CONGESTIÓN	ANUAL
2022	899	328,266
2025	924	337,303
2028	950	346,589
2031	976	356,130
2034	1,003	365,934
2037	1,030	376,008
2040	1,059	386,359

5.- Diagnostico de la Interacción oferta-demanda

Una vez incorporada la optimización identificada, se determina que la velocidad promedio por tipo de vehículo en la Situación Sin Proyecto, de acuerdo a trabajos de campo en una carretera con características semejantes se

mantienen sin presentar cambios. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28.- Velocidad promedio en horas sin congestión en la Situación Sin Proyecto (km/hr), 2022

Tipo de vehículo	Vel. Promedio KM/H
Vehículo ligero	103
Autobús	96.54
Camión no articulado	84.12
Camión articulado	81.41

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo.

Finalmente en el la Tabla 29 se presenta el cálculo de los CGV en la Situación Sin Proyecto con base en las modificaciones realizadas a las velocidades promedio de circulación, como producto de las posibles mejoras a la carretera en el escenario sin el PPI, es decir no se prevé el desarrollo del mismo, sino únicamente mejoras mínimas a la superficie de rodamiento.

Tabla 29.- CGV por vehículo en los 9.06 km para la Situación Sin Proyecto a 10 años (pesos de 2022)

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
SIN PROYECTO	\$ 180,918,538.14	\$ 461,786,979.42	\$ 6,217,500.00	\$ 2,306,521.56	\$ 651,229,539.12

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el aforo vehicular estimado y el CGV, en la Tabla 30 se realiza la proyección de este último en el horizonte de evaluación.

Tabla 30.- CGV anuales para algunos años en el horizonte de evaluación de la Situación Sin Proyecto (millones de pesos de 2022)

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
2024	\$ 198,569,669.64	\$ -	\$ 6,528,375.00	\$ 2,416,542.64	\$ 207,514,587.29
2026	\$ 218,147,066.62	\$ -	\$ 6,854,793.75	\$ 2,531,811.73	\$ 227,533,672.09
2028	\$ 240,245,421.50	\$ -	\$ 7,197,533.44	\$ 2,652,579.14	\$ 250,095,534.08
2030	\$ 265,232,056.47	\$ -	\$ 7,557,410.11	\$ 2,779,107.17	\$ 275,568,573.75
2032	\$ 293,530,364.37	\$ -	\$ 7,935,280.61	\$ 2,911,670.58	\$ 304,377,315.57
2034	\$ 325,628,534.94	\$ -	\$ 8,332,044.65	\$ 3,050,557.27	\$ 337,011,136.86
2036	\$ 362,089,655.33	\$ -	\$ 8,748,646.88	\$ 3,196,068.85	\$ 374,034,371.06
2038	\$ 403,563,403.69	\$ -	\$ 9,186,079.22	\$ 3,348,521.33	\$ 416,098,004.24
2040	\$ 450,799,589.86	\$ -	\$ 9,645,383.18	\$ 3,508,245.80	\$ 463,953,218.84
2042	\$ 504,663,838.27	\$ -	\$ 10,127,652.34	\$ 3,675,589.13	\$ 518,467,079.74

6.- Alternativas de solución.

Dadas las características del proyecto, y la magnitud de la obra se presentan pocas alternativas de solución a la problemática, las cuales serían:

1. SemafORIZACIÓN de las intersecciones existentes.
2. Colocación de señalamiento vertical y horizontal, así como dispositivos de control de flujo (bollas, vialetas, postes, etc)

IV.- SITUACIÓN CON PROYECTO

1.- Descripción general

Existen proyectos de infraestructura económica, social y gubernamental, de los que se derivan proyectos de inmuebles, programas de adquisiciones y de mantenimiento, programas de adquisiciones y mantenimiento de protección civil, programas ambientales, estudios de pre inversión y otros.

El proyecto de ampliación de la carretera es de infraestructura económica, pues es un activo fijo para la producción de bienes y servicios en el sector de comunicaciones y transportes.

TIPO DE PPI	
<i>Proyecto de infraestructura económica</i>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Proyecto de infraestructura social</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Proyecto de infraestructura gubernamental</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Proyecto de inmuebles</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de adquisiciones</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de adquisiciones de protección civil</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de mantenimiento</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa de mantenimiento de protección civil</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Programa ambiental</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Otros proyectos de inversión</i>	<input type="checkbox"/>
<i>Otros programas de inversión</i>	<input type="checkbox"/>

TABLA 31. Tipo de proyecto.

Para llevar a cabo el mejoramiento de la seguridad vial en el corredor comercial de Ciudad Cuauhtémoc, en el tramo del km 4+700 al km 37+300, primeramente se deberán realizar las desviaciones adecuadas, garantizando la seguridad tanto del usuario como de los trabajadores que lleven a cabo dicho proyecto, una vez realizadas las desviaciones, se procederá con el retiro de la capa vegetal donde sea necesario, posterior a ello, se realizarán las adecuaciones para proceder con la elaboración de los escalones de liga donde se tengan los retornos de oreja, mismas que tendrán como objetivo que las capas existentes de la estructura del pavimento se adhieran a las nuevas, permitiendo que estas funciones como una sola. Realizados los escalones de liga y habiendo colocado las diferentes capas propias de la estructura del pavimento y habiendo compactado debidamente cada una de ellas, se procederá a realizar los riegos de impregnación y los riegos de liga una vez que las capas cumplan con la

compactación solicitada por el proyecto. Se realizará la elaboración de material para la carpeta asfáltica y se comenzará con el tendido de la misma, se deberá vigilar en todo momento que se tenga un acabado óptimo y de conformidad con lo solicitado en el proyecto. Habiendo terminado las tareas antes mencionadas, se procederá a la instalación de señalamientos verticales y horizontales, tanto en los retornos de oreja realizados como en los demás tramos del corredor comercial donde el proyecto lo indique.

El proyecto consiste en la mejora de la seguridad vial de 32.6 km sobre el corredor comercial que une la Cd. Cuauhtémoc y la Colonia Álvaro Obregón, mediante la elaboración de retornos de oreja, para algunos entronques, y con la colocación de señalamientos verticales y horizontales en entronques donde no sea posible la colocación de dichos retornos, con el propósito de aumentar la seguridad para los usuarios que circulan por la zona del proyecto y con ello, disminuir el índice de accidentabilidad y los costos generados por los mismos.

Asimismo el proyecto contempla la construcción de un camellón central a lo largo de los 32.6 km del tramo en estudio, para con ello evitar los cruces indebidos fuera de los retornos anteriormente mencionados, y asegurando a su vez el uso de los retornos de oreja, parte del objetivo del presente proyecto.

La mejora se realizará desde los siguientes puntos:

- El despalme en capa vegetal.
- Excavaciones en cortes y adicionales en la subrasante así como también en estructuras, cualquiera que sea su clasificación y profundidad.
- Compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes y/o cama de los cortes utilizando desde materiales compactables procedentes de los cortes o bancos.
- Rellenos para la protección de las obras de drenaje.
- Reparación en estructuras, desde zampeados, concreto hidráulico y acero de refuerzo.
- Recubrimiento con pintura y tratamiento para las superficies de concreto hidráulico.
- Corte con disco en carpeta asfáltica.
- Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos.
- Trabajos en pavimentación desde la sub-base hasta riegos de impregnación, material para poreo y riegos de liga.
- Colocación de membrana geotextil.

- Señalamiento y dispositivos de seguridad como son marcas en el pavimento, vialitas y botones con reflejante, señales verticales bajas, señales verticales altas e indicadores de alineamiento.

Con lo anteriormente mencionado, se espera incrementar el nivel de seguridad en el tramo así como la sensación de la misma de seguridad por parte de los usuarios, misma que a la fecha se ve reducida, principalmente por la inexistencia de retornos seguros ni los señalamientos correspondientes para los entronques existentes en el tramo en cuestión.

COMPONENTE	TIPO	CANTIDAD	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
KM 4+700 AL KM 37+300	A4	32.6 km	Retornos, estructuras, señalamiento y dispositivos de seguridad

TABLA 32. Descripción general del PPI.

2.- Alineación estratégica

PROGRAMA SECTORIAL DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 2020-2024.

La transformación del país hacia un desarrollo equitativo e incluyente depende en gran medida del acceso a un transporte seguro, ágil y oportuno, y a una conectividad eficiente y suficiente, que son base del crecimiento económico al ofrecer los medios para movilizar y controlar todos los bienes e insumos que se requieren para la producción y el consumo, y como detonadores del crecimiento regional. Son, además, los medios de acceso a los servicios de educación, salud y cultura, así como a las fuentes de empleo, derivado de lo anterior, el presente proyecto se alinea con el Objetivo Prioritario 1: “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que se conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a través de las siguientes estrategias y líneas de acción.

Estrategia prioritaria 1.4 Incrementar la cobertura y accesibilidad de las vías de comunicación para impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.

Línea de acción 1.4.4 Continuar con la construcción y modernización de la Red Carretera Federal.

Línea de acción 1.4.6 Construir y modernizar la infraestructura carretera para el desarrollo regional.

PROGRAMA NACIONAL ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA 2030 (PRONEIC 2030).

Así también, el presente proyecto forma parte del Programa Nacional Estratégico de Infraestructura Carretera 2030 (ProNEIC 2030), el cual es un documento rector para la planeación a largo plazo de infraestructura carretera orientado a impulsar el desarrollo económico y la competitividad nacional.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO CHIHUAHUA 2022-2027.

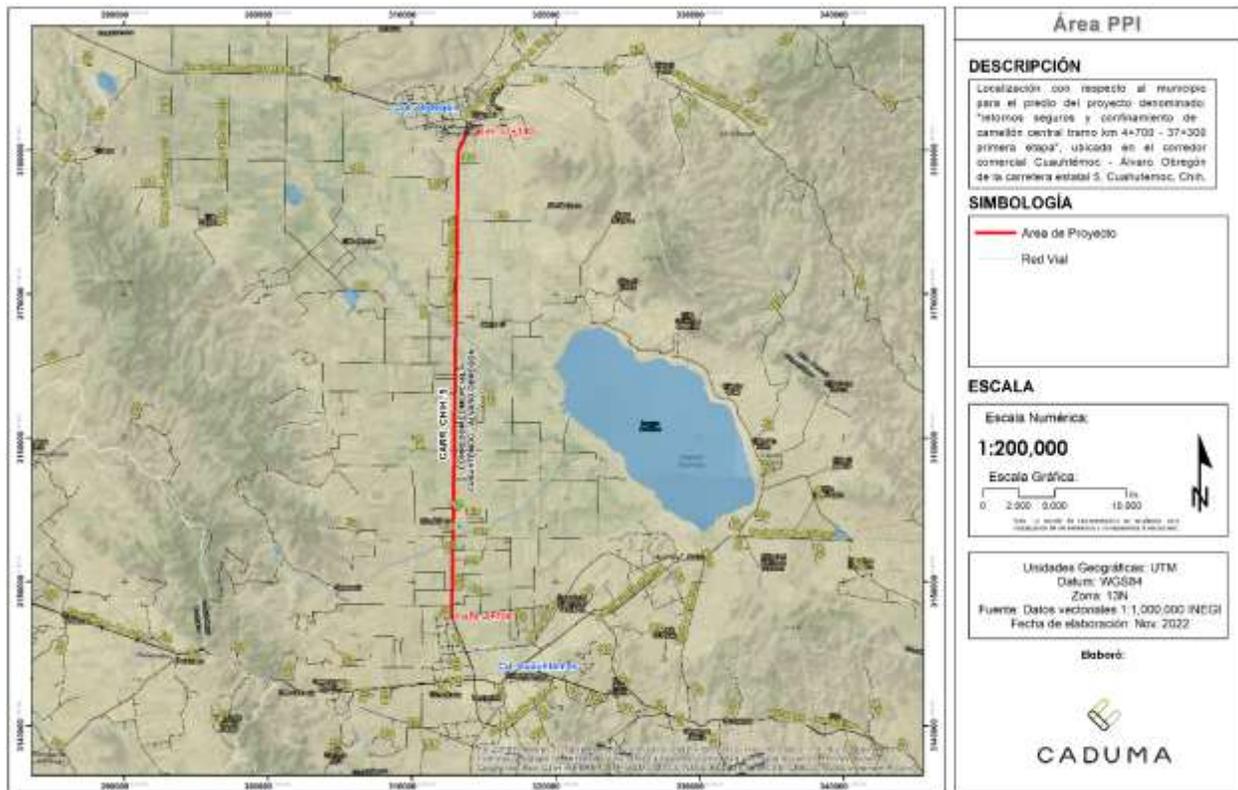
El proyecto se alinea con el Eje 3. Ordenamiento territorial moderno y sustentable, Infraestructura de vías de comunicación de calidad, eficientes y seguras, el cual presenta una visión más integral en relación con la movilidad en entornos urbanos y rurales, al incorporar acciones sobre todos los componentes que conforman un sistema de transporte en un entorno urbano, como es el caso de los ciclistas, peatones, transporte público y transporte de carga principalmente.

3.- Localización Geográfica

El proyecto se encuentra en la carretera Cd. Cuauhtémoc-Álvaro Obregón, en sentido sur-norte y viceversa, específicamente el tramo compuesto entre el km 4+700 al km 37+300.

Comienzo: Latitud: 28°26'29.46"N Longitud: 106° 54'42.54"O.

Termino: Latitud 28°44'23.31"N Longitud: 106°54'33.40"O.



IMG 11. Área de estudio.

Componente	Monto de la inversión
TERRACERÍAS	\$ 8,222,505.90
ESTRUCTURAS	\$ 1,479,992.43
DRENAJE Y SUB.	\$ 1,361,434.40
PAVIMENTOS	\$ 15,520,538.98
SEÑ. Y DIS. DE SEG.	\$ 65,676,390.81
SUB-TOTAL	\$ 92,260,862.52
16% I.V.A.	\$ 14,761,738.00
TOTAL	\$ 107,022,600.52

TABLA 33. Monto total de la inversión.

5.- Financiamiento

Las fuentes de financiamiento pueden ser de carácter privado o gubernamental (municipales, estatales, federales y fideicomisos), y debe especificarse el porcentaje de participación de cada una de ellas.

FUENTE DE LOS RECURSOS	PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1. Federales	-	-	-
2. Estatales	Presupuesto de Egresos del Estado	107.02 mdp	100%
3. Municipales	-	-	-
4. Fideicomisos	-	-	-
5. Otros	-	-	-
Total	-	107.02 mdp	100%

TABLA 34. Fuentes de financiamiento del PPI (Monto con IVA).

Así mismo, se sugiere identificar quién y cómo se pagarán los costos una vez que el proyecto entre en operación.

6.- Capacidad Instalada

De acuerdo con el estudio de ingeniería carretero, se estimó que la capacidad de operación de la carretera es de un TDPA de hasta 28,000 vehículos durante los años de operación del proyecto. Por lo cual se determina que la carretera en estudio sí presenta problemas de saturación ya que tiene un nivel de servicio E, lo cual significa que la carretera en cuestión es inestable y se tiene el máximo volumen que puede circular.

7.- Vida Útil

Se estima que los 32.6 kilómetros que se pavimentarán con asfalto tienen una vida útil de 20 años. Por lo tanto, el estudio considerará un horizonte de evaluación de 21 años, que corresponden a un año de inversión y 20 años de operación que derivan de la vida útil de los activos (Véase Tabla 28).

VIDA ÚTIL DEL PROYECTO	
Vida útil	20 años

TABLA 35. Vida útil del proyecto.

8.- Descripción de los aspectos más relevantes de los estudios de factibilidad

Para el caso de ejemplo, se supone que al momento del registro en Cartera ya se cuenta con los estudios de factibilidad y que, a groso modo sus principales conclusiones son las siguientes:

- Estudios técnicos: Con base en el proyecto ejecutivo se concluye que el proyecto se apega a las normas vigentes de la SICT.
- Estudios legales: Con base en los estudios legales se concluye que se cuenta con la propiedad del derecho de vía y el uso de suelo necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- Estudios ambientales: El resolutivo de la SEMARNAT en relación a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) se encuentra en trámite. Sin embargo, el costo de mitigación de impacto ambiental estimado ya se incluye en los costos totales de la obra.
- Estudios económicos: Se tiene en consideración los resultados arrojados por el presente análisis para determinar la factibilidad económica de realizar el proyecto así como el tiempo en el cuál será recuperada la inversión y se comenzarán a presentar ahorros por el efecto del mismo.

9.- Análisis de la oferta

Con la ejecución del proyecto se tendrán retornos de oreja, pavimentación de algunos camellones y la colocación de los señalamientos correspondientes tanto horizontales como verticales a lo largo de 32.6 km.

Con lo anterior se pretende disminuir el índice de accidentabilidad, en la zona del proyecto, y los costos que esto genera y darles mayor seguridad a los usuarios que la transitan.

10.- Análisis de la demanda

Para este caso, la demanda se considera igual que en la Situación Sin Proyecto por las siguientes razones:

1. 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.
2. No habrá tránsito generado debido a que el mejoramiento de la seguridad vial y el ahorro en el CGV es marginal en comparación al CGV total.

11.- Interacción Oferta-Demanda

Una vez que se ejecuta el proyecto se estimarán los costos por accidentes viales antes del proyecto y bajo las nuevas condiciones de infraestructura. Para ello es necesario calcular la velocidad promedio por tipo de vehículo, el aforo vehicular y las características físicas y geométricas de la carretera.

Las velocidades promedio se obtuvieron con base en estudios previos de evaluación de carreteras con características similares. Los resultados se muestran en la Tabla 36.

<i>TIPO DE VEHÍCULO</i>	<i>AMBOS SENTIDOS</i>
<i>Vehículo ligero</i>	<i>110</i>
<i>Autobús</i>	<i>100</i>
<i>Camión unitario</i>	<i>90</i>
<i>Camión articulado</i>	<i>90</i>

TABLA 36. Velocidad promedio de circulación (km/hr) de la carretera situada entre Cd. Cuauhtémoc - Álvaro Obregón, Situación Con Proyecto.

Fuente: Elaboración propia en base a los trabajos de campo realizados.

De acuerdo a los costos previamente mencionados, y considerando una reducción al 100% de accidentes, se determina un ahorro de \$6'217,500.00 al año, por concepto de accidentabilidad.

TABLA 37. Análisis de los costos de accidentes antes del proyecto.

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
CON PROYECTO	\$ 170,415,606.41	\$ 126,799,884.33	\$ -	\$ 1,383,912.94	\$ 298,599,403.68

TABLA 38. Gastos operativos con proyecto.

Para obtener el Costo de Operación Vehicular por día, se multiplica el TDPA de proyecto por el costo de operación sin proyecto (obtenido de la tabla 17, publicada por el IMT, 2022) y finalmente por la longitud del tramo en estudio.

COSTOS DE OPERACIÓN CON PROYECTO						
TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO	TDPA (VEH)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/VEH-KM)	LONGITUD DEL TRAMO (KM)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
TIPO A	Norte - Sur	9552	5.940	2.25	\$ 127,658.79	\$ 46,595,459.48
	Sur - Norte	9158	5.940	2.25	\$ 122,395.26	\$ 44,674,271.05
TIPO B	Norte - Sur	92	17.720	2.25	\$ 3,666.21	\$ 1,338,165.52
	Sur - Norte	92	17.720	2.25	\$ 3,672.24	\$ 1,340,366.45
TIPO C	Norte - Sur	1977	23.490	2.25	\$ 104,490.00	\$ 38,138,850.00
	Sur - Norte	1987	23.490	2.25	\$ 105,009.57	\$ 38,328,493.91
TOTAL ANUAL						\$ 170,415,606.41

TABLA 39. Costos de Operación Vehicular con Proyecto.

El costo por tiempo de viaje se obtiene de la multiplicación del tiempo de recorrido (obtenido en campo) por la demanda actual de la carretera (TDPA) misma que se obtiene de los aforos automáticos realizados en la zona del proyecto, esto a su vez es dividido entre 60 minutos. Una vez realizados dichas operaciones, se multiplica por 324 que son los días hábiles promedio del año y finalmente por el costo del valor del tiempo considerado para la entidad federativa donde se desarrolla el proyecto (Publicado por el IMT para cada entidad federativa, tanto para el valor del tiempo de trabajo o de placer, y que se refleja en la tabla 19.

TIPO DE VEHÍCULO	ESTADO SUPERFICIAL		
	MUY BUENO	REGULAR	MALO
Vehículo ligero	\$ 5.94	\$ 6.28	\$ 6.73
Autobús	\$ 17.72	\$ 18.40	\$ 19.03
Camión de dos ejes	\$ 11.07	\$ 12.06	\$ 12.95
Camión articulado	\$ 23.49	\$ 25.08	\$ 26.68

TABLA 40. Costo de operación por condición del pavimento, IMT 2022.

Tipo de Vehículo	A	B	C= (A*B)/60	D=(C*306) DIAS	E= (D*VALOR DEL TIEMPO)
	TIEMPO DE VIAJE (min)	DEMANDA (veh/día)	HORAS TOTALES	D=CX306 DIAS	COSTO DE TIEMPO ANUAL
SITUACIÓN CON PROYECTO					
Tipo A	21.95	9,162	3352	1,025,640	\$ 126,799,884.33
Tipo B	22.80	90	34	10,465	\$ 1,293,812.68
Tipo C	24.21	1,990	803	245,707	\$ 30,376,792.26

TABLA 41. Costos por tiempo de viaje con proyecto.

	Trabajo	Placer
VALOR DEL TIEMPO	\$ 123.63	\$ 74.18

TABLA 42. Valor del tiempo para el Estado de Chihuahua, IMT 2022.

Se considera que el Costo Total Anual de Mantenimiento Sin Proyecto es un 2.5% del costo total del PPI sin considerar el valor por concepto de IVA.

COSTO TOTAL ANUAL DE MANTENIMIENTO CON PROYECTO
\$ 1,383,912.94

TABLA 43. Costo de mantenimiento con proyecto.

Finalmente se obtiene un resumen de los Gastos Operativos, que es la suma de los Costos de Operación Vehicular, el Costo por Tiempo de Viaje así como el Costo Total de Mantenimiento, en este caso todos ellos para el escenario Sin Proyecto.

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
SIN PROYECTO	\$ 180,918,538.14	\$ 126,799,884.33	\$ 6,217,500.00	\$ 2,306,521.56	\$ 316,242,444.02
CON PROYECTO	\$ 170,415,606.41	\$ 126,799,884.33	\$ -	\$ 1,383,912.94	\$ 298,599,403.68

Total **\$ 17,643,040.35**

TABLA 44. Gastos operativos en los 32.6 km para la situación actual (pesos de 2022).

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida del IMT y estudios de campo.

V.- EVALUACIÓN DEL PPI

1.- Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto

Costos directos del PPI

En este proyecto se identifican los costos de inversión y mantenimiento, los cuales se cuantifican y valoran respecto de las cotizaciones presentadas en el estudio de ingeniería de este proyecto (Véase Tabla 32).

Costo		Monto (MDP)
<i>Inversión</i>		<i>\$ 107.02</i>
<i>Mantenimiento</i>	<i>Conservación menor</i>	<i>1.20 (anualmente)</i>
	<i>Riego de sello</i>	<i>4.77 (años 4, 12, 20, 28)</i>
	<i>Sobrecarpeta</i>	<i>16.69 (años 8, 24)</i>
	<i>Reconstrucción</i>	<i>47.7 (año 16)</i>

TABLA 45. Costos de inversión y mantenimiento (millones de pesos de 2015, sin IVA).

2.- Identificación, Cuantificación y Valoración de los Beneficios del PPI

Beneficios directos del PPI

El beneficio directo identificado en este proyecto, es el mejoramiento de la seguridad vial y con ello la reducción de los costos por accidentes de los usuarios que transitan por el proyecto. Para calcularlo, se realiza la diferencia entre la Situación Sin Proyecto y Situación Con Proyecto (véase Tabla 33).

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
SIN PROYECTO	\$ 180,918,538.14	\$ 461,786,979.42	\$ 6,217,500.00	\$ 2,306,521.56	\$ 651,229,539.12
CON PROYECTO	\$ 170,415,606.41	\$ 461,786,979.42	\$ -	\$ 1,383,912.94	\$ 633,586,498.77

Total **\$ 17,643,040.35**

TABLA 46. Beneficios anuales generados por el proyecto (millones de pesos 2022).

3.- Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

Para este proyecto se calcularán el **VPN**, la **TIR** y la **TRI**, siendo este último el indicador relevante para evaluarlo dado que este proyecto presenta beneficios netos crecientes con el tiempo. Para poder calcular la **TRI**, se anualizaron los costos de mantenimiento ya que de no hacerlo no se observaría el crecimiento en el tiempo de los beneficios netos (véase Tabla 34).

Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	68.64 (millones de pesos de 2022)
Tasa Interna de Retorno (TIR)	11.69%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	11.72% (2028)

TABLA 47. Indicadores de rentabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Dado que el **VPN** es mayor a cero, entonces los beneficios son mayores que los costos y por tanto, el proyecto es rentable. La **TRI** es mayor a la tasa social de descuento, entonces se concluye que el año óptimo de operación del proyecto es el 2028, es decir, a partir de ese año se subsanará el monto de inversión y se comenzarán a ver directamente los ahorros producto del desarrollo del PPI.

4.- Análisis de Sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se consideraron 3 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

Inversión inicial.- Se refiere al costo de construcción del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo beneficio, dado que con un incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta qué costo de inversión seguiría siendo rentable.

Costos de mantenimiento.- Los costos de mantenimiento lo conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

Demanda del proyecto.- Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda, asimismo la demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda aumenta o disminuye, a fin de tomar las decisiones adecuadas en el tamaño óptimo del mismo o la posibilidad de postergarlo.

El análisis de sensibilidad demuestra que la realización de retornos de oreja en el corredor comercial Cd. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón en ambos sentidos, del km 4+700 al km 37+300, es un proyecto que soporta incrementos en el costo de inversión. El hecho de soportar una disminución en su demanda lo hace aceptable, dado que es una vialidad existente que mejoraría sus condiciones de operación por lo que, en ese caso, es sumamente difícil que disminuya su volumen de tránsito, además de que al fin de efectuar un análisis conservador no se consideraron tránsitos atraídos o generados por su nueva condición.

Sobre los indicadores de rentabilidad socioeconómica, se efectuó el análisis de sensibilidad correspondiente. Lo anterior a fin de obtener los puntos de inflexión ante los cuales el proyecto deja de ser rentable (VPN=0).

VARIACIÓN	VPN		TIR	TRI
	(MDP, 2022)			
1.5	\$	30.70	-11.37%	-23.57%
1.4	\$	38.29	-5.00%	-18.53%
14.3	\$	45.88	-0.28%	-12.71%
1.2	\$	53.47	3.82%	-5.92%
1.1	\$	61.06	7.72%	2.10%
1.0	\$	68.65	11.69%	11.72%
0.9	\$	76.24	15.94%	23.48%
0.8	\$	83.83	20.76%	38.19%
0.7	\$	91.42	26.55%	57.09%
0.6	\$	99.01	33.98%	82.30%
0.5	\$	106.60	44.30%	117.59%

TABLA 48. Análisis de Sensibilidad al monto de inversión.

VARIACIÓN	VPN		TIR	TRI
	(MDP, 2022)			
1.5	\$	62.67	9.95%	7.33%
1.4	\$	63.86	10.31%	8.21%
14.3	\$	65.06	10.66%	9.09%
1.2	\$	66.26	11.00%	9.96%
1.1	\$	67.45	11.35%	10.84%
1.0	\$	68.65	11.69%	11.72%
0.9	\$	69.84	12.02%	12.59%
0.8	\$	71.04	12.35%	13.47%
0.7	\$	72.24	12.68%	14.34%
0.6	\$	73.43	13.01%	15.22%
0.5	\$	74.63	13.33%	16.10%

TABLA 49. Análisis de Sensibilidad al monto de mantenimiento.

VARIACIÓN	VPN		TIR	TRI
	(MDP, 2022)			
1.5	\$	114.05	22.88%	44.97%
1.4	\$	104.97	20.80%	38.32%
1.3	\$	95.89	18.67%	31.67%
1.2	\$	86.81	16.47%	25.02%
1.1	\$	77.73	14.15%	18.37%
1.0	\$	68.65	11.69%	11.72%
0.9	\$	59.57	9.01%	5.06%
0.8	\$	50.49	6.02%	-1.58%
0.7	\$	41.41	2.53%	-8.23%
0.6	\$	32.33	-1.85%	-14.88%
0.5	\$	23.25	-8.35%	-21.53%

TABLA 50. Análisis de Sensibilidad a la demanda (TDPA).

El análisis de sensibilidad demuestra que el mejoramiento de seguridad vial y la elaboración de retornos de oreja para el corredor comercial Cd. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón, del km 4+700 al km 37+300, es un buen proyecto, soporta incrementos en el costo de inversión alrededor del 10%. El hecho de soportar una disminución de más del 10% lo hace aceptable, dado que es una vialidad existente que mejoraría sus

condiciones de operación, y que además es una vía principal de conexión entre la Cd. Cuauhtémoc y la Colonia Álvaro Obregón y que da paso al comercio entre las mismas, es sumamente difícil que disminuya su volumen de tránsito.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el proyecto de mejoramiento de la seguridad vial en el corredor comercial Cd. Cuauhtémoc – Álvaro Obregón en sentido norte-sur y viceversa se concluye lo siguiente:

1. Realizando la inversión del PPI en el año 2023 se estima que el momento óptimo de recuperación será el año 2028, es decir, a partir de ese año se espera que, con los ahorros producidos por efecto del desarrollo del PPI, la inversión del mismo sea totalmente subsanada y el índice de accidentes comiencen a disminuir y, con ello, disminuir los costos que ocasionan, comenzando a presentar beneficios anuales mostrados en la siguiente tabla.

	COV	TVIAJE	ACCIDENTES	MANT	GASTOS OPERATIVOS
SIN PROYECTO	\$ 180,918,538.14	\$ 461,786,979.42	\$ 6,217,500.00	\$ 2,306,521.56	\$ 651,229,539.12
CON PROYECTO	\$ 170,415,606.41	\$ 461,786,979.42	\$ -	\$ 1,383,912.94	\$ 633,586,498.77

Total **\$ 17,643,040.35**

TABLA 51. Beneficios o pérdidas anuales, producto del desarrollo del PPI.

2. Debido a que la **TRI** es de **11.72%**, la cual es mayor a la tasa social de descuento de 10%. Por lo tanto, el año óptimo donde se empezarán a observar los beneficios producto del desarrollo del PPI será en el año 2028.
3. Invirtiendo en el año 2023, se obtiene un **VPN** máximo de 68.64 mdp y una **TIR** de 11.69%.

Finalmente, se recomienda realizar este proyecto de ampliación y tratar de optimizar su tiempo de construcción.