UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PASOS PEATONALES EN EL BLVD. LUIS DONALDO COLOSIO EN LA CIUDAD DE CANCÚN

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ECONOMÍA

P R E S E N T A
OMAR DE JESÚS CEBALLOS BARRAGÁN

D I R E C T O R A D E T E S I S
LICENCIADA ALEJANDRA MORÁN CRUZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, 2020

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres, por el amor brindado

A mis hermanos, por compartir el camino

A Itzayana, por ser un regalo de Dios

A León, por ser mi fuerza e inteligencia

A mis amigos por el apoyo y la convivencia

A la vida, por todas las experiencias vividas

y por las que aún hay por vivir.

Contenido

1 Introducción 5
2 Marco Teórico 8
2.1 Proyectos de inversión pública 8
2.1.1 Proyecto 8
2.1.2 Ciclo de vida de los proyectos de inversión pública 8
2.2 Evaluación de proyectos 10
2.2.1 Evaluación privada de proyectos 10
2.2.2 Evaluación socioeconómica de proyectos 11
2.2.3 Diferencia entre la evaluación privada y socioeconómica de proyectos 12
2.3 Conceptos clave en la evaluación socioeconómica 13
2.3.1 Identificación de Costos 13
2.3.2 Identificación de beneficios 14
2.3.3 Precios Sociales 15
2.3.4 Efectos Indirectos 16
2.3.5 Externalidades 17
2.3.6 Efectos Intangibles 18
2.3.7 Tasa social de descuento 18
2.3.8 Valor social del tiempo 19
2.3.9 Valor de rescate 19
2.3.10 Indicadores de rentabilidad 20
3 Metodología de Proyectos Carreteros 25
3.1 Evaluación socioeconómica de un proyecto de inversión 25
3.1.1 Tipos de programas y proyectos de inversión 26
3.2 Tipos de Evaluación Socioeconómica 29
3.3 Estructura básica de una evaluación socioeconómica. 30
3.3.1 Análisis de la situación actual 31
3.3.2 Análisis de la situación sin proyecto 31
3.3.3 Análisis de la situación con proyecto 32
3.3.4 Evaluación del proyecto 32
3.3.5 Otros apartados 33
3.4 Metodología de evaluación socioeconómica de proyectos carreteros. 35
3.4.1 Situación actual 35
3.4.2 Situación Sin Proyecto 41

3.4.3 Análisis de la situación con proyecto 44
3.4.4 Evaluación del proyecto 47
4 Ficha Técnica del Proyecto de Pasos Peatonales en el Boulevard Luis Donaldo Colosio en la Ciudad de Cancún 51
4.1 Información general del proyecto de inversión 51
4.1.1 Nombre del PPI 51
4.1.2 Tipo de PPI 51
4.1.3 Fuentes de financiamiento 51
4.1.4 Monto total de inversión 51
4.1.5 Calendario de inversión 51
4.1.6 Horizonte de evaluación 52
4.1.7 Localización geográfica 52
4.2 Alineación estratégica 53
4.2.1 Programas o proyectos complementarios o relacionados 53
4.3 Análisis de la situación actual 54
4.3.1 Descripción de la problemática 54
4.3.2 Análisis de la oferta 61
4.3.3 Análisis de la demanda 63
4.3.4 Interacción oferta y demanda en la situación actual 66
4.4 Análisis de la situación sin proyecto 67
4.4.1 Medidas de optimización 67
4.4.2 Análisis de la oferta 67
4.4.3 Análisis de la demanda 69
4.4.4 Interacción oferta y demanda en la situación sin proyecto 70
4.4.5 Alternativa de solución 71
4.4.6 Justificación de la alternativa de solución seleccionada 81
4.5 Análisis de la situación con proyecto 82
4.5.1 Descripción del proyecto 82
4.5.2 Componentes del proyecto 87
4.5.3 Aspectos técnicos, legales y ambientales 88
4.5.4 Localización geográfica con coordenadas georreferenciadas 89
4.5.5 Análisis de la oferta 89
4.5.6 Análisis de la demanda 91
4.5.7 Interacción oferta y demanda en la situación con proyecto 92

4.5.8 Diagnóstico de la situación con proyecto (Contribución a solucionar la problemática identificada.) 94
4.6 Identificación y cuantificación de costos y beneficios 94
4.6.1 Identificación y cuantificación de los costos 94
4.6.2 Identificación y cuantificación de los beneficios 101
4.6.3 Cálculo de Indicadores de rentabilidad 102
4.6.4 Análisis de sensibilidad 103
4.6.5 Análisis de riesgos 103
5 Conclusiones 106
6 Anexos 107
6.1 Sección IV, De la Ficha Técnica, Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión 107
6.2 Datos de entrada del modelo computacional VOC-MEX 3.0 109
6.3 Presupuesto de Obra de la Alternativa 1 110
6.4 Presupuesto de Obra de la Alternativa 2 112
6.5 Estimación de Costos de Molestias 114
6.6 Valor Actual de Costos (VAC) y Costo Anual Equivalente (CAE) 124
6.7 Externalidades derivadas de la operación del paso peatonal 125
7 Bibliografía 155

1 Introducción

Los proyectos surgen de la necesidad de atender o resolver un problema específico o del deseo de aprovechar alguna oportunidad. De acuerdo con Fontaine, "*Para el economista, un proyecto es la fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos periodos de tiempo*."[1] En este sentido, cualquier acción cuya ejecución conlleve a los anteriores puede ser considerada un proyecto, sin embargo, el hecho de que satisfaga una necesidad o permita aprovechar una oportunidad, no quiere decir que convenga realizarlo, ya que si bien genera beneficios también implica costos.

Para determinar la viabilidad de un proyecto es necesario realizar una evaluación del mismo. Para ello, es necesario identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios que genera en un determinado periodo de tiempo, para a partir de los mismos, determinar la conveniencia o no de realizarlo. La evaluación se puede realizar desde dos perspectivas, privada y social (también conocida como socioeconómica), lo cual depende en primera instancia del agente económico dueño del proyecto, mismo que se apropia de los beneficios y costos. En el caso de las evaluaciones socioeconómicas, el interesado es el conjunto de la sociedad, representada por cualquier organismo gubernamental.

Justificación

Actualmente es aceptado que, el crecimiento económico de un país no es únicamente resultado del constante aumento de la inversión total, sino que la asignación de la misma a proyectos económica y socialmente más rentables, según sea el caso, puede aumentar las tasas de crecimiento económico de un país sin aumentar la cantidad de recursos. Esta conclusión es la base de las políticas económicas orientadas a mejorar la calidad de la inversión pública.

El proceso de evaluación social de proyectos busca generar una adecuada asignación a los recursos públicos, los cuales siempre son escasos frente a las necesidades de la sociedad. De esta manera, para alcanzar la mejor asignación posible de los recursos, es necesario

[1] Fontaine, Ernesto R. "Evaluación social de proyectos". Pearson Educación de México S.A. de C.V., Décimo tercera edición, 2008. Pág. 1.

conocer los indicadores de rentabilidad de los programas y proyectos de inversión. En nuestro país, se estableció que, para solicitar recursos federales para Programas y Proyectos de Inversión (PPI), es necesario presentar ante la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, un documento de evaluación, que bajo supuestos razonables, muestre que existe un beneficio social neto del PPI y cumpla con los "*Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.*", en correspondencia con el Artículo 34, fracción II de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria[2].

Por otro lado, de acuerdo al artículo 3ro de la Iniciativa que expide la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial: "*Toda persona tiene derecho a la movilidad para desplazarse y transportar bienes y mercancías en condiciones seguridad vial, accesibilidad, comodidad, eficiencia, calidad e igualdad. De acuerdo a la jerarquía de movilidad y principios que se establecen en este ordenamiento, se otorgará prioridad a las personas peatones, personas conductoras de vehículos impulsados por tracción humana y personas usuarias del transporte público. En todo caso el objeto de la movilidad serán las personas.*"[3]

Hipótesis de investigación

El boulevard Luis Donaldo Colosio en la ciudad de Cancún es la vialidad primaria de acceso a la ciudad más importante, es la continuación de la carretera Tulum-Cancún y establece la comunicación entre la zona del aeropuerto y la zona hotelera con la ciudad. Sobre la mayor parte del boulevard existen diversos tipos de asentamientos siendo los principales de orden residencial, pero también se encuentran centros comerciales, instituciones de servicios

---

[2] El artículo 34, fracción II de la Ley en comento, señala que: "*Para la programación de los recursos destinados a programas y proyectos de inversión, las dependencias y entidades deberán observar el siguiente procedimiento, sujetándose a lo establecido en el Reglamento: (...) II. Presentar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la evaluación costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión que tengan a su cargo, en donde se muestre que dichos programas y proyectos son susceptibles de generar, en cada caso, un beneficio social neto bajo supuestos razonables (...)*"

[3] Diputado Javier Ariel Hidalgo Ponce, Iniciativa que expide la ley general de movilidad y seguridad vial. http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun_3910583_20190919_1567714975.pdf

médicos y universidades, que son puntos de afluencia de personas que concentran la mayoría de cruces peatonales del boulevard. La Iniciativa del Proyecto de Decreto de la Ley General de Movilidad establece al peatón como el sujeto prioritario para usar las vías de comunicación. Por su parte, Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria señala que cualquier Programa y Proyecto de Inversión que se realice a partir de recursos federales debe ser rentable bajo supuestos razonables. En concordancia con los anteriores, la hipótesis central de la presente tesina es determinar si el establecimiento de pasos peatonales en el boulevard Luis Donaldo Colosio en la ciudad de Cancún es un proyecto socialmente rentable.

Debido a que no existe una metodología de evaluación para pasos peatonales y considerando que la obra a evaluar (paso peatonal sobre una avenida) tiene efectos similares a un cruce vial, se usa la metodología de proyectos carreteros como marco teórico.

2 Marco Teórico

2.1 Proyectos de inversión pública

2.1.1 Proyecto

Los proyectos surgen de la necesidad de atender o resolver un problema específico o del deseo de aprovechar alguna oportunidad. De acuerdo con Fontaine, "*Para el economista, un proyecto es la fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos periodos de tiempo*."[4] En este sentido, cualquier acción cuya ejecución conlleve a los anteriores puede ser considerada un proyecto, el resultado de la evaluación de las mismas es fundamental para la decisión de realizarlo o no. El Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) define un proyecto un proyecto de inversión pública como "*aquella intervención de carácter gubernamental que tiene como fin contribuir a la solución de una problemática de interés público mediante acciones con un alcance definido, que implican la utilización de recursos públicos y que están delimitadas en un periodo definido de tiempo.*"[5]. Considerando los anteriores, un proyecto de inversión pública es una alternativa de solución a un problema concreto, para el cual se utilizan recursos públicos (costos) con el objeto de generar bienes o servicios que satisfagan la necesidad que da origen al mismos (beneficios).

2.1.2 Ciclo de vida de los proyectos de inversión pública

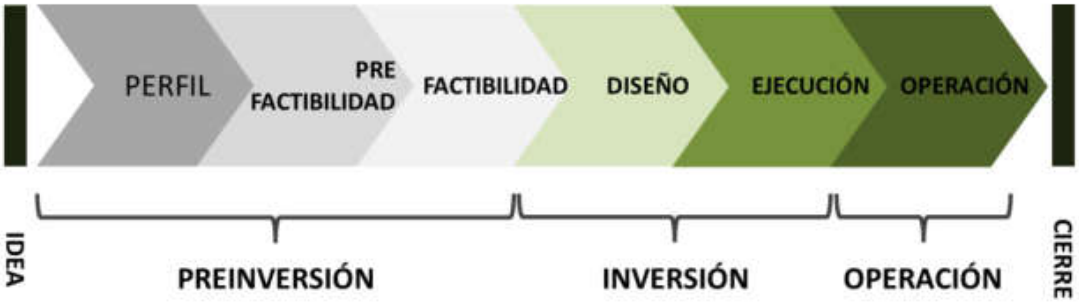
El ciclo de vida del proyecto se puede entender como el conjunto de fases en que son divididos los proyectos para facilitar su realización y/o ejecución. El CEPEP señala que en el

[4] Fontaine, Ernesto R. "Evaluación social de proyectos". Pearson Educación de México S.A. de C.V., Décimo tercera edición, 2008. Pág. 1.

[5] Morín Maya Eduardo, Alvarado Roldán María Lizbeth, Torres López Rafael Guillermo, Orozco Cuesta Ana Iveth. "Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017. Pág. 42.

ciclo de vida del proyecto se pueden identificar 3 etapas básicas: Preinversión, Inversión y Operación.

Figura 2.1 Ciclo de vida de un proyecto de inversión pública



Fuente: Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017. Pág. 12.

La etapa de preinversión considera todos aquellos estudios necesarios para disminuir lo máximo posible la incertidumbre del proyecto en cuanto a sus costos, resultados, diseño, ejecución y operación. Los Lineamientos para elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión consideran 3 niveles de profundidad considerando el monto de inversión: perfil, prefactibilidad y factibilidad,

La etapa de inversión es aquella en la que se lleva a cabo las acciones necesarias para la operación del proyecto y se corresponden con la realización de las obras, componentes, equipamiento, diseño de procesos y procedimientos, gestión de diferentes tipos de recursos y liberación de afectaciones, entre otros. La etapa de operación es aquella que permite la atención del problema, necesidad u oportunidad que dio origen al proyecto, por tanto, es la que genera los beneficios del mismo. En esta fase, el proyecto incurre en costos de operación y mantenimiento, así como, en las reinversiones necesarias en acciones y activos que permitan mantener el nivel de producción o servicio conforme se va concluyendo con su vida útil.

2.2 Evaluación de proyectos

La evaluación consiste en la determinación del valor o importancia de una determinada cosa o asunto en función de algún criterio previamente establecido. De acuerdo con Fontaine "*La evaluación económica de proyectos compara sus costos y beneficios económicos con el objetivo de emitir un juicio sobre la conveniencia de ejecutar dichos proyectos en lugar de otros.*"[6]. Podemos concluir que la evaluación de un proyecto consiste en el proceso de identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios que genera en un determinado periodo de tiempo, con el objeto de establecer la conveniencia de realizarlo. La diferencia entre el flujo de costo y beneficios legítimamente atribuibles al proyecto, en cada momento del tiempo, establece el beneficio neto correspondiente a dicho intervalo. A partir del flujo de beneficios netos se calculan la mayoría de los indicadores de rentabilidad, los cuales ayudan a decidir la conveniencia o no de ejecutar el proyecto, así como, a decidir el momento de entrada en operación y el tamaño óptimo del mismo.

2.2.1 Evaluación privada de proyectos

En los proyectos privados, una persona o un grupo de personas deciden resolver algún problema o aprovechar una oportunidad, para lo cual invierten sus recursos esperando obtener un rendimiento o beneficio para ellos mismos. En este sentido, la evaluación privada de proyectos busca determinar la viabilidad de una inversión, considerando únicamente los costos y beneficios generados para el o los inversionistas, los cuales son valorados a precios de mercado, no consideran las afectaciones o beneficios a otras personas que pudiesen presentarse con la realización del proyecto, es decir, no toman en cuenta los efectos que produce en la sociedad.

La evaluación privada se puede dividir de manera general en dos tipos: la económica y la financiera. La primera busca determinar la conveniencia de realizar o no el proyecto en

[6] Fontaine, Ernesto R. "Evaluación social de proyectos". Pearson Educación de México S.A. de C.V., Décimo tercera edición, 2008. Pág. 3.

su totalidad, independientemente de cómo se financie y del momento en que se paguen las compras o las ventas, es decir, se realiza bajo el supuesto de que los promoventes cuentan con todo el capital necesario para financiar el proyecto. La evaluación financiera, tiene como propósito determinar la rentabilidad del capital propio invertido por los promotores, por lo que considera los flujos financieros generados por el capital prestado, es decir, se busca determinar la capacidad financiera del proyecto.

2.2.2 Evaluación socioeconómica de proyectos

La evaluación socioeconómica de proyectos tiene como objetivo establecer la conveniencia para la sociedad de realizar un proyecto, por lo que se debe de considerar todos los costos y beneficios asociados de realizarlo para la sociedad. De acuerdo con Fontaine "*Para la evaluación social o socioeconómica, interesa el flujo de recursos reales (de los bienes y servicios) utilizados y producidos por el proyecto.*"[7]

En una evaluación socioeconómica los beneficios se estiman a partir del valor que tiene para la sociedad contar con los bienes o servicios que se proporcionarán por la ejecución del proyecto. Los costos se establecen como los recursos que serán utilizados para la realización del proyecto y que no podrán ser usados para otros fines. Asimismo, debe considerarse cualquier otro efecto negativo o positivo que pueda generar en la sociedad. En este sentido, la evaluación socioeconómica busca estimar la variación del bienestar o riqueza de la sociedad como resultado de la ejecución del proyecto, considerando al país en su conjunto, es decir, no se realiza una separación por posibles grupos de interés. Si la suma de los impactos positivos es mayor a los negativos, el proyecto es socialmente rentable y debe realizarse.

[7] Ibid., pág. 40

2.2.3 Diferencia entre la evaluación privada y socioeconómica de proyectos

Existen diversas diferencias entre la evaluación privada y la socioeconómica. De acuerdo con el CEPEP, "*La principal diferencia entre la evaluación privada y la social son los precios y la tasa de descuento utilizados para evaluar el proyecto. Mientras que en la primera se utilizan precios de mercado y una tasa de descuento privada, en la segunda se consideran precios sociales y la tasa social de descuento.*"[8] Por su otra parte, Fontaine señala que: "*... los costos y beneficios sociales podrán ser distintos de los contemplados por la evaluación privada económica, porque: (i) los valores (precios) sociales de bienes y servicios difieren del que paga o recibe el inversionista privado, o (ii) parte de los costos o beneficios recae sobre terceros (el caso de las llamadas externalidades o efectos indirectos).*"[9]

La evaluación privada utiliza precios de mercado para la adquisición de todos los recursos que se emplean, así como para valoración de los servicios o bienes que se producen; por su parte la evaluación socioeconómica ocupa los precios sociales, ya que busca asignar el "verdadero valor" que representan para el país los costos y/o beneficios que utiliza o genera el proyecto. Para que los precios sociales y de mercado sean iguales, sería necesario que no hubiera distorsiones en el mercado como son los impuestos, subsidios, aranceles, poder de mercado, entre otros.

En cuanto a la tasa utilizada para descontar los flujos futuros, la evaluación privada ocupa la tasa del mercado que mejor convenga a los promotores del proyecto, mientras que la evaluación social usa la tasa social de descuento.

Al considerar la evaluación al país como un todo, es necesario incluir los efectos indirectos, los cuales son las variaciones de los costos y beneficios que generaría en la sociedad el proyecto en los mercados de bienes y servicios sustitutos y/o complementarios, lo

---

[8] Meixueiro Gamendia Javier, Pérez Cruz, Marco Antonio. "Metodología general para la evaluación de proyectos", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2008.Pág. 2.

[9] Fontaine, Ernesto R. "Evaluación social de proyectos". Pearson Educación de México S.A. de C.V., Décimo tercera edición, 2008. Pág. 40.

cual no es considerado en la evaluación privada pero sí debe ser considerado en la social. Por último, se deben incluir las externalidades positivas o negativas, las cuales son efectos que genera el proyecto en mercados distintos a los del bien o servicio que se produce, y que no son complementarios o sustitutos.

Para determinar la conveniencia de realizar un proyecto para el país en una evaluación socioeconómica, es necesario calcular el valor actual de todos los elementos anteriormente mencionados y que la suma de los efectos positivos sea mayor que los negativos. Mientras que, para una evaluación privada, es suficiente con que los beneficios sean mayores a los costos tanto en la evaluación económica como financiera.

2.3 Conceptos clave en la evaluación socioeconómica

En una evaluación socioeconómica los valores que se asignan para los costos y beneficios se determinan aplicando el concepto de costo de oportunidad, que es el costo económico de los recursos. De esta manera, se tienen que considerar siempre los siguientes principios de evaluación: "a) El valor de un beneficio, no puede ser mayor que el menor costo de lograrlo por una vía alternativa, b) El valor de un costo, no puede ser mayor que el menor costo de evitarlo."[10]

2.3.1 Identificación de Costos

En un proyecto los costos se pueden definir de manera general, como los gastos en los que incurre el promotor del mismo para ejecutarlo, operarlo y mantenerlo. En una evaluación socioeconómica, se abarcan los tres aspectos antes mencionadas, pero el valor de los mismos

[10] Meixueiro Gamendia Javier, Pérez Cruz, Marco Antonio. "Metodología general para la evaluación de proyectos", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2008. Pág. 16.

depende del costo de oportunidad que la sociedad les asigne, es decir, los usos alternativos que tienen. Para una economía cerrada, se pueden identificar de dos formas:

1) Por una disminución en el uso de los recursos productivos para otras actividades
2) Por un aumento en la producción de los bienes o servicios utilizados por el proyecto

En ambas formas se puede apreciar una disminución del consumo del bien o servicio utilizado como recurso productivo del proyecto, ya sea para ejecución, operación y/o mantenimiento, por lo que hay una disminución en la producción de otros bienes y servicios que utilizaban esos recursos productivos, lo que disminuye a su vez el consumo de éstos, por lo que se genera una disminución en el nivel de bienestar de la sociedad.

En el caso de una economía abierta, si los recursos productivos requeridos por el proyecto son susceptibles de ser importados o exportados, disminuirán las divisas disponibles, lo que se traduce en un costo.

En síntesis, los costos directamente atribuibles al proyecto se estiman a partir de las cantidades de insumos que el proyecto utilizará, y se valoran de acuerdo con lo que la sociedad pierde por disponer de una menor cantidad de ellos para usos alternativos. Los costos directos son el verdadero valor que tiene para la sociedad las cantidades de recursos productivos que se utilizarán para el proyecto. Por último, es necesario recordar que el valor asignable a un costo no puede ser mayor que el menor costo de evitarlo.

2.3.2 Identificación de beneficios

En un proyecto el beneficio se puede entender de manera general como los resultados positivos que genera a lo largo del tiempo derivado de su operación. En una evaluación socioeconómica el beneficio de los bienes y servicios que genera un proyecto depende del valor de uso que les otorga la sociedad. En el caso de una economía cerrada, los beneficios se pueden identificar de dos maneras:

1) Por una mayor utilización del bien o servicio dentro del país
2) Por una disminución de la producción de otros productores del mismo bien

En el primer caso, se debe a un aumento de su consumo (en caso de que se trate de un bien o servicio de consumo final), o a una mayor producción de otros bienes o servicios (en caso de que se tratase un insumo). En el segundo, se obtienen una liberación de recursos productivos, los cuales pueden ser empleados para la generación de otros bienes y servicios, que, a su vez, pueden ser utilizados para consumo final o como insumos de nuevas producciones. En ambos casos, se genera un mayor bienestar para la sociedad.

En una economía abierta, el proyecto produce bienes y servicios comerciables internacionalmente (son importables o exportables), por lo que los beneficios se traducen en un incremento de divisas, ya que la ejecución del proyecto puede permitir importar una menor cantidad del bien o servicio, o se exportará obteniéndose una mayor cantidad de las mismas. Las divisas adicionales constituyen el poder de compra de bienes y servicios que se comercian internacionalmente, lo que aumentará el bienestar de la sociedad.

En síntesis, los beneficios atribuibles directamente al proyecto se estiman a partir de las cantidades de bienes y servicios que el proyecto producirá y se valoran de acuerdo con lo que la sociedad gana por disponer de una mayor cantidad de ellos. Los beneficios directos son el verdadero valor que tiene para el país el hecho de recibir las cantidades producidas por el proyecto. Por último, es necesario recordar que el valor asignable a un beneficio no puede ser mayor que el menor costo de obtenerlo por una vía alternativa.

2.3.3 Precios Sociales

De acuerdo con el CEPEP "*Los precios sociales son valores que reflejan los efectos de un proyecto sobre la economía en su conjunto, es decir, precios que expresan lo que le cuesta verdaderamente a la sociedad la utilización de los mismos. Debido a la posible existencia de lo que los economistas llaman distorsiones de mercado los precios que se*

observan en éste pueden ser "mentirosos" en el sentido de que no reflejan el verdadero costo que tiene para la sociedad producir un bien o servicio."[11]

Para estimar los precios sociales existen diversas metodologías, la más usada y sencilla es el método de las distorsiones, el cual parte del precio observado en el mercado del bien o servicio específico, analiza las distorsiones existentes, las cuantifica y en función de los resultados se estiman las correcciones para llegar al precio social. Para que los precios privados coincidan con los sociales es necesario que no existan distorsiones en los mercados de bienes y servicios. De esta manera, si los precios de mercado reflejaran los precios sociales, las decisiones privadas serían también adecuadas desde el punto de vista social.

2.3.4 Efectos Indirectos

En una evaluación socioeconómica, todos los efectos causados por el proyecto deben ser medidos para efectos de evaluación, debido a que representan una ganancia o pérdida para la sociedad. En este sentido, es necesario evaluar los efectos indirectos, ya sea positivos o negativos, que puede generar el proyecto. De acuerdo con el CEPEP "*Los efectos indirectos son aquellos que se generan en mercados relacionados con el bien o servicio producido por el proyecto. Estos bienes relacionados pueden ser complementarios o sustitutos del bien o servicio ofrecido por el proyecto.*"[12]

Como se mencionó anteriormente, puede ocurrir que, como consecuencia del proyecto las cantidades comercializadas en mercados complementarios o sustitutos del bien puedan resultar modificadas, debido a variaciones del precio del bien o servicios que el proyecto produce o de los insumos que utiliza, lo que puede generar variaciones en la demanda u oferta de los bienes relacionados. Lo anterior, puede hacer que cambien las cantidades consumidas,

---

[11] Morín Maya Eduardo, Alvarado Roldán María Lizbeth, Torres López Rafael Guillermo, Orozco Cuesta Ana Iveth. "Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017. Pág. 40.

[12] Ibid., pág. 19

producidas, importadas o exportadas de dichos bienes relacionados. De acuerdo con el CEPEP cuando "*Un proyecto generará efectos indirectos siempre y cuando los mercados de los bienes relacionados con el bien que produce el proyecto, o con los insumos que utiliza, estén distorsionados. En caso contrario, estos efectos siempre son iguales a cero*."[13]

2.3.5 Externalidades

Al igual que los efectos directos e indirectos, las externalidades ocasionadas por el proyecto pueden ser negativas o positivas y deben incluirse en la evaluación socioeconómica. De acuerdo con el CEPEP "*Las externalidades son los efectos del proyecto en mercados distintos a los del bien o servicio que se produce, y que no son complementarios o sustitutos de este mismo bien (ya que estos efectos se consideran dentro de los efectos indirectos) y son efectos que no tienen incluida su correspondiente transacción monetaria. Por lo general se refieren a repercusiones negativas o positivas en el medio ambiente.*" [14] Una externalidad puede generarse a partir de la producción o del consumo cuando el costo o beneficio que surge recae en una persona distinta del productor o consumidor que la genera, es considera negativa cuando impone un costo externo, o positiva cuando proporciona un beneficio externo.

Las externalidades pueden ser internalizadas mediante el pago de quien ocasiona el daño a quien se ve perjudicado, con ello se compensa el costo en el que incurre este último (en caso de una externalidad negativa), o mediante la apropiación del beneficio a través de un cobro de quien lo genera a quien se ve beneficiado (en caso de una externalidad positiva). Sin embargo, a pesar de las compensaciones económicas que pudiera haber, socialmente el costo

---

[13] Meixueiro Gamendia Javier, Pérez Cruz, Marco Antonio. "Metodología general para la evaluación de proyectos", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2008. Pág. 6.

[14] Centro de Estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos, "Apuntes sobre evaluación social de proyectos", Banobras, 1999., citado por Morín Maya Eduardo, Alvarado Roldán María Lizbeth, Torres López Rafael Guillermo, Orozco Cuesta Ana Iveth. "Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017. Pág. 27.

o el beneficio ocurre, por lo que a pesar de que la externalidad sea internalizada, debe ser considerada para la evaluación ya que las compensaciones realizadas son solamente una transferencia entre distintos agentes económicos dentro de la evaluación social.

2.3.6 Efectos Intangibles

De acuerdo con el CEPEP, "*Los efectos intangibles son aquellos efectos positivos o negativos que pueden ser identificados e incluso cuantificados pero su valoración no es posible por la inexistencia de un mercado del bien afectado.*"[15] Tal como se menciona, debido a su propia naturaleza no son valorizados sus efectos, sin embargo, deben ser considerados en la decisión de realizar o no el proyecto, pues afectan el bienestar de la sociedad. Para ello es necesario establecer en qué consisten, demostrar que se producen como consecuencia del proyecto, y tratar de cuantificar diversos aspectos de los mismos, aunque no se logre cuantificarlos en términos monetarios, debido a que pueden ser un factor decisivo para determinar la viabilidad de realizar un proyecto, adicional a los indicadores de rentabilidad que se pueden estimar.

2.3.7 Tasa social de descuento

La Tasa Social de Descuento (TSD) representa el costo de oportunidad de la utilización de recursos para la ejecución y operación de un proyecto para el país, es determinada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y asciende actualmente a 10%[16].

---

[15] Morín, Eduardo, "Evaluación social de proyectos", Banco Interamericano de Desarrollo, Fondo Multilateral de Inversiones y Tecnológico de Monterrey, 2011., citado por Morín Maya Eduardo, Alvarado Roldán María Lizbeth, Torres López Rafael Guillermo, Orozco Cuesta Ana Iveth. "Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017. Pág. 19.

[16] Oficio Circular No. 400.1.410.14.009, Unidad de Inversiones, Subsecretaría de Egresos, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 13 de enero de 2014.

2.3.8 Valor social del tiempo

El valor social del tiempo representa el costo de oportunidad para las personas de emplear dicho recurso en trasladarse y por tanto dejar de realizar otras actividades. El CEPEP publica anualmente un documento en el cual establece el "valor del tiempo por motivo de trabajo" a nivel nacional, el cual asciende a 70.07[17] pesos por hora para el presente año. El anterior valor se encuentra determinado por lo establecido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) el cual estima cada año el valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México[18].

2.3.9 Valor de rescate

En una evaluación socioeconómica se determina con base al costo de oportunidad del activo fijo, el CEPEP señala al respecto que "*El valor de rescate es el monto que se asigna al activo fijo al final del periodo de estudio u horizonte de evaluación. El valor de rescate no corresponde al valor en libros de los activos, ya que un bien puede estar totalmente depreciado y tener un alto valor de mercado, producto del interés de terceras personas por su adquisición, o bien, por su potencial para seguir generando recursos. (CEPEP, 1999).*"[19]

---

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/23409/oficio_tasa_social_de_descuento.pdf

[17] Valor social del tiempo a nivel nacional en México para 2020, Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/VST2020.pdf

[18] El documento de "*Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México*" publicado por el IMT establece además del "valor del tiempo por motivo de trabajo" a nivel nacional, el "valor del tiempo por motivo de placer", así como, el monto de los mismos a nivel estatal.

[19] Morín Maya Eduardo, Alvarado Roldán María Lizbeth, Torres López Rafael Guillermo, Orozco Cuesta Ana Iveth. "Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017. Pág. 51

2.3.10 Indicadores de rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad se encuentran en función del flujo de costos y beneficios que genera un proyecto durante un horizonte de evaluación definido y se busca indicar a través de los mismos la conveniencia o no de llevar a cabo un proyecto de inversión. Para determinar la rentabilidad socioeconómica de un proyecto de inversión pública, se utilizan: costos y beneficios directos e indirectos, externalidades, precios sociales y la tasa social de descuento. Los "Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión" (Lineamientos) establecen cuatro indicadores de rentabilidad para evaluar un proyecto y son: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) y Costo Anual Equivalente (CAE). A continuación, se presenta una breve explicación de cada uno.

2.3.10.1 Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) de un proyecto social resume en una sola cifra el valor social del proyecto al restar los costos socioeconómicos a los beneficios socioeconómicos una vez que ambos han sido actualizados con la Tasa Social de Descuento. Los lineamientos señalan que "*El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios.*

La fórmula de cálculo

$$VPN = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

B_t: son los beneficios totales en el año t

C_t: son los costos totales en el año t

B_t-C_t: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones" [20]

Entre las ventajas de este indicador se encuentra que es una medida de la contribución que puede generar el proyecto al bienestar del país. Asimismo, en cuanto a criterio de decisión, cuando se trata de elegir entre dos o más opciones de proyectos de inversión, en principio se debe optar por aquel que tenga un mayor VPN, debido a que esta representa un mayor beneficio.

2.3.10.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) refleja la tasa de rendimiento promedio de la inversión que se hizo en el proyecto correspondiente a la unidad de tiempo constituida en el flujo de costos y beneficios. Los lineamientos señalan que "*La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un programa o proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.*

[20] Secretaría de Hacienda y Crédito Público. "Lineamientos para elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión", Diario Oficial, 30 de diciembre de 2013. Pág. 12
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VPN = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

Donde:

B_t: son los beneficios totales en el año t

C_t: son los costos totales en el año t

B_t-C_t: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones" [21]

La TIR es la tasa máxima que resistiría el proyecto para ser rentable, cualquier tasa de descuento mayor causaría que el VPN del proyecto fuera negativo y por tanto debería ser rechazado. La TIR es útil, cuando los proyectos se comportan "normalmente", es decir, cuando los primeros flujos son negativos y los siguientes positivos; ya que, si cambia el signo más de una vez en los flujos netos del proyecto, se pueden obtener diferentes valores de la TIR. Es importante recordar que la TIR, por ser una tasa, no se puede utilizar como criterio de comparación entre proyectos, por tanto, siempre debe ser acompañada por el VPN.

2.3.10.3 Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

Cuando un proyecto de inversión genera beneficios crecientes en el tiempo, independientemente de la fecha en que se ejecute o cuando la oferta se encuentre controlada por el gobierno, como es en el caso de la provisión de servicios públicos en sectores susceptibles de ser monopolios naturales, la Tasa de Rentabilidad Inmediata es un mejor indicador de decisión para determinar la idoneidad de realizar un proyecto. De acuerdo a los

[21] Ídem.

lineamientos "*La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución.*

La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Donde:

B_{t+1}: es el beneficio total en el año t+1

C_{t+1}: es el costo total en el año t+1

I_t: monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t: año anterior al primer año de operación

t+1: primer año de operación

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en el tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.[22] Cuando un proyecto se ejecuta antes de su momento óptimo genera una capacidad ociosa que produce una pérdida de rentabilidad por adelantar inversiones, ya que utiliza recursos que se pueden usar en otros proyectos. Si la construcción del proyecto se realiza en periodos posteriores a su momento óptimo, se tiene un déficit de bienes o servicios, esta postergación crea una pérdida de rentabilidad.

2.3.10.4 Costo Anual Equivalente (CAE)

De acuerdo a los lineamientos "*El CAE es utilizado frecuentemente para evaluar alternativas del programa o proyecto de inversión que brindan los mismos beneficios; pero*

[22] Ibid., Pág. 13.

que poseen distintos costos y/o distinta vida útil. El CAE es la anualidad del valor presente de los costos relevantes menos el valor presente del valor de rescate de un programa o proyecto de inversión, considerando el horizonte de evaluación de cada una de las alternativas. El CAE puede ser calculado de la siguiente manera:

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

Donde:

VPC: Valor presente del costo total del proyecto de inversión (debe incluir la deducción del valor de rescate del programa o proyecto de inversión)

r: indica la tasa social de descuento

m: indica el número de años de vida útil del activo

El VPC debe calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$VPC = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

C_t: costos totales en el año t

r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

n: número de años del horizonte de evaluación

La alternativa más conveniente será aquélla con el menor CAE. Si la vida útil de los activos bajo las alternativas analizadas es la misma, la comparación entre éstas se realizará únicamente a través del valor presente de los costos de las alternativas."[23]

[23] Ídem.

3 Metodología de Proyectos Carreteros

3.1 Evaluación socioeconómica de un proyecto de inversión

En nuestro país, para solicitar recursos federales para programas y proyectos de inversión, es necesario presentar ante la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (Unidad de Inversiones), un documento de evaluación que cumpla con los Lineamientos[24] establecidos por ésta. Lo anterior en correspondencia con el Artículo 34, fracción II de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, en el cual se establece que:

> "*Para la programación de los recursos destinados a programas y proyectos de inversión, las dependencias y entidades deberán observar el siguiente procedimiento, sujetándose a lo establecido en el Reglamento: (…) II. Presentar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la evaluación costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión que tengan a su cargo, en donde se muestre que dichos programas y proyectos son susceptibles de generar, en cada caso, un beneficio social neto bajo supuestos razonables (…)*"[25]

Por su parte, el artículo 46 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria señala que los Programas y Proyectos de Inversión (PPI) que deben solicitar su registro en la Cartera de la SHCP son los siguientes:

> *i. Los Programas y Proyectos de Inversión (PPI) que ejecuten las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal.*

---

[24] El 30 de diciembre de 2013 fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

[25] Artículo 34, fracción II de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPRH_191119.pdf

ii. *Los Proyectos de Infraestructura Productiva de Largo Plazo a los que se refiere el artículo 32 de la Ley.*
iii. *Los programas y proyectos de inversión apoyados a través de fideicomisos públicos o mandatos cuyo objeto principal sea realizar o financiar dichos programas y proyectos.*
iv. *El gasto de inversión que determine la Secretaría mediante disposiciones generales, y*
v. *Los proyectos de infraestructura que impliquen inversión a largo plazo y amortización programada, en los cuales el contratista se obliga a la ejecución de la obra, su puesta en marcha, así como al mantenimiento y operación de la misma.*[26]

3.1.1 Tipos de programas y proyectos de inversión

De acuerdo con los Lineamientos, los proyectos de inversión son: "*acciones que implican erogaciones de gasto de capital destinadas a obra pública en infraestructura, así como la construcción, adquisición y modificación de inmuebles, las adquisiciones de bienes muebles asociadas a estos proyectos, y las rehabilitaciones que impliquen un aumento en la capacidad o vida útil de los activos de infraestructura e inmuebles;*"[27] Los proyectos se pueden clasificar en los siguientes tipos.

[26] Artículo 46 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria. Págs. 34 y 35
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFPRH_270120.pdf

[27] Definiciones, Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. Diario Oficial de la Federación 30 de diciembre de 2013.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

Tabla 3.1 Tipos de proyectos de inversión

Tipo de proyecto	Tipo de obra	Sectores
Infraestructura Económica	• Construcción, adquisición y ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios. • Infraestructura productiva de largo plazo (en referencia los artículos 18, tercer párrafo, de la Ley General de Deuda Pública y 32, segundo párrafo, de la misma). • Obras de rehabilitación y mantenimiento para aumentar la vida útil o la capacidad original de activos fijos.	a. Agua b. Comunicaciones y transportes c. Electricidad, d. Hidrocarburos e. Turismo
Infraestructura social	• Construcción, adquisición y ampliación de activos fijos	a. Educación b. Ciencia y tecnología c. Cultura d. Deportes e. Salud f. Seguridad social g. Urbanización h. Vivienda i. Asistencia social
Infraestructura gubernamental	• Construcción, adquisición y ampliación de activos fijos	a. Seguridad nacional, b. Seguridad pública c. Procuración de justicia d. Otros relacionados con el desarrollo económico y social, distintos a los de infraestructura social y económica.
Proyectos de inmuebles	• Construcción, adquisición y ampliación de inmuebles destinados a oficinas administrativas • Arrendamiento financiero para la Construcción, adquisición y ampliación de inmuebles destinados a oficinas administrativas	a. Seguridad nacional, b. Seguridad pública c. Procuración de justicia d. Otros relacionados con el desarrollo económico y social, distintos a los de infraestructura social y económica.
Otros proyectos de inversión	• Cualquiera del tipo de proyecto no incluido en las clasificaciones anteriores.	a. Cualquier sector gubernamental.

Fuente: Elaboración propia a partir de lo establecido en la sección II Tipos de programas y proyectos de inversión de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión publicados el 30 de diciembre de 2013 en el Diario Oficial de la Federación

Los Lineamientos señalan que los programas de inversión son: "*acciones que implican erogaciones de gasto de capital no asociadas a proyectos de inversión;*"[28] . Los cuales se pueden clasificar en los siguientes tipos.

[28] Ibid.

Tabla 3.2 Tipos de programas de inversión

Tipo de programas	Tipo de acción u obra	Destino
Adquisiciones	• Compra de bienes muebles. (*No asociados a proyectos de inversión o relacionados con protección civil*).	a. Vehículos b. Mobiliario para oficinas c. Bienes informáticos d. Equipo diverso.
Mantenimiento	• Conservación o mantenimiento de los activos existentes en condiciones adecuadas de operación y que no implican un aumento en la vida útil o capacidad original de dichos activos para la producción de bienes y servicios, ni se encuentren relacionados con Protección Civil. • Reparaciones y remodelaciones, aun cuando se trate de obra pública o se encuentren asociadas a esta	a. Activos fijos b. Bienes inmuebles (P*uede ser activos fijos e inmuebles de obra pública o asociados a ella*)
Adquisiciones de protección civil	• Compra de bienes muebles no asociados a proyectos de inversión	a. Extintores b. Detectores de humo c. Detectores de gas
Mantenimiento de Protección civil	• Los programas de mantenimiento relacionados con protección civil.	a. Vida y salud de la población b. Bienes c. Infraestructura d. Planta productiva e. Medio ambiente
Estudios de preinversión	• Realización de estudios necesarios para que una dependencia o entidad tome la decisión de realizar un programa o proyecto de inversión	a. Estudios de preinversión. (*Los estudios que se realicen después de la decisión de ejecutar un programa o proyecto se deben considerar en el monto total de inversión*)
Programa Ambiental	• Cuando sean acciones cuyo objeto principal sea la conservación y protección de los recursos naturales y del ecosistema, • Cuando sean acciones encaminadas a la prevención, control y reversión de los procesos que generan contaminación con efectos adversos a la población, el ordenamiento ecológico, y la educación y • Cuyas acciones contribuyan al conocimiento para la sustentabilidad ambiental	a. Preservación de la biodiversidad b. Mitigación de los efectos derivados de las actividades humana sobre el medio ambiente c. Restauración del equilibrio ecológico d. Promoción de la gestión ambiental
Otros programas de inversión	• Erogaciones asociadas a gasto de capital no identificadas en las clasificaciones anteriores	a. Erogaciones asociadas a gasto de capital, no identificadas en las clasificaciones anteriores

Fuente: Elaboración propia a partir de lo establecido en la sección II Tipos de programas y proyectos de inversión de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión publicados el 30 de diciembre de 2013 en el Diario Oficial de la Federación.

3.2 Tipos de Evaluación Socioeconómica

La SHCP establece cinco tipos diferentes de evaluaciones socioeconómicas que son aplicables a los programas y proyectos de inversión que consideran realizar las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Los cuales son:

a. Ficha técnica, evaluación socioeconómica realizada mediante una descripción detallada de la problemática o necesidades a resolver con el programa o proyecto de inversión, así como las razones para elegir la solución presentada.
b. Análisis costo-beneficio simplificado, evaluación socioeconómica a nivel de perfil, la información utilizada debe ser verificable e incluir las fuentes de la misma en la sección de bibliografía.
c. Análisis costo-beneficio, evaluación socioeconómica a nivel de prefactibilidad, que busca determinar la conveniencia de un programa o proyecto de inversión mediante la valoración en términos monetarios de los costos y beneficios asociados directa e indirectamente, incluyendo externalidades, ejecución y operación de dicho programa o proyecto de inversión.
d. Análisis costo-eficiencia simplificado, evaluación socioeconómica a nivel de perfil en la cual los beneficios no pueden medirse en términos monetarios, la información utilizada debe ser verificable e incluir las fuentes de la misma en la sección de bibliografía.
e. Análisis costo-eficiencia, evaluación socioeconómica a nivel factibilidad en la cual los beneficios no pueden medirse en términos monetarios, sin embargo, debe demostrar que el proyecto permite asegurar el uso eficiente de los recursos, la información utilizada debe ser verificable e incluir las fuentes de la misma en la sección de bibliografía.

A continuación, se establece el tipo de evaluación considerando el tipo de programa y proyecto de inversión, así como, el monto de inversión de acuerdo a lo establecido en los Lineamientos.

Tabla 3.3 Evaluación requerida por monto y tipo de programa y proyecto de inversión

Evaluación requerida	**Monto total de inversión** *Millones de pesos*	**Tipo de PPI**
Ficha técnica	Menor o igual a 50	Proyectos de infraestructura económica, social, gubernamental de inmuebles y otros programas y proyectos
	Menor o igual a 150	Programas de adquisiciones de protección civil
	Menor o igual a 150	Programas de mantenimiento y mantenimiento de protección civil
	Mayor a 1,000	Proyectos de Inversión. Estudios de preinversión a través de ficha técnica
Análisis costo-beneficio simplificado	Mayor a 50 y hasta 500	Proyectos de infraestructura económica, social, gubernamental de inmuebles y otros programas y proyectos
	Mayor a 150 y hasta 500	Programas de adquisiciones y mantenimiento
	Mayor a 150 y hasta 500	Programas de mantenimiento y adquisiciones de protección civil
	Mayor a 50 y hasta 500	Otros programas de inversión
Análisis costo-beneficio	Mayor a 500	Programas y proyectos de inversión
	Cualquier monto	Proyectos de Infraestructura de largo plazo
	Cualquier monto	Programas y proyectos de inversión que determine la SHCP a través de la Unidad de Inversiones
Análisis costo-eficiencia simplificado	De 50 a 500	Proyectos de infraestructura económica, social, gubernamental de inmuebles y otros programas y proyectos
	Más de 150 y menos de 500	Programas de adquisiciones incluyendo los de protección civil
	De 150 a 500	Programas de mantenimiento incluyendo los de protección civil
	Más de 50 y menos de 500	Otros Programas de mantenimiento
Análisis costo-eficiencia	Más de 500	Programas y proyectos de inversión en los que los beneficios no sean cuantificables
	Más de 500	Programas y proyectos de inversión que no generan un ingreso o ahorro monetario

Fuente: Elaboración propia a partir de lo establecido en la sección III a VIII de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión publicados el 30 de diciembre de 2013 en el Diario Oficial de la Federación.

3.3 Estructura básica de una evaluación socioeconómica.

En una evaluación socioeconómica, "*... interesa el flujo de recursos reales (de los bienes y servicios) utilizados y producidos por el proyecto. Para la determinación de los costos y beneficios pertinentes, la evaluación social definirá la situación del país "con"*

versus "sin" la ejecución del proyecto en cuestión."[29] A partir de lo establecido en los Lineamientos y en la "Metodología general para la evaluación de proyectos", se puede establecer un conjunto de elementos mínimos que tiene cualquier evaluación social, los cuales varían en su nivel de profundidad conforme al tipo de evaluación a realizar (perfil, prefactibilidad, factibilidad).

3.3.1 Análisis de la situación actual

En la situación actual se realiza un diagnóstico de la dimensión y características del asunto de interés público que se busca intervenir a través del proyecto, el cual incluye como elementos a desarrollar:

1. Diagnóstico de la situación actual
2. Análisis de la oferta actual
3. Análisis de la demanda actual
4. Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda

3.3.2 Análisis de la situación sin proyecto

En la situación sin proyecto se realiza la definición y proyección de un escenario que contempla la eliminación, de ser viable, de las posibles ineficiencias con las que se opera en la situación actual, para ellos se establecen optimizaciones, las cuales son medidas administrativas o acciones de bajo costo que permiten optimizar la situación actual. De esta manera, se define el problema, necesidad u oportunidad que se busca atender mediante el proyecto de manera más precisa. Lo anterior permite no atribuir a la intervención beneficios que pudieran obtenerse de una manera menos costosa. A partir del escenario anterior se realiza una proyección durante el horizonte de evaluación definido para el proyecto, los elementos a desarrollar son:

1. Optimizaciones
2. Análisis de la oferta en el escenario de que el proyecto no se lleve a cabo

[29] Fontaine, Ernesto R. "Evaluación social de proyectos". Pearson Educación de México S.A. de C.V., Décimo tercera edición, 2008. Pág. 40.

3. Análisis de la demanda actual en el escenario de que el proyecto no se lleve a cabo
4. Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación
5. Alternativas de solución

3.3.3 Análisis de la situación con proyecto

En la situación con proyecto se realiza la definición y proyección de un escenario que contempla lo que sucederá con el problema, necesidad u oportunidad como consecuencia de la intervención del proyecto. La proyección se realiza en función del horizonte de evaluación definido para el mismo, el cual se encuentra delimitado por sus etapas de inversión y operación, los elementos a desarrollar son:

1. Descripción general del proyecto[30]
2. Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación del programa o proyecto de inversión
3. Análisis de la demanda esperada a lo largo del horizonte de evaluación considerando la implementación del programa o proyecto de inversión
4. Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación considerando la implementación del programa o proyecto de inversión

3.3.4 Evaluación del proyecto

En la sección referente a evaluación del proyecto se aplican todos los conceptos establecidos en el apartado de marco teórico del presente documento. Los costos y beneficios

[30] En el caso de un análisis costo beneficio o costo eficiencia, además de la descripción general del proyecto, el apartado contiene los siguientes elementos: Alineación estratégica, localización geográfica, calendario de actividades, montos de inversión, financiamiento, capacidad instalada, metas de producción, vida útil.

En el caso de una ficha técnica, adicional a la descripción general del proyecto, el apartado contiene los siguientes elementos: localización geográfica, aspectos técnicos, ambientales y legales relevantes, diagnóstico de la situación con proyecto, el cual busca establecer la contribución del proyecto a solucionar la problemática identificada. Por otro lado, el monto de inversión, calendario de inversión, horizonte de evaluación, fuente de financiamiento y alineación estratégica se encuentra incorporado en el apartado de "Información General del PPI" al inicio de la ficha técnica.

atribuibles al proyecto son resultado de la comparación de las situaciones "con proyecto" y "sin proyecto". Los costos y beneficios deben ser realmente atribuibles al proyecto, por tanto, deben considerar los costos y beneficios directos, indirectos e intangibles, así como, las externalidades positivas o negativas generadas. Los anteriores suceden en distintos momentos, durante el horizonte de evaluación del proyecto, por lo que es necesario valorarlos, lo que implica la realización de un flujo, a partir del cual se estiman los indicadores de rentabilidad que, a su vez, ayudan a decidir la conveniencia o no de realizar el proyecto. Los elementos a desarrollar en el apartado son:

1. Identificación, cuantificación y valoración de costos[31]
2. Identificación, cuantificación y valoración de beneficios[32]
3. Evaluación del proyecto
4. Análisis de sensibilidad
5. Análisis de Riesgos

3.3.5 Otros apartados

Los apartados presentados en el presente punto son considerados dentro de una evaluación socioeconómica del tipo análisis costo beneficio o costo eficiencia, pero no en las fichas técnicas, ya que por su nivel de inversión estas últimas son clasificadas como un estudio a nivel perfil, es decir, como una evaluación preliminar del proyecto, la cual se basa en información básica secundaria elaborada con anterioridad por otras personas o instituciones.

[31] Los costos a considerar para la evaluación de un proyecto son: costos directos, costos indirectos, costos intangibles (los cuales no serán valorados), externalidades negativas.

[32] Los beneficios a considerar, son los que se espera lograr con el proyecto durante el horizonte de evaluación: beneficios directos, beneficios indirectos, beneficios intangibles (los cuales no serán valorados), externalidades positivas.

3.3.5.1 Conclusiones y Anexos

En este apartado se deben exponer de forma clara y precisa los argumentos por los cuales el proyecto o programa de inversión debe realizarse, postergarse, descartarse o profundizar en su valoración, con base en la evaluación realizada. Asimismo, deben indicarse todos aquellos supuestos, factores internos, externos o consideraciones que se crean convenientes para explicar los resultados y recomendaciones obtenidos a través de la misma. En el caso de las fichas técnicas no se incluye este apartado.

Cualquier documento u hojas de cálculo que proporcionen información de soporte para realizar la evaluación y las estimaciones contenidas en la misma se debe incorporar como anexo a la misma en un apartado del mismo nombre.

3.3.5.2 Resumen ejecutivo

De acuerdo a los Lineamientos, el resumen ejecutivo "Contendrá el nombre del programa o proyecto de inversión, localización y monto total de inversión; explicará en forma concisa, el objetivo del programa o proyecto de inversión, la problemática identificada, sus principales características, su horizonte de evaluación, la identificación y descripción de los principales costos y beneficios, sus indicadores de rentabilidad, los principales riesgos asociados a la ejecución y operación, e incluirá una conclusión referente a la rentabilidad del programa o proyecto de inversión."[33]. En el caso de las fichas técnicas no se incluye este apartado, sin embargo, se incluye una sección de "Información General del PPI" en la cual se incluye el tipo de infraestructura, monto de inversión, calendario de inversión, horizonte de evaluación, fuente de financiamiento, localización (macro y micro) del proyecto, alineación estratégica y relación con otros programas o proyectos.

---

[33] Secretaría de Hacienda y Crédito Público. "Lineamientos para elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión", Diario Oficial, 30 de diciembre de 2013. Pág. 7
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/21174/Lineamientos_costo_beneficio.pdf

3.3.5.3 Bibliografía

Listado de fuentes de información y referencias consultadas para la evaluación socioeconómica, en el caso de las fichas técnicas no se incluye el mismo.

3.4 Metodología de evaluación socioeconómica de proyectos carreteros.

El CEPEP ha realizado diversas guías metodológicas no oficiales, en noviembre de 2004 presentó la "Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos Carreteros". Asimismo, en noviembre 2008 publicó la "Metodología general para la evaluación de proyectos" y el 2013 la "Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: análisis costo–beneficio, actualización 2013". A partir de las anteriores se realiza el presente apartado, el cual desarrollara la estructura básica de una evaluación socioeconómica en materia carretera, abarcando los siguientes cuatro temas:

1. Situación actual
2. Situación sin proyecto
3. Situación con proyecto
4. Evaluación del proyecto

3.4.1 Situación actual

El propósito de este apartado, es presentar de manera breve los principales elementos que permiten identificar y explicar la problemática o cuestión que el proyecto busca atender en materia carretera o vial, a partir del diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda.

3.4.1.1 Diagnóstico de la situación actual

El propósito de este apartado, es presentar de manera breve la problemática que da origen al proyecto y el objetivo del mismo. Para ello, es importante determinar el polígono o

área relevante de atención del proyecto, a través del establecimiento de las características de la zona, población afectadas o involucrada, entre otros. El punto más importante es la determinación de la "Red Vial Relevante", la cual se constituye por aquellas vialidades que, como consecuencia de la ejecución del proyecto, verán modificados sus flujos vehiculares y/o Costos Generalizados de Viaje[34] (CGV). En el análisis anterior se suele esquematizar mediante un árbol de problemas[35].

3.4.1.2 Análisis de la oferta actual

La determinación de la oferta en la situación actual se realiza a partir de las características físicas y geométricas de la vialidad(es) relevante(s) definidas de acuerdo al problema o cuestión que se busca atender. Para cada una de las vialidades que sean parte de la actual ruta se debe obtener las siguientes características[36]:

1. Número de carriles de circulación por sentido.
2. Ancho de corona (en caso de existir acotamientos establecer sus dimensiones).
3. Tipo de superficie de rodamiento (concreto hidráulico, pavimento asfáltico o terracería).
4. Condiciones actuales de la superficie de rodamiento de la carretera, a través del establecimiento del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)[37] en m/km).

---

[34] Los Costos Generalizados de Viaje se pueden definir como la suma de los costos monetarios y no-monetarios de un viaje, por su importancia serán tratados en un punto posterior.

[35] El árbol de problemas es un elemento de la metodología de Marco Lógico. Es una técnica gráfica que se emplea para identificar una situación negativa (problema central), la cual se intenta solucionar, a través de la exposición de las causas que la generan, así como, de los efectos que produce.

[36] No es necesario incorporar todas en la descripción de la oferta, pero si se debe contar con dicha información ya que son relevantes para la estimación de los Costos de Operación Vehicular.

[37] El Índice Internacional de Rugosidad, es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/hr. Fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

EI rango de la escala del IRI para un camino pavimentado se encuentra entre 0 y 12 m/km., donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

5. Pendiente media ascendente.[38]
6. Pendiente media descendente.[39]
7. Proporción de viaje ascendente.[40]
8. Curvatura horizontal promedio.[41]
9. Altitud promedio del terreno sobre el nivel del mar.
10. Condiciones actuales del señalamiento horizontal y vertical

Tramificación la red relevante.

A partir de la información anterior se realiza una tramificación de la "red vial relevante" buscando establecer tramos con características lo más homogéneas posibles, y se presentan las características anteriores para dichos segmentos. Las variables que suelen utilizarse principalmente para determinar los tramos son: número de carriles de circulación por sentido, ancho de corona, tipo de superficie de rodamiento, condiciones actuales de la superficie de rodamiento y altitud promedio del terreno, las anteriores son las características que mayor impacto tienen en la velocidad de circulación de un vehículo.

3.4.1.3 Análisis de la demanda actual

La demanda está compuesta por el aforo vehicular que utiliza la "Red vial relevante" determinada en el apartado de "*Diagnostico de la situación actual*", la cual, se presenta desagregada por tipo de vehículo y tramificación.

---

[38] Suma de todos los ascensos dividida entre la longitud de la carretera, en porcentaje. Varía entre 0 y 12%.

[39] Suma de todos los descensos, en valor absoluto, dividida entre la longitud de la carretera, en porcentaje. Varía de 0 a 12%

[40] Longitud de los tramos en viaje ascendente, dividida entre la longitud total del camino, en porcentaje. Varía entre 0 y 100%.

[41] Promedio ponderado de las curvaturas de los segmentos curvilíneos del camino a partir de las longitudes de los mismos. La curvatura de un segmento curvilíneo es el ángulo (en grados), subtendido en el centro de curvatura, por unidad de longitud de arco de la curva (en km). Varía de 0 a 1,000 grados por km.

Transito Promedio Diarios Anual (TDPA)

La demanda está constituida por el aforo de vehículos que circulan en la "red vial relevante". Se establece mediante el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), el cual es el número total de vehículos que circulan en promedio al día por un cierto punto vial.

Una fuente de información de TPDA para carreteras federales es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la cual publica anualmente datos viales de muchas de las carreteras del país, desagregados por tipo de vehículo y sentido de circulación. En cuanto a las estatales, las Juntas de Caminos de cada entidad federativa suelen realizar conteos vehiculares en ciertos puntos de los caminos a su cargo.

Composición vehicular y direccionalidad

Para un adecuado establecimiento de la demanda el TDPA debe desagregarse por tipo de vehículo y sentido de circulación, para ello suele usarse la siguiente clasificación: automóviles ligeros, camionetas o pick up´s, autobuses de pasajeros, camiones de carga unitarios o tipo torton y camiones de carga articulados o trailers.

Comportamiento horario del flujo vehicular

Para los aforos vehiculares obtenidos es necesario establecer el comportamiento del flujo vehicular durante el día, suele realizarse en horas o fracciones de 15 minutos dependiendo del comportamiento mostrado, con el objeto de determinar la existencia o no de congestión vehicular, ya que ello influye en la estimación de los CGV sobreestimando o subestimando los mismos.

Tasas de ocupación

Acorde a los aforos obtenidos, es necesario estimar las tasas de ocupación vehicular[42] para cada uno de los diferentes tipos de vehículos en los cuales se desagregó la demanda. Lo anterior, se establece como el promedio de pasajeros por tipo de vehículo, incluyendo al chofer. Este es una parte importante para cuantificar el costo del tiempo de los pasajeros, los cuales son parte de los CGV.

Tramificación por demanda

La tramificación de la demanda se presenta considerando los flujos de incorporación y desincorporación de vehículos para la "Red vial relevante", acorde al problema o situación que busca atender el proyecto.

3.4.1.4 Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda

En los proyectos carreteros la interacción entre la oferta y la demanda se realiza a partir de las velocidades de circulación y los costos generalizados de viaje, debido a que son las principales variables que busca atender mediante proyectos de este tipo.

Velocidades de circulación

La velocidad promedio de circulación se estima para cada tramo de la "Red vial relevante", por tipo de vehículo y sentido de circulación. En caso de haber definido tramos

[42] Para calcular la tasa de ocupación, se recomienda que al mismo tiempo que se realiza el aforo vehicular, se cuantifiquen cuantos pasajeros viajan en cada tipo de vehículo. Posteriormente, en trabajo de gabinete se realiza un promedio de las tasas. En lo que se refiere a los autobuses, se recomienda entrevistar al personal de las empresas de autobuses, para que proporcionen la tasa de ocupación promedio.

en la oferta y demanda deben estimarse para los mismos. Así como, para los periodos de congestión, establecidos conforme al comportamiento horario del flujo vehicular. Los anteriores suelen obtenerse mediante el tiempo promedio de recorrido considerando todos los elementos anteriores.

Costos Generalizados de Viaje (CGV)

Los Costos Generalizados de Viaje se pueden definir como la suma de los costos monetarios y no-monetarios que incurren los usuarios de un camino. Se dividen en los Costos de Operación Vehicular (COV) y el Costo del Tiempo de Recorrido (CTR).

El CTR representa el valor monetario del tiempo de viaje de las personas que van en los diferentes tipos de vehículos. Existen diversas formas de estimarlo, una de ellas es usando el valor social del tiempo, el cual representa de manera general el costo de oportunidad del tiempo de una persona, es establecido anualmente por el CEPEP y asciende actualmente a 70.07 pesos por hora.

El COV mide en términos monetarios el costo que le representa al usuario circular por una carretera y se expresa en pesos por kilómetro ($/Km). En su cálculo se incluye el consumo de combustible y lubricantes, desgaste de elementos de circulación y suspensión, refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo, entre otros. El COV presenta una importante sensibilidad a las características de geométricas del camino, como son: número de carriles, tipo de terreno, altitud de terreno, IRI, grados de curvatura horizontal, velocidad de circulación, pendientes, entre otros.

Para la estimación del COV se usa el modelo computacional VOC-MEX 3.0, el cual es un submodelo del Highway Design Model (HDM 4.0) realizado por el Banco Mundial. El modelo establece sus resultados en pesos por kilómetro para 1,000 vehículos. El modelo VOC-MEX debe calibrarse conforme a la velocidad de los vehículos.

3.4.2 Situación Sin Proyecto

Con el objeto de no atribuirle beneficios al proyecto que no le corresponden, es preciso incorporar, en caso posible, medidas y acciones que permitan disminuir o atenuar la problemática que busca atender el proyecto, las cuales se conocen como medidas de optimización, los efectos que tienen las mismas sobre la oferta y demanda de la Situación Actual generan la Situación Sin Proyecto, la cual debe ser proyectada a lo largo del horizonte de evaluación.

3.4.2.1 Optimizaciones

Las optimizaciones[43] son medidas administrativas o inversiones de bajo costo, por convención se considera que su inversión debe ser menor al 10% del monto total de inversión[44], que permiten mejorar las condiciones de la Situación Actual sin necesidad de implementar el proyecto. En el caso de no existir optimizaciones posibles, deberá justificarse.

Las optimizaciones habituales en los proyectos carreteros se relacionan con acciones de mantenimiento regular o correctivos menores, como son acciones de bacheo o riego de sello, las cuales permiten mejorar las condiciones físicas de la carretera actual, lo que se ve reflejado en un aumento de la velocidad promedio de circulación y disminución del IRI, el cual puede alcanzar un valor de hasta 3.5, dependiendo del estado actual de la superficie de rodamiento. También pueden existir optimizaciones que afecten la demanda, como son la prohibición de circulación de alguna clase de vehículos en ciertos horarios o la implementación de cuotas de peaje. En todo caso, cualquier medida de optimización que se busque considerar debe tener relación con el problema que se pretende solucionar y

[43] Se debe tener cuidado de no confundir las optimizaciones con las alternativas de solución, estas últimas son proyectos que podrían dar solución completa al problema que se busca atender, y por tanto, sustituir el PPI y no acciones que aminoren o atiendan la problemática de manera parcial.

[44] Los costos de las optimizaciones deben incluirse en la evaluación.

establecer su impacto en el mismo, ya que el desarrollo de su impacto se verá reflejado en la oferta, demanda o interacción de las mismas.

3.4.2.2 Análisis de la oferta en la situación sin proyecto

Las medidas de optimización que suelen establecerse en los proyectos carreteros modifican la oferta en cuanto al estado de la superficie de rodamiento o disponibilidad de circulación sobre la misma. De esta manera, se deben considerar los mismos conceptos incluidos en la oferta en la situación actual tomando en cuenta las optimizaciones, es decir, las nuevas condiciones generadas por las optimizaciones en las características físicas y geométricas de la carretera, las cuales suelen reflejarse principalmente en el IRI o en la disponibilidad de superficies para circular. Las anteriores características se deben proyectar a lo largo del horizonte de evaluación, mediante el cambio que tendrían en las mismas.

3.4.2.3 Análisis de la demanda en la situación sin proyecto

La demanda debe contemplar los efectos de las optimizaciones sobre las misma, los cual como pueden verse reflejados en el tránsito diario promedio anual, composición vehicular y direccionalidad o comportamiento horario del flujo vehicular, establecidos en el apartado de la situación actual. Posteriormente, es necesario proyectar las anteriores a lo largo del horizonte de evaluación. Para ello se debe considerar la variable relevante de acuerdo al problema planteado, por lo que estimar la Tasa Media de Crecimiento Anual (TCMA) pueden usarse estadísticas de crecimiento de aforos federales, estatales o incluso de crecimiento poblacional o económico según sea el caso y la disponibilidad de información. En todo caso, siempre habrá que buscar mantener un escenario conservador.

3.4.2.4 Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda en la situación sin proyecto

En caso de existir optimizaciones, sus posibles resultados se verán reflejados en la interacción entre la oferta y la demanda, no es todos los casos sucede así, a través de mayores velocidades de circulación y por tanto menores costos generalizados de viaje en comparación con la situación actual. Las anteriores se deben estimar a lo largo de todo el horizonte de evaluación.

3.4.2.5 Alternativas de solución

Las alternativas de solución se deben establecer en función del problema que se pretende atender a través del proyecto. En este sentido, pueden ser alguna mejora en la superficie de rodamiento (repavimentación o sustitución por otro elemento), ampliación de carretera, creación de una nueva carretera, realización de pasos a desnivel, entre otros. De las anteriores se deben incluir las características de cada una y se debe realizar una evaluación de las mismas, con el objeto de establecer la mejor alternativa de solución (proyecto propuesto),

Para comparar las distintas alternativas, es necesario determinar si generan los mismos beneficios. En caso afirmativo, se pueden evaluar desde el punto de vista económico a través de la comparación de sus CAE, eligiendo la del menor. Lo anterior se debe a que el proyecto es la mejor alternativa en cuanto a costos para la solución del problema planteado. En caso de que las alternativas de solución que generen diferentes beneficios, la comparación entre PPI deberá hacerse a partir del Valor Presente Neto (VPN) de cada uno, para poder determinar cuál es el más rentable, es decir, se deberán identificar, cuantificar y valorar costos y beneficios. En cualquier caso, se debe cerrar el apartado exponiendo las razones por las cuales se eligió el proyecto, pudiéndose incorporar también cuestiones técnicas, sociales entre otras.

3.4.3 Análisis de la situación con proyecto

La Situación Con Proyecto se construye a partir de los impactos que el proyecto genera sobre la oferta y la demanda de la Situación Sin Proyecto, los cuales se establecen en la oferta y muestran sus resultados en la interacción.

3.4.3.1 Descripción general del proyecto

La descripción del proyecto se debe contener una descripción física y operativa del mismo. A continuación, se establece de manera breve lo mínimo que debe contener cada elemento que lo compone.

- Descripción general, establece las características que tiene la infraestructura a construir mediante el proyecto, así como, los materiales y estructura constructiva.
- Localización geográfica, mediante la inclusión de mapas y croquis, incluyendo las coordenadas para georreferenciarlo.
- Calendario de actividades, muestre las principales acciones que se requieren para realizar el proyecto, así como, su tiempo estimado de ejecución
- Monto total de inversión, mediante un calendario de inversión por año que distribuya el monto total entre sus principales componentes o rubros.
- Fuentes de financiamiento, pueden ser de carácter privado o público (municipales, estatales, federales y fideicomisos), debe especificarse el porcentaje de participación de cada una de ellas.
- Capacidad instalada, volumen máximo de atención, se establece en función del TPDA.
- Metas Anuales y Totales de Producción, se establecen en función de la cantidad de viajes que se realizarán con proyecto, es decir, del TPDA.
- Vida útil, tiempo de operación del PPI expresado en años, se establece en función de los elementos constructivos.
- Aspectos técnicos, legales y ambientales, demuestran que el proyecto es factible técnica, legal, económica y ambientalmente

- Estudios técnicos: Con base en el proyecto ejecutivo, anteproyecto o estudio base se debe establecer el apego a las normas vigentes de la SCT correspondientes
- Estudios legales: Con base en los estudios o normas legales se establecer que se cuenta con los derechos de propiedad o vía, así como, de uso de suelo necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- Estudios ambientales: Con base en el proceso constructivo e impacto del proyecto en el medio ambiente, se debe establecer la necesidad de contar o no, con una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) o similar, estableciéndose en caso necesario los argumentos por los cuales se tendrá un resolutivo positivo al respecto.
- Estudios económicos: Conclusiones o fuentes de información referentes a origen-destino, TDPA, preferencias entre otros, según corresponda al objetivo del proyecto que permita establecer una adecuada evaluación del proyecto desde el punto de vista económico.

3.4.3.2 Análisis de la oferta en la situación con proyecto

En presente apartado se establece como el proyecto modifica las características físicas y geométricas de la vialidad(es) relevante(s), de acuerdo al problema o cuestión que se busca atender. Para cada una de las vialidades se deben establecer las características establecidas en la oferta en la situación sin proyecto[45] y proyectarse a lo largo del horizonte de evaluación, mediante el cambio que tendrían en las mismas.

[45] El listado completo fue determinado en la oferta en la situación actual.

El proyecto puede generar que sea necesario establecer una nueva tramificación de la "red vial relevante" derivado de las nuevas características[46] que tendrán las vialidades, los tramos debe ser lo más homogéneas posibles.

3.4.3.3 Análisis de la demanda en la situación con proyecto

La demanda en la Situación Con Proyecto se compone de los vehículos que circularían por la carretera una vez realizado el proyecto. En la mayoría de los casos, la demanda se considera igual que en la Situación Sin Proyecto, ya que no existen carreteras sustitutas que permitan realizar el mismo origen-destino (no hay tránsito desviado) o el ahorro en los CGV es marginal, en comparación al CGV total, por lo que no se puede establecer con certeza un tránsito generado debido a un ahorro en los anteriores. De manera general, podemos establecer que la demanda en la Situación Con Proyecto es igual a la demanda en la Situación Sin Proyecto, excepto si existe demanda generada como consecuencia de la ejecución del proyecto.

3.4.3.4 Diagnóstico de la interacción de la oferta y la demanda en la situación con proyecto

A partir de las características físicas y geométricas de los diferentes tramos establecidas en el apartado de oferta y demanda, se establecen las velocidades de operación y su cambio a lo largo del horizonte de evaluación conforme se incrementan los aforos vehiculares. Asimismo, se estiman nuevamente los CGV bajo las nuevas condiciones establecidas en la situación con proyecto para todo el horizonte de evaluación. Usando para

[46] Tal como se estableció en el apartado de tramificación en la sección de oferta en la situación actual, las variables que suelen utilizarse son: número de carriles de circulación por sentido, ancho de corona, tipo de superficie de rodamiento, condiciones actuales de la superficie de rodamiento y altitud promedio del terreno.

la estimación del COV el modelo computacional VOC-MEX 3.0 y para el CTR el valor social del tiempo.

3.4.4 Evaluación del proyecto

El objetivo del apartado es determinar la conveniencia del proyecto, para lo es necesario comparar desde el punto de vista económico la Situación Sin Proyecto y Con Proyecto.

3.4.4.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos

Para realizar la valoración y cuantificación de los costos, es necesario identificarlos, por lo que a continuación se clasifican los mismos. Asimismo, es necesario recordar que los mismos deben atender el concepto de costo de oportunidad, tal como, fue establecido en el apartado de identificación de costos y precios sociales del presente documento.

Costos directos del PPI

Costos de inversión. Representan los costos de construcción del proyecto carretero, los cuales pueden incluir terracerías, terraplenes, obras de drenaje, pavimentación, terrenos[47] (en caso de un nuevo camino), entre otros, según el tipo de obras incluidos en el proyecto. Los anteriores se valoran a precios de mercado, por lo que pueden establecerse a partir de proyectos ejecutivos, anteproyectos, costos paramétricos, cotizaciones entre otros. Suelen establecerse mediante una tabla que incluye los principales rubros.

[47] En hecho de contar con los derechos de propiedad del lugar en el cual se llevará a cabo el proyecto, no impide que deba incluirse su costo de oportunidad.

Costos de mantenimiento. Se establecen a partir del primer año de operación del proyecto y son las erogaciones en que se incurren para conservar un adecuado nivel de transitabilidad durante la vida del proyecto. La unidad habitual suele ser pesos por kilómetro-carril ($/km-carril). Los costos rutinarios de mantenimiento[48] se corresponden a los costos de limpieza, deshierbe de maleza, conservación de señalización y obras de manera general, la periodicidad es anual. Costos de conservación o mantenimientos mayores como son el riego de sello, la sobrecarpeta entre otros, que no implican la reconstrucción, su periodicidad suele estar entre los 5 y 8 años y se establecen en función de los materiales de construcción y el trafico soportado. Costos de reconstrucción o reinversión, no se contemplan en todos los proyectos y abarcan los principales rubros de inversión del proyecto en materia constructiva, su periodicidad suele estar entre los 8 y 15 años.

Costos de operación. De manera general, los proyectos carreteros no incurren en este tipo de costos a excepción de aquellos que consideran algún tipo de peaje, el cual puede generarse derivado de la operación de casetas.

Costos de molestias. Aquellos en los que se incurre por la construcción del proyecto y que se relacionan con las afectaciones que sufren los usuarios de los caminos en los cuales se ejecuta el proyecto durante la construcción del mismo, se reflejan en menores velocidades promedio de circulación o mayores tiempos de recorrido, lo cual se refleja en mayores CGV. No todos los proyectos carreteros presentan dichos costos.

Costos indirectos y externalidades del PPI

De manera general se puede establecer que los proyectos carreteros no suelen ocasionar costos indirectos o externalidades negativas. En caso de existir estas deben ser identificadas, valoradas y cuantificadas durante el horizonte de evaluación del proyecto. Un posible costo originado por un efecto indirecto puede ser el que existiera sobre otros medios

[48] Cuando hay un camino preexistente suelen establecerse como la diferencia de los costos en la situación “Con” y “Sin” proyecto.

de transporte derivado de una carretera nueva. En cuanto a una externalidad, podrían ser la perdida de servicios ambientales derivados de la construcción y operación de una nueva carretera si esta se realiza en un área de importante flora y fauna.

3.4.4.2 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios

El beneficio directo identificado en los proyectos carreteros se asocia a ahorro de costos derivados de mayores velocidades de circulación y menores tiempos de recorrido, los cuales se encuentran reflejados en menores CGV para los vehículos y personas que transitan en la red vial relevante. Su estimación se realiza como la diferencia entre la Situación Con Proyecto y Sin Proyecto. También pudieren existir, en algunos casos relacionados con cambio de superficie de rodamiento, ahorros derivados de menores costos de mantenimiento debido a que su monto puede ser menor o su periodo de realización mayor en el tiempo.

Beneficios indirectos y externalidades del PPI

Derivado de los menores tiempos de recorrido, se puede identificar y establecer como una externalidad positiva de este tipo de proyectos la reducción de emisiones de gases contaminantes. Lo anterior se puede establecer principalmente en proyectos que busquen disminuir o eliminar la congestión vehicular. El beneficio mencionado suele considerarse como intangible, debido a la dificultad de cuantificar y valorar el impacto del mismo.

3.4.4.3 Evaluación del proyecto

Los proyectos carreteros suelen tener beneficios crecientes en el tiempo debido a que el número de viajes comúnmente aumenta. Por consiguiente, no es suficiente con que el proyecto presente un VPN positivo y una TIR superior al costo de oportunidad de los recursos, sino que se debe determinar el momento óptimo de inversión, el cual se establece en función del primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento. Para estimar

la TRI se deben anualizar los costos de mantenimiento, ya que de no hacerlo no se observarían el crecimiento en el tiempo de los beneficios netos. Asimismo, en caso de que la inversión se realice en más de un año debe establecerse su equivalente en el último año de inversión.

3.4.4.4 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realiza con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto con diferentes escenarios. Para los proyectos carreteros se suele realizar para variaciones porcentuales en: el monto total de inversión, los costos de operación y mantenimiento, los beneficios y la demanda (aforos). Adicional, se deberá señalar la variación porcentual de estos rubros con la que el VPN sería igual a cero.

3.4.4.5 Análisis de Riesgos

Los riesgos de cualquier proyecto dependen del alcance del mismo, en el caso de los carreteros en sus etapas de ejecución y operación, se relacionan principalmente con los tramites o permisos para realizar el PPI, los costos de inversión y la demanda. Los riesgos deben clasificarse con base en la factibilidad de su ocurrencia y analizar sus impactos sobre la ejecución y operación del PPI en cuestión, así como las acciones necesarias para su mitigación.

4 Ficha Técnica del Proyecto de Pasos Peatonales en el Boulevard Luis Donaldo Colosio en la Ciudad de Cancún

4.1 Información general del proyecto de inversión

4.1.1 Nombre del PPI

Evaluación Socioeconómica de Pasos Peatonales en el Blvd. Luis Donaldo Colosio en la Ciudad de Cancún.

4.1.2 Tipo de PPI

Proyecto de infraestructura económica.

4.1.3 Fuentes de financiamiento[49]

Tabla 4.1 Fuentes de Financiamiento

Origen	%	Monto (incluye IVA)
Federales	100	$ 420,489.57

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Monto total de inversión

Tabla 4.2 Monto Total de Inversión

Origen	%
Monto de inversión: (con IVA, para registro)	$ 420,489.57
Monto de inversión: (sin IVA, para evaluación)	$ 362,491.01
Monto para estudios: (en caso que aplique)	$ 0.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Calendario de inversión[50]

Tabla 4.3 Calendario de Inversión

Año	Monto (Incluye IVA)
2020	$ 420,489.57
Total	$ 420,489.57

Fuente: Elaboración propia

[49] Las fuentes de recursos pueden ser: propios, federales, estatales, fideicomisos, otros
[50] Solo es necesario indicar el año y monto a ejercer

4.1.6 Horizonte de evaluación

Tabla 4.4 Horizonte de Evaluación

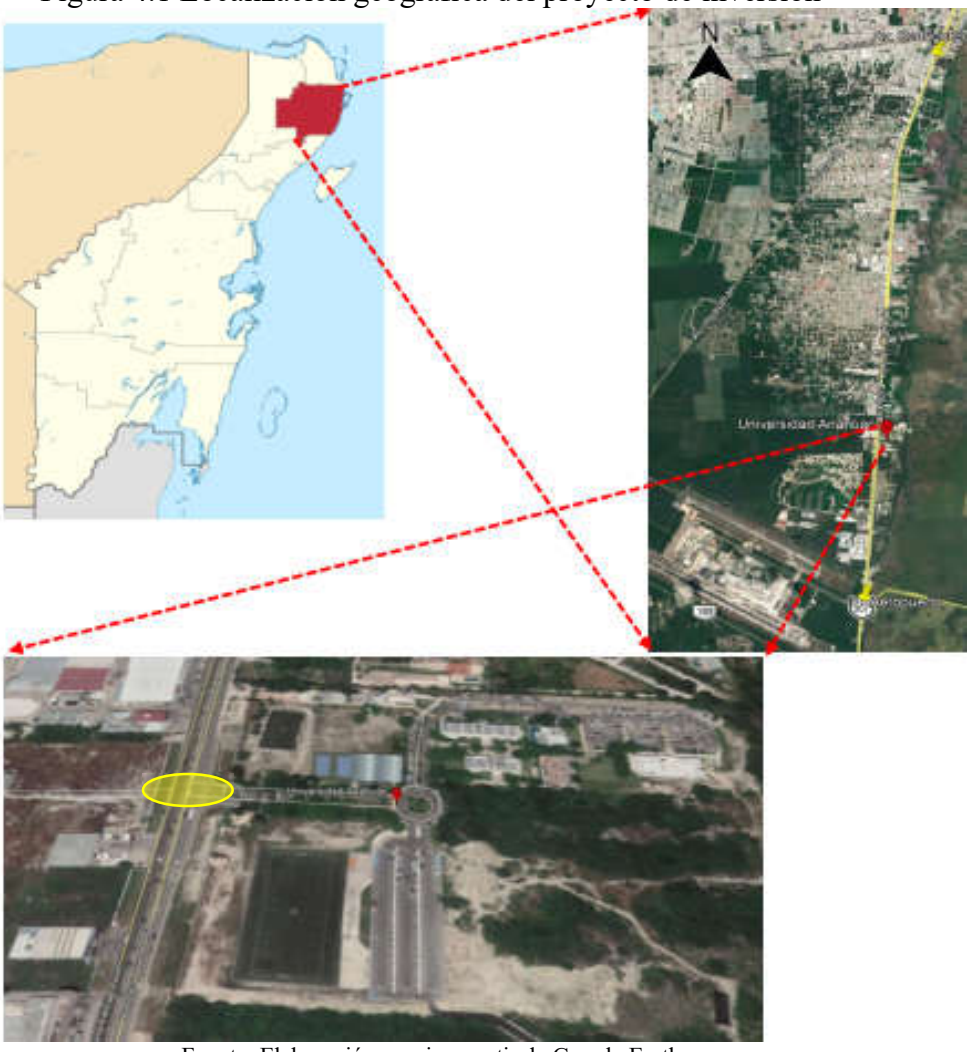
	Fecha
Fecha de Inicio de Ejecución:	10/2020
Fecha de Término de Ejecución:	10/2020
Número de Años de Operación:	10 años

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Localización geográfica

El proyecto se ejecutará a un costado de la entrada de la Universidad Anáhuac en las coordenadas: 21.061859 latitud norte, -86.846568 longitud oeste.

Figura 4.1 Localización geográfica del proyecto de inversión



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

4.2 Alineación estratégica

Tabla 4.5 Alineación estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024		
Eje General	Bienestar	Garantizar el ejercicio efectivo de los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales, con énfasis en la reducción de brechas de desigualdad y condiciones de vulnerabilidad y discriminación en poblaciones y territorios.
Eje transversal	3. Territorio y desarrollo sostenible	
Objetivo	2.8	Fortalecer la rectoría y vinculación del ordenamiento territorial y ecológico de los asentamientos humanos y de la tenencia de la tierra, mediante el uso racional y equilibrado del territorio, promoviendo la accesibilidad y la movilidad eficiente.
Estrategia	2.8.3	Fomentar, junto con los gobiernos locales, esquemas de impulso a la movilidad accesible y sostenible priorizando los modos de transporte público eficientes y bajos en emisiones, así como la movilidad no motorizada.
Plan Estatal de Desarrollo 2016 – 2022		
Eje	5. Crecimiento ordenado con sustentabilidad ambiental	Orientar, bajo una política de sustentabilidad, el ordenamiento y control territoriales de la entidad, impulsando un sistema de ciudades y comunidades rurales que potencialicen su valor natural, cultural e histórico, además de garantizar el respeto al medio ambiente y la preservación de los recursos naturales en un esquema de equilibrio territorial. Estrategia General: Impulsar un modelo de crecimiento urbano sustentable que considere la vocación turística, las políticas federales y los criterios internacionales de desarrollo humano, así como la dotación de infraestructura y de los equipamientos necesarios, los servicios públicos de calidad y el adecuado manejo de los recursos naturales.
Programa	29. Movilidad y transporte	Consolidar un sistema integral de movilidad al interior y exterior del estado, que considere a las personas como principales beneficiarios, que incorpore nuevas tecnologías y privilegie la protección al medio ambiente.
Estrategia	Adecuar el marco legal e institucional que permita la instrumentación de acciones integrales de mejora, así como proponer esquemas que fomenten la inversión, competencia y desempeño del sistema de transporte público, turístico y de carga para mejorar la movilidad en el estado.	
Líneas de acción	5.29.7 Generar sistemas de movilidad que sean accesibles y que se vinculen poniendo énfasis en los modos peatonales, ciclistas y de transporte público.	
Programas gubernamentales		
Programa	No tiene relación con otros programas gubernamentales	

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Programas o proyectos complementarios o relacionados

Tabla 4.6 Programas o proyectos complementarios o relacionados

Programa	No tiene relación con algún proyecto o proyecto realizado en los últimos 3 años o algunos con registro en la cartera de inversión

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de la situación actual

4.3.1 Descripción de la problemática

La ciudad de Cancún es el más importante centro de desarrollo turístico del país, tiene una participación del 7% del Producto Interno Bruto (PIB) turístico nacional. El Aeropuerto Internacional de Cancún es el segundo aeropuerto más transitado en nuestro país, superado sólo por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, pero el más importante en cuanto a pasajeros internacionales. El Boulevard Luis Donaldo Colosio es la continuación de la carretera Tulum-Cancún y es la entrada a la ciudad para los usuarios del aeropuerto. En su tramo comprendido entre este y la Av. Rodrigo Gómez es considerado un corredor regional urbano [51] de 3 carriles por sentido, pavimentado con concreto asfáltico que registra volúmenes de más de 6,000 vehículos por hora en periodos de máxima demanda. La vialidad funciona sin semáforos en la mayor parte de su recorrido, excepto en el crucero de acceso al Residencial Campestre. Tiene un largo de 10,893 metros y un ancho de corona promedio de 67.82 metros, con un ancho mínimo de 40.20 metros y un máximo es de 72.98 metros. Se encuentra divido por un camellón central con un ancho promedio de 3.36 metros delimitado por una guarnición.

Figura 4.2 Blvd. Luis Donaldo Colosio (Av. Rodrigo Gómez – Trébol Aeropuerto de Cancún)

Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

[51] Espacio territorial dentro del centro de población que se asocia a vialidades estratégicas que interconecta con otros municipios o regiones. Gaceta Oficial del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, 30 de abril de 2019 Núm. 07 ORD.

En el Boulevard existen diversas áreas de afluencia peatonal, determinadas por la existencia de universidades y colegios, plazas comerciales, edificios para la prestación de servicios públicos o atención especializada, entre otros. Los principales puntos de afluencia son seis y se muestran a continuación:

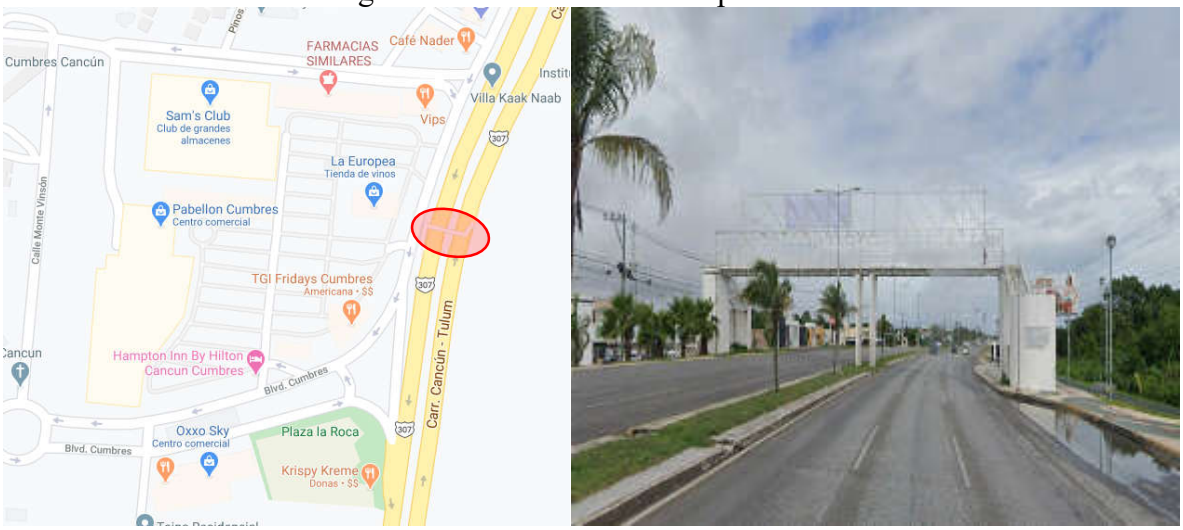
1. Pabellón Cumbres, Plaza La Roca, SAMS y Superama.
2. Residencial Campestres y ciclovía.
3. Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón (CRIT), Auditorio del Bienestar y Centro Estatal Deportivo de Alto Rendimiento
4. Universidad de Oriente y Colegio Superior de Ciencias Jurídicas
5. Universidad Anáhuac
6. Universidad La Salle y Universidad Tecnológica

Figura 4.3 Puntos de afluencia peatonal

Fuente: Elaboración propia

En el primer punto de afluencia se localiza un puente peatonal de 8 de metros de altura en buen estado de conservación, el cual es sostenido por dos columnas de cemento y cuenta con una estructura metálica de 40 metros de largo y 2 metros de ancho. El puente se ubica en las coordenadas 21.112138 latitud, -86.838699 longitud.

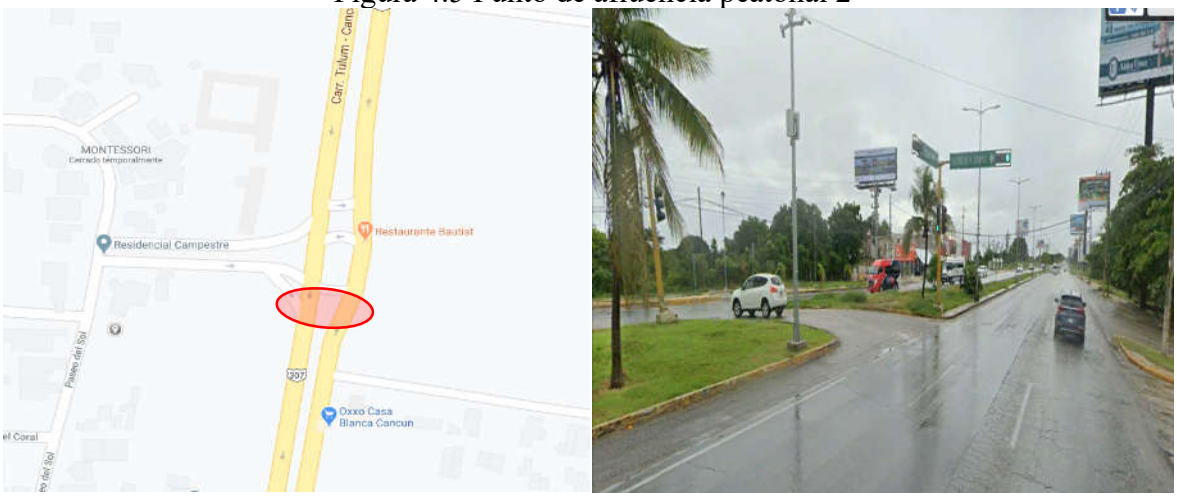
Figura 4.4 Punto de afluencia peatonal 1



Fuente: Elaboración propia

En el segundo punto de afluencia se encuentra un cruce peatonal a nivel de calle con semáforo en estado regular de conservación. Ambos sentidos tienen 12 metros de ancho y comparten un camellón central también de 17 metros. Los cruces se ubican en las coordenadas 21.101175 latitud, -86.840647 longitud y 21.101150 latitud, -86.840338 longitud.

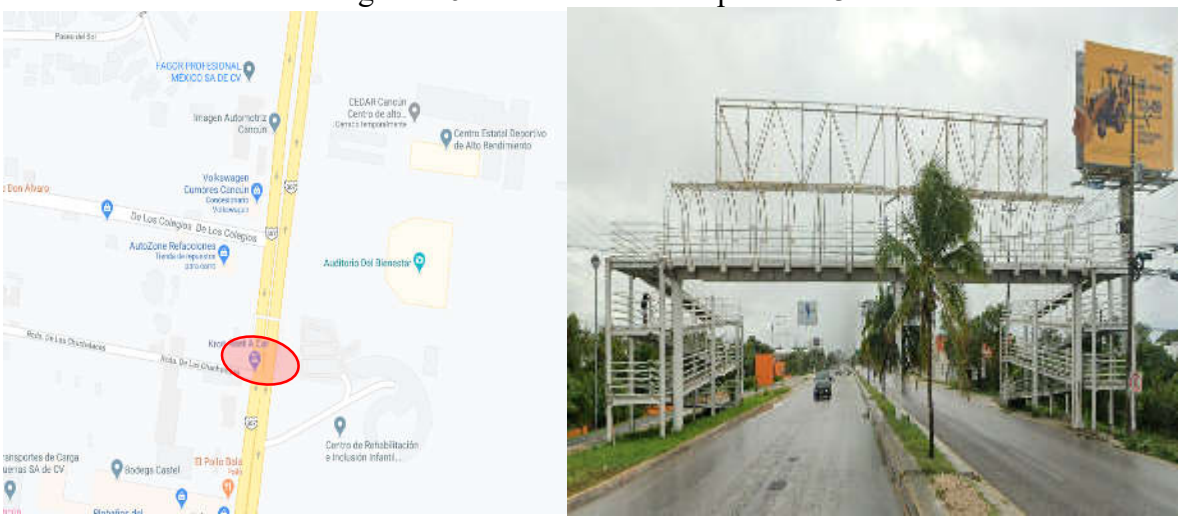
Figura 4.5 Punto de afluencia peatonal 2



Fuente: Elaboración propia

En el tercer punto de afluencia se encuentra un puente peatonal de 8 de metros de altura en buen estado de conservación, el cual se conforma de una estructura metálica de 40 metros de largo y 2 metros de ancho. El puente se ubica en las coordenadas 21.095372 latitud, -86.841408 longitud.

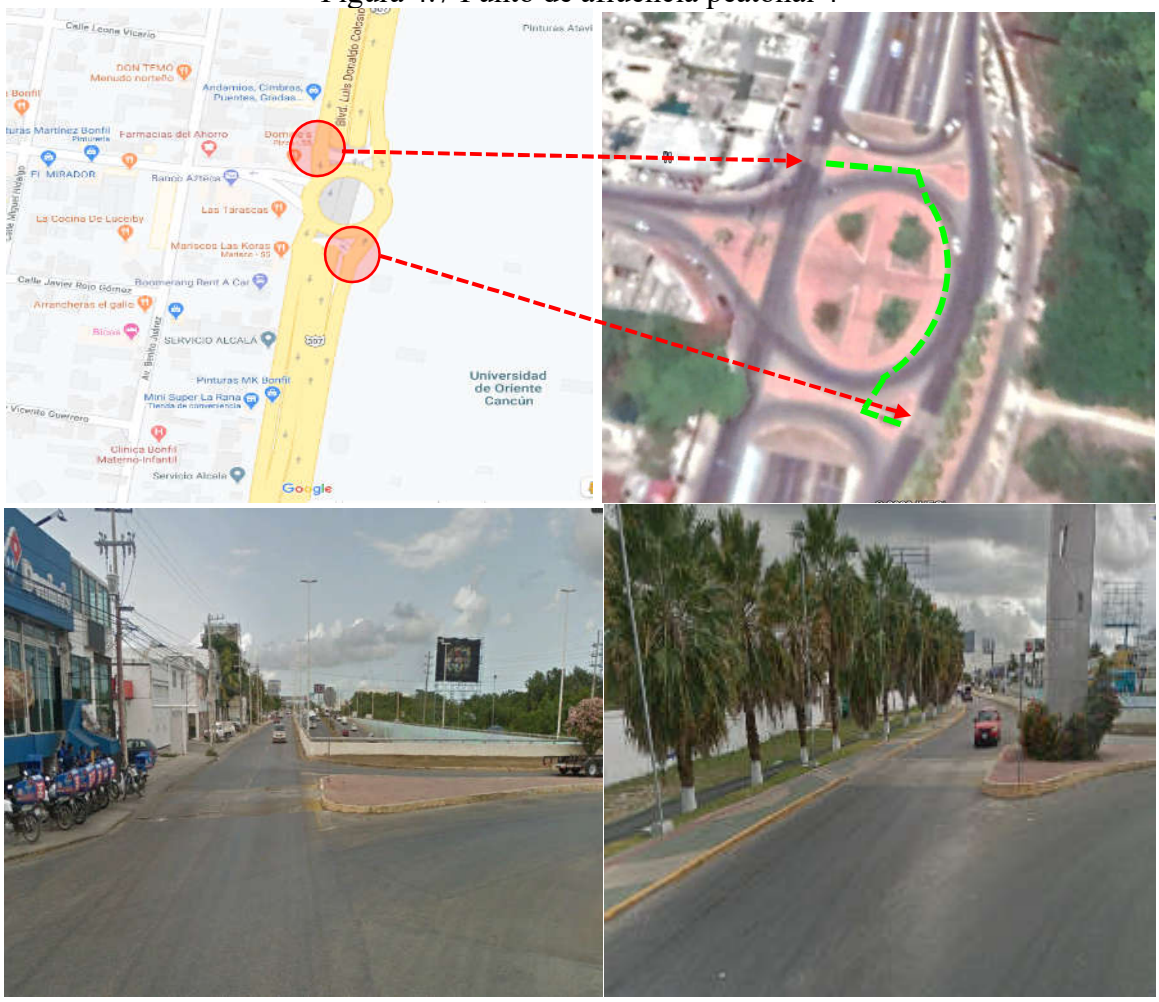
Figura 4.6 Punto de afluencia peatonal 3



Fuente: Elaboración propia

En el cuarto punto de afluencia se localiza un cruce peatonal a nivel (3D) en buen estado de conservación. En ambos sentidos de la vialidad donde se ubican los cruces se tiene un ancho de 6 metros, cuentan con un camellón de 36 metros de ancho y una glorieta de 37 metros de diámetro. Este cruce, tiene la particularidad que para cruzar la vialidad se tiene que caminar por el camellón cruzar a la glorieta, recorrer su circunferencia, cruzar al camellón siguiente y caminar hasta llegar al otro cruce (línea verde en figura 4.7). Los cruces se ubican en las coordenadas 21.087488 latitud, -86.842452 longitud y 21.088102 latitud, -86.842666 longitud.

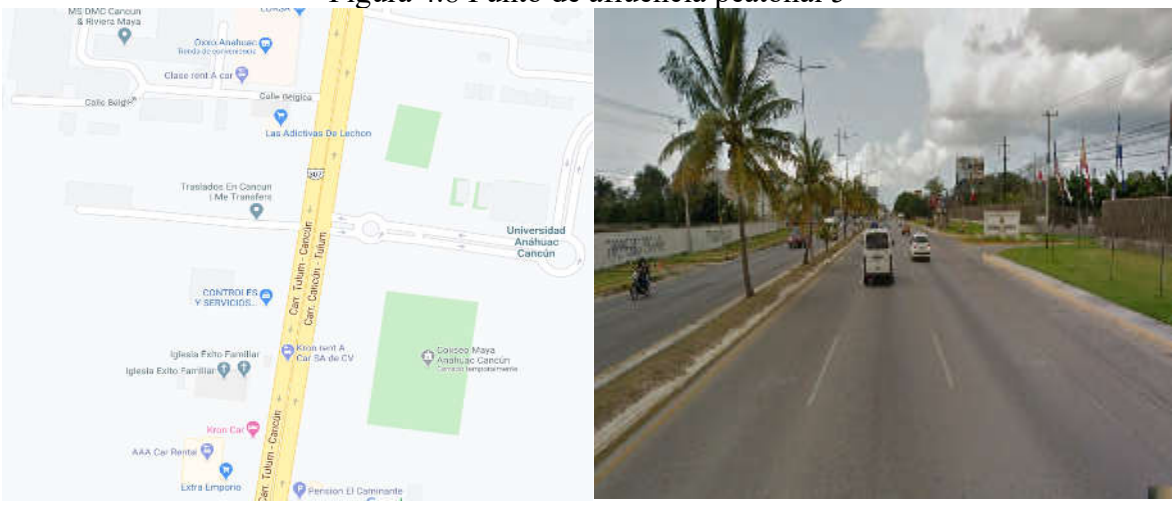
Figura 4.7 Punto de afluencia peatonal 4



Fuente: Elaboración propia

El quinto punto de afluencia se encuentra en la Universidad Anáhuac, en el cual no existe algún puente o cruce peatonal, por lo que la acción de cruce se realiza en condiciones inseguras. La Universidad se ubica en las coordenadas 21.061859 latitud, -86.846568 longitud.

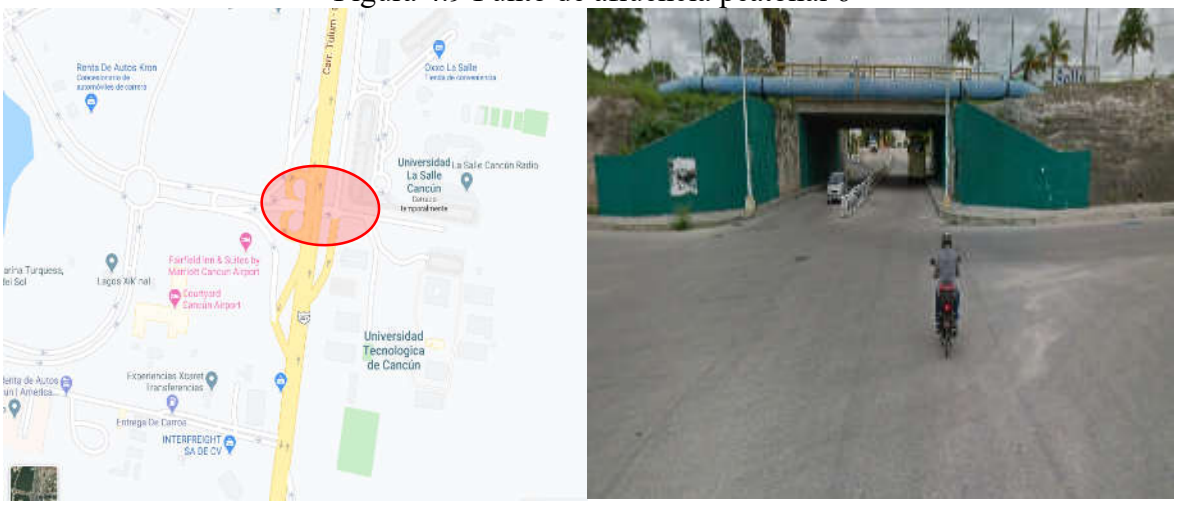
Figura 4.8 Punto de afluencia peatonal 5



Fuente: Elaboración propia

En el sexto punto de afluencia se localiza un paso inferior vehicular con banqueta en buen estado de conservación. El paso cuenta inferior cuenta con 67 metros de largo, 15 metros de ancho y 45 cm de ancho de banqueta por cada lado. El paso se ubica en las coordenadas 21.051438 latitud, -86.848300 longitud.

Figura 4.9 Punto de afluencia peatonal 6

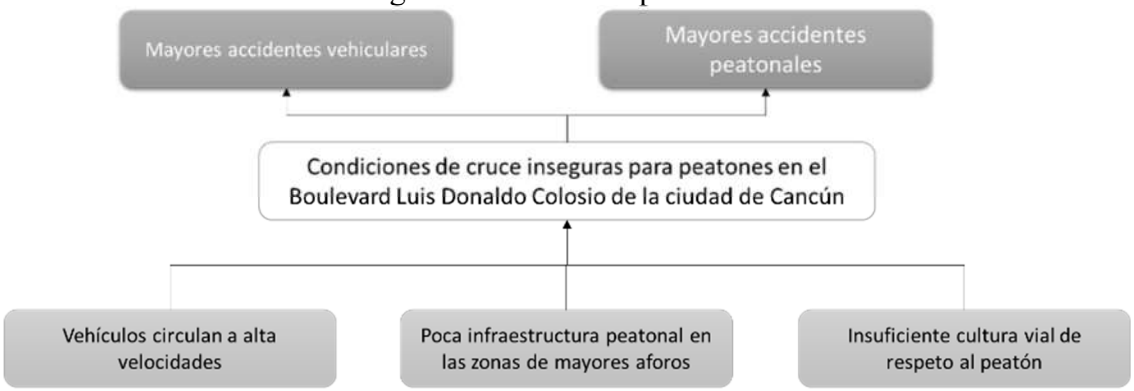


Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1 Árbol de problemas

El problema central que se busca atender mediante el proyecto son las: **Condiciones de cruce inseguras para peatones en el Boulevard Luis Donaldo Colosio de la ciudad de Cancún**, el anterior es originado principalmente por la *alta velocidad de circulación de los vehículos sobre el boulevard* derivado de la naturaleza de la misma vialidad, la cual es clasificada como un corredor regional, así como, de las características geométricas de la misma. Otras causas del problema son la *insuficiente cultura vial de respeto al peatón* y la *Poca infraestructura de cruce para peatones en las zonas de mayores*. Como se ha mostrado en el presente apartado existen 6 principales puntos de aforo peatonal, sin embargo, en la Universidad Anáhuac no se cuenta con alguna infraestructura que permita un realizar un cruce seguro. En cuanto a los efectos, se tiene que los cruces peatonales de manera intempestiva generan *mayores accidentes vehiculares* y *peatonales*, derivados comúnmente de maniobras de frenado para evitar atropellamiento de peatones. El siguiente árbol de problemas[52] representa de manera esquemática lo anteriormente señalado.

Figura 4.10 Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

[52] El árbol de problemas es una técnica que se utiliza para identificar una situación negativa (problema central), la cual se esquematiza analiza por medio de relaciones de tipo causa-efecto. Las causas directas se ubican debajo del problema central definido, mientras los efectos o consecuencias se sitúan encima de él. La formulación del árbol de problema permite establecer diferentes alternativas de solución, en lugar de una solución única.

4.3.2 Análisis de la oferta

Considerando que el problema que se busca atender con el proyecto son las *Condiciones de cruce inseguras para peatones en el Boulevard Luis Donaldo Colosio* mediante la construcción de un paso peatonal seguro y considerando que no existe metodología de evaluación para los mismos, pero que dada su naturaleza se puede analizar como un proyecto carretero, por lo que a continuación se realiza la evaluación en dichos términos, ajustando la metodología acorde a los elementos que caracterizan el problema.

La Universidad Anáhuac se ubica en el km 13.5 del Boulevard Luis Donaldo Colosio, el cual es corredor regional urbano de la zona metropolitana de la ciudad de Cancún, entre las coordenadas geográficas 21.063052 latitud norte, -86.846416 longitud oeste y 21.060200 latitud norte, -86.846883 longitud oeste.

Figura 4.11 Área de cruce peatonal a la universidad Anáhuac

Fuente: Google Earth, 2020.

Actualmente no existe en la zona algún puente o cruce peatonal cercano a la entrada de la universidad, el más cercano se encuentra a 1,175 metros en dirección al aeropuerto, tampoco existen señalamiento vertical alguno que indique que es un área de cruce escolar, en ninguno de los sentidos de la vialidad. En cuanto a la vialidad, la superficie de rodamiento es de pavimento asfáltico y se encuentra en un regular estado de conservación, permitiendo circular a una velocidad promedio de 60 kilómetros por hora (km/h) cuando no existe congestión y 55 km/h cuando existe.

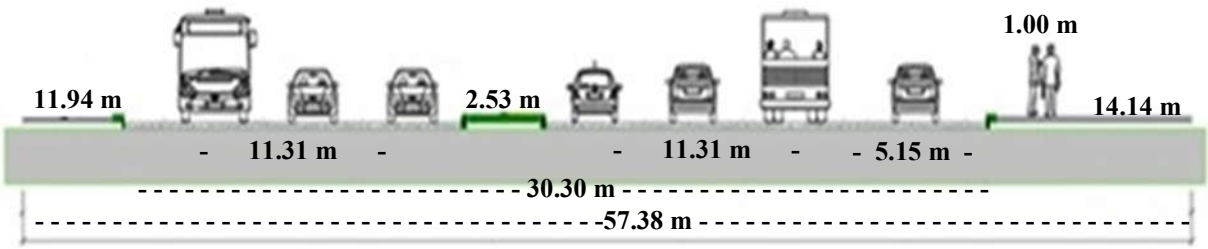
El cruce peatonal se realiza sobre el boulevard, a la altura de la entrada vehicular de la universidad, el cual tiene 2 cuerpos de circulación que albergan 3 carriles cada uno (3.77

metros por carril) separados por un camellón con pasto de 2.53 metros de ancho. Adicionalmente, en el sentido sur a norte (aeropuerto a Cancún) antes de la entrada a la universidad, se cuenta con un carril de desaceleración vehicular de 5.15 metros de ancho y 50.00 metros de largo, con banqueta del mismo largo 50.00 metros de largo y 1.00 metro de ancho con guarnición. Después de la salida de la universidad, se ubica una parada de transporte público de 4.00 metros de largo y 3.00 metros de alto, con una banqueta de 50.00 metros de largo y 1.00 metro de ancho con guarnición, así como, con un carril de aceleración que es utilizado también como bahía de ascenso y descenso de pasajeros de 4.5 metros de ancho. Los anteriores se ilustran en las siguientes figuras.

Figura 4.12 Situación actual tramo de cruce peatonal de la Universidad Anáhuac

Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

Figura 4.13 Perfil del Blvd. Luis Donaldo Colosio (Límites de la Universidad Anáhuac)



Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

4.3.3 Análisis de la demanda

Como se estableció en el apartado anterior, no existe una metodología de evaluación para pasos peatonales, sin embargo, considerando la naturaleza que da origen al problema se puede realizar una adaptación de la metodología de proyectos carreteros, por lo que la demanda se estable en función de las personas que realizan el cruce del boulevard. A continuación, se muestran los puntos generadores de tráfico peatonal.

Figura 4.13 Generadores y atractores de tráfico peatonal

Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

El principal punto atracción y generación de tráfico peatonal es la universidad Anáhuac, considerando un radio de 300 metros a partir de su entrada podemos encontrar los siguientes negocios que también contribuyen al mismo:

1. **Distribuidora e Importadora ALSEA (DIA)**. Comercio al por mayor de abarrotes.
2. **LORSA.** Accesorios, equipos, maquinaria, refacciones y productos químicos para lavandería y tontería
3. **Hidrosense.** Tinas de baño
4. **ConstruYendo**. Ferretería
5. **Plaza.** Renova Spa, Water Technologies de México, Circle K y GIABAO Global Laundry Solutions.

Para obtener la demanda por cruce del boulevard se realizaron aforos peatonales con el objeto de estimar el Transito Promedio Diario Anual Peatonal (TPDAP). La estrategia de trabajo de campo[53] se realizó a partir de los principales usuarios del cruce peatonal, los cuales son los alumnos, profesores, personal administrativo y de apoyo de la Universidad Anáhuac. El levantamiento de los aforos se realizó en tres días diferentes, acorde a la estacionalidad semanal (días laborables) y horaria de los flujos (horarios de entrada y salidas escolares) peatonales, siendo un día entre lunes y viernes, otro el sábado y uno más el domingo[54]. Los resultados de dichos aforos se muestran a continuación.

Tabla 4.7 Transito Promedio Diario Anual Peatonal por estacionalidad semanal

Horario		**Lunes a viernes**		**Sábado**		**Domingo**	
		TPDAP	Porcentaje TPDAP	TPDAP	Porcentaje TPDAP	TPDAP	Porcentaje TPDAP
06:00	**06:59**	16	2.70%	0	0.00%	0	0.00%
07:00	**07:59**	88	14.84%	9	12.68%	0	0.00%
08:00	**08:59**	55	9.27%	16	22.54%	0	0.00%
09:00	**09:59**	12	2.02%	14	19.72%	19	14.07%
10:00	**10:59**	4	0.67%	1	1.41%	21	15.56%
11:00	**11:59**	7	1.18%	0	0.00%	27	20.00%

[53] El aforo se realizó de manera manual, mediante dos personas (cada una durante 8 horas) y un supervisor, que registraban la cantidad de personas que cruzaban el boulevard a partir de la entrada de la universidad y considerando 250 metros más de cada uno de sus lados. Asimismo, registraba el tiempo promedio de cruce. Los horarios de aforo fueron horario 6 a 22 horas para el martes y de 7 a 18 horas para el sábado y domingo.

[54] El trabajo de campo se realizó el martes 4, el sábado 8 y domingo 9 de febrero de 2020.

Horario		Lunes a viernes		Sábado		Domingo	
		TPDAP	Porcentaje TPDAP	TPDAP	Porcentaje TPDAP	TPDAP	Porcentaje TPDAP
12:00	**12:59**	19	3.20%	2	2.82%	34	25.19%
13:00	**13:59**	107	18.04%	8	11.27%	31	22.96%
14:00	**14:59**	98	16.53%	12	16.90%	0	0.00%
15:00	**15:59**	29	4.89%	5	7.04%	0	0.00%
16:00	**16:59**	21	3.54%	3	4.23%	1	0.74%
17:00	**17:59**	17	2.87%	0	0.00%	0	0.00%
18:00	**18:59**	44	7.42%	1	1.41%	2	1.48%
19:00	**19:59**	58	9.78%	0	0.00%	0	0.00%
20:00	**20:59**	13	2.19%	0	0.00%	0	0.00%
21:00	**21:59**	5	0.84%	0	0.00%	0	0.00%
22:00	**22:59**	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
TOTAL		**593**	100.00%	**71**	100.00%	**135**	100.00%

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo realizado

En la tabla anterior, se encuentran sombreadas las horas de mayor de tránsito peatonal para los distintos días, a partir de ellos podemos establecer que de lunes y viernes existen 6 horas de mayor afluencia, las cuales se corresponden con horarios escolares y laborales, que son de 7 a 9 de la mañana, de 13 a 15 y de 18 a 20, los cuales abarcan poco más del 75% de los cruces. Para el sábado se aprecian 2 horarios, de 7 a 10 y de 13 a 15 (83% de los cruces del día). El día domingo solo se tiene un horario de 9 a 14, el cual concentra casi el 98% de los cruces del día. A partir de los anteriores podemos establecer la cantidad anual de cruces, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.8 Demanda de cruces peatonal por estacionalidad semanal y flujo

Horario	Lunes a viernes		Sábado		Domingo	
	TPDAP	**Porcentaje TPDAP**	**TPDAP**	**Porcentaje TPDAP**	**TPDAP**	**Porcentaje TPDAP**
Horas de mayor flujo peatonal	450	75.89%	59	83.10%	132	97.78%
Horas de menor flujo peatonal	143	24.11%	12	16.90%	3	2.22%
Total diario	593	100%	71	100%	135	100%
Horas de mayor flujo peatonal	109,359	75.89%	3,068	83.10%	6,864	97.78%
Horas de menor flujo peatonal	45,414	24.11%	624	16.90%	156	2.22%
Total anual	154,773	100%	3,692	100%	7,020	100%

Nota: Se consideran 261 días para lunes a viernes, 52 días para cada sábado y domingo

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo realizado

4.3.4 Interacción oferta y demanda en la situación actual

En los proyectos carreteros la interacción entre la oferta y la demanda se realiza a partir de las velocidades de circulación y los costos generalizados de viaje, considerando los anteriores, la interacción para la presente evaluación se realizará a partir del tiempo de cruce y los costos asociados a los mismos para los peatones.

Los **tiempos de cruce** se estimaron a partir del trabajo de campo, obteniéndose un tiempo promedio de **75 segundos para las horas de mayor tránsito peatonal** y de **88 segundos para las de menor**, lo anterior se debe a que en las horas de mayor flujo peatonal coinciden con los horarios de mayor flujo de vehículos lo que ocasiona que las velocidades de circulación sean menores y por tanto el tiempo de paso sea menor.

El costo asociado al tiempo de cruce[55] se estima en concordancia con el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR). En este caso, considerando el valor social del tiempo, el cual asciende a 70.07 pesos por hora, se tiene que el costo de cruce para los peatones en horas de mayor tránsito peatonal asciende a $1.4598 por cruce y en las de menor flujo peatonal a $1.7128. A partir de dichos valores se puede estimar el costo anual derivado de los cruces realizados al boulevard, el cual asciende a $251,159.14 anuales, su distribución se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.9 Costo de Tiempo de Recorrido por cruce de peatones (anual)

Horario	Lunes a viernes	Sábado	Domingo
Horas de mayor flujo peatonal	171,452.53	4,458.34	9,974.59
Horas de menor flujo peatonal	63,927.66	1,076.82	269.2
Total anual	235,380.20	5,535.15	10,243.79

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo realizado

[55] Se estima el mismo en sintonía con el concepto de costos generalizados de viaje, los cuales se componen de los costos de operación vehicular (COV) y el Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) de los usuarios.

4.4 Análisis de la situación sin proyecto

4.4.1 Medidas de optimización

Considerando que el problema que da origen al proyecto son las "*Condiciones de cruce inseguras para peatones en el Boulevard Luis Donaldo Colosio de la ciudad de Cancún*" se proponen como medidas de optimización el establecimiento de señalamientos verticales y horizontales del cruce (rayas de paso de cebra). Si bien las medidas propuestas pueden mejorar las condiciones de visibilidad de la existencia de un cruce de peatones en la universidad, estas no modifican las condiciones geométricas del paso en el apartado de oferta ni generan algún cambio en los aforos peatonales.

4.4.2 Análisis de la oferta

La Universidad Anáhuac se ubica en el km 13.5 del Boulevard Luis Donaldo Colosio, el cual es corredor regional urbano de la zona metropolitana de la ciudad de Cancún, entre las coordenadas geográficas 21.063052 latitud norte, -86.846416 longitud oeste y 21.060200 latitud norte, -86.846883 longitud oeste.

Figura 4.15 Área de cruce peatonal a la universidad Anáhuac

Fuente: Google Earth, 2020.

Actualmente no existe en la zona algún puente o cruce peatonal cercano a la entrada de la universidad, el más cercano se encuentra a 1,175 metros en dirección al aeropuerto, se incorpora a través de la optimización el señalamiento vertical y horizontal que indica la existencia de cruce escolar en ambos sentidos de la vialidad. En cuanto a la vialidad, la superficie de rodamiento es de pavimento asfáltico y se encuentra en un regular estado de

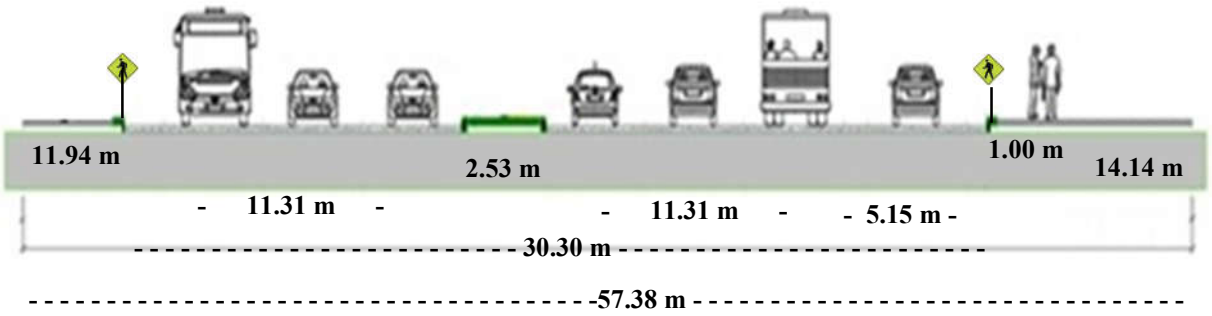
conservación, permitiendo circular a una velocidad promedio de 60 kilómetros por hora (km/h) cuando no existe congestión y 55 km/h cuando existe.

El cruce peatonal se realiza sobre el boulevard, a la altura de la entrada vehicular de la universidad, el cual tiene 2 cuerpos de circulación que albergan 3 carriles cada uno (3.77 metros por carril) separados por un camellón con pasto de 2.53 metros de ancho. Adicionalmente en el sentido sur a norte (aeropuerto a Cancún) antes de la entrada a la universidad, se cuenta con un carril de desaceleración vehicular de 5.15 metros de ancho y 50.00 metros de largo, con banqueta del mismo largo 50.00 metros de largo y 1.00 metro de ancho con guarnición. Después de la salida de la universidad, se ubica una parada de transporte público de 4.00 metros de largo y 3.00 metros de alto, con una banqueta de 50.00 metros de largo y 1.00 metro de ancho con guarnición, así como, con un carril de aceleración que es utilizado también como bahía de ascenso y descenso de pasajeros de 4.5 metros de ancho. Los anteriores se ilustran en las siguientes figuras.

Figura 4.16 Situación sin proyecto del tramo de cruce peatonal de la Universidad Anáhuac

Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

Figura 4.17 Perfil del Blvd. Luis Donaldo Colosio (Límites de la Universidad Anáhuac)



Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

4.4.3 Análisis de la demanda

Tal como se estableció en el apartado de situación actual, la demanda por cruce del boulevard se establece como el Transito Promedio Diario Anual Peatonal (TPDAP) para el área de cruce relevante, la cual es la entrada a la Universidad Anáhuac. Para la obtención de lo anterior se realizaron aforos peatonales manuales mediante trabajo de campo. Los resultados de tránsito peatonal diario anual para las horas de mayor y menor flujo peatonal se muestran en la siguiente tabla, los cuales fueron establecidos en la situación actual.

Tabla 4.10 Demanda de cruces peatonal por estacionalidad semanal y flujo

Horario	Total		Lunes a viernes		Sábado		Domingo	
	TPDAP	%	TPDAP	%	TPDAP	%	TPDAP	%
Horas de mayor flujo peatonal	127,382	76.97	117,450	75.89	3,068	83.10	6,864	97.78
Horas de menor flujo peatonal	38,103	23.03	37,323	24.11	624	16.90	156	2.22
Total anual	165,485	100.00	154,773	100.00	3,692	100.00	7,020	100.00

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo realizado

La proyección de la demanda durante el horizonte de evaluación se debe realizar considerando la variable relevante, cruces del boulevard, los cuales responden al crecimiento de las zonas generadoras o atractores de tránsito peatonal. En este sentido no se tienen estadísticas del crecimiento de la matrícula de la universidad para establecerlo en función de

la misma. Sin embargo, el crecimiento de matrícula se encuentra ligado al crecimiento de instalaciones el cual se puede considerar fijo en el corto y mediano plazo. De esta manera, con el objeto de establecer un escenario conservador se usará una Tasa Media de Crecimiento Anual (TCMA) de 0.5% durante todo el horizonte de evaluación, la cual es 5 veces menor que la TCMA de la población de la ciudad de Cancún[56] observada en 2015. La siguiente tabla muestra la proyección del tránsito peatonal diario anual para las horas de mayor y menor flujo peatonal durante todo el horizonte de evaluación del proyecto.

Tabla 4.11 Demanda de cruces peatonal durante el horizonte de evaluación

Año	Horas de mayor flujo peatonal	Horas de menor flujo peatonal	Total de horas de flujo peatonal
2020	127,382	38,103	165,485
2021	128,019	38,294	166,312
2022	128,659	38,485	167,144
2023	129,302	38,677	167,980
2024	129,949	38,871	168,820
2025	130,599	39,065	169,664
2026	131,252	39,260	170,512
2027	131,908	39,457	171,365
2028	132,567	39,654	172,221
2029	133,230	39,852	173,083
2030	133,896	40,052	173,948

Fuente: Elaboración propia

4.4.4 Interacción oferta y demanda en la situación sin proyecto

Considerando las optimizaciones, señalamiento vertical y horizontal del paso peatonal, se considera que el efecto de los mismos se verá reflejado en una menor cantidad de accidentes debido a que los conductores pondrán más atención al circular por dicha área, sin embargo, no se tiene evidencia contundente que permita establecer que tendrá un efecto en menores tiempos de cruce para los peatones, debido a las características de la vialidad, la cual tiene una velocidad de diseño permitida de 70 km/h debido a que es una vialidad primaria. En este sentido, se mantienen los **tiempos de cruce** estimados en el trabajo de campo

[56] La TMCA de la población en Cancún fue de 8.7 por ciento entre 1990 y 2000; bajó a 4.25 entre 2000 y 2010; de 2010 a 2015 alcanzó un 2.5%.

establecidos en la situación actual, siendo de **75 segundos para las horas de mayor tránsito peatonal** y de **88 segundos para las de menor flujo**, lo anterior se debe a que en las horas de mayor flujo peatonal coinciden con los horarios de mayor flujo de vehículos lo que ocasiona que las velocidades de circulación sean menores y por tanto el tiempo de paso sea menor.

El costo asociado al tiempo de cruce se estima en concordancia con el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR). En este caso, considerando el valor social del tiempo, el cual asciende a 70.07 pesos por hora, se tiene que el costo de cruce para los peatones en horas de mayor tránsito peatonal asciende a $1.4598 por cruce y en las de menor flujo peatonal a $1.7128. A partir de dichos valores se puede estimar el costo anual derivado de los cruces realizados al boulevard, el cual asciende a $ 251,215 durante 2020, su proyección a lo largo del horizonte de evaluación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.12 Costo de Tiempo de Recorrido Anual por cruce de peatones durante el horizonte de evaluación

Año	Horas de mayor flujo peatonal	Horas de menor flujo peatonal	Total
2020	185,951	65,264	251,215
2021	186,881	65,590	252,471
2022	187,815	65,918	253,733
2023	188,754	66,248	255,002
2024	189,698	66,579	256,277
2025	190,647	66,912	257,558
2026	191,600	67,246	258,846
2027	192,558	67,582	260,140
2028	193,521	67,920	261,441
2029	194,488	68,260	262,748
2030	195,461	68,601	264,062

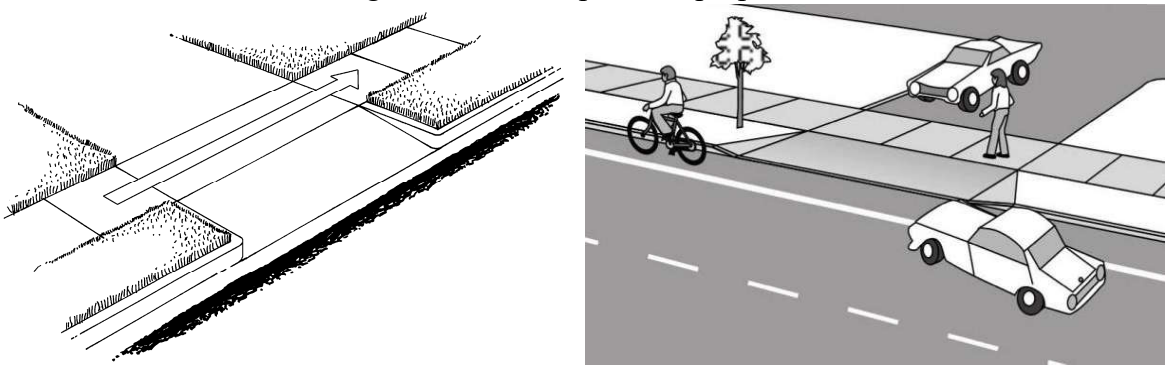
Fuente: Elaboración propia

4.4.5 Alternativa de solución

Las alternativas de solución al proyecto surgen de la necesidad de atender el problema de las "*Condiciones de cruce inseguras para peatones en el Boulevard Luis Donaldo Colosio de la ciudad de Cancún*". Las alternativas propuestas en la presente evaluación son el establecimiento de un cruce peatonal sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio a la altura de

la Universidad Anáhuac, el cual para una adecuada operación debe ir acompañado de una parada de transporte público con bahía de ascenso y descenso de pasajeros, banquetas, rampas, así como, señalización horizontal y vertical. Las alternativas contemplan dos diferentes materiales constructivos para el paso peatonal ambos lo que permite establecer que ambas producen la misma cantidad de beneficios, por lo que ambas alternativas son comparables, a continuación, se establecen los componentes de cada una.

Figura 4.18 Cruce peatonal propuesto



Fuente: Elaboración propia

4.4.5.1 Alternativa 1. Cruce peatonal de concreto hidráulico

Se contempla la construcción de un cruce peatonal a base de concreto hidráulico de 30.30 metros de largo, 5.00 metros de ancho y 0.20 metros de alto, asimismo, se construirá una parada de transporte público, banqueta y bahía para el ascenso y descenso de pasajeros, con sus respectivos señalamientos horizontal y vertical.

Figura 4.19 Cruce peatonal de concreto hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Cruce peatonal

Construcción de un cruce peatonal de concreto hidráulico mediante la excavación de 0.05 metros sobre el pavimento existente, colocación del cimbrado a lo largo de la calzada con un ancho de 3.00 m, suministrando concreto hidráulico. El cruce peatonal abarca una superficie de 30.30 metros de largo y 5.00 metros de ancho (151.50 m^2).

Señalamiento horizontal

Colocación de marcas con pintura de tráfico color amarillo y blanco retroreflejante sobre los 30.30 ml que abarca el cruce peatonal de concreto hidráulico. Adicionalmente, se coloca pintura de tráfico en la bahía de ascenso-descenso de pasajeros, así como, en las guarniciones y rampas de acceso.

Señalización vertical

Instalación de 4 señalamientos verticales, 2 de ellos son señales preventivas[57] (cruce peatonal) y 2 son señales turísticas y de servicios[58] (paradas de transporte público) en cada sentido de la vialidad.

Parada de concreto

Construcción de 1 parada de transporte público de 4.00 metros de largo y 3.00 metros de alto en concreto premezclado con muros de mampostería, así como, banca a base de block,

[57] Las señales preventivas están constituidas por un tablero que contiene un pictograma y de ser necesario un tablero adicional con leyendas para complementar el mensaje que se pretende transmitir, este tipo de señalización tiene por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún riesgo potencial en la carretera y su naturaleza. Generalmente son señales bajas, que se fijan en postes y marcos, aunque en algunos casos pueden ser elevadas cuando se instalan en una estructura existente.

[58] Las señales turísticas y de servicios son tableros con pictogramas y leyendas que tienen por objeto informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo. Las señales turísticas y de servicios son señales bajas que pueden presentarse solas o en conjuntos modulares que se fijan en postes y marcos, también podrán contar con tableros de flechas complementarias o tableros adicionales con flechas y/o leyendas.

basurero e iluminación con 4 lámparas para exterior embutidas en la losa y 2 lámparas embutidas en el piso.

Bahía

Construcción de una bahía para ascenso y descenso, mediante la construcción de una capa base hidráulica de 0.20 metros. La carpeta de rodamiento será de concreto hidráulico de 0.25 metros de espesor. La bahía abarca una superficie de 20.00 metros de largo y 4.00 metros de ancho (80.00 m^2).

Banquetas y rampas

Construcción de 20 ml de banquetas y rampas, las cuales, de acuerdo al Reglamento de Construcción del Municipio de Benito Juárez serán de 3.00 metros de ancho (60.00 m^2), construidas a base de concreto permeable de 0.06 metros con una resistencia de f´c= 150 kg/cm^2 con una altura de 0.20 metros.

Guarnición en banquetas

Construcción de 46.00 ml de guarnición de banquetas, las cuales, de acuerdo con el Reglamento de Construcción del Municipio de Benito Juárez, se construirán a base de concreto permeable de 0.06 metros con una resistencia de f´c= 150 kg/cm^2, con unas dimensiones de 0.15 metros de ancho y 0.20 metros de alto.

4.4.5.1.1 Costos de inversión de la alternativa 1

El monto total de inversión del proyecto de construcción del cruce peatonal a base de concreto hidráulico sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio a la altura de la Universidad Anáhuac, que incluye una parada de transporte público con bahía de ascenso y descenso de

pasajeros, banquetas, rampas, así como, señalización horizontal y vertical es de $ 362,491.01 sin incluir IVA[59].

Tabla 4.13 Costos de inversión

COMPONENTE	Unidad	Cantidad	P.U.	Monto
Cruce peatonal de concreto hidráulico	m^2	151.50	318.28	48,219.64
Señalamiento horizontal. Cruce de Peatones	ml	30.30	49.52	1,500.46
Señalamiento horizontal. Letrero Parada	pieza	2.00	361.73	723.46
Señalamiento horizontal. Guarniciones y rampas	m^2	16.10	90.11	1,450.77
Señalamiento vertical	pieza	4	2,700.00	10,800.00
Parada en concreto	paradero	1	125,000.00	125,000.00
Bahía	m^2	80.00	1,909.94	152,795.50
Banquetas y rampas	m^2	60.00	266.20	15,971.89
Guarnición en banqueta	ml	46.00	131.07	6,029.29
SUBTOTAL				**362,491.01**
IVA				**57,998.56**
TOTAL				**420,489.57**

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.1.2 Costos de mantenimiento de la alternativa 1

Los costos de mantenimiento correspondientes a los componentes del proyecto se desglosan a continuación, junto con su periodicidad.

Tabla 4.14 Costos de mantenimiento alternativa 1

Componente		Cantidad	Unidad	P.U.	Monto (sin IVA)	Periodicidad
Cruce peatonal de concreto hidráulico		151.50	m2	44.54	6,747.81	5 años
Señalamiento horizontal [A]	Cruce de peatones	30.30	Ml	49.52	1,500.46	2 años
	Letrero parada	2	Piezas	361.73	723.46	2 años
	Guarniciones y rampas	16.10	m2	90.11	1,450.77	2 años
Señalamiento vertical [A]		4	Piezas	2,700.00	10,800.00	5 años
Parada		1	Paradero	24,500.00	24,500.00	5 años
Bahía		80.00	m2	84.35	6,748.00	5 años
Banquetas y rampas		60.00	m2	30.04	1,802.40	5 años
Guarnición en banqueta		46.00	Ml	37.45	1,722.70	5 años

Nota A. Para estos elementos, se considera toda la inversión debido a que el desgaste de los mismos no permite la realización de algún mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

[59] Véase Anexo 7.3 “Presupuesto de Obra de Alternativa 1”.

4.4.5.1.3 Costos de molestias de la alternativa 1

Los costos de molestias provienen de un mayor tiempo de recorrido derivado de que las obras generan un cierre parcial de carriles de circulación para la construcción del paso peatonal, ya que se cerraran en cada cuerpo vial carriles de manera parcial. Se estiman a partir del aumento de los CGV derivados de los mayores tiempos de circulación durante la ejecución de las obras, por lo que hay que sumar los COV y CTR para cada alternativa, derivado de que los mismos no se han estimado a este apartado del documento, debido a que estos se realizan en proyectos viales y el presente es peatonal, y lo largo del cálculo y explicación de los mismos, se presentan su estimación en el *Anexo V. Estimación de Costos de Molestias*, tanto para la alternativa 1 como 2.

La alternativa 1 contempla un tiempo de ejecución de 4 días de obras sobre el boulevard, 2 días por sentido en un horario de 22:00 a 7:00, las cuales son las horas de menor congestión vial, por lo que los costos de molestias se minimizan, y ascienden a $ 32,440.58.

Tabla 4.15 Costos de molestias alternativa 1

			TOTAL	M	A	B	C	CA
Alternativa 1	Sentido Aeropuerto-Cancún	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	5,826.11	-	4,841.18	387.01	474.89	123.03
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	10,752.88	115.22	7,298.01	2,408.77	814.30	116.58
	Sentido Cancún-Aeropuerto	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	5,982.66	-	4,889.24	432.01	526.21	135.20
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	11,230.14	140.46	7,370.47	2,688.80	902.30	128.12
	Monto de CGV generados por Molestias a los vehículos		33,791.79	255.68	24,398.90	5,916.59	2,717.70	502.92

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.1.4 Vida útil de la alternativa 1

La construcción del proyecto de cruce peatonal a base de concreto hidráulico sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio tiene una vida útil de 10 años conforme a sus elementos constructivos.

Tabla 4.16 Vida útil de elementos del proyecto

Elemento	Vida útil
Cruce peatonal de concreto hidráulico	10 años
Señalamiento horizontal	2 años
Señalamiento vertical	5 años
Parada	10 años
Bahía	10 años
Banquetas y rampas	10 años
Guarnición en banqueta	10 años

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.1.5 Indicadores de costos de la alternativa 1

Dado que ambas alternativas generan los mismos beneficios, los indicadores de costo a usar son el Valor Actual de Costos (VAC) y Costo Anual Equivalente (CAE), cuyos resultados[60] se muestran a continuación.

Tabla 4.17 Indicadores de rentabilidad

Indicador	Monto
VP_{Costos}	438,105.29
CAE	71,299.62

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.2 Alternativa 2. Cruce peatonal prefabricado de hule

La alternativa 2 contempla la colocación de un cruce peatonal prefabricado de hule de 30.30 metros de largo, 5.00 metros de ancho y 0.20 metros de alto, asimismo, se construirá una parada de transporte público, bahía para el ascenso y descenso de pasajeros, banquetas, guarniciones y los respectivos señalamientos horizontal y vertical. La variación con la alternativa 1 radica en el material constructivo del cruce peatonal y la cantidad de

[60] Los cálculos referentes a la presente alternativa se muestran en el Anexo 7.6

señalamiento horizontal derivado de que el cruce peatonal no necesitará al mismo por venir integrado en el paso.

Figura 4.20 Cruce peatonal prefabricado de hule

Fuente: Elaboración propia

Cruce peatonal

Colocación de cruce peatonal prefabricado de plástico de 30.30 metros de largo, 5.00 metros de ancho (151.50 m^2). El cruce peatonal es de hule y contará con una altura de 0.20 metros.

Señalamiento horizontal

Colocación de pintura de tráfico color exclusivamente en guarniciones, rampas de acceso, bahía de ascenso-descenso de pasajeros. Lo anterior se debe, a que el paso peatonal prefabricado ya cuenta con pintura que se encuentra incorporada en el hule con el cual es construido, por lo que no es necesario establecer el señalamiento horizontal sobre el mismo.

4.4.5.2.1 Costos de Inversión alternativa 2

El monto total de inversión del proyecto de construcción del cruce peatonal prefabricado de hule sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio, a la altura de la Universidad

Anáhuac, que incluye una parada de transporte público con bahía de ascenso y descenso de pasajeros, banquetas, rampas, así como, señalización horizontal y vertical es de $ 434,119.99 sin incluir IVA[61].

Tabla 4.18 Costos de inversión

COMPONENTE	Unidad	Cantidad	P.U.	Monto
Cruce peatonal prefabricado de hule	ml	30.30	4,004.92	121,349.08
Señalamiento horizontal. Letrero Parada	pieza	2.00	361.73	723.46
Señalamiento horizontal. Guarniciones y rampas	m2	16.10	90.11	1,450.77
Señalamiento vertical	pieza	4	2,700.00	10,800.00
Parada en concreto	paradero	1	125,000.00	125,000.00
Bahía	m2	80.00	1,909.94	152,795.50
Banquetas y rampas	m2	60.00	266.20	15,971.89
Guarnición en banqueta	ml	46.00	131.07	6,029.29
SUBTOTAL				**434,119.99**
IVA				**69,459.20**
TOTAL				**503,579.18**

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.2.2 Costos de re-inversión de la alternativa 2

El monto total de reinversión del proyecto asciende a $121,349.08, correspondientes al cruce peatonal prefabricado de hule, el cual tiene una vida útil de 5 años.

4.4.5.2.3 Costos de mantenimiento de la alternativa 2

Los costos de mantenimiento correspondientes a los componentes del proyecto se desglosan a continuación, junto con su periodicidad.

[61] Véase Anexo 7.4 “Presupuesto de Obra de Alternativa 2”.

Tabla 4.19 Costos de mantenimiento alternativa 2

Componente		Cantidad	Unidad	P.U.	Monto (sin IVA)	Periodicidad
Señalamiento horizontal [A]	Letrero parada	2	piezas	361.73	723.46	2 años
	Guarniciones y rampas	16.10	m2	90.11	1,450.77	2 años
Señalamiento vertical [A]		4	piezas	2,700.00	10,800.00	5 años
Parada		1	paradero	24,500.00	24,500.00	5 años
Bahía		80.00	m2	84.35	6,748.00	5 años
Banquetas y rampas		60.00	m2	30.04	1,802.40	5 años
Guarnición en banqueta		46.00	ml	37.45	1,722.70	5 años

Nota A. Para estos elementos, se considera toda la inversión debido a que el desgaste de los mismos no permite la realización de algún mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.2.4 Costos de molestias de la alternativa 2

La alternativa 2 contempla una afectación de un solo día por sentido en un horario 00:00 a 4:00, los cuales al igual que en la alternativa 1 se corresponden con los horarios de menor flujo vehicular, los costos de molestias ascienden a $694.44. La explicación detallada del cálculo de los mismos se encuentra en el *Anexo V. Estimación de Costos de Molestias.*

Tabla 4.20 Costos de molestias alternativa 2

			TOTAL	M	A	B	C	CA
Alternativa 2	Sentido Aeropuerto-Cancún	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	701.55	-	582.95	46.60	57.18	14.81
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	1,294.81	13.87	878.79	290.05	98.05	14.04
	Sentido Cancún-Aeropuerto	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	1,017.81	-	831.79	73.50	89.52	23.00
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	1,910.55	23.90	1,253.92	457.44	153.51	21.80
	Monto de CGV generados por Molestias a los vehículos		4,924.73	37.77	3,547.45	867.59	398.27	73.65

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.2.5 Vida útil de la alternativa 2

El cruce peatonal prefabricado de hule sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio tiene una vida útil de 5 años[62]. Sin embargo, la parada tiene una vida útil de 10 años, por lo que la vida útil del proyecto se establecerá en función de esta última.

Tabla 4.21 Vida útil de elementos del proyecto

Elemento	Vida útil
Cruce peatonal prefabricado de hule	5 años
Señalamiento horizontal	2 años
Señalamiento vertical	5 años
Parada	10 años
Bahía	10 años
Banquetas y rampas	10 años
Guarnición en banqueta	10 años

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.2.6 Indicadores

Dado que ambas alternativas generan los mismos beneficios, los indicadores de costo a usar son el Valor Actual de Costos (VAC) y Costo Anual Equivalente (CAE), cuyos resultados[63] se muestran a continuación.

Tabla 4.22 Indicadores de rentabilidad

Indicador	Monto
VP_{Costos}	742,419.89
CAE	120,825.42

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 Justificación de la alternativa de solución seleccionada

Debido a que ambas alternativas generan los mismos beneficios y que no existen diferencias técnicas importantes entre las mismas, se debe seleccionar la de menor costo total, ya que garantiza una mayor rentabilidad para el proyecto. En este sentido al seleccionarla se tiene un ahorro total de $304,314.60 durante el horizonte de evaluación del proyecto o un ahorro anual de $49,525.80 considerando el CAE durante dicho periodo.

[62] La menor vida útil implica reinversiones durante el periodo de evaluación del proyecto.
[63] Los cálculos referentes a la presente alternativa se muestran en el Anexo 7.6

Tabla 4.23 Ventajas y desventajas de alternativas

Concepto	Alternativa 1 Concreto hidráulico	Alternativa 2 Prefabricado de hule
Ventajas	• Mayor vida útil del elemento diferenciador • Menor costo total (VP costos y CAE).	• Menores costos de mantenimientos
Desventajas	• Mayores mantenimientos rutinarios del cruce peatonal (pintura)	• Las medidas tienen que ser exactas • Menor vida útil

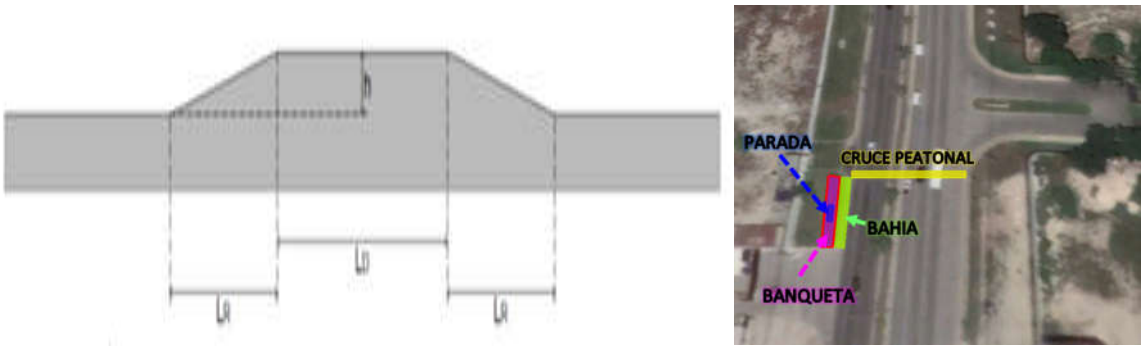
Fuente: Elaboración propia.

4.5 Análisis de la situación con proyecto

4.5.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un cruce peatonal a base de concreto hidráulico de 30.30 metros de largo, 5.00 metros de ancho y 0.20 metros de alto. Asimismo, se construirá una parada de transporte público, banqueta y bahía para el ascenso y descenso de pasajeros, con sus respectivos señalamientos horizontal y vertical.

Figura 4.22 Diseño de cruce peatonal



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24 Características de cruce peatonal

Velocidad de diseño	70 km/h
Longitud del desarrollo (LD)	3.00 m
Longitud de la rampa (LR)	1.00 m
Altura (h)	0.20 m
Gradiante de la rampa	5 %

Fuente: Elaboración propia

Cruce peatonal

El cruce peatonal se construirá mediante una excavación de 0.05 metros sobre el pavimento existente, colocación del cimbrado a lo largo de la calzada con un ancho de 3.00 metros, suministrando concreto hidráulico MR-45 kg/cm^2 de 0.25 metros de espesor, revenimiento 0.10 metros, con un 80% de su resistencia total a los 28 días, T.M.A. 40 mm, con agente de curado interno hidratium. Una vez secado, se retira el cimbrado y se procede a la construcción de las respectivas rampas de 1.00 metros de ancho. Se incluye: barras de amarre (sólo en juntas de construcción longitudinales) de varilla corrugada de 5/8" de diámetro de 0.79 metros de longitud (3 barras por losa), barras pasajuntas (sólo en juntas de construcción transversales) con redondo liso grado 60 ASTM de 1 1/4" de diámetro de 0.46 metros de longitud @ 0.30 metros con canastilla metálica de 5/16". El cruce peatonal abarca una superficie de 30.30 metros de largo y 5.00 metros de ancho (151.50 m^2).

Figura 4.23 Cruce peatonal de concreto hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Señalamiento

El señalamiento [64] del proyecto cumplirá con lo establecido en el Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad de la Subsecretaria de Infraestructura de la SCT, el cual establece las características del señalamiento vertical, señalamiento horizontal

[64] La función del sistema de señalización es reglamentar, informar y advertir de las condiciones prevalecientes y eventualidades acerca de rutas, direcciones, destinos y lugares de interés donde transitan los usuarios.

y dispositivos de seguridad, los cuales deben cumplir con requisitos técnicos como forma[65], color[66], dimensiones[67] y reflexión[68].

Señalamiento horizontal

Consiste en la colocación de marcas con pintura de tráfico color amarillo y blanco retroreflejante sobre los 30.30 ml que abarcan el cruce peatonal de concreto hidráulico, incluye materiales, mano de obra, equipo y herramientas. Adicionalmente, se coloca pintura de tráfico color amarillo en guarniciones y rampas de acceso.

Señalización vertical

Contempla la instalación de 4 señalamientos verticales, 2 de ellos son señales preventivas (cruce peatonal) y 2 son señales turísticas y de servicios (paradas de transporte público) en cada sentido de la vialidad.

Figura 4.24 Señalamiento vertical

Fuente: Elaboración propia

[65] Cada tipo de señal tiene asociada una forma o conjunto de formas para facilitar al usuario la interpretación de los mensajes que se pretende transmitir.

[66] Para cada tipo de señal se tiene un color característico de los elementos que componen a la misma.

[67] Las dimensiones de las señales se deben asociar al tipo de vialidad donde se instalan.

[68] Toda la señalización debe cumplir con un nivel de reflexión, para que se puedan observar claramente en los periodos de baja visibilidad.

Paradas

Construcción de la parada de transporte público de 4.00 metros de largo y 3.00 metros de alto, señalada en el proyecto, considera los siguientes conceptos:

- *Cimentación*: zapata corrida en concreto premezclado de f´c=250kg/cm2, aceros de refuerzo, relleno nivelante de sascab y firme de 0.05 metros de concreto f´c=150kg/cm2 que incluye malla electrosoldada 6-6/10-10.
- *Muros*: construidos a base de mampostería de block 15x20x40, estructurado con cadenas de desplante, intermedia y de remate, castillos y columnas de concreto hecho en obra y acero de refuerzo. Acabado rústico cementoso selloplac impermeabilizante, y pintura color arena. El muro con arco maya estará estructurado con block y refuerzos de cadenas en concreto y acero, y su revestimiento será en fachaleta de placas de piedra caliza de la región.
- *Losa*: estructurada en base a un marco en viga de acero IPR de 8x4", pintada en color gris obscuro, y la losa contenida en el marco será en losacero.
- Bancas: elaboradas a base de block 0.15x0.20x0.40 metros y alma con relleno de sascab; respaldo y losa elaborada de concreto f´c=200kg/cm2 con refuerzos de varillas de acero @0.15 metros y @0.20 metros y malla electrosoldada 6-6/6-6.
- *Basurero*: integrado en concreto, de medidas 0.40x0.50x0.70 metros.
- *Iluminación*: 4 lámparas para exterior embutidos en losa y 2 lámparas embutidas en piso, con sus respectivas salidas eléctricas.

Figura 4.25 Diseño de paradas.

Fuente: Elaboración propia

Bahía

La bahía para el ascenso y descenso de pasajeros se realizará mediante el despalme, excavación, construcción de terraplenes, nivelación de la superficie, construcción de capa de sub-base de 0.30 metros (se compactará hasta por lo menos el 95% de la densidad máxima), construcción de la capa base hidráulica de 0.20 metros. Para la carpeta de rodamiento, se instala el cimbrado y se suministra concreto hidráulico MR-45 kg/cm^2 (módulo de ruptura) de 0.25 metros de espesor, revenimiento 0.10 metros, con un 80% de su resistencia total a los 28 días, T.M.A. 40 mm, con agente de curado interno hidratium. Se incluye: barras de amarre (sólo en juntas de construcción longitudinales) de varilla corrugada de 5/8" de diámetro de 0.79 metros de longitud (3 barras por losa), barras pasajuntas (sólo en juntas de construcción transversales) con redondo liso grado 60 ASTM de 1 1/4" de diámetro de 0.46 metros de longitud @ 0.30 metros con canastilla metálica de 5/16". La bahía abarca una superficie de 20 metros de largo y 4.00 metros de ancho (80.00 m2).

Figura 4.26 Bahía.

Fuente: Elaboración propia

Banquetas y rampas

Las banquetas y rampas tendrán una longitud de 20 ml, abarcando una superficie de 60.00 m^2, derivado de los 3 metros de ancho que tendrán, serán construidas a base de concreto permeable de 0.06 metros con una resistencia de f´c= 150 kg/cm^2 con una altura de 0.20 metros. Los anteriores elementos respetarán lo establecido en el Reglamento de Construcción del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Figura 4.27 Banqueta.

Fuente: Elaboración propia

Guarnición en banquetas

De acuerdo al Reglamento de Construcción del Municipio de Benito Juárez, la guarnición delimitará la banqueta con el arroyo vehicular, por lo que sus dimensiones corresponderán con las dimensiones de la banqueta, encontrándose al nivel. En este caso, los 46.00 ml de guarnición en banquetas se construirán a base de concreto permeable de 0.06 metros con una resistencia de f´c= 150 kg/cm2, con unas dimensiones promedio de 0.15 metros de ancho y 0.20 metros de alto.

4.5.2 Componentes del proyecto

Figura 4.25 Componentes del proyecto

Componente		Unidad	Cantidad	P.U.	Monto
Cruce peatonal de concreto hidráulico		m2	151.50	318.28	48,219.64
Señalamiento horizontal	Cruce de peatones	ml	30.30	49.52	1,500.46
	Letrero parado	pieza	2.00	361.73	723.46
	Guarniciones y rampas	m2	16.10	90.11	1,450.77
Señalamiento vertical		pieza	4	2,700.00	10,800.00
Parada en concreto		paradero	1	125,000.00	125,000.00
Bahía		m2	80.00	1,909.94	152,795.50
Banquetas y rampas		m2	60.00	266.20	15,971.89
Guarnición en banqueta		ml	46.00	131.07	6,029.29
SUBTOTAL					**362,491.01**
IVA					**57,998.56**
TOTAL					**420,489.57**

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3 Aspectos técnicos, legales y ambientales

Factibilidad técnica

Debido al tipo de obras, no existe o es necesario algún elemento técnico que limite o impida la realización de las obras. Únicamente es necesario observar lo establecido en el Reglamento de Construcción del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. Lo cual fue señalado en cada uno de los elementos constructivos que les atañe.

Factibilidad legal

Las obras se realizarán en vialidades y áreas de reserva por lo que se tienen asegurados los derechos de propiedad para poder ejecutarlas. Siendo necesario únicamente los permisos municipales al ser una vialidad que se encuentran bajo su responsabilidad. Asimismo, el proyecto cumple con lo establecido en:

- Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, al presentarse una evaluación para su registro.
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento, para lo cual se realizará el proyecto mediante una licitación pública.

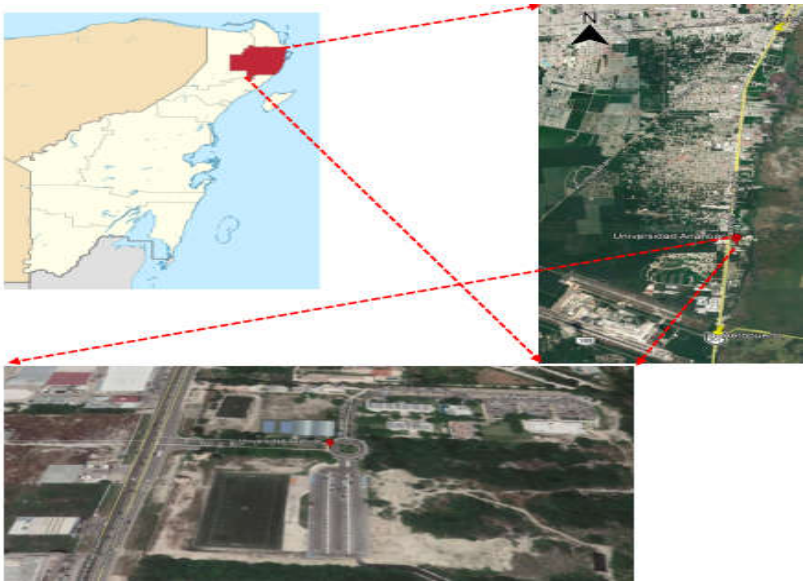
Factibilidad ambiental

Actualmente el área en que se desarrollará el proyecto ya se encuentra impactada, asimismo, las obras a realizar no se generan algún impacto ambiental significativo, por lo que no es necesario alguna autorización en materia de impacto ambiental.

4.5.4 Localización geográfica con coordenadas georreferenciadas

La Universidad Anáhuac se ubica en el km 13.5 del Boulevard Luis Donaldo Colosio, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Cancún, en el municipio de Benito Juárez, en el Estado de Quintana Roo.

Figura 4.28 Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth, 2020.

Tabla 4.26 Coordenadas geográficas.

	Inicio	Fin
Latitud	21.063052	-86.846416
Longitud	21.060200	-86.846883

Fuente: Google Earth, 2020.

4.5.5 Análisis de la oferta

La Universidad Anáhuac se ubica en el km 13.5 del Boulevard Luis Donaldo Colosio, el cual es corredor regional urbano de la zona metropolitana de la ciudad de Cancún, entre las coordenadas geográficas 21.063052 latitud, -86.846416 longitud y 21.060200 latitud, -86.846883 longitud.

Figura 4.29 Área de cruce peatonal a la Universidad Anáhuac

Fuente: Google Earth, 2020.

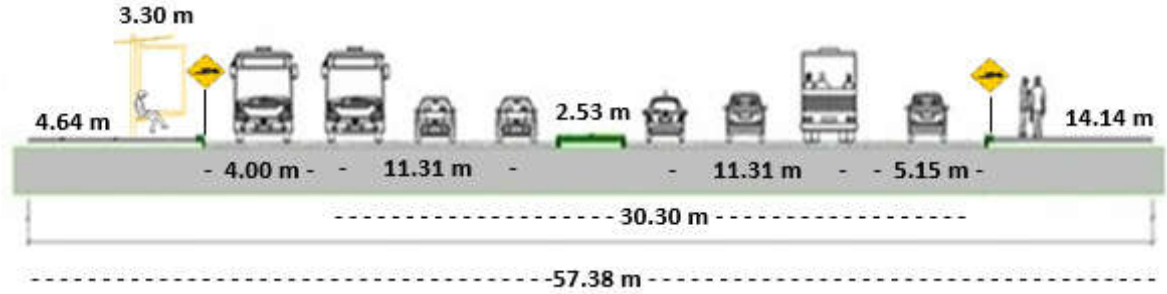
En la zona, a la altura de la entrada vehicular de la universidad existe un cruce peatonal de 30.30 metros de largo y 5.00 metros de ancho, con señalamiento horizontal y vertical en ambos sentidos de la vialidad que indican que es un área de cruce escolar. En cuanto a la vialidad, la superficie de rodamiento es de pavimento asfáltico y se encuentra en un regular estado de conservación, permitiendo circular a una velocidad promedio de 60 kilómetros por hora (km/h) cuando no existe congestión y 55 km/h cuando existe.

El cruce peatonal se ubica sobre el boulevard, el cual tiene 2 cuerpos de circulación que albergan 3 carriles cada uno (3.77 metros por carril) separados por un camellón con pasto de 2.53 metros de ancho. En el sentido norte a sur (Cancún a aeropuerto) cuentan con una parada de transporte público de 4.00 metros de largo y 3.00 metros de alto, ubicada sobre una banqueta de 20 metros de largo y 3.00 metros de ancho con guarnición, así como, con una bahía de ascenso y descenso de pasajeros de 4 metros de ancho, con su respectivo señalamiento vertical. Adicionalmente en el sentido sur a norte (aeropuerto a Cancún) antes de la entrada vehicular a la universidad, se cuenta con un carril de desaceleración vehicular de 5.15 metros de ancho y banqueta de 50.00 metros de largo y 1.00 metro de ancho con guarnición. Después de la salida vehicular de la universidad, se ubica una parada de transporte público de 4.00 metros de largo y 3.00 metros de alto, con una banqueta de 50.00 metros de largo y 1.00 metro de ancho con guarnición, así como, con un carril de aceleración que es utilizado también como bahía de ascenso y descenso de pasajeros de 4.5 metros de ancho, con su respectivo señalamiento vertical. Los anteriores se ilustran en las siguientes figuras.

Figura 4.30 Situación con proyecto del tramo de cruce peatonal de la Universidad Anáhuac

Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

Figura 4.31 Perfil del Blvd. Luis Donaldo Colosio (Límites de la Universidad Anáhuac)



Fuente: Elaboración propia con Google Earth, 2020.

4.5.6 Análisis de la demanda

Tal como se estableció en el apartado de situación actual, la demanda por cruce del boulevard se establece como el Transito Promedio Diario Anual Peatonal (TPDAP) para el área de cruce relevante, la cual es la entrada a la Universidad Anáhuac. Para la obtención de lo anterior se realizaron aforos peatonales manuales mediante trabajo de campo. Los resultados de tránsito peatonal diario anual para las horas de mayor y menor flujo peatonal se muestran en la siguiente tabla, los cuales fueron establecidos en la situación actual.

Tabla 4.27 Demanda de cruces peatonal por estacionalidad semanal y flujo

Horario	Total		Lunes a viernes		Sábado		Domingo	
	TPDAP	%	TPDAP	%	TPDAP	%	TPDAP	%
Horas de mayor flujo peatonal	127,382	76.97	117,450	75.89	3,068	83.10	6,864	97.78
Horas de menor flujo peatonal	38,103	23.03	37,323	24.11	624	16.90	156	2.22
Total anual	165,485	100.00	154,773	100.00	3,692	100.00	7,020	100.00

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo realizado

La proyección de la demanda durante el horizonte de evaluación se realizó considerando la variable relevante, cruces del boulevard, los cuales responden al crecimiento de las zonas generadoras o atractores de tránsito peatonal. En este sentido, no se tienen estadísticas del crecimiento de la matrícula de la universidad para establecerlo en función de la misma. Sin embargo, el crecimiento de matrícula se encuentra ligado al crecimiento de instalaciones el cual se puede considerar fijo en el corto y mediano plazo. De esta manera, con el objeto de establecer un escenario conservador se usará una Tasa Media de Crecimiento Anual (TCMA) de 0.5% durante todo el horizonte de evaluación, la cual es 5 veces menor que la TCMA de la población de la ciudad de Cancún observada en 2015. La siguiente tabla muestra la proyección del tránsito peatonal diario anual para las horas de mayor y menor flujo peatonal durante todo el horizonte de evaluación del proyecto.

Tabla 4.28 Demanda de cruces peatonal durante el horizonte de evaluación

Año	Horas de mayor flujo peatonal	Horas de menor flujo peatonal	Total de horas de flujo peatonal	Año	Horas de mayor flujo peatonal	Horas de menor flujo peatonal	Total de horas de flujo peatonal
2020	127,382	38,103	165,485	**2026**	131,252	39,260	170,512
2021	128,019	38,294	166,312	**2027**	131,908	39,457	171,365
2022	128,659	38,485	167,144	**2028**	132,567	39,654	172,221
2023	129,302	38,677	167,980	**2029**	133,230	39,852	173,083
2024	129,949	38,871	168,820	**2030**	133,896	40,052	173,948
2025	130,599	39,065	169,664				

Fuente: Elaboración propia

4.5.7 Interacción oferta y demanda en la situación con proyecto

Derivado de la construcción de un cruce peatonal de 30.30 metros de largo y 5.00 metros de ancho en la entrada de la Universidad Anáhuac, los vehículos que circulan en el

boulevard Luis Donaldo Colosio tendrán que reducir su velocidad hasta los 5 km/h para poder cruzarlo. Lo que permitirá que los peatones puedan cruzar la vialidad sin contratiempos independientemente de la velocidad a la que circulen los vehículos antes del cruce (60 kilómetros por hora cuando no existe congestión y 55 km/h cuando existe). Debido a que tendrán que frenar para cruzarlo. De esta manera, **el tiempo de cruce estimado será de 0.0061 horas (21.8160 segundos)**, considerando una velocidad de paso peatonal 5 km/h[69]

El costo asociado al tiempo de cruce se estima en concordancia con el Costo de Tiempo de Recorrido (CTR). En este caso, considerando el valor social del tiempo, el cual asciende a 70.07 pesos por hora, se tiene que el costo de cruce para los peatones tanto en horas de mayor tránsito peatonal como en las de menor es el mismo y asciende a $ 0.4246 por cruce, debido a que ahora los peatones tienen prioridad y a que todos los vehículos tienen que llegar a una velocidad de 5 km/h para pasar el cruce. A partir de dicho valor se puede estimar el costo anual derivado de los cruces realizados al boulevard, el cual asciende a en 2020 a $70,269 anuales, su distribución se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.29 Costo de Tiempo de Recorrido por cruce de peatones (anual)

Año	Horas de mayor flujo peatonal	Horas de menor flujo peatonal	Total	Año	Horas de mayor flujo peatonal	Horas de menor flujo peatonal	Total
2020	54,089	16,179	70,269	**2026**	55,733	16,671	72,404
2021	54,360	16,260	70,620	**2027**	56,011	16,754	72,766
2022	54,632	16,342	70,973	**2028**	56,291	16,838	73,129
2023	54,905	16,423	71,328	**2029**	56,573	16,922	73,495
2024	55,179	16,505	71,685	**2030**	56,856	17,007	73,862
2025	55,455	16,588	72,043				

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo realizado

[69] De manera general se estima que la velocidad de paseo es de 4 km/h, por lo que la velocidad propuesta permite establecer un escenario conservador.

4.5.8 Diagnóstico de la situación con proyecto (Contribución a solucionar la problemática identificada.)

La construcción del paso peatonal sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio de la ciudad de Cancún correspondiente a la Universidad Anáhuac permitirá que los cruces sobre la avenida se realicen en condiciones más seguras para los peatones debido a que los vehículos que circulan sobre la misma deberán reducir su velocidad hasta 5 kilómetros por hora para atravesar el cruce peatonal. El proyecto permitirá disminuir los accidentes derivados de maniobras de frenado para evitar atropellamiento de peatones.

4.6 Identificación y cuantificación de costos y beneficios

A continuación, se realiza la evaluación de la construcción del paso peatonal sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio de la ciudad de Cancún correspondiente a la Universidad Anáhuac, para lo cual se identifican sus costos, beneficios y se estiman los indicadores de rentabilidad asociados a los anteriores.

4.6.1 Identificación y cuantificación de los costos

El cruce peatonal presenta costos de inversión, mantenimiento y una externalidad sobre los vehículos, debido a que emplearan mayor tiempo para recorrerla, la velocidad promedio de circulación será menor, y por consiguiente se generará mayor emisión de contaminantes (costo no cuantificable).

Costos de Inversión

El monto total de inversión del proyecto asciende a $ 362,491.01 (sin IVA), que incluye construcción de un cruce peatonal a base de concreto hidráulico, una parada de transporte público con bahía de ascenso y descenso de pasajeros, banquetas, rampas, así como, señalización horizontal y vertical.

Tabla 4.30 Costos de inversión

COMPONENTE	Monto
Cruce peatonal de concreto hidráulico	48,219.64
Señalamiento horizontal. Cruce de Peatones	1,500.46
Señalamiento horizontal. Letrero Parada	723.46
Señalamiento horizontal. Guarniciones y rampas	1,450.77
Señalamiento vertical	10,800.00
Parada en concreto	125,000.00
Bahía	152,795.50
Banquetas y rampas	15,971.89
Guarnición en banqueta	6,029.29
SUBTOTAL	**362,491.01**
IVA	**57,998.56**
TOTAL	**420,489.57**

Fuente: Elaboración propia

Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento correspondientes a los componentes del proyecto se desglosan a continuación, junto con su periodicidad.

Tabla 4.31 Costos de mantenimiento

Componente		Cantidad	Unidad	P.U.	Monto (sin IVA)	Periodicidad
Cruce peatonal de concreto hidráulico		151.50	m2	44.54	6,747.81	5 años
Señalamiento horizontal	Cruce de peatones	30.30	ml	49.52	1,500.46	2 años
	Letrero parada	2	piezas	361.73	723.46	2 años
	Guarniciones y rampas	16.10	m2	90.11	1,450.77	2 años
Señalamiento vertical		4	piezas	2,700.00	10,800.00	5 años
Parada		1	paradero	24,500.00	24,500.00	5 años
Bahía		80.00	m2	84.35	6,748.00	5 años
Banquetas y rampas		60.00	m2	30.04	1,802.40	5 años
Guarnición en banqueta		46.00	ml	37.45	1,722.70	5 años

Fuente: Elaboración propia

Para los señalamientos horizontal y vertical, se considera toda la inversión debido a que el desgaste de los mismos no permite la realización de algún mantenimiento. En la siguiente tabla se muestran los costos de mantenimiento en el horizonte de evaluación.

Tabla 4.32 Costos de mantenimiento en el horizonte de evaluación

Periodo	Año	Costos de Mantenimiento
0	2020	-
1	2021	-
2	2022	3,674.69
3	2023	-
4	2024	3,674.69
5	2025	52,320.91
6	2026	3,674.69
7	2027	-
8	2028	3,674.69
9	2029	-
10	2030	-

Fuente: Elaboración propia

Costos por molestias

Los costos de molestias provienen de un mayor tiempo de recorrido derivado de que las obras generan un cierre parcial de carriles de circulación para la construcción del paso peatonal, ya que se cerraran en cada cuerpo vial carriles de manera parcial en un horario de 22:00 a 7:00 durante 2 días (4 días de obra). Los costos de molestias se estiman a partir del aumento de los CGV derivados de los mayores tiempos de circulación durante la ejecución de las obras, por lo que hay que sumar los CTR y COV correspondientes a las obras que se realizaran mediante el proyecto, el monto de los costos es igual al establecido en el apartado de *Alternativas de solución*, su explicación y cálculo se encuentran en el *Anexo 7.5 Estimación de Costos de Molestias* y la siguiente tabla resume los resultados.

Tabla 4.33 Costos de Molestias para Alternativas del PPI

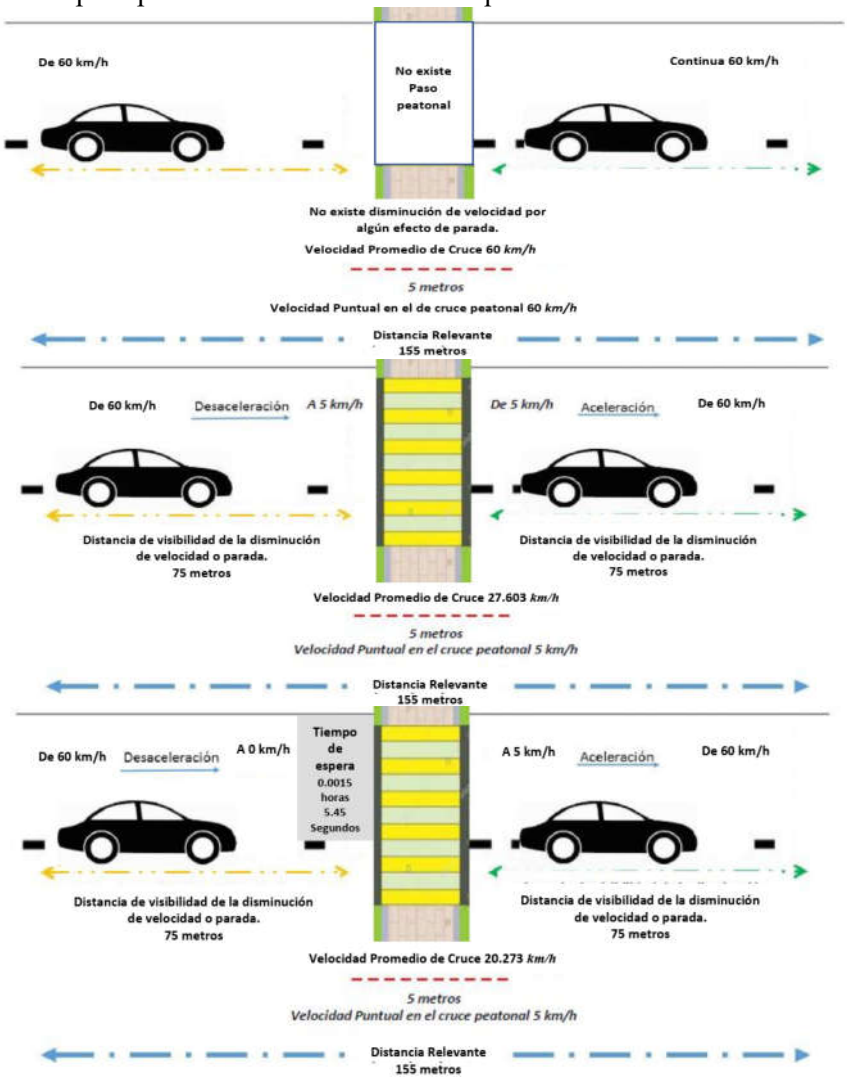
			TOTAL	M	A	B	C	CA
Alternativa 1	Sentido Aeropuerto-Cancún	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	5,826.11	-	4,841.18	387.01	474.89	123.03
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	10,752.88	115.22	7,298.01	2,408.77	814.30	116.58
	Sentido Cancún-Aeropuerto	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	5,982.66	-	4,889.24	432.01	526.21	135.20
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	11,230.14	140.46	7,370.47	2,688.80	902.30	128.12
	Monto de CGV generados por Molestias a los vehículos		33,791.79	255.68	24,398.90	5,916.59	2,717.70	502.92

Fuente: Elaboración propia

Costos generados por externalidades

El proyecto genera una externalidad negativa en los vehículos que circulan sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio a la altura de la Universidad Anáhuac, lo cual se puede apreciar en dos efectos, el primero se manifiesta para todos los vehículos que circulan sobre la misma, derivado de la acción de disminuir la velocidad para atravesar el cruce peatonal. El segundo emana del paso de las personas sobre el cruce peatonal, ya que los vehículos tienen que detener su paso de manera completa durante el cruce de personas. La siguiente tabla muestra de manera esquemática los efectos antes señalados sobre los vehículos, ejemplificándose par uno tipo A.

Figura 4.42 Efectos del paso peatonal sobre los vehículos que circulan en el boulevard



Fuente: Elaboración propia

Para cuantificar el valor de la externalidad generado por la disminución de la velocidad de circulación se realizó el siguiente procedimiento considerando la metodología de proyectos carreteros:

1. Identificar y cuantificar el TPDA relevante para el proyecto, a efectos de establecer la situación (sin proyecto) en la que no se realiza el paso peatonal y por tanto los vehículos circulan a libre flujo de acuerdo con la congestión existente de acuerdo al horario. Para el presente proyecto son todos los vehículos que circulan sobre el boulevard a la altura de la universidad Anáhuac.
2. Distribuir el TPDA entre los 2 efectos que genera el paso peatonal, ambos efectos se consideran excluyentes entre sí, con el objeto de no duplicar la cuantificación de sus costos. El primero consiste en que al llegar al cruce se debe realizar un frenado y un arranque, ya que el cruce hace una función similar a la de un reductor de velocidad, con el objeto de generar condiciones de paso seguras para los peatones, este es causado a todos los vehículos, sin embargo, solo será considerado para los horarios de menor flujo peatonal. En el segundo, después de la disminución de la velocidad y antes de cruzar el paso peatonal se realiza un paro total del vehículo para permitir el paso peatonal, con el objeto de no sobreestimar dicho efecto, solo se estima en los horarios de mayor flujo vehicular, si bien sucede cada vez que los peatones cruzan el boulevard.
3. Se estima el tiempo y COV unitario[70] para cada una de las tres situaciones antes mencionadas (sin proyecto, por el paso peatonal, por el cruce de peatones) para la distancia relevante para cada tipo de vehículo conforme a la velocidad de circulación y acciones realizadas en dicha distancia acorde a cada una de las tres situaciones posibles.
4. Se cuantifica el valor de cada una de las situaciones antes señaladas, para ello se usan los aforos correspondientes a cada situación, el tiempo de recorrido, el costo

[70] La *Tabla 7.5.2 Costos de Operación Vehicular por tipo de vehículo para un IRI 7 ($/Vehículo/km)* del *Anexo 5 Estimación de Costos de Molestias* muestra los COV para las velocidades comprendidas entre 10 km/h y 60 km/h para los cuatro tipos de vehículos usados en la presente evaluación considerando un IRI de 7 m/km.

social del tiempo (50.45 $/hora) establecido anteriormente en el presente documento y los COV unitarios establecidos para cada velocidad de circulación. Obteniéndose los CTR y el COV para todos los vehículos en cada uno de los contextos, lo que permite establecer los CGV para cada situación.

5. Se estima el valor de la externalidad, a partir de la diferencia de los CGV en la situación sin proyecto y el de los efectos generados por el paso peatonal sobre los vehículos.

Considerando el proceso antes descrito, se presentan en las siguientes tablas las estimaciones de los CGV por sentido y totales para cada una de las tres situaciones: 1) sin proyecto, 2) derivados del paso peatonal y 3) por cruce de peatones, los cuales se componen de los CTR y COV. Las estimaciones completas para llegar a dichas estimaciones se encuentran en el *Anexo 7. Externalidades derivadas de la operación del paso peatonal.*

Tabla 4.34 Costos de generalizados de viaje en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte			Total
		Tiempo	COV	Total	Tiempo	COV	Total	
Base	2019	5,385.04	15,693.64	21,078.68	5,461.63	15,938.10	21,399.73	42,478.40
0	2020	5,617.80	16,249.62	21,867.41	5,697.70	16,501.56	22,199.25	44,066.67
1	2021	5,860.61	16,814.87	22,675.49	5,943.97	17,075.46	23,019.43	45,694.91
2	2022	6,113.93	17,386.08	23,500.01	6,200.88	17,654.48	23,855.37	47,355.38
3	2023	6,378.19	17,990.78	24,368.97	6,468.90	18,268.40	24,737.30	49,106.27
4	2024	6,653.87	18,585.41	25,239.29	6,748.51	18,871.18	25,619.69	50,858.98
5	2025	6,941.47	19,257.37	26,198.84	7,040.20	19,549.27	26,589.47	52,788.32
6	2026	7,241.50	19,901.66	27,143.16	7,344.50	20,207.52	27,552.01	54,695.17
7	2027	7,554.50	20,617.17	28,171.67	7,661.95	20,924.05	28,586.00	56,757.67
8	2028	7,881.03	21,305.94	29,186.97	7,993.12	21,627.47	29,620.59	58,807.56
9	2029	8,221.67	22,064.69	30,286.36	8,338.61	22,388.53	30,727.14	61,013.50
10	2030	8,577.03	22,805.65	31,382.68	8,699.03	23,146.21	31,845.24	63,227.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.35 Costos de generalizados de viaje derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte			Total
		Tiempo	COV	Total	Tiempo	COV	Total	
Base	2019	7,125.16	12,422.09	19,547.26	7,299.98	12,664.59	19,964.56	39,511.82
0	2020	7,433.13	12,831.51	20,264.64	7,615.50	13,082.71	20,698.21	40,962.85
1	2021	7,754.42	13,378.99	21,133.41	7,944.67	13,638.67	21,583.34	42,716.75
2	2022	8,089.59	13,817.70	21,907.28	8,288.06	14,085.89	22,373.95	44,281.24
3	2023	8,439.24	14,322.90	22,762.14	8,646.29	14,604.83	23,251.12	46,013.27
4	2024	8,804.01	14,794.97	23,598.98	9,020.01	15,087.01	24,107.02	47,706.00
5	2025	9,184.54	15,487.14	24,671.68	9,409.88	15,780.54	25,190.43	49,862.11
6	2026	9,581.53	15,994.97	25,576.50	9,816.61	16,298.00	26,114.61	51,691.10
7	2027	9,995.67	16,558.59	26,554.26	10,240.91	16,869.96	27,110.87	53,665.14
8	2028	10,427.71	17,110.76	27,538.47	10,683.55	17,435.67	28,119.22	55,657.69
9	2029	10,878.43	17,967.00	28,845.42	11,145.33	18,286.90	29,432.22	58,277.65
10	2030	11,348.62	18,556.15	29,904.77	11,627.06	18,886.54	30,513.60	60,418.37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.36 Costos de generalizados de viaje derivado cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte			Total
		Tiempo	COV	Total	Tiempo	COV	Total	
Base	2019	5,123.28	7,627.55	12,750.83	5093.71	7,574.50	12,668.24	25,419.06
0	2020	5,344.72	7,877.66	13,222.38	5313.88	7,841.50	13,155.37	26,377.76
1	2021	5,575.74	8,349.30	13,925.04	5543.56	8,259.90	13,803.50	27,728.54
2	2022	5,816.74	8,623.08	14,439.82	5783.17	8,530.80	14,313.96	28,753.78
3	2023	6,068.15	8,931.65	14,999.81	6033.13	8,838.10	14,871.23	29,871.04
4	2024	6,330.44	9,234.59	15,565.03	6293.9	9,166.80	15,460.72	31,025.75
5	2025	6,604.06	9,537.40	16,141.46	6565.95	9,467.40	16,033.35	32,174.80
6	2026	6,889.50	10,100.74	16,990.24	6849.74	9,967.30	16,817.09	33,807.33
7	2027	7,187.29	10,431.95	17,619.24	7145.81	10,294.20	17,439.99	35,059.23
8	2028	7,497.94	10,812.69	18,310.63	7454.67	10,678.50	18,133.18	36,443.82
9	2029	7,822.03	11,167.25	18,989.27	7776.89	11,097.20	18,874.12	37,863.40
10	2030	8,160.12	11,576.77	19,736.89	8113.03	11,497.10	19,610.10	39,346.99

Fuente: Elaboración propia

Conforme al procedimiento establecido para cuantificar el valor de la externalidad es necesario medir el diferencial de los CGV que se tienen en la situación sin proyecto con los generados por los 2 efectos que produce el paso peatonal. La estimación se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.37 Costos de generalizados de viaje derivado cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	CGV situación sin proyecto	CGV paso peatonal	GGV cruce de peatones	Externalidad
Base	2019	42,478.40	39,511.82	25,419.06	-22,452.48
0	2020	44,066.67	40,962.85	26,377.76	-23,273.95
1	2021	45,694.91	42,716.75	27,728.54	-24,750.37
2	2022	47,355.38	44,281.24	28,753.78	-25,679.63
3	2023	49,106.27	46,013.27	29,871.04	-26,778.03
4	2024	50,858.98	47,706.00	31,025.75	-27,872.76
5	2025	52,788.32	49,862.11	32,174.80	-29,248.59
6	2026	54,695.17	51,691.10	33,807.33	-30,803.27
7	2027	56,757.67	53,665.14	35,059.23	-31,966.70
8	2028	58,807.56	55,657.69	36,443.82	-33,293.95
9	2029	61,013.50	58,277.65	37,863.40	-35,127.54
10	2030	63,227.92	60,418.37	39,346.99	-36,537.44

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Identificación y cuantificación de los beneficios

Los beneficios del proyecto se pueden cuantificar a partir de los menores tiempos de recorrido para los peatones al cruzar de forma segura el Boulevard. Los anteriores ahorros se cuantifican a través del diferencial del Costo de Tiempo de Recorrido Anual por cruce de peatones durante el horizonte de evaluación entre la situación sin proyecto respecto a la situación con proyecto. Las estimaciones mencionadas se muestran a continuación.

Tabla 4.38 Beneficios generados por ahorro en los Costos de Tiempo de Recorrido Anual por cruce de peatones durante el horizonte de evaluación

Año	Costo Total de Tiempo de Recorrido Anual		Ahorro
	Sin proyecto	Con proyecto	
2020	251,214.85	70,268.94	180,945.91
2021	252,470.92	70,620.28	181,850.64
2022	253,733.28	70,973.38	182,759.89
2023	255,001.94	71,328.25	183,673.69
2024	256,276.95	71,684.89	184,592.06
2025	257,558.34	72,043.31	185,515.02
2026	258,846.13	72,403.53	186,442.60
2027	260,140.36	72,765.55	187,374.81
2028	261,441.06	73,129.38	188,311.68
2029	262,748.27	73,495.02	189,253.24
2030	264,062.01	73,862.50	190,199.51
TOTAL	2,833,494.10	792,575.03	2,040,919.07

Fuente: Elaboración propia

4.6.3 Cálculo de Indicadores de rentabilidad

Los Indicadores de Rentabilidad se calcularon con base a lo establecido en los *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo beneficio,* utilizando la Tasa de Descuento Social (TSD) de 10% indicada por la Unidad de Inversión de la SHCP. El horizonte de evaluación es de 10 años. La siguiente tabla presenta los flujos de efectivo del proyecto conforme a las estimaciones de costos y beneficios realizados en el presente apartado.

Tabla 4.39 Flujos de efectivo e indicadores de rentabilidad (miles de pesos 2020)

	Año	Inversión	Mantenimiento	Costos por molestias	Externalidad negativa	Beneficios Ahorro tiempo viaje	Flujo neto	Factor de actualización	Valor presente
0	2021	-362.49	-	-33.79	-22,452.48	180.95	-22,667.82	1.000	-22,667.82
1	2022	-	-	-	-23,273.95	181.85	-23,092.10	0.910	-20,992.81
2	2023	-	-3.67	-	-24,750.37	182.76	-24,571.29	0.830	-20,306.85
3	2024	-	-	-	-25,679.63	183.67	-25,495.96	0.750	-19,155.49
4	2025	-	-3.67	-	-26,778.03	184.59	-26,597.12	0.680	-18,166.19
5	2026	-	-52.32	-	-27,872.76	185.52	-27,739.57	0.620	-17,224.09
6	2027	-	-3.67	-	-29,248.59	186.44	-29,065.82	0.560	-16,406.90
7	2028	-	-	-	-30,803.27	187.37	-30,615.89	0.510	-15,710.79
8	2029	-	-3.67	-	-31,966.70	188.31	-31,782.06	0.470	-14,826.57
9	2030	-	-	-	-33,293.95	189.25	-33,104.70	0.420	-14,039.62
10	2031	-	-	-	-35,127.54	190.20	-34,937.34	0.390	-13,469.86
								VPN	**-192,967.00**

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el VPN es negativo (-192,967.00 miles pesos) el proyecto no es rentable, por lo cual no es necesario estimar la TIR y TRI ya que las mismas serían negativas. En caso de que hubiera sido rentable, el indicador relevante para determinar su realización sería la TRI debido a que este tipo de proyectos suelen tener beneficios crecientes en el tiempo.

4.6.4 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realiza de manera combinada para el VPN en donde al mismo tiempo se disminuyen los beneficios y se aumentan los costos de: inversión, mantenimiento, molestias y externalidades. En todos los escenarios propuestos el VPN sigue siendo negativos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.40 Escenarios de análisis de sensibilidad (miles de pesos 2020)

%	Incremento de costos de inversión							
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
VPN	-195,605.81	-192,985.12	-193,003.25	-193,021.37	-193,039.49	-193,057.62	-193,075.74	-193,093.87
%	Incremento de costos de mantenimiento							
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
VPN	-195,605.81	-192,969.09	-192,971.18	-192,973.27	-192,975.36	-192,977.45	-192,979.54	-192,981.63
%	Reducción/Incremento de costos de molestias							
	-20%	-15%	-10%	-5%	5%	10%	15%	20%
VPN	-195,605.81	-192,958.55	-192,960.24	-192,961.93	-192,963.62	-192,965.31	-192,968.69	-192,970.38
%	Reducción/Incremento de externalidad negativa							
	-20%	-15%	-10%	-5%	5%	10%	15%	20%
VPN	-195,605.81	-144,504.92	-154,197.34	-163,889.75	-173,582.17	-183,274.58	-202,659.41	-212,351.83
%	Reducción/Incremento en ahorros en tiempo de viaje							
	-20%	-15%	-10%	-5%	5%	10%	15%	20%
VPN	-195,605.81	-193,296.85	-193,230.88	-193,164.91	-193,098.94	-193,032.97	-192,901.03	-192,835.06

Fuente: Elaboración propia.

4.6.5 Análisis de riesgos

Los riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto se muestran a continuación, mediante su clasificación en razón a su nivel de ocurrencia (bajo, medio, alto, muy alto) y grado de impacto (bajo, medio, alto, muy alto) con el objeto de establecer el nivel de riesgo, el cual se obtiene de la multiplicación de los valores anteriores.

Tabla 4.41 riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto

		Riesgos posibles	Nivel ocurrencia a/	Grado de impacto b/	Nivel de Riesgo c/
Ejecución	1	Retraso en la licitación por la liberación de los recursos o declaratoria desierta.	1	1	1.0
	2	Incumplimiento de los tiempos por parte del contratista del proyecto	1	1	1.0
	3	Obras diferentes a las especificadas o de Baja calidad	2	4	8.0

		Riesgos posibles	Nivel ocurrencia a/	Grado de impacto b/	Nivel de Riesgo c/
Operación	4	Daños a la infraestructura del proyecto por causa de fenómenos naturales.	2	3	6.0

Fuente: Elaboración propia.
Notas: a/ Nivel de ocurrencia: 1 (Bajo); 2 (medio); 3 (alto), 4(muy alto).
b/ Grado de impacto: 1 (Bajo); 2 (medi0); 3 (alto), 4(muy alto).
c/ Nivel de riesgo, creciente de 1 a 16

Considerando los riesgos posibles antes detectados, se muestra en la siguiente tabla las causas que los pueden originar, sus consecuencias, planes de mitigación (reducción de probabilidad de ocurrencia) y planes de contingencia (reducción de grado de impacto).

Tabla 4.42 riesgos asociados a la ejecución y operación del proyecto

		Riesgos posibles	Causas	Consecuencias principales	Planes de mitigación	Planes de contingencia
	1	Retraso en la licitación por la liberación de los recursos o declaratoria desierta.	• Bases de licitación poco claras • Pocos participantes en la licitación	El inicio de la obra se postergaría y no se cumpliría con el calendario	Preparación y revisión de las bases de licitación y de las condiciones de contratación para que contengan los criterios técnicos y legales que deberán cubrir los licitantes.	Revisar con los licitantes las bases de licitación y condiciones de contratación para su adecuado entendimiento e interpretación.
	2	Incumplimiento de los tiempos por parte del contratista del proyecto	• Retrasos importantes respecto al cronograma establecido.	Atraso en los tiempos de terminación del proyecto. El proyecto podría retrasarse.	Supervisión de los avances de la obra. Contemplar como requisito la entrega de una fianza de ejecución de la obra Definir plazo y penalizaciones para la realización de las obras.	Apegarse en la mayor medida posible a los tiempos establecidos para la realización de actividades en la ejecución de obra y adquisición de equipo. Si el problema persiste, rescindir el contrato y asignar la obra a un nuevo contratista.

		Riesgos posibles	Causas	Consecuencias principales	Planes de mitigación	Planes de contingencia
	3	Obras diferentes a las especificadas o de Baja calidad	• Materiales de mala calidad o inadecuados • Procesos constructivos inadecuados o deficientes • Espacios con dimensiones y características diferentes a las establecidas en el proyecto ejecutivo.	Vida útil de la obra menor de la planeada	Supervisión de la calidad de la obra y materiales. Contemplar como requisito la entrega de una fianza de ejecución de la obra. Solicitar como requisito la entrega de una fianza por vicios ocultos.	Definir un plazo para corregir errores en la calidad de la ejecución de las obras. En caso de que no se cumpla, establecer penalizaciones al contratista, incluso la recisión en caso de persistir y la asignación a un nuevo contratista.
	3	Daños a la infraestructura por causa de fenómenos naturales.	• Fenómenos hidrometereológicos	Daño a la infraestructura	Mantener la infraestructura en buen estado de conservación	Reparación superficial de la infraestructura que resulte afectada.

Fuente: Elaboración propia.

5 Conclusiones

El proyecto de pasos peatonales sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio en la ciudad de Cancún no tiene una rentabilidad positiva debido a las externalidades generadas por la operación del mismo. Acorde a lo establecido como hipótesis central de la presente tesina, el proyecto no es socialmente rentable, por lo que no debe realizarse. Sin embargo, el problema de las *Condiciones de cruce inseguras para peatones en el Boulevard Luis Donaldo Colosio de la ciudad de Cancún* persiste, por lo que es necesario buscar otra manera de realizar un cruce seguro para los peatones en dicho lugar, como puede ser un puente peatonal. El establecimiento de la obra anterior, no presenta una externalidad sobre la velocidad de los vehículos que circulan sobre el Boulevard por lo que es probable que el proyecto sea rentable desde el punto de vista socioeconómico.

Por otro lado, la evaluación pone en relieve la importancia de evaluar las diferentes obras públicas, independientemente de su monto de inversión, ya que pueden generar costos importantes no cuantificados cuando la valoración se hace únicamente a partir de la intuición o un análisis superficial, como fue el caso de la externalidad sobre las velocidades de circulación de los vehículos que transitan sobre la vialidad en el presente proyecto. De esta forma, se tiene que una inversión pequeña (362.49 miles de pesos) genera una externalidad negativa de 193,848.30 miles de pesos a valor presente durante el horizonte de evaluación. Acorde a lo anterior, es necesario recordar que el crecimiento económico de un país no es únicamente resultado del constante aumento de la inversión total, sino que la asignación de la misma debe realizarse en proyectos económica y socialmente rentables. Esta conclusión “es y debe ser” la base de las políticas económicas orientadas a mejorar la calidad de la inversión pública.

6 Anexos

6.1 Sección IV, De la Ficha Técnica, Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión[71].

Sección IV
De la ficha técnica

La ficha técnica consistirá en una descripción detallada de la problemática o necesidades a resolver con el programa o proyecto de inversión, así como las razones para elegir la solución presentada.

La ficha técnica se requerirá en los siguientes casos:

i. Para los proyectos de infraestructura económica, social, gubernamental, de inmuebles y otros programas y proyectos, que tengan un monto de inversión menor o igual a 50 millones de pesos; así como los programas de adquisiciones, programas de adquisiciones de protección civil, programas de mantenimiento y programas de mantenimiento de protección civil menores a 150 millones de pesos, y

ii. Para los proyectos de inversión superiores a 1,000 millones de pesos o aquéllos que por su naturaleza o características particulares lo requieran, deberán solicitar primero el registro de los estudios de preinversión a través de la ficha técnica, previo a la elaboración y presentación del análisis costo y beneficio correspondiente. En caso de no requerir estudios de preinversión, se deberá justificar dentro del análisis costo y beneficio la razón de no requerirlos.

La ficha técnica deberá contener los siguientes elementos:

iii. Información general del programa o proyecto de inversión, en la que se incluya el nombre y tipo del programa o proyecto de inversión, las fuentes de financiamiento, el calendario y el monto estimado de inversión, el horizonte de evaluación, su localización georrefenciada, la cual deberá ir acompañada de un mapa de ubicación con las coordenadas decimales, siempre y cuando la naturaleza del proyecto lo permita;

iv. Alineación estratégica, donde se especifiquen los objetivos, estrategias y líneas de acción que atiende el programa o proyecto de inversión, conforme al Plan Nacional de Desarrollo correspondiente y los programas gubernamentales. Además, se deberán identificar los programas o proyectos

[71] DIARIO OFICIAL, (Segunda Sección), lunes 30 de diciembre de 2013.

de inversión relacionados o que podrían verse afectados por su ejecución;

v. Análisis de la situación actual, en el que se describa la problemática específica que justifique la realización del programa o proyecto de inversión, que incluya una descripción y cuantificación de la oferta y demanda de los bienes y servicios relacionados;

vi. Análisis de la situación sin proyecto, mediante el cual se deberá especificar las optimizaciones, entendidas como las medidas administrativas o de bajo costo que contribuirían a optimizar la situación actual descrita; asimismo, se deberá realizar una estimación de la oferta y la demanda de los bienes y servicios relacionados con el programa o proyecto de inversión, considerando las optimizaciones identificadas;

vii. Justificación de la alternativa de solución seleccionada, en la que se describa las alternativas que resuelvan la problemática planteada, así como la cuantificación de sus costos y la descripción de los criterios técnicos y económicos de selección, utilizados para determinar la alternativa más conveniente;

viii. Análisis de la situación con proyecto, en el que se describa el programa o proyecto de inversión y sus componentes, los aspectos técnicos, legales y ambientales más importantes relacionados con su ejecución, así como la localización geográfica con coordenadas georreferenciadas; adicionalmente, se deberá incluir una estimación de la oferta y la demanda proyectada bajo el supuesto de que el programa o proyecto de inversión se lleve a cabo, con el fin de determinar su interacción y verificar que contribuya a solucionar la problemática identificada;

ix. Identificación y, en su caso, cuantificación y valoración de los costos y beneficios relacionados con la implementación del programa o proyecto de inversión tanto en la etapa de ejecución como de operación. Sólo para aquellos programas o proyectos de inversión de infraestructura económica con un monto total de inversión superior a 30 millones de pesos y hasta 50 millones de pesos, se deberán calcular los indicadores de rentabilidad necesarios para determinar la conveniencia socioeconómica de realizar el programa o proyecto.

6.2 Datos de entrada del modelo computacional VOC-MEX 3.0

Tabla 6.2.1 Datos de entrada del modelo computacional VOC-MEX 3.0

Página	Nombre de la página	Contenido
1	Características de la carretera.	Características físicas y geométricas, para cada tramo en caso de existir, de la red vial relevante: IRI, pendientes ascendentes y descendentes, grados de curvatura, altitud, etc.
2	Selección del vehículo.	Vehículos tipo, contiene 10: 1) automóviles pequeños, 2) medianos y 3) grandes, 4) vehículos utilitarios, 5) autobús de pasajeros, 6) camiones ligeros a diésel y 7) gasolina, 8) camiones medianos, 9) camiones pesados y 10) camiones articulados o tráiler.
3	Características del vehículo.	Características de los vehículos tipo existentes, se encuentran establecidas por default (aparece una "D" junto a la cifra): peso del vehículo vacío, potencia máxima en operación, velocidad deseada, etc.
4	Características de los neumáticos.	Características de las llantas de los vehículos: volumen de hule utilizable, coeficiente de desgaste, etc.
5	Datos sobre la utilización del vehículo.	Información de utilización del vehículo: número de horas, kilómetros conducidos al año, edad del vehículo en kilómetros, número de pasajeros por vehículo, etc.
6	Costos unitarios.	Precios actuales de insumos y refacciones: vehículo nuevo, costo del combustible y lubricantes, precio de un neumático nuevo, valor del tiempo de los operarios y pasajeros, etc.
7	Coeficientes adicionales.	Datos que el modelo proporciona por default
8	Coeficientes adicionales.	Datos que el modelo proporciona por default, referentes a las características como coeficientes de velocidad, combustible, etc.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Presupuesto de Obra de la Alternativa 1

Tabla 6.3.1 Presupuesto de Obra de la alternativa 1

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
	CRUCE PEATONAL DE CONCRETO HIDRAULICO				
crucepea	Relleno en cepas compactado con bailarina en capas de 20 cm utilizando tepetate, incluye: los materiales, la mano de obra, la herramienta y el equipo necesario	m3	9.60	$425.95	$4,089.12
crucepea	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo del No.3 (3/8)	ton	0.15	$29,447.76	$4,417.16
crucepea	Cimbra de madera acabado común en estructura. Incluye: diseño, cortes, habilitado, encofrado, sellado de juntas, retiro y limpieza.	m2	48.00	$149.14	$7,158.72
crucepea	Concreto f´c= 200 kg/cm2 de 10 cm, m, tma= 19mm, premezclado bombeable	m3	8.00	$2,749.93	$21,999.44
crucepea	Acabado en rampa para paso peatonal	m2	48.00	$219.90	$10,555.20
Total:	**CRUCE PEATONAL DE CONCRETO HIDRAULICO**				**$48,219.64**
	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL				
señalhor	Pintado de raya de 40 cm de ancho con pintura de transito base agua de un solo componente, formulada con resinas acrílicas, pigmentos, guardquim vial tlaflex color blanco u amarillo, reflejante (microesferas), para indicar el cruce de peatones.	ml	30.30	$49.52	$1,500.46
señalhor	Pintado de letrero PARADA con pintura de tránsito a base de resinas alquidalicas, pigmentos, Guardiquim Vial Traflex color blanco y reflejante (microesferas), las letras deberán ser de 1.60 m de longitud y 0.50 m de ancho con espacio de 0.15 m entre letra y letra, en lugar dobde descienden y ascienden pasajeros.	pza	2.00	$361.73	$723.46
señalhor	Suministro y aplicación en guarnición y rampa, de pintura de tránsito base agua de un solo componente con resinas acrílicas, pigmentos, guardquim vial traflex, color amarillo, de imperquimia y reflejante (microesferas).	m2	16.10	$90.11	$1,450.77
Total:	**SEÑALAMIENTO HORIZONTAL**				**$3,674.69**
	SEÑALAMIENTO VERTICAL				
señalvert	Señalamiento 86x86 cms refl..tipo a con poste ptr 2x2 de 4.5m. (peatones) incluye: material, mano de obra, equipo y herramienta.	pza	4.00	$2,700.00	$10,800.00
Total:	**SEÑALAMIENTO VERTICAL**				**$10,800.00**
	PARADA EN CONCRETO				
paradero	Paradero hecho en sitio a base de concreto armado f´c: 250 kg/cm2 con bancas , acabado chukum en muros y grecas en relieve incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	pza	1.00	$245,000.00	$245,000.00
Total:	**PARADA EN CONCRETO**				**$125,000.00**
	BAHIA				
trazoviali	Trazo y nivelación de vialidades, banquetas y guarniciones, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	ml	50.00	$10.45	$522.50
fresapav	Fresado de pavimento de aglomerado asfáltico de 10 cm de espesor medio, mediante fresadora en frío compacta, y carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor.	m2	80.00	$85.00	$6,800.00
cortepav	Corte de terreno por medios mecánicos en material clase "B" incluye: maquinaria, operador.	m3	4.00	$15.00	$60.00

terraplen	Terraplenes base extendido de materiales formación e incorporación de agua, compactado en capas de 20 cm de espesor, con material de banco al 95% p.v.s.m., incluye: mano de obra, y maquinaria p.u.o.t.	m3	10.00	$125.00	$1,250.00
acarreo1er	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 de material tipo B, primer kilómetro, Carga con máquina.	m3	7.80	$230.00	$1,794.00
acarreosub	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 d	m3/km	257.40	$11.00	$2,831.40
pavchid	Suministro y colocación de pavimento de 25 cm de espesor de concreto hidráulico MR-45 kg/cm2 (módulo de ruptura), revenimiento 10 cm, con un 80% de su resistencia total a los 28 días, T.M.A. 40 mm, con agente de curado interno hidratium. Incluye: barras de amarre (sólo en juntas de construcción longitudinales) de varilla corrugada de 5/8" de diámetro de 79 cm de longitud (3 barras por losa), barras pasajuntas (sólo en juntas de construcción transversales) con redondo liso grado 60 ASTM de 1 1/4" de diámetro de 46 cm de longitud @ 30 cm con canastilla metálica de 5/16", tendido y compactado con pavimentadora de cimbra deslizante y/o rodillo para concreto hidráulico, floteado de la superficie, microtexturizado con costal de yute, acabado rayado manual, corte y construcción de junta transversal y longitudinal (@ 1.8 m. máximo) de 2 mm de espesor a 1/4 del peralte de la losa, sellador autonivelante de poliuretano SONOMERIC-1 Mca. BASF (o similar) de 3 mm. x 13 mm, aplicación de membrana de curado CURE EB (blanco) Mca.BASF (o similar), mano de obra, equipo, herramienta, limpieza, acarreos y descargas dentro de la obra, según proyecto, especificaciones y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m2	80.00	$1,744.22	$139,537.60
Total:	**BAHIA**				**$152,795.50**
	BANQUETAS Y RAMPAS				
trazoviali	Trazo y nivelación de vialidades, banquetas y guarniciones, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	ml	20.00	$10.45	$209.00
acarreo1er	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 de material tipo B, primer kilómetro, Carga con máquina.	m3	1.58	$230.00	$363.40
acarreosub	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 d	m3/km	63.59	$11.00	$699.49
banqr	Banqueta de concreto f'c=150 Kg/cm2 agregado de 20 mm, cemento normal revenimiento 8 a 10 cm. de 0.08 mts de espesor, Incluye: cimbra común, mano de obra, herramienta menor.	m2	60.00	$245.00	$14,700.00
Total:	**BANQUETAS Y RAMPAS**				**$15,971.89**
	GUARNICIÓN EN BANQUETA				
guarn	Guarnición de concreto f'c=150 Kg/cm2 Incluye: mano de obra, herramienta menor.	m2	16.10	$374.49	$6,029.29
Total:	**GUARNICIÓN EN BANQUETA**				**$6,029.29**
	SUB-TOTAL				**$362,491.01**
	IVA				**$57,998.56**
	TOTAL				**$420,489.57**

Fuente: Elaboración propia con información de los proyectos ejecutivos del proyecto de "Movilidad y Conexión para la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez"

6.4 Presupuesto de Obra de la Alternativa 2

Tabla 6.4.1 Presupuesto de Obra de la alternativa 2

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
	CRUCE PEATONAL PREFABRICADO DE HULE				
crucepref	Suministro y colocación de tope prefabricado de plástico color negro con señalamiento amarillo. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo necesario.	Pieza	30.30	$4,004.92	$121,349.08
Total:	**CRUCE PEATONAL PREFABRICADO DE HULE**				**$121,349.08**
	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL				
señalhor	Pintado de letrero PARADA con pintura de tránsito a base de resinas alquidalicas, pigmentos, Guardiquim Vial Traflex color blanco y reflejante (microesferas), las letras deberán ser de 1.60 m de longitud y 0.50 m de ancho con espacio de 0.15 m entre letra y letra, en lugar dobde descienden y ascienden pasajeros.	Pza	2.00	$361.73	$723.46
señalhor	Suministro y aplicación en guarnición y rampa, de pintura de tránsito base agua de un solo componente con resinas acrílicas, pigmentos, guardquim vial traflex, color amarillo, de imperquimia y reflejante (microesferas).	m2	16.10	$90.11	$1,450.77
Total:	**SEÑALAMIENTO HORIZONTAL**				**$2,174.23**
	SEÑALAMIENTO VERTICAL				
señalvert	Señalamiento 86x86 cms refl. tipo a con poste ptr 2x2 de 4.5m. (peatones) incluye: material, mano de obra, equipo y herramienta.	Pza	4.00	$2,700.00	$10,800.00
Total:	**SEÑALAMIENTO VERTICAL**				**$10,800.00**
	PARADA EN CONCRETO				
paradero	Paradero hecho en sitio a base de concreto armado f´c: 250 kg/cm2 con bancas , acabado chukum en muros y grecas en relieve incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	Pza	1.00	$245,000.00	$245,000.00
Total:	**PARADA EN CONCRETO**				**$125,000.00**
	BAHIA				
trazoviali	Trazo y nivelación de vialidades, banquetas y guarniciones, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	Ml	50.00	$10.45	$522.50
fresapav	Fresado de pavimento de aglomerado asfáltico de 10 cm de espesor medio, mediante fresadora en frío compacta, y carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor.	m2	80.00	$85.00	$6,800.00
cortepav	Corte de terreno por medios mecánicos en material clase "B" incluye: maquinaria, operador.	m3	4.00	$15.00	$60.00
terraplen	Terraplenes base extendido de materiales formación e incorporación de agua, compactado en capas de 20 cm de espesor, con material de banco al 95% p.v.s.m., incluye: mano de obra, y maquinaria p.u.o.t.	m3	10.00	$125.00	$1,250.00
acarreo1er	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 de material tipo B, primer kilómetro, Carga con máquina.	m3	7.80	$230.00	$1,794.00
acarreosub	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 d	m3/km	257.40	$11.00	$2,831.40

pavchid	Suministro y colocación de pavimento de 25 cm de espesor de concreto hidráulico MR-45 kg/cm2 (módulo de ruptura), revenimiento 10 cm, con un 80% de su resistencia total a los 28 días, T.M.A. 40 mm, con agente de curado interno hidratium. Incluye: barras de amarre (sólo en juntas de construcción longitudinales) de varilla corrugada de 5/8" de diámetro de 79 cm de longitud (3 barras por losa), barras pasajuntas (sólo en juntas de construcción transversales) con redondo liso grado 60 ASTM de 1 1/4" de diámetro de 46 cm de longitud @ 30 cm con canastilla metálica de 5/16", tendido y compactado con pavimentadora de cimbra deslizante y/o rodillo para concreto hidráulico, floteado de la superficie, microtexturizado con costal de yute, acabado rayado manual, corte y construcción de junta transversal y longitudinal (@ 1.8 m. máximo) de 2 mm de espesor a 1/4 del peralte de la losa, sellador autonivelante de poliuretano SONOMERIC-1 Mca. BASF (o similar) de 3 mm. x 13 mm, aplicación de membrana de curado CURE EB (blanco) Mca. BASF (o similar), mano de obra, equipo, herramienta, limpieza, acarreos y descargas dentro de la obra, según proyecto, especificaciones y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m2	80.00	$1,744.22	$139,537.60
Total:	**BAHIA**				**$152,795.50**
	BANQUETAS Y RAMPAS				
trazoviali	Trazo y nivelación de vialidades, banquetas y guarniciones, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	ml	20.00	$10.45	$209.00
acarreo1er	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 de material tipo B, primer kilómetro, Carga con máquina.	m3	1.58	$230.00	$363.40
acarreosub	Acarreo sobre camión de volteo de 7 m3 d	m3/km	63.59	$11.00	$699.49
banqr	Banqueta de concreto f'c=150 Kg/cm2 agregado de 20 mm, cemento normal revenimiento 8 a 10 cm. de 0.08 mts de espesor, Incluye: cimbra común, mano de obra, herramienta menor.	m2	60.00	$245.00	$14,700.00
Total:	**BANQUETAS Y RAMPAS**				**$15,971.89**
	GUARNICIÓN EN BANQUETA				
guarn	Guarnición de concreto f'c=150 Kg/cm2 Incluye: mano de obra, herramienta menor.	m2	16.10	$374.49	$6,029.29
Total:	**GUARNICIÓN EN BANQUETA**				**$6,029.29**
	SUB-TOTAL				**$434,119.99**
	IVA				**$69,459.20**
	TOTAL				**$503,579.18**

Fuente: Elaboración propia con información de los proyectos ejecutivos del proyecto de "Movilidad y Conexión para la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez"

6.5 Estimación de Costos de Molestias

Costos Generalizados de Viaje (CGV)

Los Costos Generalizados de Viaje se dividen en los Costos de Operación Vehicular (COV) y el Costo del Tiempo de Recorrido (CTR). Los primeros se estiman a través del modelo computacional VOC-MEX 3.0. El modelo VOC-MEX debe calibrarse conforme a las características de la carretera, vehículo y velocidad de circulación.

Las características de la carretera básicas comprenden la geometría de la vialidad y su estado de conservación. El Boulevard Luis Donaldo Colosio se encuentra catalogada como corredor regional urbano el cual tiene como límite de velocidad máximo 70 km/hr. A la altura de la Universidad Anáhuac (kilómetro 13.5) la vialidad tiene un ancho de corona 57.38 metros dividido en 2 cuerpos de circulación que albergan 3 carriles[72] cada uno (3.77 metros por carril) separados por un camellón con pasto de 2.53 metros de ancho. El tramo presenta un estado físico regular con un IRI de 7 m/km, permitiendo alcanzar una velocidad de circulación de 60 km/hr.

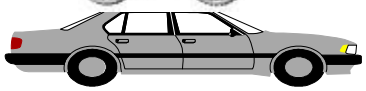
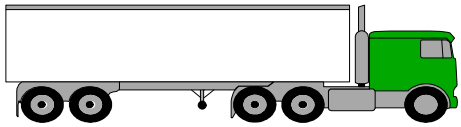
Los aforos vehiculares para el boulevard se determinaron con base en información de la SCT correspondiente a los "Datos viales" publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Subsecretaría de Infraestructura, para la carretera Reforma Agraria-Puerto Juárez (clave 23,132) correspondiente al kilómetro 341.50, ubicada en las coordenadas 21.041415 latitud, -86.850165 longitud, para cada uno de los sentidos.

La estimación del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) agrupa los vehículos en la siguiente composición vehicular: (M) Moto, (A) Vehículo ligero, (B) Autobús, (CU) Camión unitario, (CA) Camión articulado. La ocupación vehicular se tomó del Estudio de

[72] En el sentido sur a norte antes de la entrada a la universidad, se cuenta con un carril de desaceleración vehicular de 5.15 metros de ancho, así como, un carril de un carril de aceleración de 4.5 metros de ancho, sin embargo, no se consideran relevante para la estimación de los CGV de los vehículos que circulan sobre el boulevard debido a que su objetivo es la entrada y salida de automóviles a la universidad y no la circulación sobre la avenida.

Ingeniería de Tránsito para el Proyecto de "Evaluación Socioeconómica del Proyecto de Movilidad y Conexión para la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo"

Tabla 6.5.1 Composición y ocupación vehicular

Clave	Tipo de Vehículo		Ocupación Vehicular (pasajeros/vehículo)
M	Motocicleta		1.5
A	Vehículo ligero y pick ups		1.8
B	Autobús		20
CU	Camión unitario		1.4
CA	Camión articulado y camión doble articulado		1.3

Fuente: Elaboración propia a partir de información de los "Datos viales". Dirección General de Servicios Técnicos de la Subsecretaría de Infraestructura. Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Estudio de Ingeniería de Tránsito para el Proyecto de "Evaluación Socioeconómica del Proyecto de Movilidad y Conexión para la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo"

Considerando las características de la carretera y la tipología de vehículos establecida, se estiman los COV a través del modelo computacional VOC-MEX 3.0, los cuales se muestran en la siguiente tabla para distintas velocidades.

Tabla 6.5.2 Costos de Operación Vehicular por tipo de vehículo para un IRI 7 ($/Vehículo/km)

Velocidad	Ligero (A)	Autobús (B)	Camión Unitario (CU)	Camión Articulado (CA)
10	11.975274	34.848334	18.540394	28.613800
11	11.112830	32.652723	17.498408	27.194185
12	10.358806	30.074136	16.247930	25.445723
13	9.603489	28.080985	15.267282	23.931353
14	8.846652	26.073595	14.274210	22.396472
15	8.594535	25.055710	13.959895	21.709119
10	8.342787	24.611401	13.648581	21.635664
16	8.145687	24.338496	13.570654	21.723719
17	7.795925	23.157940	12.986920	21.002886

Velocidad	Ligero (A)	Autobús (B)	Camión Unitario (CU)	Camión Articulado (CA)
18	7.530700	22.231824	12.634467	20.504612
19	7.265400	21.307500	12.280586	20.041232
20	7.118996	21.022238	12.127834	19.906280
21	7.016051	20.868998	12.051543	19.899729
22	6.914008	20.723461	12.080453	19.905104
23	6.729418	20.084699	11.822920	19.552678
24	6.588929	19.578259	11.642339	19.326933
25	6.505811	19.426570	11.563621	19.270821
26	6.422854	19.276954	11.486327	19.218322
27	6.329194	18.974806	11.378716	19.014614
28	6.235535	18.672638	11.271170	18.875087
29	11.975274	34.848334	18.540394	28.613800
30	6.141877	18.370448	11.163693	18.735718
31	6.048219	18.160351	11.056287	18.596517
32	6.007799	18.110826	11.046848	18.622512
33	5.936946	17.87811	10.969464	18.504403
34	5.866087	17.645404	10.89201	18.386164
35	5.795225	17.412707	10.814486	18.267791
36	5.743007	17.301409	10.771869	18.208408
37	5.707461	17.240717	10.76098	18.231034
38	5.672003	17.180829	10.772403	18.255503
39	5.616003	16.996644	10.706104	18.148279
40	5.560006	16.812511	10.63969	18.040846
41	5.526459	16.728864	10.633217	18.029056
42	5.492930	16.645364	10.627079	18.017829
43	5.459420	16.579969	10.621286	18.007182
44	5.414283	16.444011	10.570326	17.919960
45	5.382706	16.349235	10.545812	17.877571
46	5.359921	16.281167	10.554323	17.885684
47	5.337151	16.229631	10.563137	17.89428
48	5.314398	16.178236	10.572262	17.903368
49	5.284576	16.083835	10.553391	17.865032
50	5.262662	16.013492	10.550367	17.853513
51	5.236970	15.945128	10.547412	17.828395
52	5.211278	15.876761	10.544457	17.803275
53	5.197499	15.844715	10.565724	17.819005
54	5.183727	15.812737	10.587235	17.835053
55	5.169963	15.794656	10.608995	17.851425
56	5.154706	15.747731	10.611480	17.848389
57	5.139448	15.700808	10.623449	17.845409
58	5.124191	15.672294	10.635467	17.842484
59	5.108934	15.643801	10.647533	17.839615
60	5.093678	15.615329	10.659648	17.836802

Fuente: Estimaciones propias a partir del VOC-MEX 3.0

Costos de Molestias

Los costos de molestias provienen de un mayor tiempo de recorrido derivado de que las obras generan un cierre parcial de carriles de circulación para la construcción del paso peatonal, ya que se cerraran en cada cuerpo vial carriles de manera parcial en un horario de 22:00 a 7:00, las cuales son las horas de menor congestión vial. La siguiente tabla muestra las horas de mayor congestión vehicular en gris y de mayor flujo peatonal en verde.

Tabla 6.5.3 Comportamiento horario del flujo vehicular por sentido

Sentido Aeropuerto - Cancún					**Sentido Cancún Aeropuerto**		
HORARIO		Porcentaje de TDPA	Congestión	% de horas Congestión	Porcentaje de TDPA	Congestión	% de horas Congestión
00:00	**00:59**	1.20	Horas sin congestión	10.09	2.10	Horas sin congestión	16.54
01:00	**01:59**	0.76			1.44		
02:00	**02:59**	0.66			0.83		
03:00	**03:59**	0.85			0.71		
04:00	**04:59**	1.31			0.65		
05:00	**05:59**	2.58			0.98		
06:00	**06:59**	2.73			2.38		
07:00	**07:59**	4.99	Horas con congestión	82.38	3.47		
08:00	**08:59**	6.41			3.98		
09:00	**09:59**	6.47			4.61	Horas con congestión	8.78
10:00	**10:59**	6.61			4.17		
11:00	**11:59**	5.68			3.87	Horas sin congestión	7.36
12:00	**12:59**	5.92			3.49		
13:00	**13:59**	6.92			4.61	Horas con congestión	61.48
14:00	**14:59**	6.43			8.45		
15:00	**15:59**	6.22			8.33		
16:00	**16:59**	5.66			8.08		
17:00	**17:59**	5.56			7.90		
18:00	**18:59**	5.89			7.75		
19:00	**19:59**	5.23			6.94		
20:00	**20:59**	4.39			5.32		
21:00	**21:59**	3.28	Horas sin congestión	7.53	4.10		
22:00	**22:59**	2.57			2.81	Horas sin congestión	5.84
23:00	**23:59**	1.68			3.03		
TOTAL		**100.00**		**100.00**	**100.00**		**100.00**

Nota: En color verde se pueden apreciar las horas de mayor tránsito peatonal

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Estudio de Ingeniería de Tránsito para el Proyecto de "Evaluación Socioeconómica del Proyecto de Movilidad y Conexión para la Ciudad de Cancún, Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo"

La velocidad estimada en horas de congestión y sin congestión para los diferentes tipos de vehículos se muestra a continuación.

Tabla 6.5.4 Velocidades de circulación

		M	A	B	C	CA
2019	Con Congestión	55	55	50	45	43
	Sin Congestión	60	60	55	50	48
2020 /a	Con Congestión	54	54	50	45	43
	Sin Congestión	59	59	54	50	48

Nota: a/ La velocidad se encuentra redondeada. Se considera una disminución del 1% anual derivado del crecimiento anual del TDPA del 3.28%.
Fuente: Elaboración propia a partir de información del Estudio de Ingeniería de Tránsito para el Proyecto de "Evaluación Socioeconómica del Proyecto de Movilidad y Conexión para la Ciudad de Cancún, …….Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo"

La Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) del TDPA del proyecto asciende a 3.28% (promedio simple considerando ambos sentidos de circulación), se calculó con base en los aforos históricos de los Datos Viales publicados por la SCT de la carretera Reforma Agraria - Puerto Juárez, la cual es conocida de manera local como Boulevard Luis Donaldo Colosio. La siguiente tabla muestra la serie histórica para el periodo 2011-2020.

Tabla 6.5.5 Aforos vehiculares carretera Reforma Agraria - Puerto Juárez por sentido

Año	**Aeropuerto-Cancún**		**Cancún-Aeropuerto**	
	Aforo	TCA	Aforo	TCA
2011	36,162	-	35,819	-
2012	37,620	4.03%	37,263	4.03%
2013	43,453	15.51%	43,039	15.50%
2014	22,877	-47.35%	22,979	-46.61%
2015	26,161	14.36%	28,204	22.74%
2016	27,403	4.75%	31,459	11.54%
2017	32,925	20.15%	34,774	10.54%
2018	32,785	-0.43%	34,568	-0.59%
2019	37,854	15.46%	37,625	8.84%
TMCA 2011-2019		3.31%		3.25%
TMCA 2017-2019		11.73%		6.26%

Fuente: Elaboración propia a partir de los "Datos viales" publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Subsecretaría de Infraestructura, para la carretera Reforma Agraria-Puerto Juárez

A partir de TCMA se pueden estimar el TPDA[73] correspondiente a 2020 para la composición vehicular establecida. Los cuales se muestran a continuación.

Tabla 6.5.6 TPDA del Boulevard Luis Donaldo Colosio por tipo de congestión y vehículo 2019 y 2020

Aeropuerto-Cancún							
		Total	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
2019	CC	11,382,525	182,135	9,618,480	261,705	1,149,750	170,455
	SC	2,434,185	39,055	2,056,775	56,210	246,010	36,135
	Total	13,816,710	221,190	11,675,255	317,915	1,395,760	206,590
2020	CC	11,755,766	188,107	9,933,877	270,286	1,187,451	176,044
	SC	2,514,004	40,336	2,124,218	58,053	254,077	37,320
	Total	14,269,770	228,443	12,058,095	328,340	1,441,528	213,364
Cancún-Aeropuerto							
		Total	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
2019	CC	9,648,410	183,230	8,018,320	241,265	1,051,565	154,030
	SC	4,084,715	77,745	3,393,770	102,200	445,300	65,700
	Total	13,733,125	260,975	11,412,090	343,465	1,496,865	219,730
2020	CC	9,964,788	189,238	8,281,246	249,176	1,086,047	159,081
	SC	4,218,656	80,294	3,505,054	105,551	459,902	67,854
	Total	14,183,444	269,533	11,786,300	354,727	1,545,948	226,935

Fuente: Elaboración propia a partir de los "Datos viales" publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Subsecretaría de Infraestructura, para la carretera Reforma agraria-Puerto Juárez

A partir de la información de las velocidades de circulación de los diferentes vehículos en las horas sin congestión, debido a que se realizaran las obras en esos horarios para minimizar los costos de molestias, y considerando los COV establecidos en la tabla de "Costos de Operación Vehicular ($/Vehículo/km) para un IRI 7" se identifican los mismos para cada tipo de transporte, los cuales se muestran en la siguiente tabla. Es necesario recordar que el VOC-MEX 3.0 no permite la estimación de los COV de las motocicletas (M), por lo que en ninguna evaluación se estiman los mismos.

[73] Para establecer el TPDA es necesario multiplicar los aforos vehiculares, los cuales son el Tránsito Promedio Diario, por los días del año (365).

Tabla 6.5.7 Costos de Operación Vehicular por tipo de vehículo para el Boulevard Luis Donaldo Colosio ($/Vehículo/km)

	M	A	B	C	CA
Velocidad Sin Congestión	59	59	54	50	48
Costo de Operación Vehicular	-	5.108934	15.812737	10.553391	17.894280

Fuente: Estimaciones propias a partir del VOC-MEX 3.0

Considerando otros proyectos similares en los cuales se realiza un cierre parcial de la vialidad, se espera que el tiempo de recorrido aumente un 50 por ciento respecto a la situación actual. Los vehículos ligeros recorren un kilómetro a una velocidad de 59 km/hr (1.02 minutos por kilómetro) y durante la realización de las obras aumentará dicho tiempo en 30.51 segundos (1.53 minutos por kilómetro). Lo que puede transformarse en una velocidad promedio para el tramo relevante de 39 km/hr. El diferencial entre los COV´s de ambas velocidades, es el valor del costo de molestia atribuible al proyecto para dicho concepto. La siguiente tabla establece las velocidades promedio para cada tipo de vehículo cuando se está realizando la obra y posteriormente se estable el diferencial que cuantifica las molestias a través del COV.

Tabla 6.5.8 Costos de Operación Vehicular por tipo de vehículo ($/Vehículo/km)

	M	A	B	C	CA
Velocidad Sin Congestión	39	39	36	33	32
Costo de Operación Vehicular	-	5.616003	17.301409	10.969464	18.622512
Diferencial de Costo de Operación Vehicular	-	0.507069	1.488672	0.416072	0.728232

Fuente: Estimaciones propias a partir del VOC-MEX 3.0

Para la alternativa 1 “Cruce peatonal de concreto hidráulico”, se contempla un tiempo de ejecución de 4 días de obras sobre el boulevard, 2 días por sentido en un horario de 22:00 a 7:00, las cuales son las horas de menor congestión vial. Para alternativa 2 “Cruce peatonal prefabricado de hule” se contempla una afectación de un solo día considerando un horario 00:00 a 4:00. La estimación del monto total de los COV para cada alternativa se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6.5.9 Tabla de operación vehicular para los costos de molestias por alternativa y tipo de vehículo

		TOTAL	M	A	B	C	CA
	COV para Costos de Molestias		-	0.507069	1.488672	0.416072	0.728232
	TPDA 2020 Aeropuerto-Cancún/a	14,269,770	228,443	12,058,095	328,340	1,441,528	213,364
	TPDA 2020 Cancún-Aeropuerto/a	14,183,444	269,533	11,786,300	354,727	1,545,948	226,935
Alternativa 1	TPDA 2020 Aeropuerto-Cancún 22:00 a 7:00/b	2,061,982	33,010	1,742,395	47,445	208,301	30,831
	TPDA 2020 Cancún-Aeropuerto 22:00 a 7:00/c	2,117,588	40,241	1,759,695	52,961	230,810	33,881
	TPD 2020 Aeropuerto-Cancún 22:00 a 7:00 para 2 días/d	11,299	181	9,547	260	1,141	169
	TPD 2020 Cancún-Aeropuerto 22:00 a 7:00 para 2 días/d	11,603	220	9,642	290	1,265	186
	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos que circulan del Aeropuerto - Cancún 22:00 a 7:00 para 2 días/e	5,826	-	4,841.18	387.01	474.89	123.03
	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos que circulan del Cancún - Aeropuerto 22:00 a 7:00 para 2 días/e	5,983	-	4,889.24	432.01	526.21	135.20
Alternativa 2	TPDA 2020 Aeropuerto-Cancún 00:00 a 4:00 /f	496,588	7,950	419,622	11,426	50,165	7,425
	TPDA 2020 Cancún-Aeropuerto 00:00 a 4:00 /g	720,519	13,692	598,744	18,020	78,534	11,528
	TPD 2020 Aeropuerto-Cancún 00:00 a 4:00 para 1 día /h	1,361	22	1,150	31	137	20
	TPD 2020 Cancún-Aeropuerto 00:00 a 4:00 para 1 día /h	1,974	38	1,640	49	215	32
	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos que circulan del Aeropuerto - Cancún 00:00 a 4:00 para 1 día/e	702	-	582.95	46.60	57.18	14.81
	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos que circulan del Cancún - Aeropuerto 00:00 a 4:00 para 1 día/e	1,018	-	831.79	73.50	89.52	23.00

Fuente: Estimaciones propias

a/ TPDA del Boulevard Luis Donaldo Colosio por tipo de vehículo y sentido para 2020
b/ El comportamiento horario del flujo vehicular de las 22:00 a 7:00 corresponde a 14.45% del TPDA
c/ El comportamiento horario del flujo vehicular de las 22:00 a 7:00 corresponde a 14.93% del TPDA
d/ Debido a que la obra se realizará en 2 días por sentido, se realiza una proporción del TPDA la cual se corresponde a (2/365)
e/ Se obtiene de la multiplicación del TPDA relevante por el COV para Molestias
f/ El comportamiento horario del flujo vehicular de las 00:00 a 4:00 corresponde a 3.48% del TPDA
g/ El comportamiento horario del flujo vehicular de las 00:00 a 4:00 corresponde a 5.08% del TPDA
h/ Debido a que la obra se realizará en 1 días por sentido, se realiza una proporción del TPDA la cual se corresponde a (1/365)

El Costo del Tiempo de Recorrido (CTR) se estima únicamente para los minutos que se generarán derivados de la ejecución de la obra (incremento del 50% del tiempo de recorrido). Para el caso de un vehículo tipo A asciende 0.51 minutos, durante el tiempo que se lleve a cabo la obra. Los anteriores se valoran a través del costo social del tiempo, para ello se ocupa una proporción de 70% de viajes de ocio (42.04 $/hora) y 30% viajes de trabajo (70.07 $/hora), por lo que se tiene un costo social del tiempo para el proyecto de 50.45 $/hr. La siguiente tabla establece los CTR para los diferentes tipos de vehículos para las alternativas de solución del PPI.

Tabla 6.5.10 Costos del tiempo de recorrido por Molestias por alternativas del PPI

		TOTAL	M	A	B	C	CA
Costo social del tiempo para el PPI ($/hr)			50.45	50.45	50.45	50.45	50.45
Ocupación vehicular			1.50	1.80	20.00	1.40	1.30
Costo del Tiempo de Recorrido por tipo de vehículo ($/hr)			75.68	90.81	1,009.01	70.63	65.59
Minutos de Recorrido agregardo debido a las obras por tipo de vehículo (hr)			0.51	0.51	0.55	0.61	0.63
Alternativa 1	TPD 2020 Aeropuerto-Cancún 22:00-7:00 para 2 días/a	11,299	181	9,547	260	1,141	169
	TPD 2020 Cancún-Aeropuerto 22:00-7:00 para 2 días/a	11,603	220	9,642	290	1,265	186
	Minutos de recorrido derivados de molestias para los vehículos que circulan del Aeropuerto-Cancún 22:00-7:00 para 2 días /b	5,855	91.35	4,821.90	143.24	691.74	106.65
	Minutos de recorrido derivados de molestias para los vehículos que circulan del Cancún-Aeropuerto 22:00-7:00 para 2 días /b	6,025	111.36	4,869.78	159.89	766.49	117.20
	Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos que circulan del Aeropuerto - Cancún 22:00-7:00 para 2 días /c	10,753	115.22	7,298.01	2,408.77	814.30	116.58
	Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos que circulan del Cancún - Aeropuerto 22:00-7:00 para 2 días /c	11,230	140.46	7,370.47	2,688.80	902.30	128.12
Alternativa 2	TPD 2020 Aeropuerto-Cancún 00:00-4:00 para un día/d	1,361	22	1,150	31	137	20
	TPD 2020 Cancún-Aeropuerto 00:00-4:00 para un día /d	1,974	38	1,640	49	215	32
	Minutos de recorrido derivados de molestias para los vehículos que circulan del Aeropuerto-Cancún 00:00-4:00 para 1 día /b	705	11.00	580.63	17.25	83.30	12.84
	Minutos de recorrido derivados de molestias para los vehículos que circulan del Cancún-Aeropuerto 00:00-4:00 para 1 día /b	1,025	18.95	828.48	27.20	130.40	19.94
	Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos que circulan del Aeropuerto - Cancún 00:00-4:00 para 1 día /c	1,295	13.87	878.79	290.05	98.05	14.04
	Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos que circulan del Cancún - Aeropuerto 00:00-4:00 para 1 día /c	1,911	23.90	1,253.92	457.44	153.51	21.80

Fuente: Estimaciones propias

a/ TPD del Boulevard Luis Donaldo Colosio por tipo de vehículo y sentido para 2 días en el horario de 22:00 a 7:00 para 2020, tomado de la tabla anterior.

b/ Multiplicación de la ocupación vehicular por TPD del Boulevard para el tiempo de ejecución de la obra, renglón anterior.

c/ Multiplicación de los minutos de recorrido por el Costo del Tiempo de Recorrido (50.45 hr/60 min).

d/ TPD del Boulevard Luis Donaldo Colosio por tipo de vehículo y sentido para 1 día en el horario de 00:00 a 4:00 para 2020, tomado de la tabla anterior.

Los costos de molestias se estiman a partir del aumento de los CGV derivados de los mayores tiempos de circulación durante la ejecución de las obras, por lo que hay que sumar los COV y CTR para cada alternativa, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6.5.11 Costos de molestias para alternativas del PPI

			TOTAL	M	A	B	C	CA
Alternativa 1	Sentido Aeropuerto-Cancún	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	5,826.11	-	4,841.18	387.01	474.89	123.03
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	10,752.88	115.22	7,298.01	2,408.77	814.30	116.58
	Sentido Cancún-Aeropuerto	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	5,982.66	-	4,889.24	432.01	526.21	135.20
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	11,230.14	140.46	7,370.47	2,688.80	902.30	128.12
	Monto de CGV generados por Molestias a los vehículos		33,791.79	255.68	24,398.90	5,916.59	2,717.70	502.92
Alternativa 2	Sentido Aeropuerto-Cancún	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	701.55	-	582.95	46.60	57.18	14.81
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	1,294.81	13.87	878.79	290.05	98.05	14.04
	Sentido Cancún-Aeropuerto	Monto de COV generados por Molestias a los vehículos	1,017.81	-	831.79	73.50	89.52	23.00
		Monto de CTR generados por Molestias a los vehículos	1,910.55	23.90	1,253.92	457.44	153.51	21.80
	Monto de CGV generados por Molestias a los vehículos		4,924.73	37.77	3,547.45	867.59	398.27	73.65

Fuente: Elaboración propia

6.6 Valor Actual de Costos (VAC) y Costo Anual Equivalente (CAE)

Tabla 6.6.1 Valor Actual de Costos (VAC) y Costo Anual Equivalente (CAE) de las alternativas de solución

Año		Alternativa 1					Factor de actualización	Flujo de Costos a Valor Actual	Alternativa 2					Factor de actualización	Flujo de Costos a Valor Actual
		Costos de Inversión	Reinversión	Costos de Mantenimiento	Costos de Molestias	Flujo de Costos			Costos de Inversión	Reinversión	Costos de Mantenimiento	Costos de Molestias	Flujo de Costos		
0	2020	362,491	-	-	33,792	396,283	1.00	396,283	434,120	-	-	4,925	439,045	1.00	439,045
1	2021	-	-	-	-	-	0.91	-	-	-	-	-	-	0.91	-
2	2022	-	-	3,675	-	3,675	0.83	3,037	-	-	2,174	-	2,174	0.83	1,797
3	2023	-	-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	-	-	0.75	-
4	2024	-	-	3,675	-	3,675	0.68	2,510	-	-	2,174	-	2,174	0.68	1,485
5	2025	-	-	52,321	-	52,321	0.62	32,487	-	434,120	45,573	-	479,693	0.62	297,852
6	2026	-	-	3,675	-	3,675	0.56	2,074	-	-	2,174	-	2,174	0.56	1,227
7	2027	-	-	-	-	-	0.51	-	-	-	-	-	-	0.51	-
8	2028	-	-	3,675	-	3,675	0.47	1,714	-	-	2,174	-	2,174	0.47	1,014
9	2029	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-	-	0.42	-
10	2030	-	-	-	-	-	0.39	-	-	-	-	-	-	0.39	-
						VPCostos		**438,105**					**VPCostos**		**742,420**
						CAE		**71,300**					**CAE**		**120,825**

Fuente: Elaboración propia

6.7 Externalidades derivadas de la operación del paso peatonal

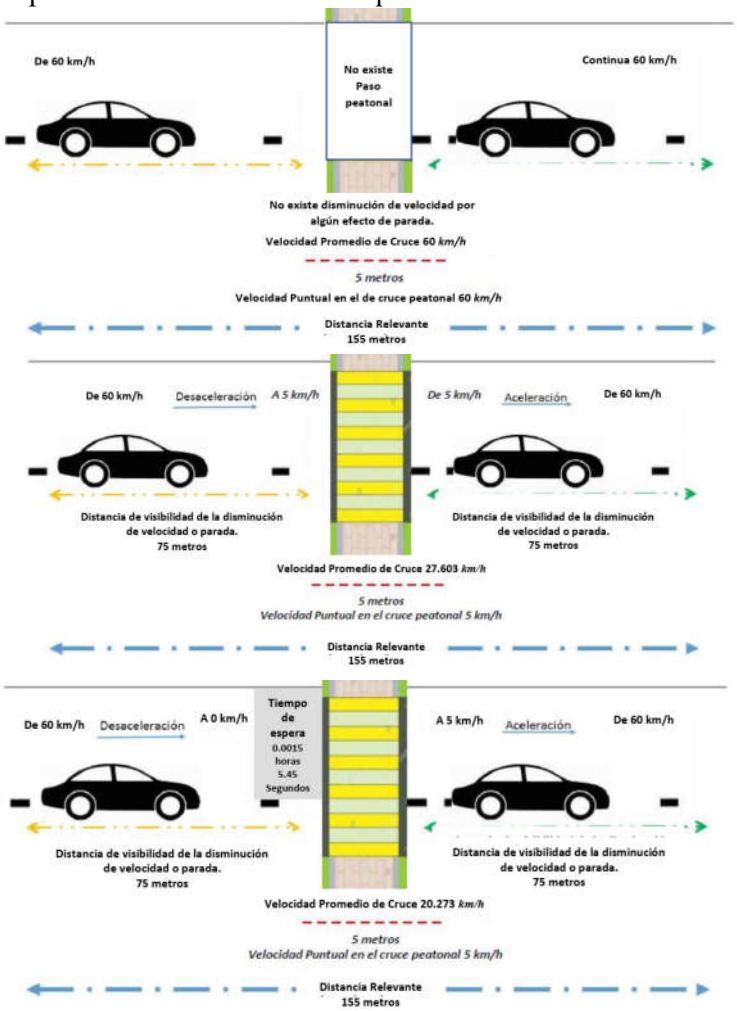
El proyecto genera una externalidad en los vehículos que circulan sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio a la altura de la Universidad Anáhuac, lo cual se puede apreciar en dos efectos, el primero se manifiesta para todos los vehículos que circulan sobre la misma, derivado de la acción de disminuir la velocidad para atravesar el cruce peatonal. El segundo emana del paso de las personas sobre el cruce peatonal, ya que los vehículos tienen que detener su paso de manera completa durante el cruce de personas. Para la cuantificación de la externalidad es necesario descontar a la situación sin cruce peatonal los efectos antes mencionados. A continuación, se presenta en la siguiente tabla, de manera esquemática, lo anteriormente descrito.

Figura 6.7.1 Efectos del paso peatonal sobre los vehículos que circulan en el boulevard

No existe el cruce peatonal propuesto

Efecto de la disminución de velocidad para los vehículos debido al cruce peatonal

Efecto de la disminución de velocidad derivado del cruce de peatones sobre el cruce peatonal

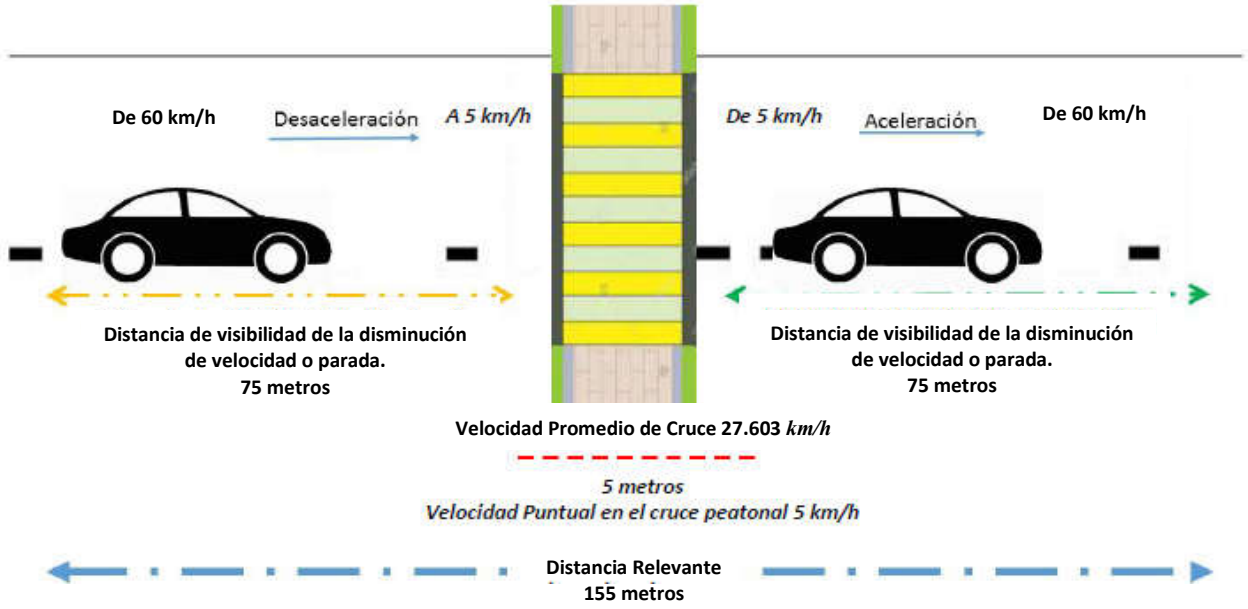


Fuente: Elaboración propia

Tiempo y COV derivados de la operación del paso peatonal sobre los vehículos

Dentro de los efectos que tiene el paso peatonal en el Boulevard Luis Donaldo Colosio en la Ciudad de Cancún se puede identificar y evaluar el generado en los vehículos que circulan en dicha vialidad a la altura de Universidad Anáhuac, el cual consiste en que al llegar al cruce deben realizar un frenado y un arranque, ya que el cruce hace una función similar a la de un reductor de velocidad con el objeto de generar condiciones de paso seguras para los peatones. El siguiente esquema muestra la forma en la que operaran los vehículos al cruzar el paso peatonal, específicamente para un tipo A.

Figura 6.8.1 Esquema de cruce del paso peatonal para los vehículos.



Fuente: Elaboración propia

Los vehículos realizan las siguientes acciones para atravesar el cruce peatonal:

1. Circulación a velocidad de marcha según el tipo de vehículo.
2. Desaceleración del vehículo al visualizar el paso peatonal.
3. Paso a una velocidad baja sobre el paso peatonal (5 km/hr)
4. Aceleración una vez cruzando el paso peatonal hasta alcanzar la velocidad de marcha inicial.

Considerando el esquema y acciones anteriormente mostradas, a continuación, se describe para un vehículo tipo A las operaciones que realiza. La velocidad de circulación inicial está dada por la velocidad a la que circulan los vehículos sobre el Boulevard Luis Donaldo Colosio, en el horario que no hay congestión asciende a 59 km/hr, posteriormente al ver el paso peatonal reducirá de manera continua su velocidad hasta alcanzar 5 km/hr, de esta manera tendrá una distancia de frenado de 95 m, después cruzará el paso peatonal a una velocidad de 5 km/hr, para luego reiniciar su velocidad hasta alcanzar su velocidad inicial. De esta manera, la distancia relevante es de 195 m y ocupara en dicho trayecto un tiempo total de 23.4 segundos (0.0065 hora) siendo la velocidad promedio de 27.826 km/h. A continuación, se realiza la explicación puntual para determinar todos los valores anteriores.

A partir de la información establecida en el "*Anexo 6.5. Estimación de Costos de Molestias*" referente al "*Comportamiento horario del flujo vehicular*" y el "*TPDA de los vehículos del Boulevard Luis Donaldo Colosio por tipo de vehículo*", así como, TCMA de 3.28%. Se estiman los aforos vehiculares por sentido y congestión durante el horizonte de evaluación del proyecto, posteriormente se distribuyen por tipo de vehículo, los anteriores se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 6.8.1 Aforo vehicular por sentido y tipo de congestión en el horizonte de evaluación

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte		
		Sin Congestión	Con Congestión	Total	Sin Congestión	Con Congestión	Total
Base	**2019**	2,434,185	11,382,525	13,816,710	9,648,410	4,084,715	13,733,125
0	**2020**	2,511,453	11,743,840	14,255,294	9,954,679	4,214,376	14,169,055
1	**2021**	2,588,730	12,105,197	14,693,927	10,260,983	4,344,052	14,605,035
2	**2022**	2,666,095	12,466,962	15,133,057	10,567,634	4,473,874	15,041,509
3	**2023**	2,743,424	12,828,563	15,571,987	10,874,146	4,603,638	15,477,784
4	**2024**	2,820,638	13,189,622	16,010,260	11,180,198	4,733,207	15,913,405
5	**2025**	2,897,662	13,549,794	16,447,456	11,485,498	4,862,458	16,347,956
6	**2026**	2,974,503	13,909,114	16,883,617	11,790,076	4,991,403	16,781,479
7	**2027**	3,051,235	14,267,922	17,319,157	12,094,220	5,120,164	17,214,383
8	**2028**	3,127,856	14,626,209	17,754,065	12,397,922	5,248,738	17,646,660
9	**2029**	3,204,321	14,983,766	18,188,087	12,701,006	5,377,051	18,078,057
10	**2030**	3,280,585	15,340,386	18,620,971	13,003,295	5,505,027	18,508,322

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.2 Aforo vehicular por sentido, congestión y tipo de vehículo sin la realización del paso peatonal durante el horizonte de evaluación

			Con congestión						Sin congestión						
	Periodo	**Año**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**Subtotal**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**Subtotal**	**Total**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	182,135	9,618,480	261,705	1,149,750	170,455	11,382,525	39,055	2,056,775	56,210	246,010	36,135	2,434,185	13,816,710
	0	2020	188,107	9,933,877	270,286	1,187,451	176,044	11,755,766	40,336	2,124,218	58,053	254,077	37,320	2,514,004	14,269,770
	1	2021	194,276	10,259,615	279,149	1,226,388	181,817	12,141,246	41,658	2,193,873	59,957	262,408	38,544	2,596,440	14,737,685
	2	2022	200,646	10,596,035	288,303	1,266,603	187,779	12,539,366	43,024	2,265,811	61,923	271,013	39,808	2,681,579	15,220,944
	3	2023	207,225	10,943,487	297,757	1,308,135	193,936	12,950,540	44,435	2,340,109	63,953	279,899	41,113	2,769,509	15,720,050
	4	2024	214,020	11,302,331	307,520	1,351,030	200,296	13,375,197	45,892	2,416,843	66,050	289,078	42,461	2,860,324	16,235,521
	5	2025	221,038	11,672,943	317,604	1,395,331	206,863	13,813,779	47,397	2,496,093	68,216	298,557	43,853	2,954,116	16,767,895
	6	2026	228,286	12,055,707	328,018	1,441,085	213,647	14,266,743	48,951	2,577,941	70,453	308,346	45,291	3,050,983	17,317,726
	7	2027	235,772	12,451,022	338,774	1,488,339	220,652	14,734,559	50,556	2,662,474	72,763	318,457	46,776	3,151,027	17,885,586
	8	2028	243,503	12,859,299	349,883	1,537,143	227,888	15,217,716	52,214	2,749,778	75,149	328,900	48,310	3,254,351	18,472,067
	9	2029	251,488	13,280,965	361,356	1,587,547	235,360	15,716,715	53,926	2,839,945	77,613	339,685	49,894	3,361,064	19,077,779
	10	2030	259,734	13,716,457	373,205	1,639,604	243,078	16,232,077	55,694	2,933,069	80,158	350,823	51,530	3,471,275	19,703,353
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	183,230	8,018,320	241,265	1,051,565	154,030	9,648,410	77,745	3,393,770	102,200	445,300	65,700	4,084,715	13,733,125
	0	2020	189,238	8,281,246	249,176	1,086,047	159,081	9,964,788	80,294	3,505,054	105,551	459,902	67,854	4,218,656	14,183,444
	1	2021	195,443	8,552,794	257,347	1,121,659	164,297	10,291,540	82,927	3,619,987	109,012	474,982	70,079	4,356,988	14,648,529
	2	2022	201,852	8,833,246	265,785	1,158,439	169,685	10,629,007	85,646	3,738,689	112,587	490,557	72,377	4,499,857	15,128,864
	3	2023	208,471	9,122,895	274,501	1,196,425	175,249	10,977,540	88,455	3,861,283	116,279	506,643	74,751	4,647,410	15,624,950
	4	2024	215,307	9,422,041	283,502	1,235,656	180,995	11,337,501	91,355	3,987,898	120,092	523,256	77,202	4,799,802	16,137,303
	5	2025	222,367	9,730,996	292,798	1,276,174	186,930	11,709,266	94,351	4,118,663	124,029	540,414	79,733	4,957,191	16,666,457
	6	2026	229,659	10,050,082	302,399	1,318,021	193,060	12,093,220	97,445	4,253,717	128,096	558,135	82,348	5,119,741	17,212,961
	7	2027	237,189	10,379,631	312,315	1,361,240	199,390	12,489,766	100,640	4,393,200	132,297	576,436	85,048	5,287,621	17,777,386
	8	2028	244,967	10,719,987	322,556	1,405,876	205,928	12,899,314	103,940	4,537,256	136,635	595,338	87,837	5,461,006	18,360,319
	9	2029	253,000	11,071,502	333,133	1,451,976	212,681	13,322,291	107,348	4,686,036	141,115	614,859	90,717	5,640,076	18,962,367
	10	2030	261,296	11,434,545	344,057	1,499,587	219,655	13,759,138	110,868	4,839,694	145,743	635,021	93,692	5,825,018	19,584,156

Fuente: Elaboración propia

Considerando los aforos vehiculares y las velocidades observadas en 2019 se realiza una estimación de las velocidades para los diferentes vehículos durante todo el horizonte de evaluación, estableciendo una disminución del 1% anual derivado de la tasa de crecimiento de los aforos vehiculares, la cual es del 3.28% anual. La siguiente tabla presenta dicha información durante el horizonte de evaluación.

Tabla 6.8.3 Velocidades por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación

			Con congestión					Sin congestión				
	Periodo	**Año**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte – Sur	**Base**	2019	55	55	50	45	43	60	60	55	50	48
	0	2020	54	54	50	45	43	59	59	54	50	48
	1	2021	54	54	49	44	42	59	59	54	49	47
	2	2022	53	53	49	44	42	58	58	53	49	47
	3	2023	53	53	48	43	41	58	58	53	48	46
	4	2024	52	52	48	43	41	57	57	52	48	46
	5	2025	52	52	47	42	40	56	56	52	47	45
	6	2026	51	51	47	42	40	56	56	51	47	45
	7	2027	51	51	46	42	40	55	55	51	46	44
	8	2028	50	50	46	41	39	55	55	50	46	44
	9	2029	50	50	45	41	39	54	54	50	45	43
	10	2030	49	49	45	40	38	54	54	49	45	43
Dirección Sur – Norte	**Base**	2019	55	55	50	45	43	60	60	55	50	48
	0	2020	54	54	50	45	43	59	59	54	50	48
	1	2021	54	54	49	44	42	59	59	54	49	47
	2	2022	53	53	49	44	42	58	58	53	49	47
	3	2023	53	53	48	43	41	58	58	53	48	46
	4	2024	52	52	48	43	41	57	57	52	48	46
	5	2025	52	52	47	42	40	56	56	52	47	45
	6	2026	51	51	47	42	40	56	56	51	47	45
	7	2027	51	51	46	42	40	55	55	51	46	44
	8	2028	50	50	46	41	39	55	55	50	46	44
	9	2029	50	50	45	41	39	54	54	50	45	43
	10	2030	49	49	45	40	38	54	54	49	45	43

Nota: Las velocidades de circulación se encuentran redondeadas a enteros
Fuente: Elaboración propia

La distancia relevante se determinó a partir de la información de la distancia de visibilidad de parada establecida en el "*Manual de proyecto geométrico de carreteras*". A continuación, se presenta dicha información.

Tabla 6.8.4 Distancia de visibilidad de parada por tipo de vehículos

Velocidad de circulación (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	
	M y A	B, C y CA
30	30.0	40.0
35	35.0	52.5
40	40.0	65.0
45	47.5	77.5
50	55.0	90.0
55	65.0	107.5
60	75.0	125.0
65	85.0	142.5
70	95.0	160.0
75	105.0	182.5
80	115.0	205.0
90	135.0	245.0
100	155.0	290.0
110	175.0	340.0

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de proyecto geométrico de carreteras, SCT 1991.

En el caso de un vehículo tipo A con una velocidad de 60 Km/hr la distancia de frenado inicia 75 metros antes de llegar al punto objetivo, una vez que se llega se cruza el paso peatonal que tiene un ancho de 5 metros a una velocidad de 5 Km/hr y posteriormente se acelera hasta llegar nuevamente a la velocidad inicial (60 km/hr), lo cual se logra en una distancia similar a la de frenado. De esta manera se tiene que la distancia relevante es de 0.155 Km. El tiempo de recorrido de la distancia relevante asciende a 0.0056 horas (20.2154 segundos), el cual se compone del tiempo de cruce peatonal[74] (0.0010 h), desaceleración[75] (0.0023 horas) y aceleración (igual al de desaceleración, se regresa a la velocidad inicial).

[74] $\frac{0.005\ Km}{5\frac{Km}{h}} = 0.0010\ h$, lo que equivale a 3.6 segundos

[75] Se obtiene a partir de la fórmula de la aceleración conociendo la distancia: $a = \frac{Vf^2 - Vi^2}{2d}$ donde a = Aceleración; Vf=Velocidad final; Vi=Velocidad inicial; d=Distancia. A partir de los datos de obtenidos para un vehículo de tipo A se tiene lo siguiente: $\frac{(5\frac{Km}{h})^2 - (60\frac{Km}{h})^2}{2(0.075\ Km)} = -23{,}833.33\ \frac{Km}{h^2}$ Una vez obtenida la desaceleración se estima el tiempo para llegar a la misma, para lo cual se usa la fórmula del tiempo cuando se conoce la aceleración y las velocidades, la cual es: $t = \frac{Vf - Vi}{a}$ donde

Considerando el procedimiento anterior se realizan las estimaciones para los diferentes tipos de vehículos y velocidades de acuerdo a los periodos de "congestión" y "sin congestión". Las distancias se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación.

Tabla 6.8.5 Distancia de visibilidad de parada por congestión y tipo vehículos

	Velocidad C/Congestión					Velocidad S/Congestión				
	M	**A**	**B**	**C**	**CA**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Velocidad flujo inicial (km/h)	55	55	50	45	43	60	60	55	50	48
Distancia de frenado (km)	0.065	0.065	0.09	0.0775	0.065	0.075	0.075	0.1075	0.09	0.0775
Distancia de aceleración (km)	0.065	0.065	0.09	0.0775	0.065	0.075	0.075	0.1075	0.09	0.0775
Ancho del paso peatonal a nivel (km)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Distancia relevante en kilómetros	0.135	0.135	0.185	0.160	0.135	0.155	0.155	0.220	0.185	0.160
Velocidad final (antes paso) km/h	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Aceleración y desaceleración km/h2	-23077	-23077	-13750	-12903	-14031	-23833	-23833	-13953	-13750	-14703
Tiempo de aceleración y desaceleración (h)	0.0022	0.0022	0.0033	0.0031	0.0027	0.0023	0.0023	0.0036	0.0033	0.0029
Tiempo de cruce del paso peatonal (h)	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
Tiempo total de distancia relevante (h)	0.0053	0.0053	0.0075	0.0072	0.0064	0.0056	0.0056	0.0082	0.0075	0.0068
Velocidad promedio*	25	25	25	22	21	28	28	27	25	23

Nota: *La velocidad promedio se encuentra redondeada a enteros
Fuente: Elaboración propia.

A partir de las velocidades anteriormente estimadas por tipo de vehículo, se pueden calcular las mismas para todo el horizonte de evaluación mediante la disminución anual del 1% derivado del crecimiento del flujo vehicular, como se estableció para las velocidades en la situación que aún no se ha realizado el paso peatonal en el presente apartado.

t=Tiempo; a = Aceleración; Vf=Velocidad final; Vi=Velocidad inicial, sustituyendo por los valores para un vehículo tipo A obtenidos se tiene $\frac{5\frac{Km}{h}-60\frac{Km}{h}}{-23833\frac{Km}{h^2}} = 0.0023\ h$, lo que equivale a 8.3076 segundos.

Tabla 6.8.6 Velocidades por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación

			Con congestión					Sin congestión				
	Periodo	**Año**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	26	26	25	23	22	28	28	27	25	24
	0	2020	26	26	25	22	21	28	28	27	25	24
	1	2021	26	26	24	22	21	28	28	27	24	23
	2	2022	26	26	24	22	21	28	28	26	24	23
	3	2023	25	25	24	22	21	27	27	26	24	23
	4	2024	25	25	24	22	21	27	27	26	24	23
	5	2025	25	25	23	21	20	27	27	26	23	22
	6	2026	25	25	23	21	20	27	27	25	23	22
	7	2027	24	24	23	21	20	26	26	25	23	22
	8	2028	24	24	23	21	20	26	26	25	23	22
	9	2029	24	24	23	21	20	26	26	25	23	22
	10	2030	24	24	22	20	19	26	26	24	22	21
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	26	26	25	23	22	28	28	27	25	24
	0	2020	26	26	25	22	21	28	28	27	25	24
	1	2021	26	26	24	22	21	28	28	27	24	23
	2	2022	26	26	24	22	21	28	28	26	24	23
	3	2023	25	25	24	22	21	27	27	26	24	23
	4	2024	25	25	24	22	21	27	27	26	24	23
	5	2025	25	25	23	21	20	27	27	26	23	22
	6	2026	25	25	23	21	20	27	27	25	23	22
	7	2027	24	24	23	21	20	26	26	25	23	22
	8	2028	24	24	23	21	20	26	26	25	23	22
	9	2029	24	24	23	21	20	26	26	25	23	22
	10	2030	24	24	22	20	19	26	26	24	22	21

Nota: Las velocidades de circulación se encuentran redondeadas a enteros
Fuente: Elaboración propia

Considerando las velocidades que han sido estimadas, se calcula el tiempo de recorrido para la distancia relevante por cada tipo de vehículo durante el horizonte de evaluación. Asimismo, a partir de dichas velocidades se muestran los COV estimados en el anexo de costos de molestias. La información anterior se establece durante el horizonte de evaluación en las siguientes tablas.

Tabla 6.8.7 Tiempo de recorrido por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación (horas)

			Con congestión					Sin congestión				
	Periodo	**Año**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	0.00683	0.00683	0.00864	0.00860	0.00808	0.00685	0.00685	0.00883	0.00864	0.00817
	0	2020	0.00690	0.00690	0.00872	0.00869	0.00816	0.00692	0.00692	0.00892	0.00872	0.00825
	1	2021	0.00697	0.00697	0.00881	0.00877	0.00825	0.00699	0.00699	0.00901	0.00881	0.00834
	2	2022	0.00704	0.00704	0.00890	0.00886	0.00833	0.00706	0.00706	0.00910	0.00890	0.00842
	3	2023	0.00711	0.00711	0.00899	0.00895	0.00841	0.00713	0.00713	0.00920	0.00899	0.00850
	4	2024	0.00719	0.00719	0.00908	0.00904	0.00850	0.00720	0.00720	0.00929	0.00908	0.00859
	5	2025	0.00726	0.00726	0.00917	0.00913	0.00859	0.00727	0.00727	0.00938	0.00917	0.00868
	6	2026	0.00733	0.00733	0.00927	0.00923	0.00867	0.00735	0.00735	0.00948	0.00927	0.00877
	7	2027	0.00741	0.00741	0.00936	0.00932	0.00876	0.00742	0.00742	0.00957	0.00936	0.00885
	8	2028	0.00748	0.00748	0.00945	0.00941	0.00885	0.00749	0.00749	0.00967	0.00945	0.00894
	9	2029	0.00756	0.00756	0.00955	0.00951	0.00894	0.00757	0.00757	0.00977	0.00955	0.00903
	10	2030	0.00763	0.00763	0.00965	0.00961	0.00903	0.00765	0.00765	0.00987	0.00965	0.00912
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	0.00683	0.00683	0.00864	0.00860	0.00808	0.00685	0.00685	0.00883	0.00864	0.00817
	0	2020	0.00690	0.00690	0.00872	0.00869	0.00816	0.00692	0.00692	0.00892	0.00872	0.00825
	1	2021	0.00697	0.00697	0.00881	0.00877	0.00825	0.00699	0.00699	0.00901	0.00881	0.00834
	2	2022	0.00704	0.00704	0.00890	0.00886	0.00833	0.00706	0.00706	0.00910	0.00890	0.00842
	3	2023	0.00711	0.00711	0.00899	0.00895	0.00841	0.00713	0.00713	0.00920	0.00899	0.00850
	4	2024	0.00719	0.00719	0.00908	0.00904	0.00850	0.00720	0.00720	0.00929	0.00908	0.00859
	5	2025	0.00726	0.00726	0.00917	0.00913	0.00859	0.00727	0.00727	0.00938	0.00917	0.00868
	6	2026	0.00733	0.00733	0.00927	0.00923	0.00867	0.00735	0.00735	0.00948	0.00927	0.00877
	7	2027	0.00741	0.00741	0.00936	0.00932	0.00876	0.00742	0.00742	0.00957	0.00936	0.00885
	8	2028	0.00748	0.00748	0.00945	0.00941	0.00885	0.00749	0.00749	0.00967	0.00945	0.00894
	9	2029	0.00756	0.00756	0.00955	0.00951	0.00894	0.00757	0.00757	0.00977	0.00955	0.00903
	10	2030	0.00763	0.00763	0.00965	0.00961	0.00903	0.00765	0.00765	0.00987	0.00965	0.00912

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.8 Costo de operación vehicular unitario por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación ($/vehículo/km)

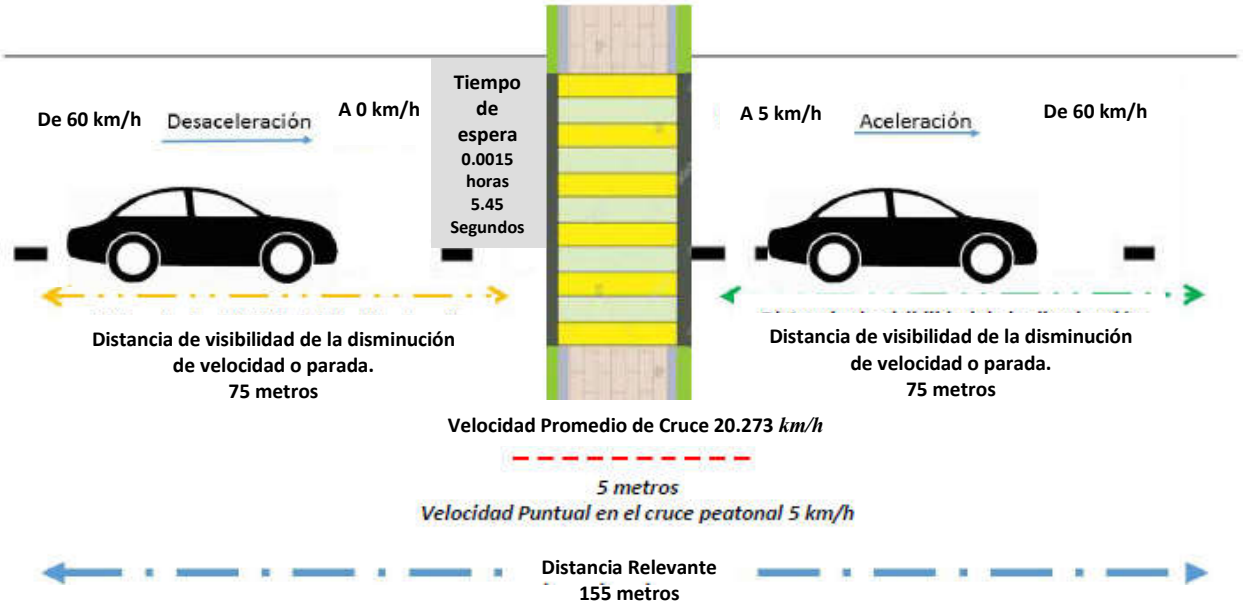
			Con congestión				Sin congestión			
	Periodo	**Año**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	6.5058	20.0847	12.0515	19.9063	6.3292	19.2770	11.8229	19.9051
	0	2020	6.5058	20.0847	12.0515	19.9063	6.3292	19.4266	11.8229	19.9051
	1	2021	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063	6.4229	19.4266	11.8229	19.9051
	2	2022	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063	6.4229	19.4266	11.8229	19.9051
	3	2023	6.5889	20.7235	12.1278	20.0412	6.4229	19.4266	12.0805	19.8997
	4	2024	6.5889	20.7235	12.1278	20.0412	6.4229	19.5783	12.0805	19.8997
	5	2025	6.7294	20.7235	12.1278	20.0412	6.5058	19.5783	12.0805	19.8997
	6	2026	6.7294	20.7235	12.1278	20.0412	6.5058	19.5783	12.0805	19.8997
	7	2027	6.7294	20.8690	12.2806	20.5046	6.5058	19.5783	12.0515	19.8997
	8	2028	6.7294	20.8690	12.2806	20.5046	6.5058	20.0847	12.0515	19.9063
	9	2029	6.9140	20.8690	12.2806	20.5046	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063
	10	2030	6.9140	20.8690	12.2806	20.5046	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	6.5058	20.0847	12.0515	19.9063	6.3292	19.2770	11.8229	19.9051
	0	2020	6.5058	20.0847	12.0515	19.9063	6.3292	19.4266	11.8229	19.9051
	1	2021	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063	6.4229	19.4266	11.8229	19.9051
	2	2022	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063	6.4229	19.4266	11.8229	19.9051
	3	2023	6.5889	20.7235	12.1278	20.0412	6.4229	19.4266	12.0805	19.8997
	4	2024	6.5889	20.7235	12.1278	20.0412	6.4229	19.5783	12.0805	19.8997
	5	2025	6.7294	20.7235	12.1278	20.0412	6.5058	19.5783	12.0805	19.8997
	6	2026	6.7294	20.7235	12.1278	20.0412	6.5058	19.5783	12.0805	19.8997
	7	2027	6.7294	20.8690	12.2806	20.5046	6.5058	19.5783	12.0515	19.8997
	8	2028	6.7294	20.8690	12.2806	20.5046	6.5058	20.0847	12.0515	19.9063
	9	2029	6.9140	20.8690	12.2806	20.5046	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063
	10	2030	6.9140	20.8690	12.2806	20.5046	6.5889	20.0847	12.0515	19.9063

Fuente: Elaboración propia

Tiempo y COV derivados del cruce de peatones por el paso peatonal sobre los vehículos

El segundo efecto que tiene el paso peatonal sobre los vehículos que circulan en el Boulevard Luis Donaldo Colosio se genera cuando los peatones cruzan el boulevard, debido a que los vehículos se tienen que detener totalmente para que crucen los peatones. De esta manera, los vehículos al llegar al cruce deben realizar un frenado hasta llegar a detenerse totalmente, esperar que crucen los peatones y arrancar hasta volver a la velocidad de origen antes de iniciar dicha operación. El siguiente esquema muestra la forma en la que operaran los vehículos al cruzar el paso peatonal, específicamente para un tipo A.

Figura 6.8.2 Esquema del cruce de peatones por el paso peatonal para los vehículos.



Fuente: Elaboración propia

Los vehículos realizan las siguientes acciones para atravesar el cruce peatonal:

1. Circulación a velocidad de marcha según el tipo de vehículo.
2. Desaceleración del vehículo al visualizar el paso peatonal hasta detenerse totalmente.
3. Esperar el tiempo de cruce de los peatones
4. Pasar a una velocidad baja sobre el paso peatonal (5 km/hr)
5. Aceleración una vez cruzando el paso peatonal hasta alcanzar la velocidad de marcha inicial.

Considerando el procedimiento anterior se realizan las estimaciones para los diferentes tipos de vehículos y velocidades de acuerdo a los periodos de "congestión" y "sin congestión". El proceso de determinación y valores para determinar la distancia de visibilidad de parada es igual al realizado anteriormente para los valores correspondientes al efecto del "*paso peatonal sobre los vehículos*", por lo que la distancia relevante continúa siendo la misma, cambiando únicamente las velocidades y tiempo, ya que ahora se tiene que detener completamente los vehículos (0 km/hr) y esperar el tiempo de paso de los peatones[76] (.001515 horas o 5.45 segundos). De esta manera, se tienen nuevos valores para dichas variables. Los resultados para cada tipo de vehículo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6.8.9 Distancia de visibilidad de parada por congestión y tipo de vehículos derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación

	Velocidad C/Congestión					**Velocidad S/Congestión**				
	M	**A**	**B**	**C**	**CA**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Velocidad flujo inicial (km/h)	55	55	50	45	43	60	60	55	50	48
Distancia de frenado (km)	0.065	0.065	0.09	0.0775	0.065	0.075	0.075	0.1075	0.09	0.0775
Distancia de aceleración (km)	0.065	0.065	0.09	0.0775	0.065	0.075	0.075	0.1075	0.09	0.0775
Ancho del paso peatonal a nivel (km)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Distancia relevante en kilómetros	0.135	0.135	0.185	0.160	0.135	0.155	0.155	0.220	0.185	0.160
Velocidad final (antes paso) km/h	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Velocidad de paso del cruce	-17286	-17286	-11905	-10658	-10876	-18947	-18947	-12872	-11905	-12126
Aceleración y desaceleración km/h2	0.0032	0.0032	0.0042	0.0042	0.0040	0.0032	0.0032	0.0043	0.0042	0.0040
Tiempo de aceleración y desaceleración (h)	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Tiempo de espera para cruce de peatones (h)	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
Tiempo de cruce del paso peatonal (h)	0.0089	0.0089	0.0109	0.0110	0.0104	0.0088	0.0088	0.0111	0.0109	0.0104
Tiempo total de distancia relevante (h)	20.273	20.273	19.698	17.793	16.791	22.038	22.038	21.699	19.698	18.693
Velocidad promedio*	20	20	20	18	17	22	22	22	20	19

Nota: *La velocidad promedio se encuentra redondeada a enteros
Fuente: Elaboración propia.

[76] La determinación del tiempo de espera se realizó de la siguiente forma, considerando que el largo del cruce peatonal es de 30.3 metros (0.0330 km) y la velocidad de caminata de 5 Km/hr para los peatones el tiempo de cruce se realiza en 0.0060 h, sin embargo, debido a la existencia del camellón se puede liberar un sentido en lo que se cruza el otro, por lo que dicho tiempo se puede dividir a la mitad, siendo 0.0030 h. Adicionalmente, el primer vehículo se detiene todo el tiempo y el ultimo sólo la mitad, por lo que puede dividirse dicha tiempo también a la mitad 0.0015 h.

A partir de las velocidades anteriormente estimadas por tipo de vehículo, se pueden calcular las mismas para todo el horizonte de evaluación mediante la disminución anual del 1% derivado del crecimiento del flujo vehicular, como se estableció para las velocidades en la situación que aún no se ha realizado el paso peatonal en el presente apartado.

Tabla 6.8.10 Velocidades por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación

	Periodo		Con congestión					Sin congestión				
		Año	M	A	B	C	CA	M	A	B	C	CA
Dirección Norte - Sur	Base	2019	M	A	B	C	CA	M	A	B	C	CA
	0	2020	20	20	20	18	17	22	22	22	20	19
	1	2021	20	20	20	18	17	22	22	21	20	19
	2	2022	20	20	19	17	16	22	22	21	19	18
	3	2023	20	20	19	17	16	21	21	21	19	18
	4	2024	19	19	19	17	16	21	21	21	19	18
	5	2025	19	19	19	17	16	21	21	21	19	18
	6	2026	19	19	19	17	16	21	21	20	19	18
	7	2027	19	19	18	17	16	21	21	20	18	17
	8	2028	19	19	18	16	15	20	20	20	18	17
	9	2029	19	19	18	16	15	20	20	20	18	17
	10	2030	18	18	18	16	15	20	20	20	18	17
Dirección Sur - Norte	Base	2019	20	20	20	18	17	22	22	22	20	19
	0	2020	20	20	20	18	17	22	22	21	20	19
	1	2021	20	20	19	17	16	22	22	21	19	18
	2	2022	20	20	19	17	16	21	21	21	19	18
	3	2023	19	19	19	17	16	21	21	21	19	18
	4	2024	19	19	19	17	16	21	21	21	19	18
	5	2025	19	19	19	17	16	21	21	20	19	18
	6	2026	19	19	18	17	16	21	21	20	18	17
	7	2027	19	19	18	16	15	20	20	20	18	17
	8	2028	19	19	18	16	15	20	20	20	18	17
	9	2029	18	18	18	16	15	20	20	20	18	17
	10	2030	18	18	18	16	15	20	20	19	18	17

Nota: Las velocidades de circulación se encuentran redondeadas a enteros
Fuente: Elaboración propia

Considerando las velocidades que han sido estimadas, se calcula el tiempo de recorrido para la distancia relevante por cada tipo de vehículos. Asimismo, se muestran los COV unitarios asociados a dichas velocidades conforme a lo establecido en el anexo de costos de molestias. La información anterior se establece en las siguientes tablas.

Tabla 6.8.11 Tiempo de recorrido por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (horas)

	Periodo	Año	Con congestión					Sin congestión				
			M	A	B	C	CA	M	A	B	C	CA
Dirección Norte - Sur	Base	2019	0.00888	0.00888	0.01092	0.01096	0.01042	0.00885	0.00885	0.01106	0.01092	0.01043
	0	2020	0.00897	0.00897	0.01103	0.01107	0.01053	0.00894	0.00894	0.01117	0.01103	0.01054
	1	2021	0.00906	0.00906	0.01114	0.01118	0.01063	0.00903	0.00903	0.01129	0.01114	0.01064
	2	2022	0.00915	0.00915	0.01125	0.01129	0.01074	0.00912	0.00912	0.01140	0.01125	0.01075
	3	2023	0.00924	0.00924	0.01136	0.01141	0.01085	0.00921	0.00921	0.01151	0.01136	0.01086
	4	2024	0.00934	0.00934	0.01148	0.01152	0.01096	0.00930	0.00930	0.01163	0.01148	0.01097
	5	2025	0.00943	0.00943	0.01159	0.01164	0.01107	0.00940	0.00940	0.01175	0.01159	0.01108
	6	2026	0.00953	0.00953	0.01171	0.01176	0.01118	0.00949	0.00949	0.01187	0.01171	0.01119
	7	2027	0.00962	0.00962	0.01183	0.01188	0.01129	0.00959	0.00959	0.01199	0.01183	0.01131
	8	2028	0.00972	0.00972	0.01195	0.01200	0.01141	0.00969	0.00969	0.01211	0.01195	0.01142
	9	2029	0.00982	0.00982	0.01207	0.01212	0.01152	0.00978	0.00978	0.01223	0.01207	0.01153
	10	2030	0.00992	0.00992	0.01219	0.01224	0.01164	0.00988	0.00988	0.01235	0.01219	0.01165
Dirección Sur - Norte	Base	2019	0.00888	0.00888	0.01092	0.01096	0.01042	0.00885	0.00885	0.01106	0.01092	0.01043
	0	2020	0.00897	0.00897	0.01103	0.01107	0.01053	0.00894	0.00894	0.01117	0.01103	0.01054
	1	2021	0.00906	0.00906	0.01114	0.01118	0.01063	0.00903	0.00903	0.01129	0.01114	0.01064
	2	2022	0.00915	0.00915	0.01125	0.01129	0.01074	0.00912	0.00912	0.01140	0.01125	0.01075
	3	2023	0.00924	0.00924	0.01136	0.01141	0.01085	0.00921	0.00921	0.01151	0.01136	0.01086
	4	2024	0.00934	0.00934	0.01148	0.01152	0.01096	0.00930	0.00930	0.01163	0.01148	0.01097
	5	2025	0.00943	0.00943	0.01159	0.01164	0.01107	0.00940	0.00940	0.01175	0.01159	0.01108
	6	2026	0.00953	0.00953	0.01171	0.01176	0.01118	0.00949	0.00949	0.01187	0.01171	0.01119
	7	2027	0.00962	0.00962	0.01183	0.01188	0.01129	0.00959	0.00959	0.01199	0.01183	0.01131
	8	2028	0.00972	0.00972	0.01195	0.01200	0.01141	0.00969	0.00969	0.01211	0.01195	0.01142
	9	2029	0.00982	0.00982	0.01207	0.01212	0.01152	0.00978	0.00978	0.01223	0.01207	0.01153
	10	2030	0.00992	0.00992	0.01219	0.01224	0.01164	0.00988	0.00988	0.01235	0.01219	0.01165

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.12 Costo de operación vehicular unitario por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación ($/vehículo/km)

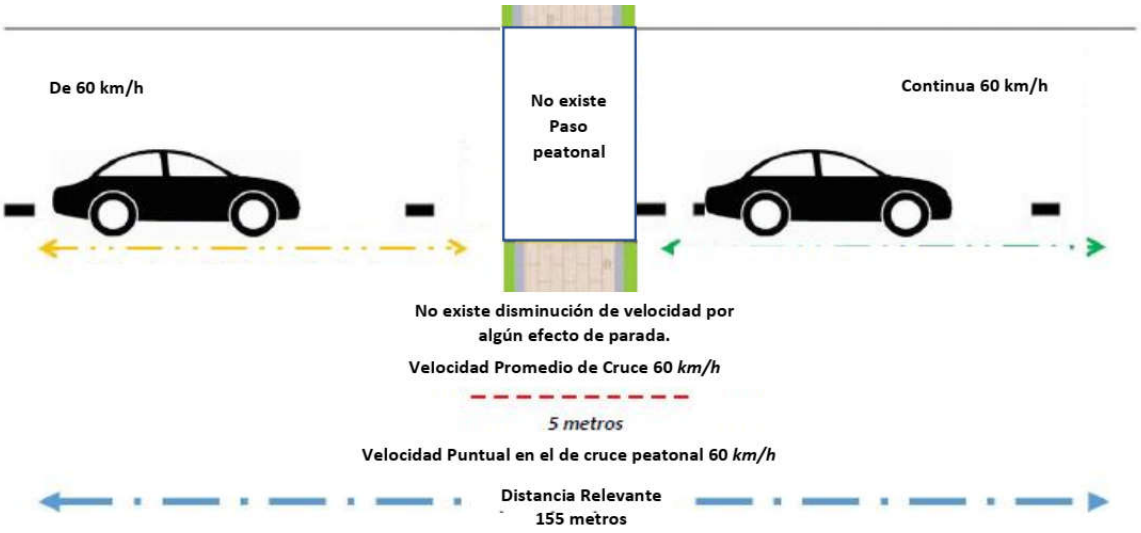
			Con congestión				Sin congestión			
	Periodo	**Año**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	7.2654	22.2318	13.5707	21.6357	7.0161	20.8690	12.1278	20.5046
	0	2020	7.2654	22.2318	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.1278	20.5046
	1	2021	7.5307	22.2318	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.1278	20.5046
	2	2022	7.5307	22.2318	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.1278	20.5046
	3	2023	7.5307	23.1579	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.2806	21.0029
	4	2024	7.5307	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	5	2025	7.5307	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	6	2026	7.7959	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	7	2027	7.7959	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	8	2028	7.7959	24.3385	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.6345	21.7237
	9	2029	7.7959	24.3385	13.6486	21.7091	7.5307	22.2318	12.6345	21.7237
	10	2030	7.7959	24.3385	13.9599	21.7091	7.5307	22.2318	12.6345	21.7237
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	7.2654	22.2318	13.5707	21.6357	7.0161	20.8690	12.1278	20.5046
	0	2020	7.2654	22.2318	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.1278	20.5046
	1	2021	7.5307	22.2318	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.1278	20.5046
	2	2022	7.5307	22.2318	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.1278	20.5046
	3	2023	7.5307	23.1579	13.5707	21.6357	7.1190	21.0222	12.2806	21.0029
	4	2024	7.5307	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	5	2025	7.5307	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	6	2026	7.7959	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	7	2027	7.7959	23.1579	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.2806	21.0029
	8	2028	7.7959	24.3385	13.6486	21.7091	7.2654	21.3075	12.6345	21.7237
	9	2029	7.7959	24.3385	13.6486	21.7091	7.5307	22.2318	12.6345	21.7237
	10	2030	7.7959	24.3385	13.9599	21.7091	7.5307	22.2318	12.6345	21.7237

Fuente: Elaboración propia

Tiempo y COV de los vehículos en la situación sin proyecto

Como se estableció al inicio del presente apartado, la cuantificación de la externalidad sobre los vehículos se realizará como la diferencia de los CGV en la situación sin el paso peatonal y la establecida con el mismo. De esta manera, es necesario establecer los tiempos de recorrido y los COV unitarios si no se realiza el paso peatonal, para ello se ocupan las velocidades de circulación establecidos en la *Tabla 6.8.3 Velocidades por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación*, así como, la distancia relevante para cada tipo de vehículo establecida en la *Tabla 6.8.9 Distancia de visibilidad de parada por congestión y tipo de vehículos derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación*. La siguiente figura muestra de esquemática la situación antes señalada para un vehículo tipo A. Posteriormente, se presentan las estimaciones antes mencionadas en las siguientes tablas.

Figura 6.8.3 Esquema de cruce para los vehículos en la situación sin proyecto.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.13 Tiempo de recorrido por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación (horas)

			Con congestión					Sin congestión				
	Periodo	**Año**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**M**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	0.00327	0.00327	0.00430	0.00433	0.00407	0.00325	0.00325	0.00436	0.00430	0.00406
	0	2020	0.00331	0.00331	0.00434	0.00438	0.00411	0.00328	0.00328	0.00441	0.00434	0.00410
	1	2021	0.00334	0.00334	0.00439	0.00442	0.00415	0.00332	0.00332	0.00445	0.00439	0.00414
	2	2022	0.00337	0.00337	0.00443	0.00447	0.00419	0.00335	0.00335	0.00450	0.00443	0.00419
	3	2023	0.00341	0.00341	0.00448	0.00451	0.00424	0.00338	0.00338	0.00454	0.00448	0.00423
	4	2024	0.00344	0.00344	0.00452	0.00456	0.00428	0.00342	0.00342	0.00459	0.00452	0.00427
	5	2025	0.00348	0.00348	0.00457	0.00460	0.00432	0.00345	0.00345	0.00463	0.00457	0.00432
	6	2026	0.00351	0.00351	0.00461	0.00465	0.00437	0.00349	0.00349	0.00468	0.00461	0.00436
	7	2027	0.00355	0.00355	0.00466	0.00470	0.00441	0.00352	0.00352	0.00473	0.00466	0.00440
	8	2028	0.00358	0.00358	0.00471	0.00474	0.00446	0.00356	0.00356	0.00478	0.00471	0.00445
	9	2029	0.00362	0.00362	0.00475	0.00479	0.00450	0.00359	0.00359	0.00482	0.00475	0.00449
	10	2030	0.00366	0.00366	0.00480	0.00484	0.00455	0.00363	0.00363	0.00487	0.00480	0.00454
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	0.00327	0.00327	0.00430	0.00433	0.00407	0.00325	0.00325	0.00436	0.00430	0.00406
	0	2020	0.00331	0.00331	0.00434	0.00438	0.00411	0.00328	0.00328	0.00441	0.00434	0.00410
	1	2021	0.00334	0.00334	0.00439	0.00442	0.00415	0.00332	0.00332	0.00445	0.00439	0.00414
	2	2022	0.00337	0.00337	0.00443	0.00447	0.00419	0.00335	0.00335	0.00450	0.00443	0.00419
	3	2023	0.00341	0.00341	0.00448	0.00451	0.00424	0.00338	0.00338	0.00454	0.00448	0.00423
	4	2024	0.00344	0.00344	0.00452	0.00456	0.00428	0.00342	0.00342	0.00459	0.00452	0.00427
	5	2025	0.00348	0.00348	0.00457	0.00460	0.00432	0.00345	0.00345	0.00463	0.00457	0.00432
	6	2026	0.00351	0.00351	0.00461	0.00465	0.00437	0.00349	0.00349	0.00468	0.00461	0.00436
	7	2027	0.00355	0.00355	0.00466	0.00470	0.00441	0.00352	0.00352	0.00473	0.00466	0.00440
	8	2028	0.00358	0.00358	0.00471	0.00474	0.00446	0.00356	0.00356	0.00478	0.00471	0.00445
	9	2029	0.00362	0.00362	0.00475	0.00479	0.00450	0.00359	0.00359	0.00482	0.00475	0.00449
	10	2030	0.00366	0.00366	0.00480	0.00484	0.00455	0.00363	0.00363	0.00487	0.00480	0.00454

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.14 Costo de operación vehicular unitario por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación ($/vehículo/km)

			Con congestión				Sin congestión			
	Periodo	**Año**	**A**	**B**	**C**	**CA**	**A**	**B**	**C**	**CA**
Dirección Norte - Sur	**Base**	2019	5.1700	16.0135	10.5458	18.0072	5.0937	15.7947	10.5504	17.9034
	0	2020	5.1837	16.0838	10.5703	18.0178	5.1089	15.8127	10.5534	17.8943
	1	2021	5.1975	16.0838	10.5703	18.0178	5.1242	15.8447	10.5534	17.8943
	2	2022	5.1975	16.1782	10.6213	18.0291	5.1242	15.8447	10.5723	17.8857
	3	2023	5.2113	16.1782	10.6213	18.0291	5.1394	15.8768	10.5723	17.8857
	4	2024	5.2113	16.2296	10.6271	18.0408	5.1394	15.8768	10.5631	17.8776
	5	2025	5.2370	16.2296	10.6271	18.0408	5.1547	15.9451	10.5631	17.8776
	6	2026	5.2370	16.2812	10.6332	18.0408	5.1700	15.9451	10.5543	17.9200
	7	2027	5.2627	16.2812	10.6332	18.1483	5.1700	16.0135	10.5543	17.9200
	8	2028	5.2627	16.3492	10.6332	18.1483	5.1837	16.0135	10.5458	18.0072
	9	2029	5.2846	16.3492	10.6397	18.2555	5.1837	16.0838	10.5458	18.0072
	10	2030	5.2846	16.4440	10.6397	18.2555	5.1975	16.0838	10.5703	18.0178
Dirección Sur - Norte	**Base**	2019	5.1700	16.0135	10.5458	18.0072	5.0937	15.7947	10.5504	17.9034
	0	2020	5.1837	16.0838	10.5703	18.0178	5.1089	15.8127	10.5534	17.8943
	1	2021	5.1975	16.0838	10.5703	18.0178	5.1242	15.8447	10.5534	17.8943
	2	2022	5.1975	16.1782	10.6213	18.0291	5.1242	15.8447	10.5723	17.8857
	3	2023	5.2113	16.1782	10.6213	18.0291	5.1394	15.8768	10.5723	17.8857
	4	2024	5.2113	16.2296	10.6271	18.0408	5.1394	15.8768	10.5631	17.8776
	5	2025	5.2370	16.2296	10.6271	18.0408	5.1547	15.9451	10.5631	17.8776
	6	2026	5.2370	16.2812	10.6332	18.0408	5.1700	15.9451	10.5543	17.9200
	7	2027	5.2627	16.2812	10.6332	18.1483	5.1700	16.0135	10.5543	17.9200
	8	2028	5.2627	16.3492	10.6332	18.1483	5.1837	16.0135	10.5458	18.0072
	9	2029	5.2846	16.3492	10.6397	18.2555	5.1837	16.0838	10.5458	18.0072
	10	2030	5.2846	16.4440	10.6397	18.2555	5.1975	16.0838	10.5703	18.0178

Fuente: Elaboración propia

Cuantificación de la externalidad a partir de los efectos del cruce peatonal sobre los vehículos

Para cuantificar el valor de la externalidad es necesario determinar los efectos del cruce peatonal sobre los vehículos, para lo que es necesario establecer en primera instancia la cantidad de vehículos que se ven afectados por cada uno de los efectos. Para no duplicar el alcance de un efecto sobre los vehículos, únicamente pueden ser afectados por una de las dos acciones. De esta manera, si consideramos la distribución de los flujos vehiculares establecida en la "*Tabla 6.5.3 Comportamiento horario del flujo vehicular por sentido*" del anexo "*6.5 Estimación de Costos de Molestias*" podemos obtener la siguiente distribución vehicular respecto al flujo peatonal.

Tabla 6.8.15 Comportamiento horario del flujo vehicular por sentido

	Con congestión vehicular			Sin congestión vehicular			Total
	Mayor tránsito peatonal	Menor tránsito peatonal	Total	Mayor tránsito peatonal	Menor tránsito peatonal	Total	
Sentido norte a sur	35.87%	46.51%	82.38%	0.00%	17.62%	17.62%	100.00%
	43.54%	56.46%	100.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Sentido sur a norte	27.75%	42.51%	70.26%	7.45%	22.29%	29.74%	100.00%
	39.50%	60.50%	100.00%	25.05%	74.95%	29.74%	100.00%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Tabla 7.5.3 Comportamiento horario del flujo vehicular por sentido

Considerando la distribución anterior, se presenta en las siguientes tablas la distribución del TPDA entre ambos efectos. Posteriormente, se cuantifica el valor de cada uno de los mismos, lo cual se realiza mediante la multiplicación del TPDA correspondiente a cada efecto, para el CTR se efectúa por el *tiempo de recorrido* establecido en el apartado anterior para cada efecto, y el *valor social del tiempo* establecido en la *Tabla 6.5.10 Costos del tiempo de recorrido por Molestias por alternativas del PPI* para cada tipo de vehículo. Para estimar el COV de todos los vehículos que circulan por el boulevard se multiplica el valor de los COV´s unitarios estimados en el apartado anterior por el TPDA respectivo. Por último, se suman el CTR y el COV de todos los vehículos y se obtienen los CGV para todos vehículos que circulan por el boulevard considerando la operación del cruce peatonal. Los anteriores se realizan también para la situación sin proyecto. Las siguientes tablas muestran todas las estimaciones anteriores.

Tabla 6.8.16 Aforo vehicular por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación

	Periodo	Año	Con congestión						Sin congestión						
			M	A	B	C	CA	Subtotal	M	A	B	C	CA	Subtotal	Total
Dirección Norte - Sur	Base	2019	182,135	9,618,480	261,705	1,149,750	170,455	11,382,525	39,055	2,056,775	56,210	246,010	36,135	2,434,185	13,816,710
	0	2020	188,107	9,933,877	270,286	1,187,451	176,044	11,755,766	40,336	2,124,218	58,053	254,077	37,320	2,514,004	14,269,770
	1	2021	194,276	10,259,615	279,149	1,226,388	181,817	12,141,246	41,658	2,193,873	59,957	262,408	38,544	2,596,440	14,737,685
	2	2022	200,646	10,596,035	288,303	1,266,603	187,779	12,539,366	43,024	2,265,811	61,923	271,013	39,808	2,681,579	15,220,944
	3	2023	207,225	10,943,487	297,757	1,308,135	193,936	12,950,540	44,435	2,340,109	63,953	279,899	41,113	2,769,509	15,720,050
	4	2024	214,020	11,302,331	307,520	1,351,030	200,296	13,375,197	45,892	2,416,843	66,050	289,078	42,461	2,860,324	16,235,521
	5	2025	221,038	11,672,943	317,604	1,395,331	206,863	13,813,779	47,397	2,496,093	68,216	298,557	43,853	2,954,116	16,767,895
	6	2026	228,286	12,055,707	328,018	1,441,085	213,647	14,266,743	48,951	2,577,941	70,453	308,346	45,291	3,050,983	17,317,726
	7	2027	235,772	12,451,022	338,774	1,488,339	220,652	14,734,559	50,556	2,662,474	72,763	318,457	46,776	3,151,027	17,885,586
	8	2028	243,503	12,859,299	349,883	1,537,143	227,888	15,217,716	52,214	2,749,778	75,149	328,900	48,310	3,254,351	18,472,067
	9	2029	251,488	13,280,965	361,356	1,587,547	235,360	15,716,715	53,926	2,839,945	77,613	339,685	49,894	3,361,064	19,077,779
	10	2030	259,734	13,716,457	373,205	1,639,604	243,078	16,232,077	55,694	2,933,069	80,158	350,823	51,530	3,471,275	19,703,353
Dirección Sur - Norte	Base	2019	183,230	8,018,320	241,265	1,051,565	154,030	9,648,410	77,745	3,393,770	102,200	445,300	65,700	4,084,715	13,733,125
	0	2020	189,238	8,281,246	249,176	1,086,047	159,081	9,964,788	80,294	3,505,054	105,551	459,902	67,854	4,218,656	14,183,444
	1	2021	195,443	8,552,794	257,347	1,121,659	164,297	10,291,540	82,927	3,619,987	109,012	474,982	70,079	4,356,988	14,648,529
	2	2022	201,852	8,833,246	265,785	1,158,439	169,685	10,629,007	85,646	3,738,689	112,587	490,557	72,377	4,499,857	15,128,864
	3	2023	208,471	9,122,895	274,501	1,196,425	175,249	10,977,540	88,455	3,861,283	116,279	506,643	74,751	4,647,410	15,624,950
	4	2024	215,307	9,422,041	283,502	1,235,656	180,995	11,337,501	91,355	3,987,898	120,092	523,256	77,202	4,799,802	16,137,303
	5	2025	222,367	9,730,996	292,798	1,276,174	186,930	11,709,266	94,351	4,118,663	124,029	540,414	79,733	4,957,191	16,666,457
	6	2026	229,659	10,050,082	302,399	1,318,021	193,060	12,093,220	97,445	4,253,717	128,096	558,135	82,348	5,119,741	17,212,961
	7	2027	237,189	10,379,631	312,315	1,361,240	199,390	12,489,766	100,640	4,393,200	132,297	576,436	85,048	5,287,621	17,777,386
	8	2028	244,967	10,719,987	322,556	1,405,876	205,928	12,899,314	103,940	4,537,256	136,635	595,338	87,837	5,461,006	18,360,319
	9	2029	253,000	11,071,502	333,133	1,451,976	212,681	13,322,291	107,348	4,686,036	141,115	614,859	90,717	5,640,076	18,962,367
	10	2030	261,296	11,434,545	344,057	1,499,587	219,655	13,759,138	110,868	4,839,694	145,743	635,021	93,692	5,825,018	19,584,156

Fuente: Elaboración propia, Transcripción de la Tabla 7.8.2 Aforo vehicular por sentido, congestión y tipo de vehículo sin la realización del paso peatonal durante el horizonte de evaluación

Tabla 6.8.17 Aforo vehicular por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación

	Periodo	Año	Con congestión						Sin congestión						
			M	A	B	C	CA	Subtotal	M	A	B	C	CA	Subtotal	Total
Dirección Norte - Sur	Base	2019	102,830	5,430,390	147,753	649,124	96,235	6,426,332	39,055	2,056,775	56,210	246,010	36,135	2,434,185	8,860,517
	0	2020	106,201	5,608,456	152,598	670,410	99,391	6,637,056	40,336	2,124,218	58,053	254,077	37,320	2,514,004	9,151,060
	1	2021	109,684	5,792,361	157,602	692,393	102,650	6,854,690	41,658	2,193,873	59,957	262,408	38,544	2,596,440	9,451,129
	2	2022	113,280	5,982,297	162,770	715,097	106,016	7,079,460	43,024	2,265,811	61,923	271,013	39,808	2,681,579	9,761,038
	3	2023	116,995	6,178,460	168,107	738,545	109,492	7,311,600	44,435	2,340,109	63,953	279,899	41,113	2,769,509	10,081,110
	4	2024	120,831	6,381,056	173,619	762,763	113,083	7,551,353	45,892	2,416,843	66,050	289,078	42,461	2,860,324	10,411,676
	5	2025	124,793	6,590,296	179,312	787,774	116,791	7,798,967	47,397	2,496,093	68,216	298,557	43,853	2,954,116	10,753,082
	6	2026	128,886	6,806,396	185,192	813,606	120,620	8,054,700	48,951	2,577,941	70,453	308,346	45,291	3,050,983	11,105,683
	7	2027	133,112	7,029,583	191,265	840,285	124,576	8,318,820	50,556	2,662,474	72,763	318,457	46,776	3,151,027	11,469,846
	8	2028	137,477	7,260,087	197,537	867,838	128,660	8,591,599	52,214	2,749,778	75,149	328,900	48,310	3,254,351	11,845,951
	9	2029	141,985	7,498,151	204,014	896,295	132,879	8,873,324	53,926	2,839,945	77,613	339,685	49,894	3,361,064	12,234,388
	10	2030	146,640	7,744,020	210,704	925,685	137,237	9,164,286	55,694	2,933,069	80,158	350,823	51,530	3,471,275	12,635,562
Dirección Sur - Norte	Base	2019	110,861	4,851,392	145,975	636,237	93,194	5,837,659	58,270	2,543,616	76,598	333,750	49,242	3,061,476	8,899,135
	0	2020	114,496	5,010,472	150,761	657,100	96,250	6,029,080	60,180	2,627,023	79,110	344,694	50,857	3,161,864	9,190,944
	1	2021	118,251	5,174,769	155,705	678,647	99,406	6,226,777	62,154	2,713,165	81,704	355,997	52,524	3,265,544	9,492,321
	2	2022	122,128	5,344,453	160,810	700,900	102,666	6,430,958	64,192	2,802,131	84,383	367,670	54,246	3,372,623	9,803,581
	3	2023	126,133	5,519,702	166,084	723,883	106,032	6,641,833	66,297	2,894,015	87,150	379,727	56,025	3,483,214	10,125,047
	4	2024	130,269	5,700,697	171,530	747,620	109,509	6,859,624	68,470	2,988,912	90,008	392,178	57,862	3,597,431	10,457,055
	5	2025	134,541	5,887,626	177,154	772,135	113,100	7,084,556	70,716	3,086,920	92,960	405,038	59,760	3,715,393	10,799,949
	6	2026	138,952	6,080,686	182,963	797,453	116,809	7,316,863	73,034	3,188,143	96,008	418,319	61,719	3,837,223	11,154,087
	7	2027	143,509	6,280,076	188,963	823,602	120,639	7,556,788	75,429	3,292,684	99,156	432,036	63,743	3,963,049	11,519,837
	8	2028	148,214	6,486,004	195,159	850,609	124,595	7,804,581	77,903	3,400,653	102,407	446,203	65,833	4,093,000	11,897,580
	9	2029	153,074	6,698,684	201,558	878,501	128,680	8,060,498	80,457	3,512,163	105,765	460,834	67,992	4,227,212	12,287,710
	10	2030	158,094	6,918,339	208,167	907,308	132,900	8,324,807	83,095	3,627,329	109,233	475,946	70,221	4,365,825	12,690,633

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.18 Aforo vehicular por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación

	Periodo	Año	Con congestión						Sin congestión						
			M	A	B	C	CA	Subtotal	M	A	B	C	CA	Subtotal	Total
Dirección Norte - Sur	Base	2019	79,305	4,188,090	113,952	500,626	74,220	4,956,193	-	-	-	-	-	-	4,956,193
	0	2020	81,906	4,325,421	117,688	517,041	76,653	5,118,710	-	-	-	-	-	-	5,118,710
	1	2021	84,592	4,467,254	121,548	533,996	79,167	5,286,556	-	-	-	-	-	-	5,286,556
	2	2022	87,365	4,613,739	125,533	551,506	81,763	5,459,906	-	-	-	-	-	-	5,459,906
	3	2023	90,230	4,765,026	129,650	569,590	84,444	5,638,940	-	-	-	-	-	-	5,638,940
	4	2024	93,189	4,921,275	133,901	588,267	87,213	5,823,845	-	-	-	-	-	-	5,823,845
	5	2025	96,245	5,082,647	138,292	607,557	90,073	6,014,813	-	-	-	-	-	-	6,014,813
	6	2026	99,401	5,249,310	142,826	627,479	93,026	6,212,043	-	-	-	-	-	-	6,212,043
	7	2027	102,660	5,421,439	147,510	648,055	96,077	6,415,740	-	-	-	-	-	-	6,415,740
	8	2028	106,026	5,599,212	152,346	669,305	99,227	6,626,116	-	-	-	-	-	-	6,626,116
	9	2029	109,503	5,782,814	157,342	691,252	102,481	6,843,391	-	-	-	-	-	-	6,843,391
	10	2030	113,094	5,972,436	162,501	713,918	105,841	7,067,791	-	-	-	-	-	-	7,067,791
Dirección Sur - Norte	Base	2019	72,369	3,166,928	95,290	415,328	60,836	3,810,751	19,475	850,154	25,602	111,550	16,458	1,023,239	4,833,990
	0	2020	74,742	3,270,774	98,415	428,947	62,831	3,935,708	20,114	878,031	26,441	115,207	16,998	1,056,792	4,992,500
	1	2021	77,193	3,378,025	101,642	443,012	64,891	4,064,763	20,774	906,823	27,308	118,985	17,555	1,091,445	5,156,208
	2	2022	79,724	3,488,793	104,975	457,539	67,019	4,198,049	21,455	936,558	28,204	122,887	18,131	1,127,234	5,325,283
	3	2023	82,338	3,603,193	108,417	472,542	69,216	4,335,706	22,158	967,268	29,128	126,916	18,725	1,164,197	5,499,903
	4	2024	85,038	3,721,344	111,972	488,037	71,486	4,477,877	22,885	998,986	30,083	131,078	19,339	1,202,371	5,680,249
	5	2025	87,826	3,843,369	115,644	504,040	73,830	4,624,710	23,635	1,031,743	31,070	135,376	19,974	1,241,798	5,866,508
	6	2026	90,706	3,969,396	119,436	520,568	76,251	4,776,357	24,410	1,065,575	32,089	139,815	20,628	1,282,517	6,058,875
	7	2027	93,681	4,099,555	123,352	537,637	78,751	4,932,977	25,211	1,100,516	33,141	144,400	21,305	1,324,572	6,257,550
	8	2028	96,753	4,233,983	127,397	555,267	81,334	5,094,733	26,037	1,136,602	34,228	149,135	22,003	1,368,006	6,462,739
	9	2029	99,925	4,372,818	131,575	573,475	84,001	5,261,793	26,891	1,173,872	35,350	154,025	22,725	1,412,864	6,674,657
	10	2030	103,202	4,516,206	135,889	592,279	86,755	5,434,331	27,773	1,212,364	36,509	159,076	23,470	1,459,192	6,893,523

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.19 Costo del tiempo de recorrido anual por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

	Periodo	Año	Con congestión					Sin congestión					Total
			M	A	B	C	CA	M	A	B	C	CA	
Dirección Norte - Sur	Base	2019	45.11	2,858.60	1,135.47	351.90	45.50	9.61	607.03	247.49	74.72	9.63	5,385.04
	0	2020	47.06	2,982.16	1,184.55	367.11	47.46	10.02	633.26	258.19	77.95	10.04	5,617.80
	1	2021	49.09	3,111.05	1,235.75	382.98	49.52	10.45	660.63	269.35	81.31	10.48	5,860.61
	2	2022	51.21	3,245.52	1,289.16	399.53	51.66	10.91	689.19	280.99	84.83	10.93	6,113.93
	3	2023	53.43	3,385.80	1,344.88	416.80	53.89	11.38	718.98	293.13	88.50	11.40	6,378.19
	4	2024	55.74	3,532.15	1,403.01	434.81	56.22	11.87	750.05	305.80	92.32	11.90	6,653.87
	5	2025	58.15	3,684.82	1,463.65	453.61	58.65	12.38	782.47	319.02	96.31	12.41	6,941.47
	6	2026	60.66	3,844.09	1,526.92	473.21	61.18	12.92	816.29	332.81	100.47	12.95	7,241.50
	7	2027	63.28	4,010.24	1,592.91	493.67	63.83	13.48	851.58	347.20	104.82	13.51	7,554.50
	8	2028	66.02	4,183.57	1,661.76	515.01	66.59	14.06	888.39	362.20	109.35	14.09	7,881.03
	9	2029	68.87	4,364.40	1,733.59	537.27	69.46	14.67	926.78	377.86	114.07	14.70	8,221.67
	10	2030	71.85	4,553.04	1,808.52	560.49	72.47	15.30	966.84	394.19	119.00	15.33	8,577.03
Dirección Sur - Norte	Base	2019	45.38	2,383.03	1,046.78	321.85	41.11	19.12	1,001.62	449.98	135.24	17.51	5,461.63
	0	2020	47.34	2,486.04	1,092.03	335.76	42.89	19.95	1,044.91	469.43	141.09	18.26	5,697.70
	1	2021	49.39	2,593.49	1,139.23	350.27	44.74	20.81	1,090.08	489.72	147.19	19.05	5,943.97
	2	2022	51.52	2,705.59	1,188.47	365.41	46.68	21.71	1,137.19	510.89	153.55	19.87	6,200.88
	3	2023	53.75	2,822.53	1,239.84	381.21	48.70	22.65	1,186.35	532.97	160.19	20.73	6,468.90
	4	2024	56.07	2,944.53	1,293.43	397.68	50.80	23.63	1,237.62	556.01	167.11	21.63	6,748.51
	5	2025	58.50	3,071.80	1,349.34	414.87	53.00	24.65	1,291.12	580.04	174.33	22.56	7,040.20
	6	2026	61.02	3,204.57	1,407.66	432.80	55.29	25.71	1,346.92	605.11	181.87	23.54	7,344.50
	7	2027	63.66	3,343.08	1,468.50	451.51	57.68	26.82	1,405.14	631.26	189.73	24.56	7,661.95
	8	2028	66.41	3,487.58	1,531.97	471.03	60.17	27.98	1,465.88	658.55	197.93	25.62	7,993.12
	9	2029	69.28	3,638.33	1,598.19	491.39	62.77	29.19	1,529.23	687.01	206.48	26.73	8,338.61
	10	2030	72.28	3,795.58	1,667.27	512.62	65.48	30.46	1,595.33	716.71	215.41	27.88	8,699.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.20 Costo del tiempo de recorrido anual por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

	Periodo	Año	Con congestión					Sin congestión					Total
			M	A	B	C	CA	M	A	B	C	CA	
Dirección Norte - Sur	Base	2019	53.175	3,369.774	1,287.544	394.293	51.019	20.234	1,278.706	500.994	150.064	19.362	7,125.164
	0	2020	55.473	3,515.425	1,343.195	411.336	53.224	21.108	1,333.975	522.649	156.550	20.199	7,433.135
	1	2021	57.871	3,667.372	1,401.252	429.115	55.525	22.021	1,391.633	545.239	163.317	21.072	7,754.417
	2	2022	60.372	3,825.887	1,461.819	447.662	57.925	22.973	1,451.784	568.806	170.376	21.983	8,089.585
	3	2023	62.982	3,991.253	1,525.003	467.011	60.428	23.966	1,514.534	593.391	177.740	22.933	8,439.241
	4	2024	65.704	4,163.766	1,590.918	487.197	63.040	25.001	1,579.997	619.040	185.422	23.924	8,804.009
	5	2025	68.544	4,343.736	1,659.682	508.255	65.765	26.082	1,648.289	645.796	193.437	24.958	9,184.544
	6	2026	71.507	4,531.485	1,731.418	530.223	68.608	27.209	1,719.533	673.710	201.798	26.037	9,581.527
	7	2027	74.597	4,727.349	1,806.255	553.141	71.573	28.385	1,793.856	702.829	210.520	27.162	9,995.669
	8	2028	77.822	4,931.679	1,884.327	577.050	74.667	29.612	1,871.392	733.208	219.619	28.336	10,427.711
	9	2029	81.185	5,144.841	1,965.773	601.991	77.894	30.892	1,952.279	764.899	229.112	29.561	10,878.427
	10	2030	84.694	5,367.216	2,050.739	628.011	81.261	32.228	2,036.662	797.960	239.015	30.839	11,348.625
Dirección Sur - Norte	Base	2019	57.328	3,010.482	1,272.046	386.465	49.407	30.189	1,581.377	682.715	203.585	26.385	7,299.978
	0	2020	59.806	3,140.604	1,327.028	403.169	51.542	31.494	1,649.728	712.224	212.384	27.525	7,615.504
	1	2021	62.391	3,276.350	1,384.386	420.595	53.770	32.855	1,721.034	743.008	221.564	28.715	7,944.668
	2	2022	65.088	3,417.964	1,444.223	438.775	56.094	34.275	1,795.422	775.123	231.141	29.956	8,288.060
	3	2023	67.901	3,565.698	1,506.646	457.740	58.519	35.756	1,873.026	808.626	241.131	31.251	8,646.295
	4	2024	70.836	3,719.818	1,571.768	477.525	61.048	37.302	1,953.984	843.577	251.554	32.602	9,020.013
	5	2025	73.898	3,880.599	1,639.704	498.165	63.687	38.914	2,038.440	880.039	262.427	34.011	9,409.884
	6	2026	77.092	4,048.330	1,710.577	519.697	66.440	40.596	2,126.548	918.077	273.770	35.481	9,816.607
	7	2027	80.424	4,223.311	1,784.513	542.160	69.311	42.351	2,218.463	957.759	285.603	37.014	10,240.909
	8	2028	83.900	4,405.855	1,861.645	565.593	72.307	44.181	2,314.352	999.156	297.947	38.614	10,683.551
	9	2029	87.526	4,596.289	1,942.111	590.040	75.432	46.091	2,414.385	1,042.343	310.825	40.283	11,145.326
	10	2030	91.310	4,794.954	2,026.055	615.543	78.693	48.083	2,518.742	1,087.396	324.260	42.025	11,627.059

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.21 Costo del tiempo de recorrido anual por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

	Periodo	Año	Con congestión					Sin congestión					Total
			M	A	B	C	CA	M	A	B	C	CA	
Dirección Norte - Sur	Base	2019	53.29	3,376.75	1,254.99	387.52	50.73	-	-	-	-	-	5,123.28
	0	2020	55.59	3,522.71	1,309.23	404.27	52.92	-	-	-	-	-	5,344.72
	1	2021	57.99	3,674.97	1,365.82	421.74	55.21	-	-	-	-	-	5,575.74
	2	2022	60.50	3,833.81	1,424.86	439.97	57.60	-	-	-	-	-	5,816.74
	3	2023	63.11	3,999.52	1,486.44	458.99	60.09	-	-	-	-	-	6,068.15
	4	2024	65.84	4,172.39	1,550.69	478.83	62.68	-	-	-	-	-	6,330.44
	5	2025	68.69	4,352.73	1,617.72	499.52	65.39	-	-	-	-	-	6,604.06
	6	2026	71.65	4,540.87	1,687.64	521.12	68.22	-	-	-	-	-	6,889.50
	7	2027	74.75	4,737.14	1,760.58	543.64	71.17	-	-	-	-	-	7,187.29
	8	2028	77.98	4,941.90	1,836.68	567.14	74.25	-	-	-	-	-	7,497.94
	9	2029	81.35	5,155.50	1,916.07	591.65	77.45	-	-	-	-	-	7,822.03
	10	2030	84.87	5,378.33	1,998.89	617.22	80.80	-	-	-	-	-	8,160.12
Dirección Sur - Norte	Base	2019	48.62	2,553.42	1,049.46	321.49	41.58	13.04	683.12	285.72	86.00	11.26	5,093.71
	0	2020	50.73	2,663.78	1,094.82	335.39	43.38	13.60	712.65	298.06	89.71	11.75	5,313.88
	1	2021	52.92	2,778.92	1,142.15	349.89	45.26	14.19	743.45	310.95	93.59	12.25	5,543.56
	2	2022	55.21	2,899.03	1,191.51	365.01	47.21	14.81	775.58	324.39	97.64	12.78	5,783.17
	3	2023	57.59	3,024.34	1,243.01	380.79	49.25	15.45	809.10	338.41	101.86	13.34	6,033.13
	4	2024	60.08	3,155.06	1,296.74	397.24	51.38	16.11	844.08	353.04	106.26	13.91	6,293.90
	5	2025	62.68	3,291.43	1,352.79	414.41	53.60	16.81	880.56	368.30	110.85	14.51	6,565.95
	6	2026	65.39	3,433.69	1,411.26	432.33	55.92	17.54	918.62	384.21	115.64	15.14	6,849.74
	7	2027	68.21	3,582.11	1,472.26	451.01	58.34	18.29	958.33	400.82	120.64	15.80	7,145.81
	8	2028	71.16	3,736.94	1,535.90	470.51	60.86	19.09	999.75	418.15	125.86	16.48	7,454.67
	9	2029	74.24	3,898.46	1,602.28	490.84	63.49	19.91	1,042.96	436.22	131.30	17.19	7,776.89
	10	2030	77.45	4,066.96	1,671.54	512.06	66.23	20.77	1,088.04	455.07	136.97	17.93	8,113.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.22 Costo de operación vehicular anual por sentido, congestión y tipo de vehículo en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

	Periodo	Año	Con congestión				Sin congestión				Total
			A	B	C	CA	A	B	C	CA	
Dirección Norte - Sur	Base	2019	8,950.9	901.0	2,364.4	537.1	2,042.9	213.1	558.0	126.2	15,693.6
	0	2020	9,269.0	934.7	2,447.6	555.1	2,116.2	220.3	576.5	130.2	16,249.6
	1	2021	9,598.4	965.3	2,527.8	573.3	2,192.2	228.0	595.4	134.5	16,814.9
	2	2022	9,913.1	1,002.8	2,623.3	592.5	2,264.0	235.5	616.0	138.8	17,386.1
	3	2023	10,265.3	1,035.7	2,709.3	611.9	2,345.2	243.7	636.2	143.4	17,990.8
	4	2024	10,601.9	1,073.1	2,799.7	632.4	2,422.1	251.7	656.5	148.0	18,585.4
	5	2025	11,003.6	1,108.2	2,891.5	653.1	2,509.0	261.1	678.0	152.9	19,257.4
	6	2026	11,364.4	1,148.2	2,988.1	674.5	2,598.9	269.6	699.7	158.3	19,901.7
	7	2027	11,794.6	1,185.9	3,086.0	700.8	2,684.2	279.6	722.6	163.5	20,617.2
	8	2028	12,181.3	1,229.9	3,187.2	723.8	2,779.5	288.8	745.7	169.6	21,305.9
	9	2029	12,633.2	1,270.2	3,293.7	751.9	2,870.7	299.6	770.2	175.2	22,064.7
	10	2030	13,047.4	1,319.5	3,401.8	776.6	2,972.7	309.4	797.3	181.1	22,805.6
Dirección Sur - Norte	Base	2019	7,461.8	830.7	2,162.5	485.4	3,370.9	387.4	1,010.1	229.4	15,938.1
	0	2020	7,727.0	861.7	2,238.6	501.6	3,491.9	400.6	1,043.5	236.8	16,501.6
	1	2021	8,001.6	889.9	2,312.0	518.0	3,617.2	414.5	1,077.7	244.5	17,075.5
	2	2022	8,263.9	924.5	2,399.3	535.4	3,735.8	428.1	1,115.1	252.4	17,654.5
	3	2023	8,557.5	954.8	2,478.0	552.9	3,869.7	443.1	1,151.6	260.7	18,268.4
	4	2024	8,838.2	989.2	2,560.6	571.4	3,996.6	457.6	1,188.4	269.1	18,871.2
	5	2025	9,173.0	1,021.7	2,644.6	590.2	4,139.9	474.6	1,227.3	278.0	19,549.3
	6	2026	9,473.8	1,058.5	2,732.9	609.5	4,288.4	490.2	1,266.5	287.8	20,207.5
	7	2027	9,832.4	1,093.2	2,822.5	633.3	4,429.0	508.4	1,308.0	297.2	20,924.1
	8	2028	10,154.8	1,133.8	2,915.1	654.0	4,586.4	525.1	1,349.8	308.4	21,627.5
	9	2029	10,531.5	1,171.0	3,012.5	679.5	4,736.8	544.7	1,394.1	318.5	22,388.5
	10	2030	10,876.8	1,216.4	3,111.3	701.7	4,905.1	562.6	1,443.2	329.2	23,146.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.23 Costo de operación vehicular anual por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

	Periodo	Año	Con congestión				Sin congestión				Total
			A	B	C	CA	A	B	C	CA	
Dirección Norte - Sur	Base	2019	6,359.236	638.029	1,525.475	335.245	2,538.457	260.054	625.340	140.258	12,422.094
	0	2020	6,567.759	658.950	1,575.497	346.238	2,621.695	270.666	645.845	144.857	12,831.507
	1	2021	6,869.782	680.558	1,627.159	357.591	2,747.730	279.541	667.023	149.607	13,378.991
	2	2022	7,095.047	702.874	1,680.514	369.317	2,837.830	288.707	688.895	154.513	13,817.697
	3	2023	7,327.699	749.008	1,746.607	384.013	2,930.885	298.174	726.982	159.536	14,322.904
	4	2024	7,567.979	773.569	1,803.879	396.605	3,026.990	310.356	750.820	164.767	14,794.966
	5	2025	7,982.794	798.935	1,863.030	409.610	3,166.626	320.533	775.440	170.170	15,487.137
	6	2026	8,244.555	825.132	1,924.120	423.042	3,270.461	331.044	800.867	175.750	15,994.971
	7	2027	8,514.900	858.174	2,012.242	447.015	3,377.702	341.899	825.149	181.513	16,558.594
	8	2028	8,794.109	886.314	2,078.225	461.673	3,488.459	362.244	852.206	187.527	17,110.757
	9	2029	9,331.610	915.377	2,146.371	476.812	3,648.878	374.122	880.151	193.676	17,966.997
	10	2030	9,637.600	945.392	2,216.752	492.447	3,768.528	386.390	909.011	200.027	18,556.147
Dirección Sur - Norte	Base	2019	5,681.202	630.349	1,495.190	324.651	3,139.313	354.380	848.369	191.132	12,664.586
	0	2020	5,867.493	651.019	1,544.218	335.296	3,242.253	368.841	876.188	197.399	13,082.708
	1	2021	6,137.314	672.366	1,594.854	346.291	3,398.121	380.936	904.919	203.872	13,638.672
	2	2022	6,338.560	694.413	1,647.151	357.646	3,509.547	393.427	934.592	210.557	14,085.894
	3	2023	6,546.406	739.992	1,711.931	371.878	3,624.628	406.328	986.263	217.403	14,604.829
	4	2024	6,761.067	764.257	1,768.066	384.072	3,743.482	422.928	1,018.603	224.532	15,087.008
	5	2025	7,131.654	789.318	1,826.042	396.666	3,916.169	436.797	1,052.004	231.894	15,780.544
	6	2026	7,365.506	815.200	1,885.920	409.673	4,044.583	451.119	1,086.500	239.498	16,297.999
	7	2027	7,607.026	847.844	1,972.292	432.889	4,177.208	465.912	1,119.442	247.352	16,869.964
	8	2028	7,856.465	875.645	2,036.965	447.084	4,314.181	493.637	1,156.149	255.547	17,435.673
	9	2029	8,336.656	904.358	2,103.759	461.744	4,512.572	509.823	1,194.060	263.926	18,286.898
	10	2030	8,610.021	934.013	2,172.743	476.885	4,660.542	526.541	1,233.214	272.580	18,886.539

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.24 Costo de operación vehicular anual por sentido, congestión y tipo de vehículo derivado del cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

	Periodo	Año	Con congestión				Sin congestión				Total
			A	B	C	CA	A	B	C	CA	
Dirección Norte - Sur	Base	2019	5,477.0675	544.6721	1,324.7942	281.0138	-	-	-	-	7,627.5476
	0	2020	5,656.6644	562.5323	1,368.2351	290.2284	-	-	-	-	7,877.6602
	1	2021	6,055.4795	580.9782	1,413.1005	299.7452	-	-	-	-	8,349.3034
	2	2022	6,254.0429	600.0288	1,459.4370	309.5741	-	-	-	-	8,623.0828
	3	2023	6,459.1173	645.5193	1,507.2930	319.7252	-	-	-	-	8,931.6549
	4	2024	6,670.9163	666.6864	1,565.6573	331.3303	-	-	-	-	9,234.5902
	5	2025	6,889.6603	688.5475	1,616.9962	342.1949	-	-	-	-	9,537.3989
	6	2026	7,366.1814	711.1254	1,670.0187	353.4157	-	-	-	-	10,100.7412
	7	2027	7,607.7236	734.4437	1,724.7798	365.0044	-	-	-	-	10,431.9515
	8	2028	7,857.1862	797.1952	1,781.3365	376.9732	-	-	-	-	10,812.6910
	9	2029	8,114.8288	823.3358	1,839.7477	389.3344	-	-	-	-	11,167.2467
	10	2030	8,380.9197	850.3335	1,943.4137	402.1009	-	-	-	-	11,576.7679
Dirección Sur - Norte	Base	2019	4,141.620	455.473	1,099.073	230.340	1,163.121	128.227	290.864	65.806	7,574.524
	0	2020	4,277.427	470.408	1,135.112	237.893	1,218.887	133.404	300.401	67.964	7,841.496
	1	2021	4,579.001	485.833	1,172.333	245.693	1,258.855	137.778	310.252	70.193	8,259.938
	2	2022	4,729.150	501.764	1,210.775	253.750	1,300.134	142.296	320.425	72.494	8,530.787
	3	2023	4,884.222	539.805	1,250.477	262.070	1,342.766	146.962	335.100	76.691	8,838.093
	4	2024	5,044.379	557.505	1,298.897	271.583	1,415.316	153.841	346.088	79.206	9,166.815
	5	2025	5,209.787	575.786	1,341.489	280.488	1,461.725	158.885	357.437	81.803	9,467.401
	6	2026	5,570.121	594.667	1,385.477	289.685	1,509.656	164.095	369.158	84.485	9,967.344
	7	2027	5,752.769	614.166	1,430.908	299.184	1,559.159	169.476	381.262	87.255	10,294.180
	8	2028	5,941.406	666.641	1,477.828	308.995	1,610.285	175.033	405.111	93.210	10,678.509
	9	2029	6,136.229	688.501	1,526.287	319.127	1,723.816	188.615	418.395	96.266	11,097.236
	10	2030	6,337.440	711.077	1,612.290	329.591	1,780.341	194.800	432.115	99.423	11,497.077

Fuente: Elaboración propia

Considerando las estimaciones presentadas en las tablas anteriores para los CTR y COV por sentido, congestión y tipo de vehículo durante el horizonte de evaluación. En las siguientes tablas se muestran los CGV por sentido y totales para cada una de las tres situaciones: 1) sin proyecto, 2) derivados del paso peatonal y 3) por cruce de peatones.

Tabla 6.8.25 Costos de generalizados de viaje en la situación sin proyecto durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte			Total
		Tiempo	COV	Total	Tiempo	COV	Total	
Base	2019	5,385.04	15,693.64	21,078.68	5,461.63	15,938.10	21,399.73	42,478.40
0	2020	5,617.80	16,249.62	21,867.41	5,697.70	16,501.56	22,199.25	44,066.67
1	2021	5,860.61	16,814.87	22,675.49	5,943.97	17,075.46	23,019.43	45,694.91
2	2022	6,113.93	17,386.08	23,500.01	6,200.88	17,654.48	23,855.37	47,355.38
3	2023	6,378.19	17,990.78	24,368.97	6,468.90	18,268.40	24,737.30	49,106.27
4	2024	6,653.87	18,585.41	25,239.29	6,748.51	18,871.18	25,619.69	50,858.98
5	2025	6,941.47	19,257.37	26,198.84	7,040.20	19,549.27	26,589.47	52,788.32
6	2026	7,241.50	19,901.66	27,143.16	7,344.50	20,207.52	27,552.01	54,695.17
7	2027	7,554.50	20,617.17	28,171.67	7,661.95	20,924.05	28,586.00	56,757.67
8	2028	7,881.03	21,305.94	29,186.97	7,993.12	21,627.47	29,620.59	58,807.56
9	2029	8,221.67	22,064.69	30,286.36	8,338.61	22,388.53	30,727.14	61,013.50
10	2030	8,577.03	22,805.65	31,382.68	8,699.03	23,146.21	31,845.24	63,227.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.26 Costos de generalizados de viaje derivado de la operación del paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte			Total
		Tiempo	COV	Total	Tiempo	COV	Total	
Base	2019	7,125.16	12,422.09	19,547.26	7,299.98	12,664.59	19,964.56	39,511.82
0	2020	7,433.13	12,831.51	20,264.64	7,615.50	13,082.71	20,698.21	40,962.85
1	2021	7,754.42	13,378.99	21,133.41	7,944.67	13,638.67	21,583.34	42,716.75
2	2022	8,089.59	13,817.70	21,907.28	8,288.06	14,085.89	22,373.95	44,281.24
3	2023	8,439.24	14,322.90	22,762.14	8,646.29	14,604.83	23,251.12	46,013.27
4	2024	8,804.01	14,794.97	23,598.98	9,020.01	15,087.01	24,107.02	47,706.00
5	2025	9,184.54	15,487.14	24,671.68	9,409.88	15,780.54	25,190.43	49,862.11
6	2026	9,581.53	15,994.97	25,576.50	9,816.61	16,298.00	26,114.61	51,691.10
7	2027	9,995.67	16,558.59	26,554.26	10,240.91	16,869.96	27,110.87	53,665.14
8	2028	10,427.71	17,110.76	27,538.47	10,683.55	17,435.67	28,119.22	55,657.69
9	2029	10,878.43	17,967.00	28,845.42	11,145.33	18,286.90	29,432.22	58,277.65
10	2030	11,348.62	18,556.15	29,904.77	11,627.06	18,886.54	30,513.60	60,418.37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.8.27 Costos de generalizados de viaje derivado cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	Dirección Norte - Sur			Dirección Sur - Norte			Total
		Tiempo	COV	Total	Tiempo	COV	Total	
Base	2019	5,123.28	7,627.55	12,750.83	5093.71	7,574.50	12,668.24	25,419.06
0	2020	5,344.72	7,877.66	13,222.38	5313.88	7,841.50	13,155.37	26,377.76
1	2021	5,575.74	8,349.30	13,925.04	5543.56	8,259.90	13,803.50	27,728.54
2	2022	5,816.74	8,623.08	14,439.82	5783.17	8,530.80	14,313.96	28,753.78
3	2023	6,068.15	8,931.65	14,999.81	6033.13	8,838.10	14,871.23	29,871.04
4	2024	6,330.44	9,234.59	15,565.03	6293.9	9,166.80	15,460.72	31,025.75
5	2025	6,604.06	9,537.40	16,141.46	6565.95	9,467.40	16,033.35	32,174.80
6	2026	6,889.50	10,100.74	16,990.24	6849.74	9,967.30	16,817.09	33,807.33
7	2027	7,187.29	10,431.95	17,619.24	7145.81	10,294.20	17,439.99	35,059.23
8	2028	7,497.94	10,812.69	18,310.63	7454.67	10,678.50	18,133.18	36,443.82
9	2029	7,822.03	11,167.25	18,989.27	7776.89	11,097.20	18,874.12	37,863.40
10	2030	8,160.12	11,576.77	19,736.89	8113.03	11,497.10	19,610.10	39,346.99

Fuente: Elaboración propia

Para cuantificar el valor de la externalidad es necesario medir el diferencial de los CGV que se tienen en la situación sin proyecto con los generados por los 2 efectos que produce el paso peatonal. La estimación se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6.8.28 Costos de generalizados de viaje derivado cruce de peatones sobre el paso peatonal durante el horizonte de evaluación (miles de pesos)

Periodo	Año	CGV situación sin proyecto	CGV paso peatonal	GGV cruce de peatones	Externalidad
Base	2019	42,478.40	39,511.82	25,419.06	-22,452.48
0	2020	44,066.67	40,962.85	26,377.76	-23,273.95
1	2021	45,694.91	42,716.75	27,728.54	-24,750.37
2	2022	47,355.38	44,281.24	28,753.78	-25,679.63
3	2023	49,106.27	46,013.27	29,871.04	-26,778.03
4	2024	50,858.98	47,706.00	31,025.75	-27,872.76
5	2025	52,788.32	49,862.11	32,174.80	-29,248.59
6	2026	54,695.17	51,691.10	33,807.33	-30,803.27
7	2027	56,757.67	53,665.14	35,059.23	-31,966.70
8	2028	58,807.56	55,657.69	36,443.82	-33,293.95
9	2029	61,013.50	58,277.65	37,863.40	-35,127.54
10	2030	63,227.92	60,418.37	39,346.99	-36,537.44

Fuente: Elaboración propia

7 Bibliografía

Cal y Mayor, Rafael., Cárdenas G., James. "Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones", Alfaomega Grupo Editor, 2007.

Castañeda Ortega, Ramón. "Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Inversión en Servicios Públicos Locales Conceptualización y Metodología de Casos", Instituto para el Desarrollo Técnico de las Haciendas Públicas (INDETEC), 2010.

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP). "Manual de Procedimiento para la Presentación y Registro de Programas y Proyectos de Inversión en la Cartera de la SHCP", Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 31 de octubre 2018.

Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). "Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos carreteros", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2004.

De Rus Ginés, "Análisis Coste-Beneficio", Ariel Economía, 2001.

Fontaine, Ernesto R. "Evaluación social de proyectos". Pearson Educación de México S.A. de C.V., 2008.

Guzmán Crespo, Jaime Rolando. "Estudio de los reductores de velocidad en las zonas urbanas y rurales de la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay", Escuela de ingeniería civil, Facultad de ingeniería, Universidad de Cuenca. 2013.

Hernández Pérez Martha Laura, Cabrera Manuel S. Guridi, Ortab Soto Oswaldo, "Guía general para la presentación de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: análisis costo-beneficio. Actualización 2015", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2015.

Meixueiro Gamendia Javier, Pérez Cruz, Marco Antonio. "Metodología general para la evaluación de proyectos", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2008.

Morín Maya, Eduardo. "Guía general para la presentación de evaluaciones costo y beneficio de programas y proyectos de inversión", Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2018.

Morín Maya Eduardo, Alvarado Roldán María Lizbeth, Torres López Rafael Guillermo, Orozco Cuesta Ana Iveth. "Glosario de términos para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos de inversión". Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2017.

Muñoz Razo, Carlos. "Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis". Segunda edición Pearson Educación, México, 2011.

Ortegón Edgar, Juan Francisco Pacheco, Horacio Roura. "Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública", Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), 2005.

Ortegón, Edgar, Juan Francisco Pacheco y Adriana Prieto. "Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas", Serie Manuales No. 42, ILPES, Chile, 2005.

Stiglitz, Joseph E. "La economía del sector público", Antoni Bosch, 2000.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. "Lineamientos para elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión", Diario Oficial, 30 de diciembre de 2013.

Varian, Hal R. "Microeconomía intermedia", Antoni Bosch, 2006

Vassallo Magro, José Manuel, Rafael Izquierdo de Bartolomé. "Infraestructura pública y participación privada: conceptos y experiencias en América y España". Corporación Andina de Fomento. 2010.

Ortegón, Edgar, Juan Francisco Pacheco y Adriana Prieto, (2005), "Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas", Serie Manuales No. 42, ILPES, Chile, 2005.

Recursos electrónicos

Diputado Javier Ariel Hidalgo Ponce, Iniciativa que expide la ley general de movilidad y seguridad vial.
http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun_3910583_20190919_1567714975.pdf

Dirección General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Datos Viales"
http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía "Anuario Estadístico y Geográfico de Quintana Roo, 2017".
https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/QROO_ANUARIO_PDF.pdf