



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Informe Técnico para la elaboración
y presentación de un Análisis Costo
Beneficio Simplificado de un
proyecto carretero.

TESINA

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

PRESENTA

Karina Tzintzun Noriega

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/069/16

Señorita
KARINA TZINTZUN NORIEGA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento que las actividades que usted propuso para que sean desarrolladas como tesina, conforme a la opción IX. "Titulación por servicio social" para obtener su título de INGENIERO CIVIL han sido aprobadas por este Comité.

"INFORME TÉCNICO PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE UN ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SIMPLIFICADO DE UN PROYECTO CARRETERO"

- INTRODUCCIÓN
- I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II. OBJETIVOS DEL PROYECTO MODERNIZACIÓN A NIVEL DE PAVIMENTO DE LA CARRETERA E.C. (MITLA-ENTR. TEHUANTEPEC II) – SANTIAGO QUIAVICUZAS DEL KM 0+000 AL KM 23+000
- III. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCES DE UN ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SIMPLIFICADO
- IV. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SIMPLIFICADO
- V. ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesina el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 18 de agosto del 2016.
EL PRESIDENTE

M.I. GERMÁN LÓPEZ RICÓN

GLR/MTH*gar.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| I. Planteamiento del Problema..... | 3 |
| II. Objetivo del Proyecto Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000..... | 5 |
| 2.1 Objetivo del Análisis Costo Beneficio Simplificado..... | 5 |
| III. Justificación y alcances de un Análisis Costo Beneficio Simplificado..... | 5 |
| 3.1 Justificación del proyecto..... | 5 |
| 3.2 Alcances del análisis de Costo Beneficio Simplificado..... | 6 |
| IV. Elaboración del Análisis Costo Beneficio Simplificado..... | 8 |
| 4.1 Metodología utilizada en la elaboración de un ACBS..... | 8 |
| 4.2 Caso Ejemplo, ACB Simplificado..... | 8 |
| 4.2.1 Proyectos Relacionados..... | 9 |
| 4.2.2 Resumen Ejecutivo..... | 13 |
| a) Nombre del PPI..... | 13 |
| b) Objetivo del PPI..... | 13 |
| c) Localización..... | 14 |
| d) Problemática identificada..... | 15 |
| e) Breve descripción del PPI..... | 16 |
| f) Tipo de proyecto..... | 16 |
| g) Horizonte de evaluación..... | 17 |
| h) Descripción de los principales costos del PPI..... | 17 |
| i) Descripción de los principales beneficios del PPI..... | 19 |
| j) Monto total de inversión..... | 19 |
| k) Riesgos asociados al PPI..... | 19 |
| l) Indicadores de rentabilidad..... | 20 |
| m) Conclusión del análisis de evaluación del PPI..... | 21 |
| 4.2.3 Situación Actual del PPI..... | 22 |
| a) Diagnóstico de la situación actual..... | 22 |
| b) Análisis de la oferta existente..... | 27 |
| c) Análisis de la demanda..... | 29 |
| d) Interacción oferta demanda..... | 30 |
| 4.2.4 Situación sin el PPI..... | 32 |
| a) Optimizaciones..... | 32 |
| b) Alternativas de solución..... | 40 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2.5 | Situación con el PPI..... | 45 |
| a) | Descripción General..... | 45 |
| b) | Alineación estratégica..... | 47 |
| c) | Localización geográfica..... | 49 |
| d) | Calendario de actividades..... | 50 |
| e) | Monto total de inversión y fuentes de financiamiento..... | 52 |
| f) | Capacidad instalada..... | 53 |
| g) | Vida útil..... | 54 |
| h) | Permisos y factibilidad..... | 55 |
| i) | Análisis de la oferta..... | 56 |
| j) | Análisis de la demanda..... | 58 |
| k) | Interacción oferta – demanda..... | 59 |
| 4.2.6 | Evaluación del PPI..... | 61 |
| a) | Identificación, cuantificación y valoración de costos..... | 62 |
| b) | Identificación, cuantificación y valoración de beneficios..... | 71 |
| c) | Cálculo de indicadores de rentabilidad..... | 72 |
| 4.2.7 | Conclusiones de la evaluación socioeconómica..... | 74 |
| V. | Actualización de la evaluación socioeconómica..... | 76 |
| VI. | Conclusiones y recomendaciones..... | 78 |
| | Anexos..... | 80 |
| | Glosario..... | 97 |
| | Bibliografía..... | 100 |

INTRODUCCIÓN

Más del 90% del transporte de pasajeros y aproximadamente el 80% para mercancías en México, se lleva a cabo mediante la red carretera, por lo que es importante contar con vías de comunicación en óptimo estado que permitan llevar a cabo las principales actividades económicas nacionales y las que derivan de ellas al menor costo posible, pero lo más importante de ello, es que permiten la comunicación regional y que los niveles de vida de sus pobladores se eleven, para quienes presentan un rezago en cuanto a su desarrollo económico, social y cultural se refiere, o un grado de marginación muy alto. Por estas principales razones es imprescindible rehabilitar, modernizar y/o ampliar aquellos caminos que fueron diseñados con criterios basados en las condiciones de demanda de hace más de 40 años, ya que es evidente, que éstos no satisfacen las necesidades de la demanda actual.

Atender cada una de las problemáticas presentes en México, en materia de infraestructura vial se torna difícil, pues la escasez de recursos financieros destinados al sector transportes y los constantes recortes presupuestales por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, han obligado a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal responsables, a dar prioridad a aquellos proyectos que generen mayores beneficios a menores costos, por lo que la toma de decisiones se basa en gran parte en la evaluación socioeconómica (que es prerrequisito de la SHCP para registrar los proyectos en cartera), que tiene por objeto justificar la viabilidad económica y social del proyecto.

Por lo que, en el presente informe técnico se describió mi participación, durante la prestación del servicio social en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para la asignación de recursos financieros y obtención del número de registro del proyecto **Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000**, mediante la elaboración de un Análisis Costo Beneficio (ACB) Simplificado, utilizando la metodología establecida en los lineamientos para la presentación y elaboración de los mismos, de acuerdo al Art. 34 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, en cuanto a dependencias y entidades de la Administración Pública Federal; evaluando el proyecto social y económicamente, para sustentar su rentabilidad y éste consiga ser financiado con recursos federales. Es decir, mediante la elaboración del ACB Simplificado, se demostró que el proyecto es capaz de generar un beneficio social bajo supuestos razonables.

El informe se constituye de seis capítulos en los cuales el lector encontrará la información necesaria y metodología utilizada, que le permitirá entender la importancia de una evaluación socioeconómica o análisis ex – ante en la etapa de planeación de un proyecto carretero y cómo es que se determina la rentabilidad de éste.

En el capítulo I, se identificó la problemática general presente en el país en cuanto a caminos rurales y carreteras, partiendo de la preocupación de la escasez de recursos y la

normatividad establecida por la SHCP para la asignación de éstos; por lo que se decidió ejemplificar con un caso de estudio (proyecto anteriormente mencionado) en el cual fui participe durante mi estadía en la SCT, identificando la problemática presente a resolver. En el capítulo II, se establecieron los objetivos tanto del proyecto ejemplo como de la evaluación socioeconómica: Análisis Costo Beneficio Simplificado (ACBS), enfocados a la problemática previamente definida. Los alcances y justificación de éstos, se establecieron en el capítulo III, donde el lector podrá entender para qué llevar a cabo dicho análisis, así como el papel que llega a tener en la toma de decisiones.

La parte central de este informe se encuentra en el capítulo IV, en el cual se describe mediante la ejemplificación de un proyecto carretero, la metodología utilizada en la elaboración de un ACBS, previamente, clasificado el proyecto – ejemplo dentro de los tipos de evaluación socioeconómica, de acuerdo al monto de inversión y tipo análisis a realizar: conceptualización, a nivel de perfil, pre-factibilidad y factibilidad. El cual corresponde a un análisis a nivel de perfil, que básicamente se compone del establecimiento de los tres escenarios: situación actual, sin proyecto u optimizada y con proyecto, y de la evaluación mediante la comparativa entre la situación con/sin proyecto para la obtención de costos y beneficios atribuibles a éste.

Durante la prestación del servicio social, también desempeñé actividades complementarias a la evaluación de proyectos carreteros, correspondientes a la actualización de los ACBS, ver capítulo V, acción de seguimiento requerida durante la etapa de ejecución y/o término de la obra, que tiene por objeto, el verificar que las obras se concluyan en tiempo y forma, en caso contrario, se deberá realizar la actualización del documento apegándonos a los lineamientos correspondientes a este apartado.

Finalmente en el capítulo VI, el lector encontrará algunas conclusiones y recomendaciones o líneas futuras de acción a las que se llegaron una vez concluido el informe. Las conclusiones son referentes a los objetivos mencionados anteriormente, así como a los objetivos a cumplir como prestador de servicio social en una dependencia de gobierno en beneficio de la sociedad.

En la parte final del documento, se presentan algunos anexos que sirvieron como marco de referencia para desarrollar este informe.

I. Planteamiento del problema

La escasez de infraestructura vial del modo de transporte terrestre carretero, así como la falta de mantenimiento de la red de caminos y carreteras existente, construidos con criterios de diseño diferentes a los exigidos actualmente, desde hace más 40 años, provoca que los niveles de rezago social y económico se eleven año con año, ya que la población en México ha crecido aceleradamente en los últimas décadas y con ello el tránsito vehicular esperado, el cual sobrepasa los niveles de capacidad para los que fueron diseñados inicialmente. Dicha escasez, la falta de planificación y diseño en los caminos rurales en el país, arroja como principal problemática, la falta de una vía de comunicación permanente entre las comunidades rurales y de menor índice de desarrollo humano en el país, ya que éstas han ido incrementado su tasa de natalidad paulatinamente, por lo que las regiones rurales mayormente marginadas también ha crecido.

Al no existir suficiente infraestructura que permita la comunicación entre las comunidades rurales, el desarrollo económico de las distintas regiones se ve gravemente afectado, al no contar con una vialidad que opere en condiciones óptimas y permita el transporte de pasajeros e intercambio de mercancías a nivel regional de manera asequible, accesible y segura, principalmente, lo que repercute directamente en el desarrollo de la actividad económica nacional, ya que actualmente el 80% de las cargas que se mueven en el territorio y más del 90% de los pasajeros se movilizan a través de la red carretera. Por ello es importante que se asignen recursos a los distintos PPI destinados a la construcción, modernización y rehabilitación de caminos en México.

El proyecto *Modernización a nivel de pavimento del E.C. (Mitla – Tehuantepec II) – Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000*, que se tomará como caso particular de ejemplo a lo largo del documento, tiene como principal problemática la falta de un camino en buenas condiciones de operación que permita la **comunicación, acceso al empleo y desarrollo económico – social de la localidad Santiago Quiavicuzas** en conjunto con las localidades que conforman la zona de influencia del proyecto, la cual pertenece a las regiones rurales con menor índice de desarrollo humano en el país, por lo tanto de mayor prioridad para ser considerada por la SCT dentro del programa de caminos rurales y alimentadores, con un aproximado de 1,459 habitantes.

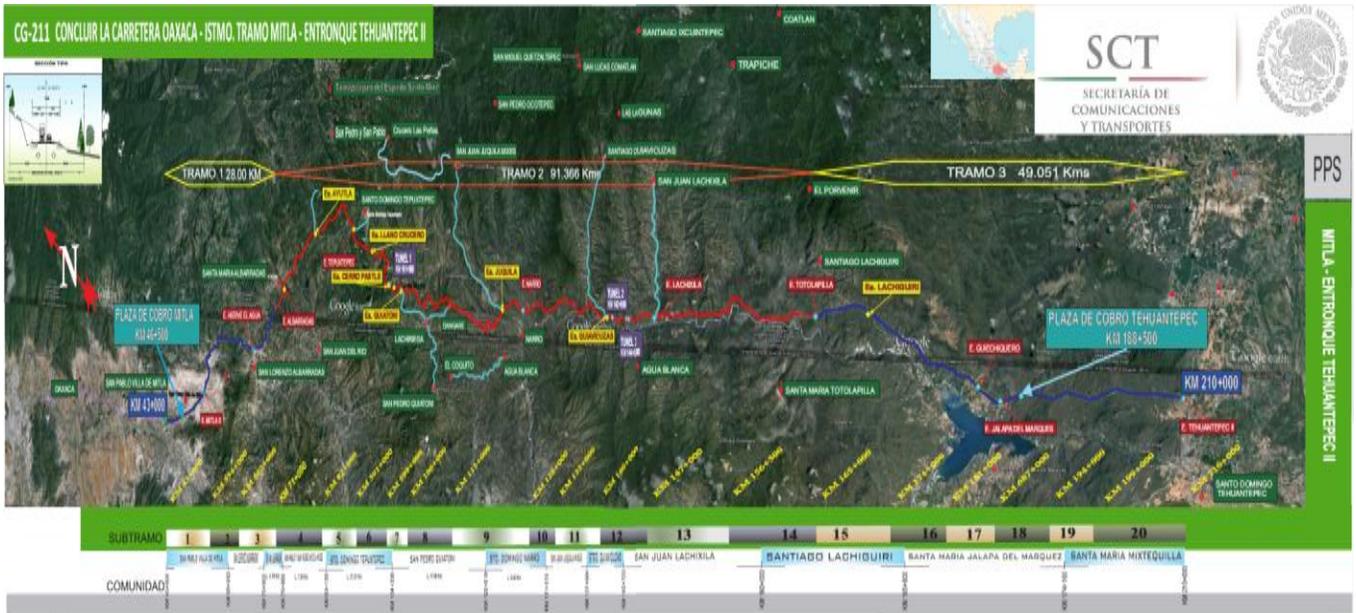
¿Por qué llevar a cabo un análisis ex – ante o evaluación socioeconómica en la etapa de planeación?

Debido a la escasez de los recursos destinados a los PPI de infraestructura carretera en México y constantes recortes presupuestales, surge la necesidad de realizar la evaluación socio – económica, prerequisite de la SHCP, para la asignación eficiente de recursos y con ello su registro en cartera, dentro de su proceso productivo, particularmente hablando de la etapa de planeación (análisis ex – ante), que demuestre la eficacia de la inversión, es decir, que el proyecto es capaz de generar un beneficio social, bajo supuestos razonables.

Con el fin de obtener la autorización y liberación de la asignación de los recursos federales monetarios para la realización del proyecto *Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000, por parte de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal (DEAPF), elaboré el Análisis Costo Beneficio Simplificado (ACBS) del proyecto ejecutivo, apegándome a los lineamientos y normatividad establecida para su elaboración y presentación publicados por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UISHCP) en el Diario Oficial de la Federación, establecido en el artículo 34, fracción II de la Ley Federal del Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria,¹ para su posterior aprobación por UISHCP mediante la asignación del número de registro y liberación de la licitación.*

El proyecto anteriormente mencionado tiene prioridad ante otros de su tipo, debido a que es una obra complementaria del proyecto *Autopista Mitla – Entronque Tehuantepec II, el cual deberá estar registrado ante la UISHCP para que el proyecto de dicha autopista continúe su proceso constructivo. El camino a Quiavicuzas se encuentra ubicado en el Km 138+500 de esta nueva supercarretera. En la imagen de la figura 1 se observa un croquis de localización del proyecto: Autopista Mitla – Entronque Tehuantepec II y de los proyectos relacionados a éste, entre ellos el caso ejemplo.*

Figura 1.- Larguillo: Autopista Mitla – Entronque Tehuantepec II y proyectos relacionados



Fuente: elaborado por el Centro SCT de Oaxaca.

¹ **Normatividad:** Diario Oficial. Sección Segunda, Poder Ejecutivo, Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión

II. Objetivo del proyecto: Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000:

El proyecto “**Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000**”, tiene como objetivo, comunicar a las localidades rurales o beneficiados directos (población objetivo) y usuarios de largo itinerario, tales como turistas y transportistas, y brindar mayor capacidad vehicular al camino, para ofrecer un nivel de servicio óptimo a los usuarios, mejorando las condiciones de operación del mismo mediante su modernización, del **km 0+000** localizado en la localidad **Santiago Quiavicuzas al km 23+000** en el E.C de la Nueva Autopista **Mitla - Entr. Tehuantepec II**.

2.1 Objetivo del Análisis Costo Beneficio Simplificado:

Demostrar que el proyecto anteriormente citado tiene solidez económica, es decir, que éste será sostenible durante su vida útil, así como viabilidad económica, mediante la evaluación socioeconómica a nivel de perfil, correspondiente a un Análisis Costo Beneficio Simplificado (la cual deberá concretarse a un marco fiscal legal), para la toma de decisiones. De ser registrado en cartera, se obtendrá la liberación de la licitación para llevar a cabo el proyecto “**Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000**”, localizado en el estado de Oaxaca (con número de registro 16096400004, obtenido mediante la valoración de dicho análisis por la SHCP), que beneficiará directamente a un aproximado de 1,459 habitantes de la localidad de Santiago Quiavicuzas, en el Municipio San Carlos Yautepec y pertenece a los proyectos relacionados y comprometidos con la *Segunda Etapa de la Autopista Mitla – Entronque Tehuantepec*.

III. Justificación y alcances de un Análisis Costo Beneficio Simplificado.

3.1 Justificación del proyecto.

El proyecto “**Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000**”, se justifica al ser **un componente del modo de transporte terrestre carretero, es decir, un camino** que permitirá integrar el sistema de transporte de la zona de influencia donde se localiza el camino, ofreciendo un transporte seguro, oportuno y eficiente, entre otros beneficios, el cual tiene como principal objetivo: la comunicación de la localidad de Santiago Quiavicuzas con la red modernizada, al ser ésta una de las regiones mayormente marginadas en el municipio de San Carlos Yautepec, Oaxaca, con un grado de marginación **muy alto**, de acuerdo a los indicadores del Consejo Nacional de la Población (CONAPO) 2010² (CONAPO clasifica el grado de marginación en: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. Los datos mostrados corresponden a la información más reciente publicada por CONAPO); la cual no cuenta con

² Indicadores de marginación: <http://www.snim.rami.gob.mx/>

otra vía de comunicación que le permita tener un acceso asequible a la Cabecera Municipal y puntos de influencia mayormente desarrollados.

La modernización de dicho camino, también se justifica ya que cumplirá con las funciones del medio de transporte terrestre rural:

- **Función Social:** proporcionará un medio que permitirá que los beneficiados directos por el camino tengan acceso permanente y en cualquier temporada del año al empleo, a distintos servicios básicos, como los sectores salud y educativo, principalmente, actividades de recreación, entre otras.
- **Función Económica:** traslado de personas y mercancías producto de la actividad desarrollada en la zona de manera segura, oportuna y asequible, lo cual impulsará su desarrollo económico, evitando que tengan pérdidas por retraso en las entregas o merma por el ajetreo de las “mercancías” durante el recorrido, así como disminución de los Costos Generalizados de Viaje (COV), además se evitará la migración a las zonas mayormente urbanizadas, evitando con ello la conglomeración de masas en un solo punto y con ello la saturación de los caminos.
- **Función Política:** propiciar la integración de un territorio. El presente proyecto es un proyecto relacionado y complementario de la Obra: **Mitla - Entr. Tehuantepec II**, el cual debe ser modernizado para continuar con la construcción de dicha Autopista, integrando la red de caminos alimentadores de la región del Istmo de Tehuantepec.

3.2 Alcances de un Análisis Costo Beneficio Simplificado:

Con lo anteriormente mencionado y con el fin de poder llevar a cabo dicho proyecto (ejecución de la obra), se realizó el “**Análisis Costo Beneficio Simplificado (ACBS)**” del proyecto ejecutivo “*Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000*”, para tener un conocimiento certero enfocado a la rentabilidad del proyecto, es decir, a qué tan conveniente es llevarlo a cabo o emprenderlo, una vez finalizado se lleva a cabo la toma de decisiones, evaluando distintos escenarios (situación sin/con proyecto), función de las condiciones de operación y características físicas del camino, entre otros, para la obtención de los costos y beneficios generados en cada uno de ellos, tanto cualitativos como cuantitativos.

Al proceso de construcción y/o modernización, según sea el caso, de un camino o de cualquier obra, le anteceden distintos procedimientos. Para que un proyecto de inversión sea licitado para llevar a cabo su ejecución, éste debe tener un **número de registro en cartera** ante la SHCP, dicho organismo otorga tal registro mediante la revisión de la **evaluación económica y social de los PPI**, es decir, del **Análisis Costo Beneficio Simplificado u otro tipo de evaluación**, según lo establecido en los lineamientos para la

presentación y elaboración de los mismos, lo cual se establece en el Art. 34 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, en cuanto a dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, se refiere.

Básicamente un *Análisis Costo Beneficio Simplificado* tiene como metodología un ***análisis a nivel de perfil***, mediante el estudio y evaluación de un proyecto, planteado desde distintos escenarios o situaciones (situación actual, situación sin proyecto optimizada y situación con proyecto); es decir, una vez que hemos planteado y definido estas tres situaciones, se lleva a cabo la evaluación del proyecto, realizando una comparativa entre la ***situación con y sin proyecto***, en la cual se obtendrán los beneficios que se generarán con la implementación de cada uno de los escenarios, en donde se verán reflejados los costos totales de la obra, los cuales comprenden los costos generados durante la etapa de modernización, construcción y/o reconstrucción, según sea el caso, así como los costos durante la vida útil o de operación del proyecto. Es importante destacar, que en la evaluación socioeconómica del proyecto se consideran tantos beneficios cuantitativos como cualitativos.

Citando la definición establecida en los lineamientos por la UISHCP:

“...un estudio a nivel de perfil utiliza la información disponible con que cuenta la dependencia o entidad, tomando en cuenta la experiencia derivada de proyectos realizados y el criterio profesional de los evaluadores. También se puede utilizar información proveniente de revistas especializadas, libros en la materia, artículos contenidos en revistas arbitradas, estudios similares, estadísticas e información histórica y paramétrica, así como experiencias de otros países y gobiernos. Para este tipo de evaluación, la información a utilizar, para efectos de la cuantificación y valoración de los costos y beneficios específicos del proyecto, debe permitir el cálculo de indicadores de rentabilidad.”

Los resultados de un buen Análisis Costo Beneficio Simplificado nos brindan un panorama para decidir si el proyecto debe llevarse a cabo o no, es decir, nos indica si es rentable o no, mediante la obtención de los indicadores de rentabilidad, que son función de los beneficios netos cuantificables por año durante el periodo de evaluación, determina la factibilidad de llevar a cabo o no el proyecto, sin olvidar que los beneficios cualitativos también pintan una parte importante dentro de la toma de decisiones, relacionado ambos, por ejemplo, se da prioridad a los proyectos de más bajo costo por habitante servido; sin hacer a un lado, el principio de sostenibilidad ambiental, social y económica, así como los posibles riesgos y beneficios en materia ambiental que se generarán. También nos indican, si el proyecto debe ser replanteado, desechado o si debe posponerse su ejecución.

IV. Elaboración del Análisis Costo Beneficio Simplificado

4.1 Metodología utilizada en la elaboración de un ACBS.

Retomando la definición establecida en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los Análisis Costo Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión (PPI), de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), en su sección segunda, un Análisis Costo Beneficio, se refiere a:

... la evaluación de los PPI referida en el artículo 34, fracción II, de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, y que considera los costos y beneficios directos e indirectos que los proyectos y programas genera a la sociedad.

La metodología utilizada, correspondiente a un estudio a nivel de perfil, definido anteriormente, para la elaboración de un Análisis Costo Beneficio Simplificado, la cual básicamente se compone del establecimiento de los tres escenarios: situación actual, sin proyecto u optimizada y con proyecto, y de la evaluación mediante la comparativa entre la situación con/sin proyecto, y la obtención de sus costos y beneficios; ésta se ejemplificará mediante la evaluación socioeconómica del proyecto **“Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000”**. En el siguiente cuadro resumen (Cuadro 1: Contenido de un Análisis Costo Beneficio Simplificado), se muestra de manera general el contenido de un *ACBS*.

4.2 Caso Ejemplo, ACB Simplificado:

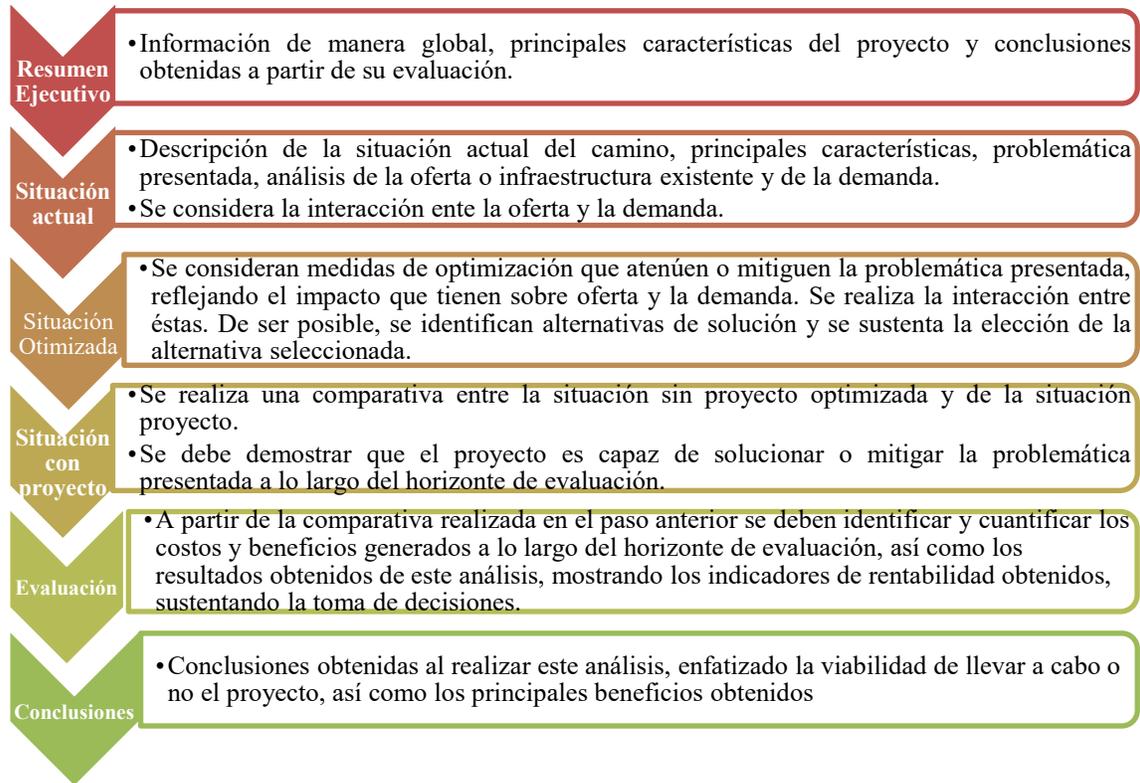
Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del Km 0+000 al Km 23+000”

Se pretende modernizar el camino rural E.C. Mitla Tehuantepec II a la localidad Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000, mediante modernización y ampliación a 2 carriles de 3.5 metros de ancho cada uno por sentido de circulación (sección tipo “C2) a nivel de pavimento con una superficie de rodado de concreto flexible o asfáltico, en una longitud total de 23.0 kilómetros, en un tipo de terreno: montañoso. El objetivo principal del proyecto es comunicar a la localidad de Santiago Quiavicuzas a la red modernizada, mediante el mejoramiento de la superficie de rodamiento y con ello nivel de servicio ofrecido por el mismo, aumentando la calidad de vida de la población objeto³, reduciendo los Costos Generalizados de Viaje (CGV) y disminuyendo el tiempo de recorrido. El monto

³ Población objeto: las localidades afectadas directamente con la problemática presente en el camino a modernizar representa la población que se beneficiará con el mismo.

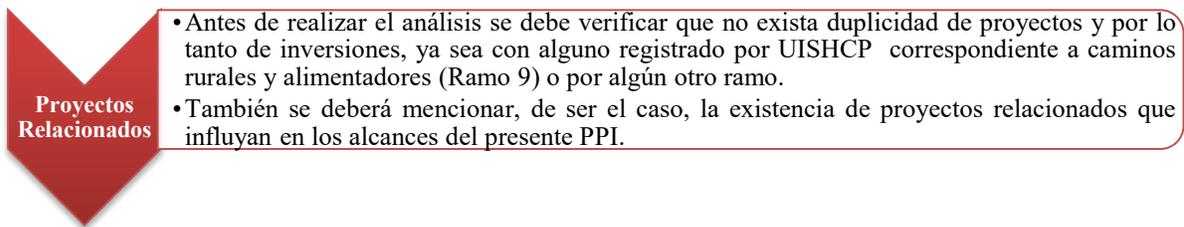
total con IVA de inversión es de 128.37 mdp⁴, con un periodo constructivo de 3 años y una vida útil del camino de 28 años.

Cuadro 1: Cuadro resumen, contenido general de un ACBS.



Fuente: elaboración propia.

4.2.1 Proyectos Relacionados:



**Identificación de proyectos relacionados:*

Autopista Mitla – Entronque Tehuantepec II

Se identificó como proyecto relacionado al camino en estudio, la segunda etapa de construcción de la nueva “Autopista Mitla – Tehuantepec”, proyecto concesionado a

⁴ Tipo de evaluación socioeconómica: de acuerdo a los lineamientos establecidos por la UISHCP, el estudio aplicable a proyectos de infraestructura económica cuyo monto total de inversión está entre los 50 y 500 millones de pesos, corresponde a un Análisis Costo Beneficio Simplificado.

Autovía Mitla Tehuantepec, S.A. de C.V., según Contrato de Servicios de Largo Plazo No. SCT-PPS-08-10/30, con la figura jurídica de proyecto con participación social, conocido como PPS. En el cuadro 2, se muestra un resumen con las principales características del proyecto de la Autopista Mitla – Tehuantepec. Originalmente el proyecto de la Autopista Oaxaca-Salina Cruz Tramo: Mitla-Tequisistlán-Entronque Tehuantepec II, consiste en tres subtramos, de los cuales dos de ellos ya se encuentran modernizados y en operación (para mayor detalle consultar cuadro 2, apartado: Avances a Sep. 2015), el subtramo II correspondiente a Santa María Albarradas-Santiago Lachiguiri, es de importancia para este análisis, ya que es el tramo que entronca con el proyecto en estudio.

El proyecto de la **Autopista Mitla – Entronque Tehuantepec II**, es de gran importancia a nivel nacional y regional, ya que forma parte del eje carretero México – Oaxaca – Mitla – Tehuantepec - La Ventosa – Arriaga – Tapachula – Cd. Hidalgo – Guatemala, y está considerado como uno de los proyectos más importantes y de mayor prioridad dentro de las 13 obras de infraestructura carretera del Plan de Desarrollo Territorial de Oaxaca.

La **carretera Mitla – Entr. Tehuantepec II pertenece al corredor carretero Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo que une el centro del país la región sureste y con Centroamérica** y su conclusión forma parte de la estrategia de modernización carretera de los 14 corredores troncales del Gobierno Federal de la administración pasada, dicho proyecto surge del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001 – 2006.

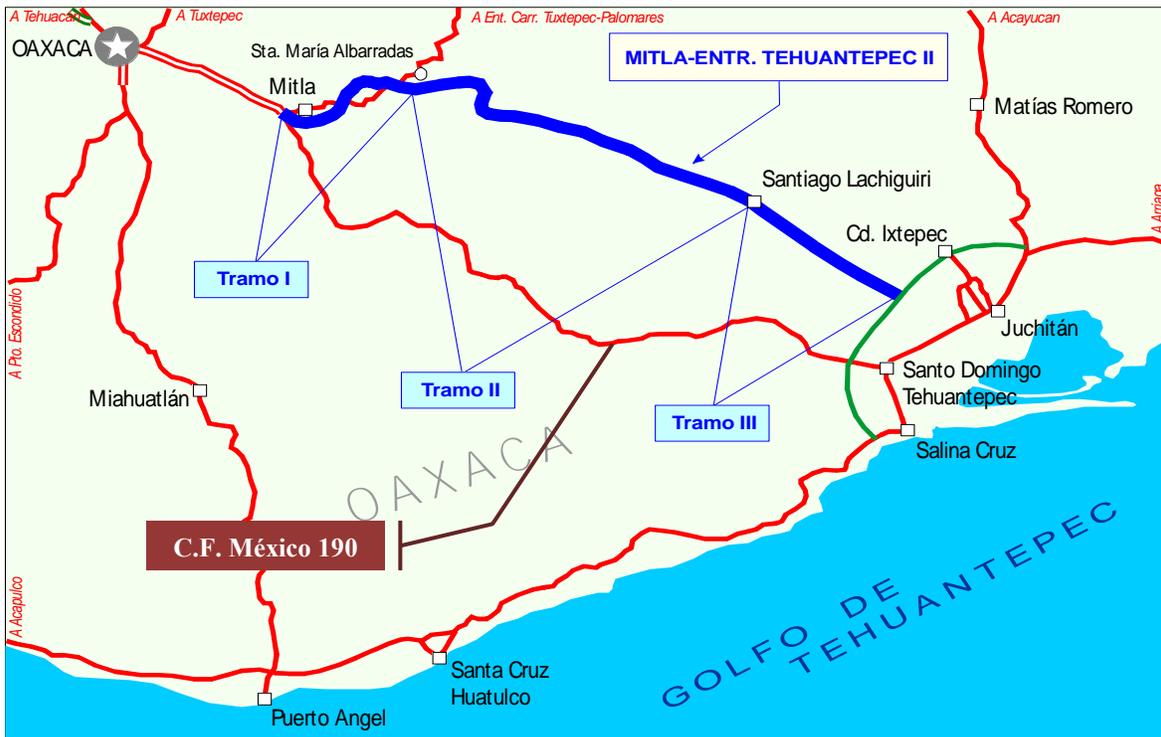
El desarrollo de la zona Sur – Sureste del país, es parte indispensable del Plan Puebla-Panamá y la Riviera Maya, por lo que se requiere conformar un sistema de corredores carreteros del sureste, del cual el tramo Mitla Entronque Tehuantepec II, es parte fundamental.⁵

Enlazará a la Ciudad de Oaxaca de Juárez y los Valles Centrales con la Región del Istmo de Tehuantepec, que actualmente se recorre por la Carretera Federal (C.F.) 190, mediante la cual se recorre una distancia total de 208.9 [km], en un tiempo de 5 horas en promedio; por la autopista ya mencionada este recorrido se realizará en 2 horas y media a una velocidad promedio de 90 km/h. El punto inicial de la carretera sección tipo “A2” a construir, entroncara con el Libramiento Mitla y en su punto final en el km 210+000 con la autopista Salina de la Cruz – La Ventosa. En la imagen de la figura 1 y 2, se puede apreciar un mapa en relieve de los puntos inicial y final de la Autopista, así como la ubicación de las 2 casetas de cobro, población beneficiada directamente y proyectos complementarios.

Dentro de la red de carreteras, el proyecto de la nueva autopista se encuentra paralelo a la carretera federal MEX-190 “Carretera Internacional, Oaxaca”, tal como se muestra en la figura 2.

⁵ Fuente: Información retomada del Análisis Costo Beneficio Oaxaca-Salina Cruz Tramo: Mitla-Tequisistlán-Entronque Tehuantepec II.

Figura 2: Proyectos relacionados, Mitla – Entronque Tehuantepec II



Fuente: ACB Oaxaca-Salina Cruz Tramo: Mitla-Tequisistlán-Entronque Tehuantepec II.

Cuadro 2: Proyectos Relacionados

| Cuadro 2: Proyectos Relacionados | | | |
|---|--|---|------------------|
| Nombre del PPI | | Autopista Mitla - Tehuantepec II | |
| Tipo de PPI | | Proyecto de infraestructura económica, Proyecto con Participación Social (PPS) | |
| Inversión | | \$ 12,243,180,619* | |
| Clasificación Administrativa del camino | | Camino Federal o Carretera | |
| Clave de Registro ante SHCP | | 0496400001 | |
| Empresa Concesionaria | | Autovía Mitla Tehuantepec, S.A. de C.V | |
| Clave del contrato | | SCT-PPS-08-10/30 | |
| Status actual | | En proceso constructivo | |
| Características físicas y geométricas | | | |
| Sección tipo "A2" | | Longitud total (3 subtramos) | 167 [km] |
| Ancho de Sección | 12 [m] | Estado Físico | Bueno |
| Ancho de calzada | 7 [m] | Tipo de Terreno | Montañoso |
| Nº de carriles | 2 (de 3.5 [m] de ancho, uno por sentido de circulación) | TDPA | 1,997 |

Evaluación socioeconómica de carreteras

| | | | |
|---|--------------------------------------|--|---------------------------|
| Acotamientos | laterales de 2.5 [m] cada uno | Población beneficiada: Zona del Istmo de Tehuantepec | 674,230 habitantes |
| Incluye la construcción de diversas estructuras: | | | |
| Puentes | | 54 | |
| Viaductos | | 11 | |
| Túneles | | 3 | |
| Pasos a desnivel y PSV | | 18 | |
| Entronques | | 5 | |
| Paraderos | | 5 | |
| Rampas | | 4 | |
| Mirador | | 1 | |
| Plazas o casetas de cobro | Mitla (dirección Oeste) | km 46+500 (Localidad Mitla) | |
| | Tehuantepec (dirección este) | km 188+500 (localidad Jalapa del Marqués) | |
| Avances a Septiembre de 2015 | | | |
| Subtramo 1: Mitla-Santa María Albarradas | | E.C. de Mitla a la desviación a Santa María Albarradas, del km 43+000 al km 71+000 (28.0 km) está concluido al 100 % e inaugurado el 21 de septiembre del 2015. | |
| Subtramo 2: Santa María Albarradas-Santiago Lachiguiri | | Desviación a Santa María Albarradas a Santiago Lachiguiri, del km 71+000 al km 165+000 (94.0 km) un avance del 57.89 % y se estima concluir en junio del 2016.** | |
| Subtramo 3: Santiago-Lachiguiri-Entronque Tehuantepec II | | Santiago Lachiguiri al E.C. Tehuantepec II, del km 165+000 al km 210+000 (45.0 km), avance considerable y se estima concluir en diciembre del 2016. | |
| <p>*Nota: Inversión correspondiente a los 3 tramos. El calendario de inversión considera los recursos necesarios para concluir la obra en 11 años, cuyas fuentes de financiamiento son el Presupuesto de Egresos de la federación (PEF), el Fideicomiso (FIDES) y el esquema PPS combinado.</p> <p>**Nota: el tramo correspondiente al subtramo 2, con una longitud de 94 km, es el tramo comprometido y relacionado a los proyectos de infraestructura carretera de la Zona del Istmo de Tehuantepec - Mitla, los cuales de no ser registrados, retrasarán el proyecto de la Autopista, lo cual implica que éste no se concluirá al 100%, en el tiempo estipulado.</p> | | | |

Fuente: elaboración propia.

Los beneficios de la construcción de esta nueva supervía se traducen en un camino alimentador, con una sección óptima que brinda a sus usuarios seguridad, comodidad y accesibilidad a los principales puntos de influencia del mismo, ya que la topografía presentada y el tipo de terreno en que se ubica el camino, montañoso, la oferta, demanda

(tránsito diario promedio anual o TDPA) las bajas velocidades de operación, altos tiempos de recorrido, entre otros, demandaban una sección con mayor visibilidad a distancias de frenado suficientemente viables, lo cual se solucionó con el alineamiento horizontal de la sección propuesta, dichos beneficios serán percibidos por las localidades de la región del Istmo de Tehuantepec, entre ellas, se encuentra la población objetivo del caso ejemplo de análisis: **Santiago Quiavicuzas**, la cual para poder tener acceso a esta vía, tiene que recorrer una distancia de 23 Km a nivel de terracería (en la situación actual), por lo que se propone la modernización del camino (proyecto con número de registro: **16096400004**).

4.2.2 *Resumen Ejecutivo:*

En este apartado se presentará como su nombre lo dice, un resumen del proyecto ejecutivo, el cual tiene por objetivo presentar la información más relevante del estudio de evaluación y la descripción de sus principales características, lo cual le permitirá al lector adentrarse en el proyecto y conocer en términos generales su contenido, así como las principales conclusiones obtenidas en su evaluación, referidas a la rentabilidad del mismo. Su contenido es el siguiente:

a) **Nombre del PPI:**

“Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000”.

b) **Objetivo del PPI:**



Objetivo

- Es importante identificar el objetivo del proyecto, ya que el análisis deberá ir alineado a éste y a la problemática.
- Deberá estar enfocado a eliminar o reducir la problemática.

El proyecto tiene como objetivo permitir la comunicación entre las comunidades rurales beneficiadas directamente por el camino, así como aquellas aledañas o beneficiados indirectos y usuarios de largo itinerario como transportistas y turistas, mediante la modernización del camino **E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000**, brindando con ello mayor capacidad al camino, para ofrecer un nivel de servicio óptimo a los usuarios, como una vía que permita una mayor conectividad y competitividad en la región. Proporcionando a los habitantes, una vía de comunicación accesible, asequible, eficiente, segura y compatible con el medio ambiente, que promueva la reducción de los tiempos de recorrido y Costos Generalizados de Viaje (CGV).

El proyecto contribuye a mejorar la comunicación de la población objetivo o bien de la localidad de **Santiago Quiavicuzas con la cabecera municipal** y brindarle un acceso a los servicios básicos de **salud, educación, administrativos, transporte, etc.**, mediante la

movilidad eficiente de personas y mercancías, y combatir el **grado de marginación muy alto** que presenta la región en la que se ubica el camino.

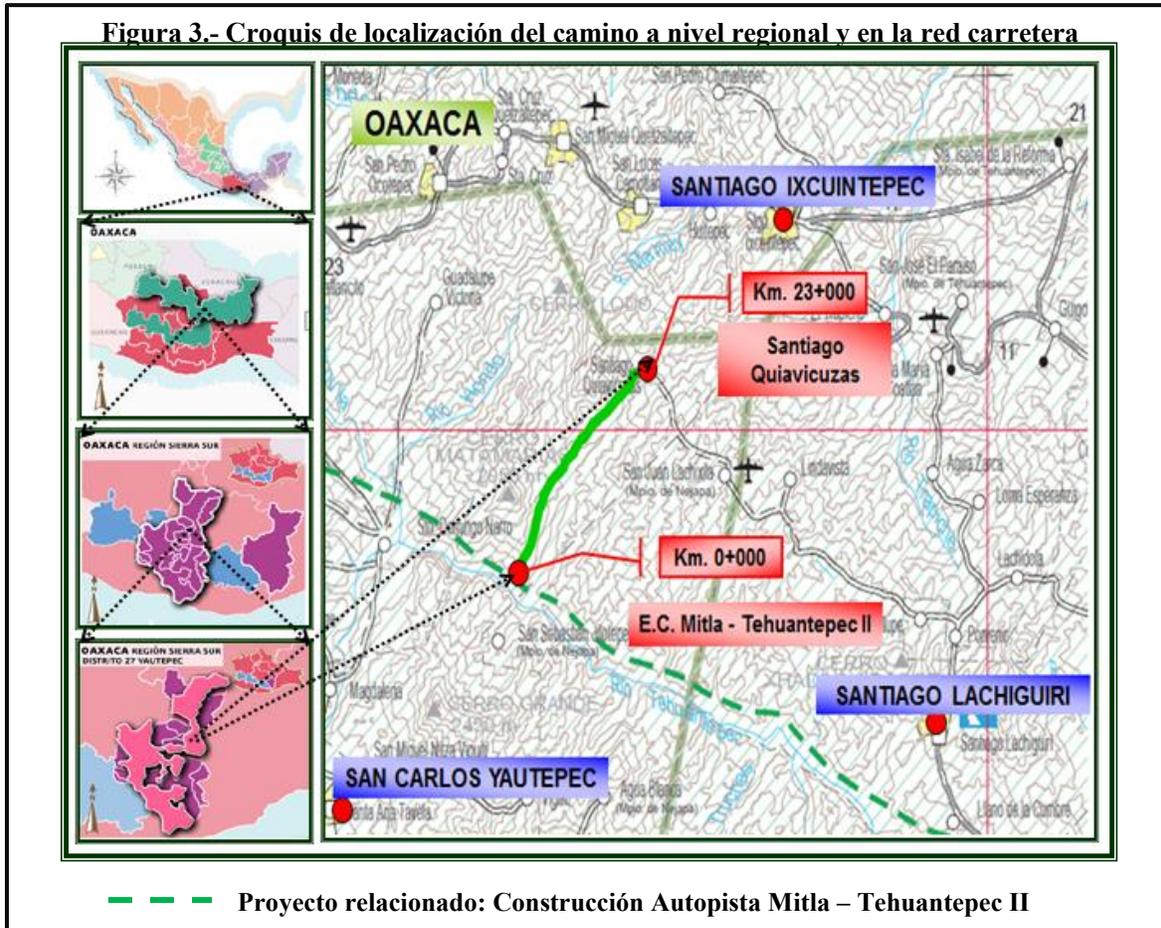
c) Localización:

El camino rural E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km **0+000 al km 23+000**, se localiza en la región del **Sur** del Estado de **Oaxaca**, en el Municipio de **San Carlos Yautepec**, en las coordenadas geográficas gradientes decimales siguientes (Ver cuadro 3: Localización geográfica del camino):

| Cuadro 3: Localización geográfica del camino | | | | | |
|--|--------------------------------|-----------|--|--------------------------------|-------------|
| Km 0+000 Ubicado: E.C. Mitla - Tehuantepec II | | | Km 23+000 Ubicado: localidad Santiago Quiavicuzas | | |
| Latitud : | Longitud: | Elevación | Latitud : | Longitud: | Elevación |
| 16.750694° (16°45'2.50"N) | -95.787905° (95°47'16.46"O) | 414 msnm | 16.862223° (16°51'44.00"N) | -95.716132° (95°42'58.08"O) | 1,352 msnm. |

Fuente: Elaboración propia

En la **figura 3: Mapa de localización del camino**, se observa la ubicación de éste a nivel estatal y nacional, correspondiente al estado de Oaxaca, en la Región Sur del estado, distrito 27 Yautepec, Municipio San Carlos Yautepec.



Fuente: Elaboración propia, Atlas de México

d) Problemática identificada:

El camino actual que comprende una longitud total de 23 [km], del km 0+000 al km 23+000, se cataloga como un camino rural, sección tipo “E” con ancho de corona de 5 [m], para alojar un carril de circulación que funge como ida y vuelta, el cual carece totalmente de señalamiento y la superficie de rodamiento se encuentra con tramos a nivel de terracería y revestimiento, aunado a lo anterior, el proyecto se localiza en un tipo de terreno montañoso, lo cual aumenta la inestabilidad del camino e inseguridad al transitar en él, al existir derrumbes y bloqueos que lo hacen intransitable en algunas temporadas del año, lo cual empeora con el tipo de clima presente en la región: **cálido húmedo**⁶. **Debido a la clasificación por transitabilidad o “nivel del terreno”, en que se encuentra mayormente el camino, terracería, en temporada de lluvias el exceso de agua sobre la superficie de rodamiento provoca que ésta escurra sobre la calzada erosionando el material que conforma su superficie de rodamiento y el talud del terraplén se vea afectado**

⁶ Características climatológicas: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/>

gravemente, ocasionando problemas de ondulaciones, baches y encharcamientos a lo largo del camino, haciéndolo intransitable e inseguro para los usuarios.

Las características físicas del camino de la situación actual determinan las condiciones de operación y nivel de servicio ofrecido (Nivel de Servicio “E”), las cuales son deficientes y nos indican que la sección geométrica no es la adecuada para atender la demanda presente, o TDPA, siendo los vehículos de carga o tipo “C” los de mayor influencia en la zona; debido a que se presentan elevados tiempos de recorrido y bajas velocidades, lo que se traduce en altos CGV para los usuarios y la contaminación al medio ambiente por emisión de gases producto del proceso de combustión también aumenta. Las condiciones del camino anteriormente descritas, **determinan la principal problemática presente identificada, la falta de una vía de comunicación que le permita a la localidad Santiago Quiavicuzas comunicarse con la Cabecera Municipal y zona de influencia del camino, lo que impide el crecimiento de la región, aumenta el rezago económico, cultural, educativo, entre otros, dando origen al motivo de su modernización.**

Es importante destacar, que la comunidad de Santiago Quiavicuzas, cuenta, como única vía de comunicación para conectarse con los principales puntos de influencia del estado y municipio, con el camino en estudio, por lo que es importante atender la problemática descrita anteriormente, al pertenecer ésta a una región clasificada como microrregión de muy alta marginación y al mismo tiempo pertenece a los municipios con menor índice de desarrollo humano del país. El número total de municipios para esta descripción son 454; por lo que el proyecto se adentra en aquéllos de mayor prioridad o **“prioridad 1”** de acuerdo al índice de marginación elaborado por CONAPO⁷.

e) Breve descripción del PPI:

Los alcances del proyecto consisten en la modernización de un camino rural de 23 [km] de longitud, situado entre el E.C. Mitla – Tehuantepec II y la localidad de Santiago Quiavicuzas, beneficiando directamente a esta última. Se propone la modernización del camino existente a nivel de terracería a un camino alimentador Tipo “C”, a una superficie de rodamiento de pavimento asfáltico o flexible de 7 [m] de ancho de corona o sección para alojar dos carriles, uno por sentido de circulación, con 3.5 [m] de ancho cada uno.

f) Tipo de proyecto:

De acuerdo a los lineamientos establecidos para la elaboración de evaluaciones socio – económicas, existe una clasificación para los PPI, basada en el tipo de infraestructura a construir o tipo de programa a implementar.

El caso ejemplo corresponde a: **Proyecto de Inversión de Infraestructura Económica.**

⁷ Indicadores de marginación: <http://www.snim.rami.gob.mx/>

g) Horizonte de evaluación:

Horizonte de evaluación

- Este dependerá del tipo de proyecto, de los productos o servicios a entregar, y en la mayoría de los casos, de la vida útil de los activos que estén vinculados al mismo.
- En el caso de los proyectos de inversión pública existen procedimientos establecidos para su determinación y el límite que éste deberá tener.

Al tratarse de una obra pública, el horizonte de evaluación, se encuentra establecido por experiencia en proyectos similares y se considera de **31 años**, de los cuales **3 años se contemplan para la modernización del camino y los 28 años restantes corresponden a la etapa de operación o vida útil del camino.**⁸

h) Descripción de los principales costos del PPI:

Los costos que cualquier país debe enfrentar y solventar durante el periodo de ejecución y vida útil de un camino, se dividen en los siguientes:

Costos del PPI

- **Costos de inversión**, corresponden al monto total de inversión, se desglosan por concepto de terracerías, estructuras y obras de drenaje, pavimentación y señalamiento, por año.
- **Costos por mantenimiento preventivo y correctivo durante la vida útil del camino se determinan** según el tipo de pavimento o proceso constructivo, es decir, ya sea asfáltico (flexible) o de concreto hidráulico (rígido), así como la periodicidad de cada una de las actividades por concepto de mantenimiento a realizar.
- **Costos de Operación, aquéllos que se producen constantemente por la circulación de los vehículos por dicho camino**, el principal factor que influye en estos costos es la calidad de la superficie de rodamiento o estado superficial.

• Costos de inversión:

La inversión total estimada **con IVA** corresponde a **\$128, 370,000.00** (\$110, 663,793.10 sin IVA). El costo de la obra comprende la **ampliación y modernización de 23.00 kilómetros que incluyen terracerías, obras de drenaje, pavimentación y señalamiento vertical y horizontal**. En el cuadro 4 se muestra el desglose por año de inversión de los costos por actividad a realizar o componente que incluye la ampliación y modernización del camino, así como los porcentajes que demanda cada concepto del monto total de inversión.

⁸ Nota: Considerar un horizonte de evaluación o vida útil infinita para una obra implica que se pueda cometer un mayor margen de error en las estimaciones y un mayor esfuerzo para generalas, lo cual no es óptimo.

Evaluación socioeconómica de carreteras

| Cuadro 4: Costo por concepto de obra | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| % de inversión | Concepto | Inv. 2016 C/IVA | Inv. 2017 C/IVA | Inv. 2018 C/IVA | Total |
| 28,00% | Terracerías | \$3.080.000 | \$16.431.800 | \$16.431.800 | \$35.943.600 |
| 14,90% | Estructuras y Obras de Drenaje | \$1.639.000 | \$8.744.065 | \$8.744.065 | \$19.127.130 |
| 54,60% | Pavimentación | \$6.006.000 | \$32.042.010 | \$32.042.010 | \$70.090.020 |
| 2,50% | Señalamiento | \$275.000 | \$1.467.125 | \$1.467.125 | \$3.209.250 |
| 100% | Total | \$11.000.000 | \$58.685.000 | \$58.685.000 | \$128.370.000 |

Fuente: elaboración propia

- **Costos por mantenimiento⁹ (durante la etapa de operación):**

El camino se ampliará y modernizará a una sección tipo “C”, con una superficie de rodamiento a **nivel de pavimento a base de asfalto**, por lo que los costos correspondientes al tipo de mantenimiento preventivo y correctivo, durante su vida útil o etapa de operación, para este tipo de pavimento se describen en el cuadro 5, así como su periodicidad.

| Cuadro 5: Costo por mantenimiento y conservación (sin IVA) | | | | |
|--|---------------------------------|----------------|---|--|
| Longitud [km] | Concepto | Costo [\$/año] | Periodicidad [año] | Costo total por mantto por concepto. ¹⁰ |
| 23 | Conservación normal o rutinaria | \$1,357,000 | 28 ¹¹ | \$37,996,000 |
| 23 | Bacheo general y riego de sello | \$6,555,000 | 2 veces, año 5 y año 15 a partir de la etapa de operación. | \$13,110,000 |
| 23 | Sobrecarpeta | \$35,650,000 | 2 veces, año 10 y año 25 a partir de la etapa de operación. | \$71,300,000 |
| 23 | Reconstrucción | \$55,200,000 | 1 vez, año 20 a partir de la etapa de operación. | \$55,200,000 |
| Costo total mantenimiento = | | | | \$ 177,606,000.00 |

La conservación normal básicamente se refiere a limpieza general y reparación de pequeños desperfectos en la superficie de rodamiento, se considera mantenimiento preventivo menor. La reconstrucción consiste en la reparación de la estructura del pavimento cada 20 años.

⁹ Nota: Se estima que el costo de mantenimiento es 10 veces el costo inicial o de inversión.

¹⁰ Nota: los costos por mantenimiento no se suman cuando coinciden en el mismo año, sólo se considera el de mayor importe.

¹¹ Nota: para la conservación normal o rutinaria, la periodicidad corresponde al periodo a partir del cual el camino comienza a operar y termina la vida útil estimada, es decir, periodo de operación.

Teniendo un costo total de la obra por costo de inversión y mantenimiento de:

| Cuadro 6: Costos totales | |
|--|--------------------------|
| Concepto | Costo |
| Costo por inversión | \$ 128,370,000.00 |
| Costo por mantenimiento y conservación | \$ 177,606,000.00 |
| Costo total = | \$ 305,976,000.00 |

- **Costos de operación o Costos Generalizados de Viaje (CGV):**

Como ya se mencionó anteriormente el costo de operación es lo que le cuesta al usuario transportarse por ese camino durante el lapso correspondiente a su vida útil; incluye costos por lubricantes, energéticos y costos de tiempo; dichos costos implican una atención ya que superan a los otros dos, en cuanto a importe total ya que ocurren rutinariamente con el paso de los vehículos. En el apartado Evaluación del PPI se desglosan detalladamente.

- i) Descripción de los principales beneficios del PPI:**

Principalmente se obtendrán los siguientes beneficios: ahorro en los CGV, tanto por costos por ahorro de tiempo y de operación vehicular, lo cual implica un ahorro para los usuarios y transportistas de bienes y mercancías, que utilizan dicha vía de comunicación, en cuanto a combustible, lubricantes, neumáticos, entre otros, como consecuencia de un camino con una superficie de rodamiento uniforme libre de baches, deformaciones y roderas, principalmente.

- j) Monto total de inversión:**

El monto total de inversión para la ampliación y modernización de los 23 km se estima en **\$128, 370,000.00 (con IVA)**.

- k) Riesgos asociados al PPI:**

Existen algunos riesgos asociados a este tipo de proyectos que se pudiesen presentar durante la etapa de ejecución y/o vida útil, entre ellos, tenemos los relacionados principalmente a retrasos en la culminación de la obra al 100% en el tiempo planeado y con ello incrementos en los costos de ejecución, debidos a diversos factores como fluctuaciones de las tasas de interés, tasa de cambio, variaciones cambiarias y financieras etc., por causas macroeconómicas, de acuerdo a las desvalorizaciones monetarias e inflación que ha sufrido el proyecto a lo largo de la etapa de modernización.

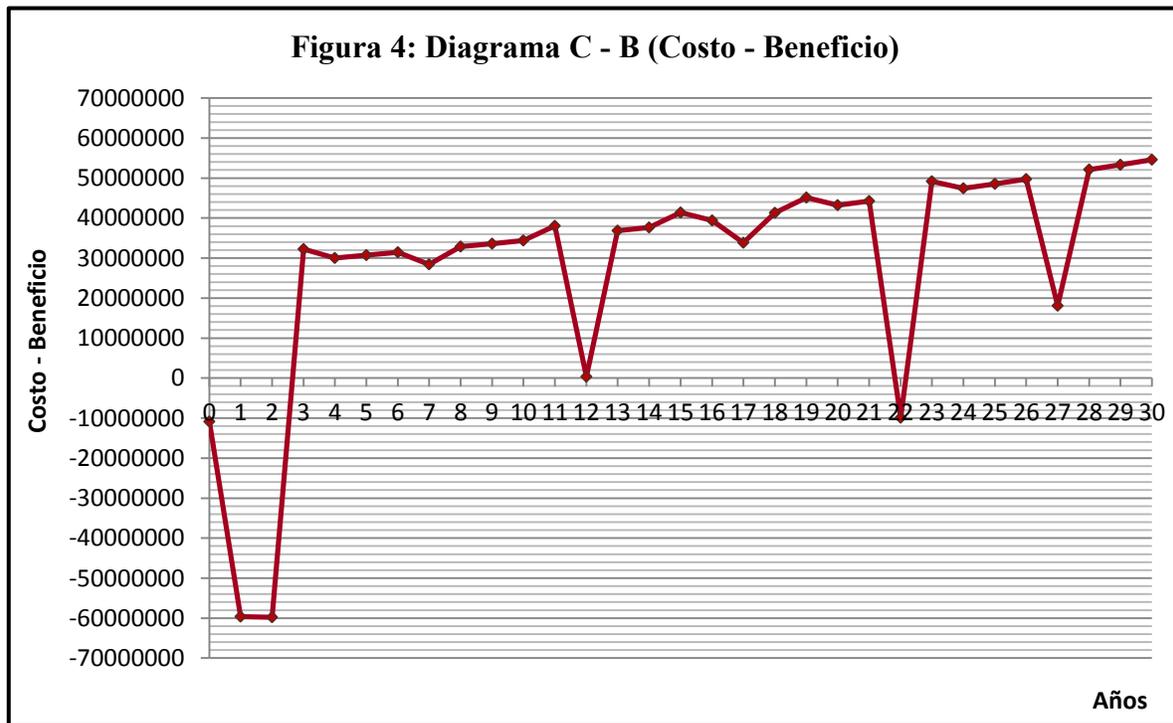
También pudiesen presentarse algunos riesgos relacionados a la liberación del derecho de vía.

l) Indicadores de rentabilidad:

Como resultado de la evaluación socioeconómica del PPI, utilizando una tasa social de descuento del 10%, equivalente al rendimiento requerido por el inversionista, propuesta por la UISHCP al tratarse de un proyecto de tipo social y establecida en los lineamientos¹², se obtuvieron los siguientes indicadores de rentabilidad:

| Cuadro 7, a) Indicadores de rentabilidad | |
|--|------------------|
| Indicador | Valor |
| Valor Presente Neto (VPN) | \$140,147,968.23 |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | 21.30% |
| Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) | 27.37% |

El cálculo de los indicadores de rentabilidad se puede analizar detalladamente en el apartado correspondiente a la evaluación de la sección 4.2.6 inciso f). En la figura 4, se observa un diagrama C – B (Costo Beneficio) a lo largo del horizonte de evaluación (partiendo del concepto de diagrama E – R), en el cual se muestran los principales costos y beneficios obtenidos con el proyecto para el cálculo de los indicadores de rentabilidad.



¹² Nota: Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, establecidos por SHCP. Con la caída de las tasas de interés del ahorro interno y externo en México, en enero de 2014, con el fin de fomentar la inversión pública en el país, se consideró llevar a cabo los estudios necesarios para el cálculo de la Tasa Social de Descuento (r), la cual paso del 12% al 10%.

m) Conclusión del análisis de evaluación del PPI:



- Deberá estar enfocada a los resultados obtenidos en el análisis mediante la evaluación económica y social del PPI, demostrando la susceptibilidad del proyecto de generar un beneficio social neto bajo supuestos razonables.

Como resultado de la evaluación socioeconómica del proyecto, en el aspecto cuantitativo se determinó la rentabilidad de éste, invirtiendo en 3 años y teniendo como momento óptimo de operación del camino el año 2019, con una TRI de 27.37% mayor a la tasa social de descuento del 10%.

Obteniendo la máxima tasa de interés para el proyecto o Tasa Interna de Retorno (TIR, también llamada tasa de recuperación) de 21.30% que hace que el VPN sea cero, la cual es mayor a la Tasa Social de Descuento (TSD=) o rendimiento buscado (TSD=r =10%) y utilizada para la obtención del VPN y TRI, por lo que aplicando el criterio de decisión (ver cuadro 7, b), de acuerdo al rendimiento, el proyecto es rentable al obtener un VPN distinto y mayor a cero, con un valor de \$ 140, 147,968.23, lo que significa que los beneficios derivados del PPI son mayores a los costos generados.

| Cuadro 7, b) Criterios de decisión, evaluación de proyectos.¹³ | |
|--|------------------------|
| 1° Criterio: Valor Presente Neto (VPN) | |
| Si VPN = 0 | El proyecto se rechaza |
| Si VPN < 0 | El proyecto se rechaza |
| Si VPN > 0 | El proyecto se acepta |
| 2° Criterio: Tasa Interna de Retorno (TIR) | |
| Si TIR = r (TSD) | El proyecto se acepta |
| Si TIR < r (TSD) | El proyecto se rechaza |
| Si TIR > r (TSD) | El proyecto se acepta |

Fuente: elaboración propia

Cualitativamente la modernización y ampliación de este camino a una sección tipo “C”, atiende la problemática planteada anteriormente, permitiendo la comunicación por vía terrestre de manera segura, asequible y accesible para los habitantes de la localidad de Santiago Quiavicuzas, mejorando su calidad de vida, reduciendo considerablemente los CGV, por velocidad y tiempo de recorrido, permitiendo el acceso y desarrollo de la distintas actividades económicas, practicadas en la zona, principalmente aquellas referidas

¹³ Nota: al evaluar el proyecto cuantitativamente, el proyecto debe cumplir con ambos criterios de decisión para ser aceptado. Es importante mencionar que la evaluación económica del proyecto no define totalmente la viabilidad de éste. También es importante evaluarlo en un contexto social.

al sector primario, tales como la **agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal pesca y caza**¹⁴, **facilitando el transporte y distribución de mercancías y personas.**

Concluyendo que este proyecto es capaz de generar y producir un servicio de calidad en beneficio de la sociedad, beneficiando directamente a 1,459 habitantes de la localidad de Santiago Quiavicuzas, en el Municipio San Carlos Yautepec, de la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.

4.2.3 Situación Actual del PPI:

a) Diagnóstico de la situación actual:

Situación actual

- Se describirán las principales condiciones de la situación actual que dan lugar a la problemática objeto de estudio y motivación de la realización del proyecto. Se podrá valerse de fotografías, trabajo de campo, etc., para su justificación.
- Lo que se plantee en este apartado referente a las carencias existentes en la oferta o infraestructura actual, servicio ofrecido, etc., deberá ser expresado como una necesidad.

El camino se encuentra ubicado en la Sierra Madre del Sur del país, condición orográfica que afecta gravemente la transitabilidad del mismo. Al localizarse en un terreno de tipo montañoso con una pendiente máxima de 13% y un grado de curvatura de 60°, y al contar únicamente con un carril de circulación que funge como ida y vuelta, con una superficie de rodamiento no uniforme, ya que algunos tramos a lo largo de los 23 km que tiene por alcance este proyecto, se observan a nivel de terracerías y otros revestidos, de sección variable, tomando como más desfavorable la más angosta de 5 [m], el tránsito por esta vialidad se vuelve peligroso, costoso y aumenta la probabilidad de accidentes, al no contar con un diseño geométrico óptimo que mejore la visibilidad del conductor, aumente la capacidad de maniobra y giros, al ser éste un camino rural y con mayor desarrollo económico en el sector primario y terciario, de la agricultura, ganadería y comercio, donde el tránsito está compuesto principalmente por vehículos de carga o vehículos tipo “C”. En las fotografías de la figura 5, producto del trabajo de campo, se observan algunas de las características físicas y geométricas del camino actual descritas.

Por lo anteriormente descrito, se necesita proporcionar a los usuarios una vialidad que les permita comunicarse con los principales puntos de influencia de la zona y les proporcione un acceso permanente a los servicios básicos, al empleo, etc., combatiendo el alto grado de marginación de la zona; que sea transitable durante todas las épocas del año, recordando que algunos tramos se encuentran a nivel de terracería, los cuales se vuelven intransitables en temporadas de lluvias, característica de un clima cálido húmedo¹⁵ presente en la zona de

¹⁴ Fuente: Características económicas: <http://www.snim.rami.gob.mx/>

¹⁵ Fuente: condiciones climatológicas: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/>

estudio, al existir desprendimiento de material de la superficie de rodado y con ello posibles derrumbes con las pendientes existentes tan pronunciadas, además de la formación de baches que dañan los neumáticos de los vehículos, y que dicha superficie tenga el diseño adecuado, capaz de soportar deformaciones por vehículos pesados o de carga y de transmitir los esfuerzos a capas inferiores a la superficie de rodamiento.

Las condiciones de transitabilidad que presenta el camino actual han ocasionado a los usuarios bajas velocidades y elevados tiempos de recorrido, provocando que incurran en altos costos generalizados de viaje y aumenten en la ocurrencia de accidentes.

Figura 5: Trabajo de campo, situación actual



Km 0+000 E.C. Carretera Mitla – Tehuantepec II



Km 4+250



Km 8+125



Km 12+100



Km 16+100



Km 20+240



Km 23+000 Quiavicuzas



Km 23+000 Quiavicuzas

Fuente: Centro SCT Oaxaca

Como se mencionó anteriormente las características físicas, condiciones de operación y nivel de servicio ofrecido por el camino son deplorables, siendo éste un factor importante en el rezago del desarrollo y crecimiento económico, social y cultural de la región, al no contar con una vía de comunicación permanente que permita el transporte seguro y eficiente de personas y mercancías, principalmente de la localidad Santiago Quiavicuzas en el municipio San Carlos Yautepec, el cual presenta un *muy alto grado de marginación* (ver figura 6, dicho índice nos indica que dicha población presenta grandes carencias de infraestructura y servicios básicos y administrativos, como escuelas, con un **40.64% de la población (a nivel municipal) sin primaria concluida**, además de la falta de hospitales, alumbrado en las calles, entre otros servicios; siendo éste el principal motivo de modernización del camino.

Figura 6: Índice de marginación del municipio San Carlos Yautepec¹⁶

| Indicadores de Marginación, 2010 | |
|----------------------------------|----------|
| Indicador | Valor |
| Índice de marginación | 1.01170 |
| Grado de marginación(*) | Muy Alto |
| Índice de marginación de 0 a 100 | 39.10 |
| Lugar a nivel estatal | 198 |
| Lugar a nivel nacional | 394 |

| Distribución porcentual de la población por características seleccionadas, 2010 | |
|---|--------|
| Indicador | % |
| Población analfabeta de 15 años ó más | 17.62 |
| Población sin primaria completa de 15 años ó más | 40.64 |
| Población en localidades con menos de 5000 habitantes | 100.00 |
| Población Económicamente Activa ocupada, con ingresos de hasta 2 salarios mínimos | 94.68 |

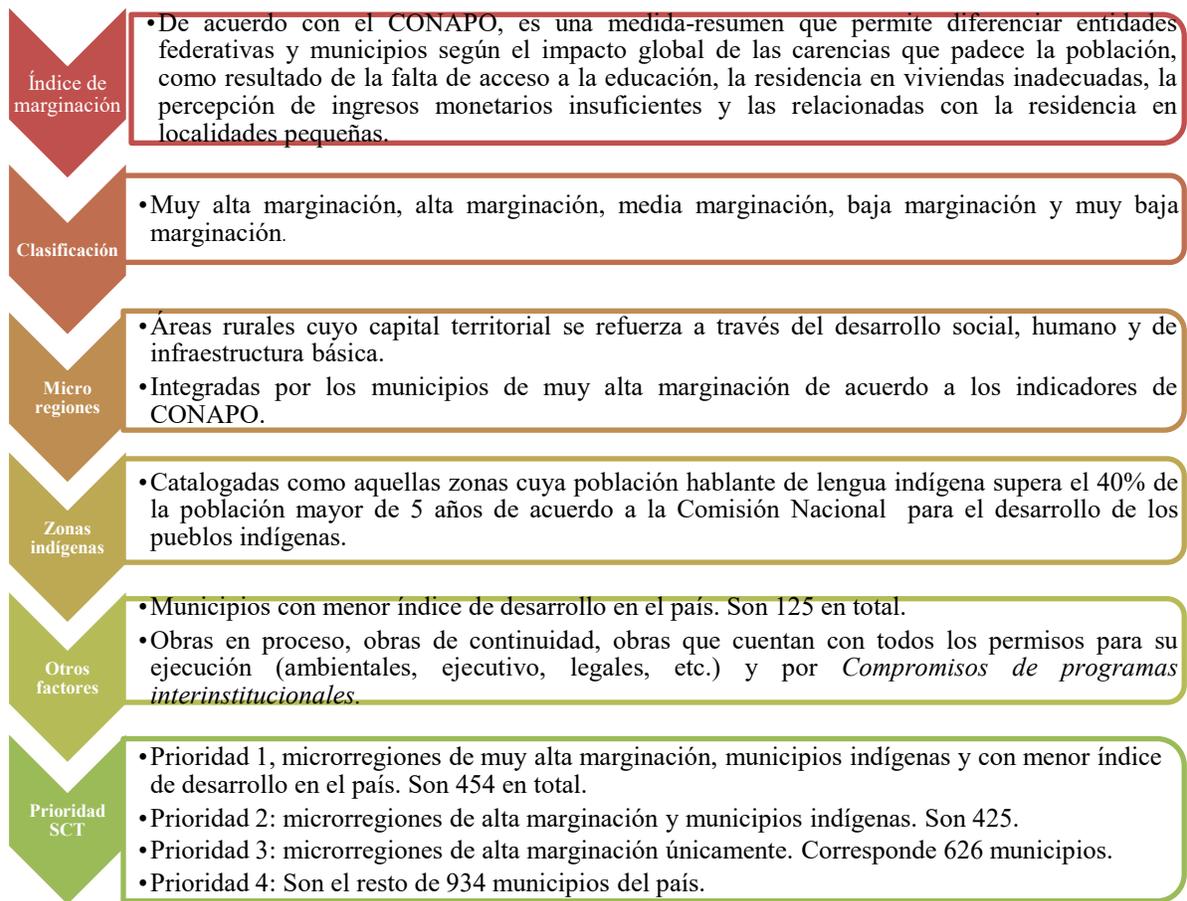
Fuente: CONAPO con base en el INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Otro de los factores considerados para la distribución de los recursos asignados al programa de caminos rurales y alimentadores, es la valoración del documento elaborado por la Dirección General Adjunta de Caminos Rurales y Alimentadores de la SCT, referente a la priorización de los proyectos.

¹⁶ Nota: Los datos mostrados corresponden a la información más reciente publicada por CONAPO.

El municipio de San Carlos Yautepec pertenece a los *municipios indígenas* clasificados como *microrregiones de muy alta marginación* y al mismo tiempo *pertenece a los municipios de menor índice de desarrollo humano en el país*, lo cual le adjudica una *prioridad de atención “1”¹⁷ de acuerdo al estudio de la SCT*, además de estar relacionado y comprometido a uno de los 14 corredores troncales federales de la alineación estratégica de modernización del sexenio anterior, *a la Autopista Mitla Tehuantepec en su tramo II*. En el cuadro 8, se explica brevemente la metodología utilizada para la priorización de proyectos basada en el grado de marginación de los municipios, entre otros factores.

Cuadro 8: Priorización de proyectos, metodología SCT.



Fuente: elaboración propia.

¹⁷ Nota: A mayor grado de marginación en el municipio, mayor es la asignación de los recursos.

b) Análisis de la oferta existente:

Oferta

• Está referida a la cantidad de producción, suministro y/o cantidad de un bien o servicio disponible a la sociedad, en cierto lapso de tiempo, por una empresa, productor, o prestador de un servicio, ya sea pública o privada. Se determina a partir de lo existente actualmente para ofrecer a los demandantes.

En este caso de ejemplo, al tratarse de una infraestructura vial, la oferta está determinada por la infraestructura carretera existente y las condiciones de operación, que son función de las características físicas y geométricas actuales en que opera. Para definir este apartado se recopiló el trabajo de campo para clasificar al camino por transitabilidad de acuerdo a la superficie de rodamiento o “nivel de terreno”, dicha clasificación corresponde a la etapa constructiva en que se encuentre: nivel de sub - rasante, rasante, etc.; clasificación técnica basada principalmente en los estudios de tránsito o TDPA y en las características físicas y geométricas del camino, tales como ancho de sección, ancho de calzada, número de carriles, sentido, acotamientos, etc. en el cuadro 9, se encuentran las principales características que definen la situación actual del camino y por lo tanto la oferta.

| Cuadro 9: Situación actual, oferta. | |
|---|--------------------------------------|
| Concepto | Situación Actual |
| Longitud (km.) | 23 |
| Clasificación por transitabilidad: Superficie de Rodamiento | Terracería |
| Clasificación técnica | Camino Rural Sección tipo “E” |
| Ancho de Corona (m) | 5 |
| Ancho de Calzada (m) | 5 |
| Número de Carriles | 1, funge como ida y vuelta |
| Acotamientos | No |
| TDPA | 350 |
| Velocidad de Operación (km/h) | 19 |
| Tiempo de Recorrido (min.) | 72 |
| Tipo de Terreno | Montañoso |
| IRI | 12¹⁸ |
| Estado Físico | Malo |

¹⁸ Nota: se definió con la escala de valores asignada para el IRI del anexo II, considerando un camino no pavimentado rugoso, con una superficie de rodamiento a nivel de terracería y con desprendimiento de material.

Consideraciones:

- **TDPA:** Para este tipo de Caminos el volumen de tránsito de 350 vehículos diarios se considera adecuado de acuerdo al *Instituto Mexicano del Transporte* en su *Publicación Técnica 147*, que señala que “un camino rural con tránsito diario mayor a los 100 vehículos, deberá considerarse para ser modernizado, ya que los volúmenes de tránsito para los que se propone tal modernización oscila entre los 100 y 550 vehículos” con una composición vehicular de 25.0% automóviles (Vehículos tipo A), 4.0% autobuses (Vehículos tipo B) y 71.0% camiones (Vehículos tipo C). Para efectos del presente proyecto, se utilizó la tasa de crecimiento en la demanda del 2.00% anual.
- **IRI (Índice de Rugosidad Internacional):** es un parámetro de evaluación superficial a nivel internacional aceptado por el Banco Mundial, que mide el estado físico de la superficie de rodamiento o rugosidad del camino, se puede definir como la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino, sus unidades están en mm/m, m/km o in/millas. Para un camino pavimentado, el IRI se representa en una escala del 0 al 12 y lo califica como bueno, regular y malo, en orden creciente (ver cuadro 10). El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en su publicación técnica N°108: *Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México*, describe la metodología utilizada para la obtención del IRI.

| Cuadro 10: IRI | |
|----------------|---------------|
| IRI | Estado físico |
| 0 | Bueno |
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | Regular |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | Malo |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |

En la figura del anexo II: “Escala de los valores del IRI y características de los pavimentos”, podemos encontrar una escala más completa de caminos pavimentados en distintas condiciones (nuevo, viejo, con mantenimiento, etc.) y sin pavimentar.

- **Velocidad de operación:** se define a partir del trabajo realizado en campo y con base a proyectos relacionados, en los cuales se toma en cuenta el tipo de terreno: plano, lomerío o montañoso, el TDPA, entre otros factores.

c) Análisis de la demanda:



• Cantidad determinada de un bien o servicio que la sociedad, grupo o población está dispuesta a consumir o utilizar por cierto lapso de tiempo a un valor determinado.

En este caso la demanda la establecen los beneficiados directos por el camino o población objetivo, que como se mencionó en apartados anteriores es la población afectada directamente por la problemática presente, en el cuadro 11 se muestran las principales características de dicha población, considerados como los principales usuarios del camino y demandantes de una vía de calidad, que ofrezca un buen servicio que les permita comunicarse y crecer económicamente, teniendo acceso al empleo, educación, salud, etc.

| Cuadro 11: Población usuaria/demanda. | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|---|---------------------|---|
| Localidad | Población (hab.)* | Grado de marginación de la Localidad 2010 | Municipio | Grado de marginación del Municipio 2010 |
| Santiago Quiavicuzas | 1,459 | Muy Alto | San Carlos Yautepec | Muy Alto |
| Beneficiados Directos | 1,459 | *Fuente: http://cat.microrregiones.gob.mx/catloc/ | | |

Considerando un TDPA de 350 vehículos por día (ya que al ser una región de muy alta marginación no todos sus habitantes cuentan con automóvil) con una composición vehicular de:

| TDPA | Composición Vehicular | | |
|------|-----------------------|-----|------|
| | A% | B% | C% |
| 350 | 25.0 | 4.0 | 71.0 |

Se utilizó la tasa de crecimiento en la demanda actual del 2.00% anual para su proyección durante el periodo de evaluación; dicho volumen de tránsito se considera adecuado para un camino rural, de conformidad al criterio recomendado por el IMT en su Publicación Técnica 147.

d) Interacción oferta – demanda:



- La interacción entre la oferta y la demanda, deberá mostrar la problemática presente y puntualizar como afecta la demanda en el déficit de la oferta de un bien o servicio ofrecido.

Considerando un volumen de tránsito de 350 vehículos para el camino en estudio, el cual beneficiará a un aproximado de 1,459 habitantes que demandan por un camino en buenas condiciones que ofrezca un servicio de calidad, ya que actualmente el servicio ofrecido es deficiente y dificulta la conectividad, circulación y traslado de mercancías, víveres y personas con las poblaciones aledañas, así como el acceso a bienes y servicios básicos (salud, educación, agua potable, transporte público, etc.). La interacción entre la oferta y la demanda nos arroja el nivel de servicio al cual opera actualmente el camino, el cual a su vez, nos relaciona la capacidad con el volumen de tránsito de demanda, la velocidad y asequibilidad (costo) del servicio.

El nivel de servicio se determinó considerando **parámetros establecidos para su evaluación en el “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Cuarta Reimpresión, SCT, México 1991”** y con ayuda de la figura 6.15 “Concepto General de los niveles de servicio” (del mismo manual), gráfico que se podrá consultar en el anexo III.d, que relaciona la capacidad/volumen de demanda. Para la situación actual, es aproximadamente uno, debido a que se considera un camino deficiente, el cual no es capaz de atender el volumen de demanda presentado, con la velocidad de operación para todo el **tramo, que corresponde a 19 [km/h]**¹⁹, guiándonos en la gráfica mencionada se obtiene un nivel de servicio “E”. Para mayor detalle de los aspectos que deben considerarse para la medición de la capacidad y nivel de servicio de un camino, consultar el manual o el apartado correspondiente al anexo III.

Se calculó el volumen de tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, con una tasa de crecimiento en la demanda del 2.0%, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no llevar a cabo el proyecto, en el cuadro 12: Nivel de Servicio, se muestran los resultados obtenidos.

¹⁹ Velocidad de operación para la situación actual.

La proyección del TDPA en el horizonte de evaluación para cada uno de los escenarios: situación actual, sin y con proyecto, se realizó siguiendo el siguiente modelo matemático, que corresponde a un modelo de demanda agregado de generación de viajes mediante el método del factor del crecimiento:

$$TDPA_t = TDPA_0 * (1 + i)^p \dots (1)$$

Donde:

TDPA_t: proyección del TDPA correspondiente al año “t” del horizonte de evaluación.

TDPA₀: corresponde al TDPA presente actualmente, en vehículos por día.

i: tasa de crecimiento anual de demanda, expresada en decimales.

p: periodo de tiempo existente entre el TDPA_t y el TDPA₀.

| Cuadro 12: Nivel de Servicio | | | |
|-------------------------------------|------|-------------|--------------------------|
| Situación Actual | | | |
| Año (proyección) | | TDPA | NIVEL DE SERVICIO |
| 0 | 2016 | 350 | E |
| 1 | 2017 | 357 | E |
| 2 | 2018 | 364 | E |
| 3 | 2019 | 371 | E |
| 4 | 2020 | 379 | E |
| 5 | 2021 | 386 | E |
| 6 | 2022 | 394 | E |
| 7 | 2023 | 402 | E |
| 8 | 2024 | 410 | E |
| 9 | 2025 | 418 | E |
| 10 | 2026 | 427 | E |
| 11 | 2027 | 435 | E |
| 12 | 2028 | 444 | E |
| 13 | 2029 | 453 | E |
| 14 | 2030 | 462 | E |
| 15 | 2031 | 471 | E |
| 16 | 2032 | 480 | E |
| 17 | 2033 | 490 | E |
| 18 | 2034 | 500 | E |
| 19 | 2035 | 510 | E |
| 20 | 2036 | 520 | E |
| 21 | 2037 | 530 | E |
| 22 | 2038 | 541 | E |
| 23 | 2039 | 552 | E |
| 24 | 2040 | 563 | E |
| 25 | 2041 | 574 | E |
| 26 | 2042 | 586 | E |
| 27 | 2043 | 597 | E |
| 28 | 2044 | 609 | E |
| 29 | 2045 | 622 | E |
| 30 | 2046 | 634 | E |

Como resultado del análisis oferta – demanda, observamos que de no llevar a cabo el proyecto y de no aplicar ninguna medida de optimización como mantenimiento a la superficie de rodamiento, las condiciones de operación empeoraran año con año, al crecer el volumen de demanda y prevalecer la capacidad actual del camino, el nivel de servicio ofrecido también empeorará.²⁰

Es importante destacar, que de acuerdo al Manual **Proyecto Geométrico de Carreteras, anteriormente citado, se distinguen 6 niveles de servicio, designados con las letras de la A – F, del mejor al peor.** Las condiciones de operación para cada nivel de servicio establecido, pueden consultarse en la figura III.c del anexo III.

En el caso ejemplo, el nivel de servicio se determinó con la proyección del volumen de demanda o TDPA a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, corresponde a un nivel “E”, el cual nos indica que el camino está operando al límite de su capacidad, que se debe principalmente a sus características físicas y geométricas y al tipo de terreno, en donde las velocidades son bajas, la libertad de maniobra se torna difícil, la circulación es normalmente inestable debido a las ligeras perturbaciones en el tránsito, entre otras.

4.2.4 Situación sin el PPI



Situación sin el PPI

- Se refiere al escenario descrito sin proyecto, pero con la variante de aplicación de medidas que atenúen o mitiguen la problemática presentada durante el horizonte de evaluación, denominadas “medidas de optimización”, las cuales deberán reflejar su impacto sobre la oferta y la demanda, para analizar su interacción, como se realizó en el apartado anterior.
- Se deberá identificar de ser el caso, de alternativas de solución.

Es importante mencionar que no siempre la solución más viable a una problemática es llevar a cabo el proyecto, algunas veces basta con mejorar lo que ya existe, es por ello que debemos analizar la situación optimizada y utilizarla como punto de referencia o base para su comparativa con la situación con proyecto en su evaluación.

a) Optimizaciones²¹:

Consiste en la descripción de medidas técnicas, administrativas, operativas, así como inversiones de bajo costo, el monto total de dicha inversión no deberán exceder el 10% del monto total de inversión para la situación con proyecto, se deberán incluir los principales

²⁰ Nota: cuando se rebasa el límite inferior del rango de la velocidad de operación (velocidad mínima) y el límite superior de volúmenes de tránsito (el máximo volumen), el servicio caerá al siguiente nivel.

²¹ Nota: La situación optimizada deberá ir alineada a la problemática y objetivo definido anteriormente, por lo que ya no será necesario mencionarlos nuevamente.

supuestos técnicos y económicos utilizados para su análisis. Al igual que en el escenario, “Situación actual”, deberá contener los apartados: análisis de la oferta, análisis de la demanda e interacción entre éstas. Para fines prácticos del presente informe, se presentará de manera resumida dicha información. Ya que la problemática a resolver o atenuar sigue siendo la misma, por lo tanto el factor demanda prevalece, los cambios se observan en la oferta y en el resultado obtenido entre la interacción de éstas.

Para fines del proyecto en estudio, se considera como situación optimizada o sin proyecto (camino sin ampliar ni modernizar, es decir sin pavimentar), únicamente la aplicación de inversiones de bajo costo, referidas a efectuar **labores de mantenimiento a la superficie de rodamiento a nivel de terracería y revestimiento en temporada de lluvias cada año**, lo cual no es factible por la falta de recursos y personal que sería necesario mantener en este camino. Y **mejorar el alineamiento vertical y horizontal**, lo cual también representa costos considerables, haciendo totalmente incosteable la inversión que se tendría que realizar año con año, se torna poco eficiente. En el cuadro 13, se presenta una comparativa de los escenarios: situación actual y optimizada, resaltando los parámetros que cambiarían con dichas medidas, como la velocidad (aunque el cambio no es muy radical) y tiempo de recorrido, principalmente, así como el costo por año por concepto de optimización.

| Cuadro 13: Situación optimizada | | |
|--|------------------|----------------------|
| Concepto | Situación Actual | Situación Optimizada |
| Tareas por Realizar | | |
| • Mantenimiento • Mejoramiento en el alineamiento vertical y horizontal | No | Sí |
| Parámetros que Cambian | | |
| Velocidad [Km/h] | 19 | 22 |
| Tiempo Estimado (min) | 72 | 65 |
| Inversión Anual | | |
| Mantenimiento | - | \$802,700.00 |

El cálculo del costo de mantenimiento como media de optimización para la situación sin el PPI, se realizó de la siguiente manera:

$$Mantto_{S/P} = Conservación \left[\frac{\$}{km * carril} \right] * L [km] * \# carriles ... (2)$$

Dónde:

- **Conservación:** corresponde a la conservación normal o rutinaria aplicada anualmente a la superficie de rodamiento sin pavimentar, con un valor de **34,900.00**

[\$/km*carril], autorizado para el año 2016 en el Acuerdo GPT-001-2016²², como máximo valor por concepto de conservación por kilómetro/carril.

L , longitud total del proyecto, en [km].

Dicho valor de conservación normal sin pavimentar, es determinado por el Grupo Permanente de Trabajo del Programa de Empleo Temporal, integrado por los Directores/as de: Atención de Grupos Prioritarios de la SEDESOL; de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de SEMARNAT; de Carreteras de la SCT y el Director General de Productividad Laboral de la STPS.

Entonces aplicando las medidas de optimización, obtenemos un costo total de:

$$\text{Mantto}_{S/P} = 34,900.00 \left[\frac{\$}{\text{km} * \text{carril}} \right] * 23 [\text{km}] * 1 \text{ carril}$$

$$\text{Mantto}_{S/P} = \$ 802,700.00$$

En el cuadro 14, se observa el análisis de la oferta y la demanda, en éste escenario de medidas de optimización, resaltando que, la demanda es la misma que en la situación actual, ya que se está considerando la misma problemática a resolver o atenuar, por lo tanto la población objetivo o población demandante y volumen de tránsito de demanda prevalecen. En cuanto a la oferta se refiere se observan cambios en los factores o parámetros que definen el camino, relacionados a la superficie de rodamiento, como la velocidad, tiempo de recorrido y ligeramente el estado físico (IRI), que son producto de la aplicación de labores de mantenimiento rutinario por año a dicha superficie sin pavimentar y del mejoramiento en el alineamiento vertical y horizontal.

Interacción oferta – demanda:

Una vez recalculada la oferta para este escenario, así como su interacción con la demanda, referida al servicio ofrecido con la aplicación de medidas de optimización, se observa que se dicha acción afecta positivamente la operación del camino, aunque mínimamente, pasando de un nivel de servicio “E” a “D²³”, *ver cuadro 15: “Nivel de servicio, situación optimizada”*, en el cual las velocidades de operación aumentan, pasando de 19 [km/h] para la situación actual (dicha velocidad está por debajo de los límites mínimos, ver cuadro 18) a 22 [km/h] en la situación sin proyecto, concluyendo que los resultados obtenidos son casi imperceptibles para los beneficiados, ya que el usuario que transita por este **camino busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en su viaje**, lo cual no se logra con la

²² Fuente: Acuerdo GPT-001-2016 , CIPET, <http://www.cipet.gob.mx/>

²³ Nota: Al igual que en el escenario, situación actual, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta – demanda con la optimización, con una tasa de crecimiento en la demanda del 2.0%, para conocer la problemática que se presentará al llevar a cabo la optimización año con año.

situación optimizada, la condición de flujo continua en la zona inestable y los niveles de conveniencia y comodidad siguen siendo bajos, aunado a lo anterior, en temporada de lluvias el camino se ve afectado gravemente con derrumbes, el exceso de agua en la superficie de rodamiento en terracería ocasiona ondulaciones, baches etc., y se llega a interrumpir el paso de los vehículos, hasta el punto de volverlo intransitable en esa época, situación que empeorará año con año, lo cual se traducirá en altos costos (inversión, operación y mantenimiento), por ello esta opción no es la más viable a realizar para atender la problemática presentada de comunicación de la localidad de Santiago Quiavicuzas y estancamiento económico, social, educativo, etc. de la región, derivada de las malas condiciones en que opera el camino.

| Cuadro 14: Situación optimizada, análisis de la oferta y la demanda | | | | |
|--|---|---|---------------|----------------|
| Oferta/demanda | Concepto | Situación Optimizada | | |
| Análisis de la oferta | Longitud [Km] | 23 | | |
| | Clasificación por transitabilidad: Superficie de Rodamiento | Terracería | | |
| | Clasificación técnica | Camino Rural Sección tipo "E" | | |
| | Ancho de Corona [m] | 5 | | |
| | Ancho de Calzada [m] | 5 | | |
| | Número de Carriles | 1, funge como ida y vuelta | | |
| | Acotamientos | No | | |
| | Velocidad de Operación [Km/h] | 22* | | |
| | Tiempo de Recorrido [min] | 65 | | |
| | TDPA | 350 | | |
| | Tipo de Terreno | Montañoso | | |
| | IRI | 11 | | |
| | Estado Físico | Malo | | |
| Análisis de la demanda | Población objetivo | 1,459 habitantes, Santiago Quiavicuzas | | |
| | Volumen de tránsito TDPA | Composición vehicular: | | |
| | | 25% A | 4.0% B | 71.0% C |
| 350 vehículos | 87.5 | 14 | 248.5 | |
| *Nota: la velocidad de operación para la situación optimizada, se obtiene como el promedio de velocidad de los vehículos tipo "A" del análisis situación sin proyecto. | | | | |

| Cuadro 15: Nivel de Servicio | | | |
|--|------|-------------|--------------------------|
| Situación sin proyecto u optimizada | | | |
| Año (proyección) | | TDPA | NIVEL DE SERVICIO |
| 0 | 2016 | 350 | D |
| 1 | 2017 | 357 | D |
| 2 | 2018 | 364 | D |
| 3 | 2019 | 371 | D |
| 4 | 2020 | 379 | D |
| 5 | 2021 | 386 | D |
| 6 | 2022 | 394 | D |
| 7 | 2023 | 402 | D |
| 8 | 2024 | 410 | D |
| 9 | 2025 | 418 | D |
| 10 | 2026 | 427 | D |
| 11 | 2027 | 435 | D |
| 12 | 2028 | 444 | D |
| 13 | 2029 | 453 | D |
| 14 | 2030 | 462 | D |
| 15 | 2031 | 471 | D |
| 16 | 2032 | 480 | D |
| 17 | 2033 | 490 | D |
| 18 | 2034 | 500 | D |
| 19 | 2035 | 510 | D |
| 20 | 2036 | 520 | D |
| 21 | 2037 | 530 | D |
| 22 | 2038 | 541 | D |
| 23 | 2039 | 552 | D |
| 24 | 2040 | 563 | D |
| 25 | 2041 | 574 | D |
| 26 | 2042 | 586 | D |
| 27 | 2043 | 597 | D |
| 28 | 2044 | 609 | D |
| 29 | 2045 | 622 | D |
| 30 | 2046 | 634 | D |

Identificación de costos: por mantenimiento y CGV

En el cuadro 16, se muestran los resultados obtenidos al calcular los costos generados en el año “0” del horizonte de evaluación, con la aplicación de las medidas de optimización, a partir de la modificación de la velocidad y el IRI, que como se mencionó anteriormente, el estado físico y calidad de la superficie de rodamiento influye de manera considerable en los Costos de Operación Vehicular (COV) y en los costos de oportunidad del tiempo de las personas que transitan en la vialidad, estos dos costos constituyen los Costos Generalizados de Viaje.

| Cuadro 16: Costos, situación sin proyecto u optimizada | | | |
|--|---------------------|----------------------------------|-----------------|
| Año de evaluación "0" | | | |
| Costos Generalizados de Viaje | | Costos optimización | Total |
| Costos de Operación | Tiempo de Recorrido | Mantenimiento rutinario o normal | |
| \$53,209,483.60 | \$10,661,242.25 | \$802,700.00 ²⁴ | \$64,673,425.85 |

Costos Generalizados de Viaje:

Los CGV se obtuvieron de la siguiente manera:

- **Costos de operación vehicular (COV)**

Se calcularon, tanto para la situación optimizada y la situación con proyecto, a lo largo del horizonte de evaluación, para cada tipo de vehículo, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$COV_t = [(TDP A_A * COVUN_A) + (TDP A_B * COVUN_B) + (TDP A_C * COVUN_C)] * L[km] * 365 \text{ días ... (3)}$$

Dónde:

COV_t = Costos de operación vehicular en el año de evaluación “t”, en este caso corresponden al año “0”, en pesos/año.

$TDP A_{A,B,C}$: corresponde a la composición vehicular del TDPA, según sea el caso, vehículos tipo “A” o ligeros (automóviles), tipo “B” o autobuses y tipo “C” o de carga, proyectado en el año “t” del horizonte de evaluación, expresado en vehículos/día.

$COVUN_{A,B,C}$: son los COV unitarios, expresados en \$/vehículo*km calculados con el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial, tomando en cuenta un **IRI de 11.0 para la situación optimizada** en una superficie no pavimentada y un **IRI de 3.1 para la superficie pavimentada** en la **situación con proyecto**, que más adelante se describirá. Para ambas situaciones se consideraron los valores reportados por el IMT en su Publicación Técnica 407²⁵, sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como

²⁴ Nota: Corresponde al monto calculado por la aplicación de medidas de optimización en la superficie de rodamiento sin pavimentar, para la situación sin proyecto.

²⁵Fuente: Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014, José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 407

de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío suave y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en el cuadro 17: “Parámetros para la obtención de los COV unitarios”.

L: longitud total del tramo a evaluar en kilómetros.

| Cuadro 17: Parámetros para la obtención de los COV unitarios | | | | |
|---|---------------|------------------|----------------|---------------|
| PARÁMETRO | UNIDAD | Automóvil | Autobús | Camión |
| Costos unitarios | | | | |
| Precio del vehículo nuevo | \$ | 220,233.00 | 2,116,800.00 | 1,102,080.00 |
| Costo del combustible | \$/litro | 10.58 | 10.97 | 10.97 |
| Costo de los lubricantes | \$/litro | 26.38 | 25.87 | 25.87 |
| Costo por llanta nueva | \$/llanta | 924.00 | 2,714.04 | 2,531.76 |
| Tiempo de los operarios | \$/hora | 23.11 | 66.19 | 53.06 |
| Tiempo de los pasajeros | \$/hora | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tiempo de la carga | \$/hora | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mano de obra de mantenimiento | \$/hora | 21.84 | 56.77 | 37.66 |

Fuente: SCT. Costos de Operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano, 2014, PT 407 IMT.

Para el año “0” de evaluación para la situación sin proyecto se obtuvo un COV de:

$$COV_0 = \left([(88 * 9.19) + (14 * 29.62) + (249 * 20.60)] \left[\frac{\$}{\text{día} * \text{km}} \right] * 23[\text{km}] \right) * 365 \text{ días}$$

$$COV_0 = \$53,209,483.60$$

En el anexo VI, se muestran COV unitarios obtenidos con el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC), así como los COV por día, para ambos escenarios, sin y con proyecto.

- **Costos por tiempo de recorrido.**

Para su estimación es necesario tomar en cuenta el valor social del tiempo actualizado, ya que el IMT cada año publica las estimaciones oficiales del valor social del tiempo de la población mexicana. Este concepto requiere como principal insumo las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto.

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un **65.22%** de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un **34.78%** con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

Citando lo establecido por el Banco Mundial²⁶, tenemos que:

...para el caso de caminos no pavimentados con un Perfil general con frecuentes depresiones y / o baches (por ejemplo, en 40-80 mm/1.5m) y ocasionales depresiones muy profundas (por ejemplo, > 80 mm/0.6-2m), la velocidad adecuada para una conducción cómoda es de 20-30 Km/h. Las Velocidades mayores (40-50 Km/h.) causan una incomodidad extrema, y posibles daños al vehículo.

Considerando lo anterior, se establecen los límites mínimos de velocidad para los distintos tipos de terreno:

| Cuadro 18: Velocidades mínimas | |
|--------------------------------|----------------|
| Tipo de terreno | Velocidad mín. |
| Plano | 30 km/h |
| Lomerío | 25 Km/h |
| Montañoso | 20 km/h |

En cuanto al valor del tiempo para el año 2016, se obtuvo del *Boletín Notas 158, Artículo 1, enero-febrero 2016*, que el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$41.54 y por motivo de placer de \$24.92 pesos por hora²⁷. En la figura 7, se resumen los datos recabados para la valoración del tiempo.

| Figura 7: Configuración Valor del Tiempo | | | |
|--|--------------|-----------|-----------------------|
| <u>Valor tiempo usuarios tipo:</u> | IMT Nacional | Año | 2016 |
| Valor del tiempo viaje de trabajo | 41.54 | \$/hr | |
| Valor del tiempo viaje de placer | 24.92 | \$/hr | 35.76 |
| Porcentaje de viajes de trabajo | 65.22% | % | Valor tiempo promedio |
| Número de pasajeros auto | 2.32 | pas/veh | |
| Número de pasajeros autobús | 20.49 | pas/veh | |
| Valor tiempo de la carga | 15.00 | \$/hr/ton | |
| Toneladas promedio | 2.50 | ton/veh | |

Fuente: hoja de evaluación del proyecto en estudio, Boletín Notas 158, 2016, artículo 1, IMT.

Entonces el cálculo por tiempo de recorrido o valor del tiempo para cada año del horizonte de evaluación, procede de la siguiente manera:

- i) Cálculo del tiempo de recorrido en horas, para cada tipo de vehículo (tipo A, B y C), conocida la velocidad de operación de la composición vehicular del TDPA, siguiendo el modelo matemático:

$$t_i = \frac{d}{v_i} = [h] \dots (4)$$

²⁶ Nota: Unpaved Roads Roughness Estimation by Subjective Evaluation, Infrastructure Notes, October 1999, Rodrigo S. Archondo Callao, The World Bank.

²⁷ Fuente: Boletín Notas 158, ENERO-FEBRERO 2016, artículo 1. Instituto Mexicano del Transporte (IMT)

Dónde:

i: A, B o C, corresponde a la composición vehicular.

d: distancia recorrida total a evaluar en kilómetros

v_i: velocidad del vehículo, tipo “A”, “B” o “C”, según sea el caso, en km/h.

- ii) Valor del tiempo [\$/día] para cada tipo de vehículo, por año del horizonte de evaluación:

$$VT_i = TDPA_i * K_i * vt_{prom} * t_i; \quad \text{para vehículos tipo "A" y "B" ... (5)}$$

$$VT_i = TDPA_i * K_i * t_i; \quad \text{para vehículos tipo "C" ... (6)}$$

Dónde:

i: A, B o C, corresponde a la composición vehicular.

VT_i: valor del tiempo en [\$/día].

K_i: cte. que corresponde a los valores número de pasajeros o toneladas de carga, según el tipo de vehículo, ver valores en la tabla de la figura 7: Configuración del valor tiempo, utilizados para la evaluación sin y con proyecto.²⁸

vt_{prom}: valor del tiempo promedio, equivalente a **35.76 [\$/h]**.

t_i: tiempo de recorrido en horas.

Finalmente el valor del tiempo para cada año de evaluación se obtiene como la sumatoria los valores de tiempo de cada tipo de vehículo, de la siguiente manera:

$$VT_t = \left(\sum_{i=A}^C VT_i \right) * 365 \text{ días ... (7)}$$

Dónde:

VT_t: es el valor del tiempo calculado para cada año del horizonte de evaluación, expresado en pesos.

b) Alternativas de solución:

Alternativas

- Se refiere a las posibles alternativas de solución que pudiesen disminuir, resolver o mitigar la problemática presentada, incluyendo el proyecto propuesto.
- En caso de existir se deberán señalar sus principales características técnicas y económicas, así como las razones de su desecho y comparación con la alternativa seleccionada.
- La comparación entre distintos proveedores de un bien o servicio no se considera como alternativa.

²⁸ Fuente: datos recabados del Boletín Notas 158, ENERO-FEBRERO 2016, artículo 1. Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

En este apartado básicamente se busca justificar la decisión tomada referente a la alternativa de solución seleccionada, la cual se analizará en la situación con proyecto, es por ello que el proyecto propuesto también se considera como un posible camino de solución a la problemática planteada, realizando una comparativa entre las distintas alternativas, en caso de existir, las cuales son función de la complejidad de su propuesta, ya sea que se compare con los beneficios obtenidos cualitativa y cuantitativamente, éstos últimos con el criterio del VPN o mediante el Costo Anual Equivalente (CAE), éste último criterio de decisión nos indica cuál proyecto es el de menor costo a la largo del horizonte de evaluación y generalmente se realiza cuando se hace la comparativa entre un pavimento asfáltico o flexible y uno de concreto hidráulico o rígido.

Algunas de las posibles alternativas de solución que pudiesen aplicarse a este tipo de proyectos son:

- Pavimentación y modernización de alguna ruta alterna (en caso de existir), para caminos que buscan atender problemas de falta de vía de comunicación entre las comunidades rurales.
- Ampliación del camino a un tipo A2, a base de concreto hidráulico, para atender problemáticas de capacidad, principalmente.

Es importante mencionar que no precisamente el costo más bajo nos brindará la alternativa adecuada, ya que al considerar la construcción del pavimento por ejemplo, basándonos en su diseño estructural y funcional, los costos por materiales, mantenimiento, funcionalidad, entre otros cambian, tal es el caso de la comparativa entre el pavimento asfáltico e hidráulico. Sin embargo el costo total de cada una de las alternativas planteadas, representa un punto de comparación muy importante en la mayoría de los casos. También es importante analizar el proyecto desde un contexto social, enfatizando en los beneficios obtenidos en cada una de ellas, de ahí el nombre de *análisis costo y beneficio*.

Búsqueda de alternativas de solución al caso ejemplo:

En este caso las alternativas planteadas anteriormente no son factibles de ser consideradas en este proyecto, debido a distintas razones, en el primer caso, la orografía del lugar donde se encuentra ubicado el camino **E.C. (Mitla - Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas**, recordando que éste es parte de la Sierra Madre del Sur de México, complica encontrar *rutas alternas con brecha*, que permitan a la localidad de Santiago Quiavicuzas y usuarios tener acceso a las principales fuentes para abastecer sus necesidades básicas y que les permita tener acceso al empleo, así como un camino que opere en buenas condiciones, sea funcional, es decir, que cumpla con las características que los usuarios demandan y que brinde a los conductores seguridad, comodidad y confiabilidad al transitar en él. El trabajo de campo, tiene registro de la ruta actual que toman los habitantes de dicha localidad hacia las ciudades de Santo Domingo Tehuantepec y San Pablo Villa de Mitla, que corresponden a 6:00 horas y 6:40 horas de transporte en promedio, respectivamente; por lo que es claro

que al realizar este proyecto se acortarían las distancias recorridas en un 50 % aproximadamente.

Por otra parte, la segunda opción, no es factible proponerla, porque se estaría sobredimensionado el camino, ya que la principal problemática está enfocada a comunicar y brindar una vía de comunicación en óptimas condiciones a la localidad rural Santiago Quiavicuzas y beneficiados indirectos por la zona, para su desarrollo y crecimiento económico y social, por lo que no es objeto de estudio del presente proyecto, atender una demanda de más de entre 550 y 600 vehículos diarios a lo largo del horizonte evaluación, siendo ésta la máxima capacidad, para que un camino de sección tipo “C” ofrezca un nivel de servicio A.

Tratándose de un camino rural, el cual tiene por objeto comunicar comunidades rurales y no el de atender una demanda de tránsito vehicular mayor a un TDPA de entre 550 y 600 vehículos, volumen de demanda con el cual el pavimento de flexible o asfáltico se considera adecuado para proporcionar un nivel de servicio óptimo y de calidad para sus usuarios, que atiende a las necesidades de la demanda, por ende no se requiere realizar el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE), entre el pavimento flexible o asfáltico y el pavimento rígido o hidráulico.

Por lo anteriormente descrito no se contemplaron alternativas de solución adicionales al proyecto **“Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000”**, siendo éste la única alternativa para darle solución a la problemática de **comunicación** de la localidad de **Santiago Quiavicuzas**, ya que actualmente ésta es la única vía existente con brecha, además de ser la más corta, que tiene dicha localidad para comunicarse con la cabecera municipal de San Carlos Yautepec y con el resto de los poblados aledaños, así como con la capital del estado de Oaxaca, para realizar el intercambio comercial, tener acceso a los servicios básicos, además de que dicho camino entroncará con la nueva Autopista Mitla - Tehuantepec II, proyecto complementario, recordando que en un tramo de 142 Km comprendido entre las casetas de cobro de esta nueva supervía (**Km 46+500 en la Localidad Mitla y en el Km 188+500 en la localidad Jalapa del Marqués**), se encontrarán entronques carreteros libres de peaje, que permitirán a la población beneficiada directamente y usuarios de largo itinerario (transportistas y turistas) ahorrar tiempo de traslado, disminución de costos vehiculares y seguridad para conectarse con la Capital del Estado de **Oaxaca**, en la imágenes de las figuras 1 y 2 podemos observar los proyectos relacionados a la construcción de la autopista, dentro de los cuales se encuentra el camino en estudio.

La modernización del camino **E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000**, pretende conformar una red de caminos que enlace a las localidades rurales de la región del Istmo de Tehuantepec, la conexión entre tramos carreteros que no han sido modernizados y que a su vez conecten a la red

modernizada, es uno de los principales factores que afectan la operación de un sistema de transporte carretero, en la imagen del anexo I: “Mapa de localización del camino E.C. Mitla – Tehuantepec II a Santiago Quiavicuzas y proyectos relacionados”, podemos observar que dicha red de caminos se enlazan con el proyecto de la autopista e integran parte de la red carretera de la región del Istmo de Tehuantepec, como contraste a esta planificación de infraestructura vial, en la imagen de la figura 8 se muestran los caminos rurales que se contemplan a modernizar, incluyendo el proyecto “*ejemplo*”, los cuales se observan aislados y sin ninguna conexión a la red modernizada, de no concluirse el proyecto de la Autopista, les perjudica al mantenerlos comunicados e impidiendo mejorar su calidad de vida.

Algunos de los proyectos que pretenden conformar la red de caminos alimentadores en la región del Istmo de Tehuantepec, se presentan en el cuadro 19 y su localización puede ser visualizada en el mapa de la figura 8, apoyándose de la nomenclatura utilizada.

Los entronques que darán acceso a los proyectos de los caminos relacionados con la Autopista, serán libres de peaje en su tramo II, según acuerdos establecidos, tanto en el Contrato de Servicios como en reuniones exprofeso celebradas entre la comunidad, la Autoridad Municipal, el Gobierno del Estado de Oaxaca y el Gobierno Federal, según información proporcionada por la misma oficina ya mencionada. El proyecto con número de registro **16096400004 (caso ejemplo, del cual se obtuvo registro durante la prestación del servicio social)** se encuentra ubicado en el **Km 138+500 de esta nueva supercarretera.**

| Cuadro 19: Proyectos, red carretera del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca | |
|---|---------------------------------|
| Proyecto | Clave Registro |
| A) Crucero Cerro Costoche-Entronque Agua Sabache-km 105+700 E.C. (Mitla-Tehuantepec II)-San Pablo Lachiriega-San Pedro Quiatoni, tramo del km 0+000 al km 32+000. | Sin registro/proceso de captura |
| B) Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000 | 16096400004 |
| C) Modernización a nivel de pavimento del camino E. C. (Mitla Entr. Tehuantepec II) San Juan Lachixila | Sin registro/proceso de captura |
| D) Modernización a nivel de pavimento del camino Santo Domingo Narro - Agua Blanca - El Coquito. | Sin registro/proceso de captura |
| Oaxaca-Salina Cruz, Tramo: Mitla-Tequisistlan-Entronque Tehuantepec II. | 4096400001 |

Fuente: elaboración propia

Figura 8: Proyectos complementarios y relacionados de la región del Istmo de Tehuantepec



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth

4.2.5 Situación con el PPI



- Una vez que se han analizado las alternativas de solución (en caso de existir) y seleccionada la más óptima, demostrando que ésta se definió con base en una previa planeación, se presenta el escenario esperado en caso de que se lleve a cabo el proyecto.

El análisis de la situación con proyecto deberá contener los siguientes elementos:

a) Descripción General



- Tipo de proyecto o programa de inversión de acuerdo a lo establecido en los lineamientos para la elaboración de los ACB de la SHCP.
- Características físicas y técnicas del camino, así como la cuantificación de la meta propuesta.

Tipo de PPI:

De acuerdo a los lineamientos establecidos por la UISHCP, con fundamento en los artículos 31 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y art. 34 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, clasifica a los proyectos y programas de inversión de la siguiente manera:

| Figura 9: Clasificación de los PPI ²⁹ | |
|--|--------------------------|
| Proyecto de infraestructura económica | <input type="checkbox"/> |
| Proyecto de infraestructura social | <input type="checkbox"/> |
| Proyecto de infraestructura gubernamental | <input type="checkbox"/> |
| Proyecto de inmuebles | <input type="checkbox"/> |
| Programa de adquisiciones | <input type="checkbox"/> |
| Programa de mantenimiento | <input type="checkbox"/> |
| Otros proyectos de inversión | <input type="checkbox"/> |
| Otros programas de inversión | <input type="checkbox"/> |

El proyecto **Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000**, se clasifica como un *proyecto de infraestructura económica*, de acuerdo a los lineamientos, esta clasificación engloba la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos, es decir, aquellos que tiene por uso dar o prestar un servicio, en este caso, el sector correspondiente a comunicaciones y transportes.

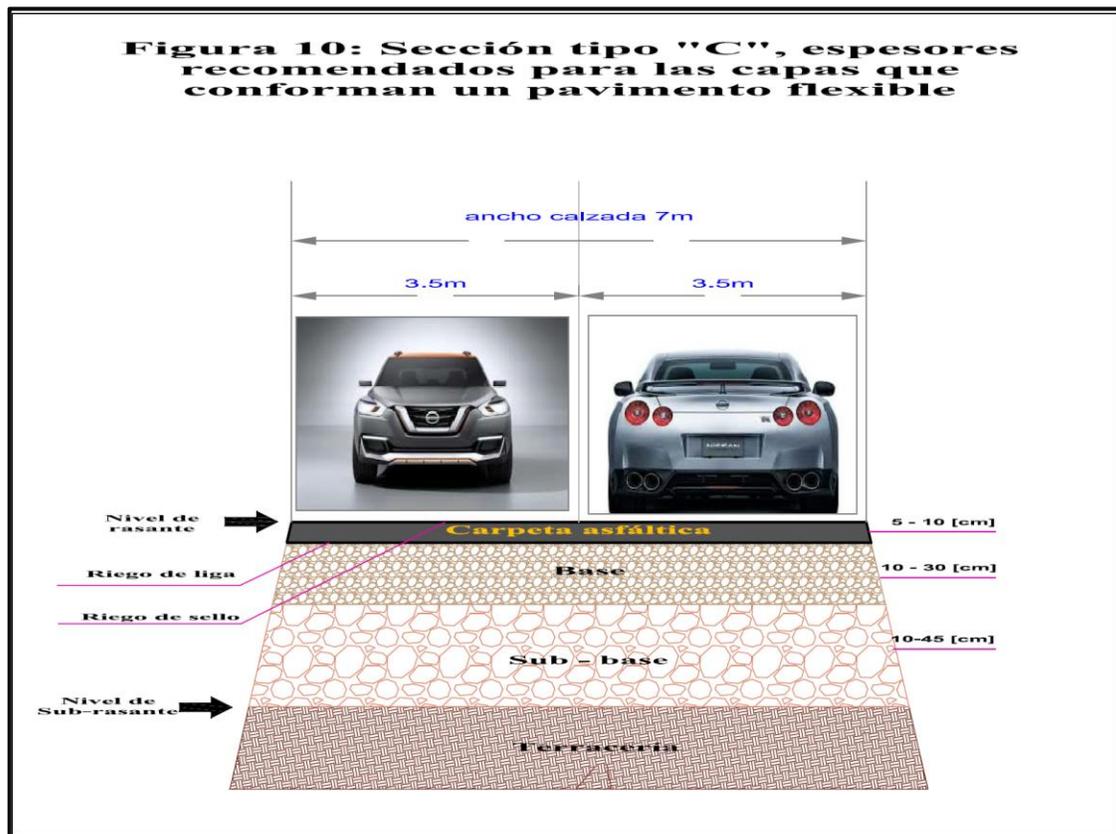
²⁹ Nota: para mayor descripción de cada una de estas clasificaciones consultar los lineamientos establecidos por la UISHCP.

Características y clasificación técnica del proyecto:

En el cuadro 20 se presentan las principales características del proyecto, así como su clasificación técnica. En la imagen de la figura 10 se muestra el tipo de sección al cual será modernizado y ampliado el camino de acuerdo a su clasificación técnica.

| Cuadro 20: Características del proyecto y clasificación técnica del camino | | | |
|--|----------|------------------------|---|
| Componente | Cantidad | Clasificación técnica | Principales Características |
| Modernización y ampliación a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000 | 23.00 Km | Sección tipo: C | Modernización a un Camino Alimentador Tipo "C" con 7.0 m de ancho de calzada, para alojar dos carriles de circulación de 3.5 metros de ancho cada uno (un carril por sentido), sin acotamientos laterales. Para un TDPA de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual (thma) de 6 a 60 vehículos. |

La clasificación técnica o sección tipo "C" se refiere a carreteras pequeñas o camino alimentadores, los cuales no cuentan con acotamientos laterales, banquetas o guarniciones.



Es importante mencionar que el espesor de cada una de las capas que conforman los niveles o etapas constructivas de un pavimento flexible, mostrados en la imagen de la figura 10, no son medidas estándar, ya que éstos varían de acuerdo a diversos factores, por ejemplo de acuerdo al tipo de suelo y materiales que lo conforman, en algunos casos se pueden aprovechar los materiales locales (materiales de menor calidad) en las capas inferiores donde los esfuerzos son menores y en las capas superiores materiales de mejor calidad, dando como resultado final un diseño más económico.

Proyectos Relacionados:

Como ya se mencionó anteriormente, existen proyectos relacionados a este camino, los cuales deben ser considerados, ya que un sistema de transporte integrado debe analizarse con todas aquellos factores que lo componen como una solo. La modernización del camino por sí sola no nos dice mucho en cuanto a los beneficios que traerá a la sociedad, pues de nada sirve que éste opere en excelentes y óptimas condiciones si después de llegar a su punto inicial o final encontrará una vialidad en condiciones de operación deplorables y peor aún un camino que no cuente con brecha del cual se requiera su construcción, es decir, el proyecto deberá conectar a la red modernizada para ser considerado para su registro en cartera por la UISHCP. Siendo el de mayor importancia, el de la Autopista Mitla – Tehuantepec, en su tramo II que actualmente está en proceso constructivo, entronca el camino a Santiago Quiavicuzas en su Km 138+500, mediante un entronque libre de cuota según acuerdos establecidos, tanto en el Contrato de Servicios como en reuniones expofeso celebradas entre la comunidad, la Autoridad Municipal, el Gobierno del Estado de Oaxaca y el Gobierno Federal. En la imagen de la figura 1 y del Anexo I, se muestra un croquis de localización y relación entre estos proyectos, en los cuales se puede observar la ubicación de las casetas de cobro, así como el tramo de 142 km comprendido entre éstas, el cual será libre de peaje mediante los entronques carreteros libres de cuota, caminos que forman parte de la red carretera del Istmo, descritos en el cuadro 19.

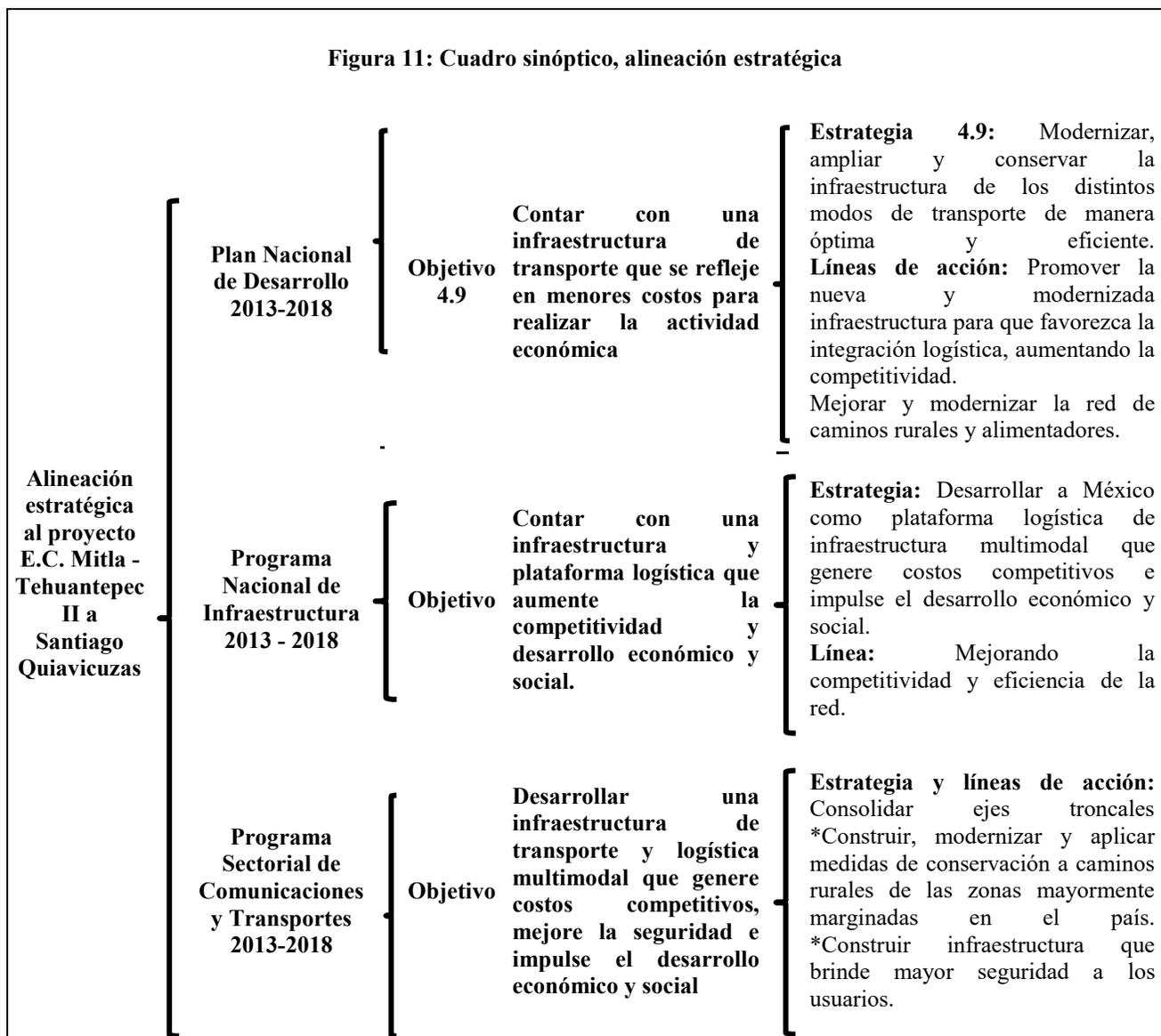
Los usuarios de la autopista únicamente pagaran una cuota al pasar por las casetas de cobro en dirección a Tehuantepec o a la capital de Oaxaca.

b) Alineación estratégica

Los PPI, para ser considerados dentro del Presupuesto de Egresos de la Federación, deberán cumplir con los mecanismos de planeación de inversiones estipulados en el artículo 34 de la Ley General de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, en su fracción I y II, que establece que las dependencias responsables, demostrando mediante un análisis costo y beneficio, que los proyectos son susceptibles de generar un beneficio social bajo supuestos razonables, lo cual servirá como fundamento para la toma de decisiones.

La planeación, se puede definir como el conocimiento previo de la realidad en la aplicación racional de la mente en la toma de decisiones, que tiene por objeto cambiar una situación actual por otra supuestamente mejor. En México, como consecuencia de la planeación, cada sexenio, se elabora un Plan Nacional de Desarrollo (PND), en el cual se plantean objetivos, un conjunto de políticas a seguir (cualitativas), estrategias y metas a cumplir, en materia de infraestructura, salud, comunicaciones, educación, etc., que aumente el desarrollo del país y la calidad de vida de sus habitantes; lo mismo ocurre a nivel regional, mediante programas sectoriales, especiales y territoriales. Motivo por el cual, el presente proyecto deberá estar alineado a ciertos objetivos y estrategias establecidas en el **PND 2013 – 2018, en el Programa Nacional de Infraestructura, Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018**, entre otros, en cuadro sinóptico de la figura 11 se describen éstos.

Figura 11: Cuadro sinóptico, alineación estratégica



c) Localización geográfica

El proyecto ejemplo se localiza en el camino rural **E.C. Mitla Tehuantepec II- Santiago Quiavicuzas**, ubicado en el **Municipio San Carlos Yautepec**, en el distrito de Yautepec, **entre las regiones Sur e Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca**, en el croquis de las figuras 3 y 12, se muestra la localización geográfica del camino desagregado regionalmente y su ubicación en la red carretera. El punto inicial y final del proyecto se encuentra localizado en las coordenadas siguientes (cuadro 3 del apartado “Resumen ejecutivo”):

| Cuadro 3: Localización Geográfica del camino | | | | | |
|---|---------------------------------------|-----------------|---|---------------------------------------|--------------------|
| Km 0+000 Ubicado: E.C. Mitla - Tehuantepec II | | | Km 23+000 Ubicado: localidad Santiago Quiavicuzas | | |
| Latitud : | Longitud: | Elevación | Latitud : | Longitud: | Elevación |
| 16.750694° (16°45'2.50"N) | -95.787905° (95°47'16.46"O) | 414 msnm | 16.862223° (16°51'44.00"N) | -95.716132° (95°42'58.08"O) | 1,352 msnm. |



Fuente: Foto satelital de Google Earth

d) Calendario de actividades

La planeación como metodología de análisis sistemático, la cual debe ser documentada y tan cuantitativa como sea posible, previa al mejoramiento de una situación actual, debe definir y ordenar los actos o acciones que conducen a dicha situación supuestamente mejor en el tiempo, mediante la programación de la obra, en la cual deben ser estudiadas cada una de las variables significativas que intervengan en el proceso, entendiendo por éstas, aquéllas que al variar afectan el resultado final objeto.

Algunas de las variables no controlables o que no se pueden manipular pero sí prever mediante un estudio, normalmente denominados estudios de pre-inversión, son por ejemplo, el costo e incremento de mano de obra, de los materiales, debido o a fenómenos como la inflación y las fluctuaciones, o también la depreciación en el caso del equipo o maquinaria empleada.

Para que los costos sean los más acercados a la realidad y evitar en un futuro, que la obra no se concluya por falta de recursos o pérdida de valor de estos en el tiempo, la programación de la obra deberá basarse en estudios de pre-inversión que prevean dicha situación.

Para resolver el arduo trabajo de la programación de obras se han desarrollado e implementado diversos sistemas o procedimientos, que permitan ayudar a administrar y realizar eficientemente cada una de las actividades. Entre los más utilizados, se encuentra el diagrama de flechas conocido como ruta crítica, el cual utiliza los tiempos de ejecución y costos de operación, que tiene por finalidad que la obra sea ejecutada en el menor tiempo y al menor costo posible.

Es importante resaltar, que este aparatado únicamente considera los calendarios de actividades o programa de obra, desglosado en años y para cada mes, como requerimiento de la UISHCP, para los principales componentes descritos en apartados anteriores para la modernización y ampliación del camino, así como los trámites o liberación de estudios y permisos para su realización, el cual se muestra en la figura 13.

El programa de obra completo o desglosado por actividad para cada uno de los componentes del camino, es decir, las acciones y tiempos de ejecución que comprenden la labor de terracerías, por ejemplo, la cual está integrada por el desmonte, despálme, corte y nivelación y terraplén, así como para cada uno de ellos, se encuentra en el documento correspondiente al proyecto ejecutivo.

Evaluación socioeconómica de carreteras

Figura 13: Calendario de actividades e inversión o programa de obra³⁰

| ACCIONES | 2016 | | | | | | | | | | | | Montos C / IVA | | |
|--|------|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | | | |
| * Obtención del Proyecto Ejecutivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Obtención de Derecho de Vía | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Obtención de Permisos y Autorizaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Tramite de Registro SHCP | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Proceso de Licitación | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Modernización | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terracerías (28.0 %) | | | | | | | | | | | | | | | \$3,080,000 |
| Estructuras y Obras de Drenaje (14.90%) | | | | | | | | | | | | | | | \$1,639,000 |
| Pavimentación (54.60%) | | | | | | | | | | | | | | | \$6,006,000 |
| Señalamiento (2.50%) | | | | | | | | | | | | | | | \$275,000 |
| * Inicio de Operaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monto total de Inversión | | | | \$616,000 | \$889,167 | \$889,167 | \$1,890,167 | \$1,890,167 | \$1,274,167 | \$1,274,167 | \$1,138,500 | \$1,138,500 | | | \$11,000,000 |

| ACCIONES | 2017 | | | | | | | | | | | | Montos C / IVA | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------------|--------------|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | | | |
| * Obtención del Proyecto Ejecutivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Obtención de Derecho de Vía | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Obtención de Permisos y Autorizaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Tramite de Registro SHCP | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Proceso de Licitación | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Modernización | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terracerías (28.0 %) | | | | | | | | | | | | | | | \$16,431,800 |
| Estructuras y Obras de Drenaje (14.90%) | | | | | | | | | | | | | | | \$8,744,065 |
| Pavimentación (54.60%) | | | | | | | | | | | | | | | \$32,042,010 |
| Señalamiento (2.50%) | | | | | | | | | | | | | | | \$1,467,125 |
| * Inicio de Operaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monto total de Inversión | \$2,347,400 | \$2,347,400 | \$3,596,552 | \$3,596,552 | \$8,173,982 | \$8,173,982 | \$8,173,982 | \$5,826,582 | \$5,826,582 | \$5,066,472 | \$5,066,472 | \$489,042 | | \$58,685,000 | |

| ACCIONES | 2018 | | | | | | | | | | | | Montos C / IVA | 2019 | |
|--|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------------|--------------|--------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | | | |
| * Obtención del Proyecto Ejecutivo | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Obtención de Derecho de Vía | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Obtención de Permisos y Autorizaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Tramite de Registro SHCP | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Proceso de Licitación | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Modernización | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terracerías (28.0 %) | | | | | | | | | | | | | | | \$16,431,800 |
| Estructuras y Obras de Drenaje (14.90%) | | | | | | | | | | | | | | | \$8,744,065 |
| Pavimentación (54.60%) | | | | | | | | | | | | | | | \$32,042,010 |
| Señalamiento (2.50%) | | | | | | | | | | | | | | | \$1,467,125 |
| * Inicio de Operaciones | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monto total de Inversión | \$5,477,267 | \$6,934,611 | \$10,939,862 | \$5,462,595 | \$5,462,595 | \$5,462,595 | \$5,707,116 | \$4,249,772 | \$4,249,772 | \$4,249,772 | \$244,521 | \$244,521 | | \$58,685,000 | |

³⁰ Nota: El presente calendario de actividades e inversión, no contempla los futuros riesgos asociados al proyecto por retraso en la culminación de la obra. Dichos riesgos pudiesen deberse a la insuficiencia presupuestal, aumento en el costo de materiales para su modernización, sucesos meteorológicos y demanda de la población de obras adicionales al momento de la modernización del camino.

El cuadro 21, muestra una tabla resumen del costo de inversión con IVA desglosado por año, para cada uno de los componentes del camino, así como la meta física propuesta a modernizar por año.

| Cuadro 21: Costo por concepto de obra y meta física propuesta | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| % de inversión | Concepto | Inv. 2016 C/IVA | Inv. 2017 C/IVA | Inv. 2018 C/IVA | Total |
| 28.00% | Terracerías | \$3,080,000 | \$16,431,800 | \$16,431,800 | \$35,943,600 |
| 14.90% | Estructuras y Obras de Drenaje | \$1,639,000 | \$8,744,065 | \$8,744,065 | \$19,127,130 |
| 54.60% | Pavimentación | \$6,006,000 | \$32,042,010 | \$32,042,010 | \$70,090,020 |
| 2.50% | Señalamiento | \$275,000 | \$1,467,125 | \$1,467,125 | \$3,209,250 |
| 100% | Total | \$11,000,000 | \$58,685,000 | \$58,685,000 | \$128,370,000 |
| | Avance físico (km) | 1.97 | 10.51 | 10.51 | 23.00 |

e) Monto total de inversión y fuentes de financiamiento

Se desglosa el monto total de inversión que corresponde al costo de inversión, en los principales componentes que describen el proceso constructivo del camino en su longitud total, así como estructuras complementarias como puentes o pasos a desnivel vehicular, etc., que conforman en conjunto el proyecto.

Es importante conocer la procedencia de las fuentes de financiamiento de la obra por tramo, en caso de presentarse, puede ser una o más, ésta con el objeto de no duplicar inversiones para el mismo tramo. Algunas de las fuentes de financiamiento para este tipo de proyectos, pueden tener su origen en:

- Recursos federales: Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF)
- Recursos estatales,
- Municipales o regionales, por ejemplo recursos otorgados por el Ramo 23 de la SCT para “Entidades Federativas y Municipios”.
- Fideicomisos (FIDES)
- Otros, como el esquema PPS (Proyectos con Participación Social)

En el cuadro 22, se desglosa la inversión total del proyecto para cada componente que comprende la modernización y ampliación del camino tomado como ejemplo. La procedencia de su financiamiento se muestra en el cuadro 23, la cual corresponde únicamente a recursos federales o del PEF.

| Cuadro 22: Monto total de Inversión, desglose. | |
|--|-------------------------|
| Componentes/Rubros | Monto de Inversión |
| Terracerías (28.0%) | \$30,985,862.07 |
| Obras de Drenaje (14.90%) | \$16,488,905.17 |
| Pavimentos (54.50%) | \$60,422,431.03 |
| Señalamiento (2.50%) | \$2,766,594.83 |
| Subtotal de Componentes/Rubros | \$110,663,793.10 |
| Impuesto al Valor Agregado (IVA) | \$17,706,206.90 |
| Otros Impuestos | - |
| Subtotal de Impuestos | \$17,706,206.90 |
| TOTAL | \$128,370,000.00 |

| Cuadro 23: Fuentes de financiamiento | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------|
| Fuente de los recursos | Procedencia | Monto | Porcentaje |
| 1. Federales | Recursos Fiscales | \$128,370,000.00 | 100% |
| 2. Estatales | | | |
| 3. Municipales | | | |
| 4. Fideicomisos | | | |
| 5. Otros | | | |
| Total | | \$128,370,000.00 | 100% |

Fuente: Análisis Costo Beneficio Simplificado del proyecto a Quiavicuzas

f) Capacidad instalada:

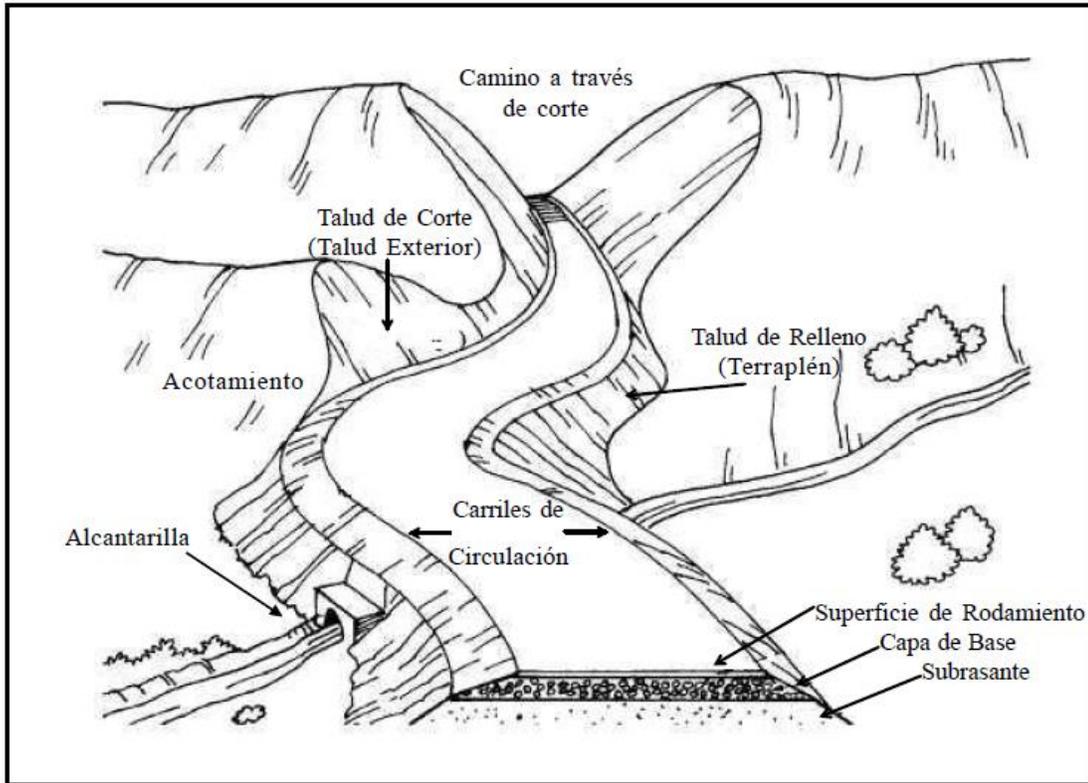


•Es de carácter probabilístico, ya que puede ser mayor o menor en un instante dado; ésta se define a partir de condiciones prevalecientes, o bien, factores que ya existen y que al variar la modifican.

Los factores generales que definen la capacidad instalada, se mencionan en el anexo III “Capacidad y nivel de servicio de una carretera”, básicamente se agrupan en tres categorías, en la imagen de la figura 14 se pueden observar algunos de los elementos que definen su capacidad, características físicas y geométricas.

- a) **Condiciones de infraestructura vial:** características físicas y geométricas del camino.
- b) **Condiciones de tránsito:** composición vehicular y distribución del tránsito en el tiempo y espacio.
- c) **Condiciones de control:** dispositivos de control de tránsito, tales como señalamientos restrictivos, boyas, banderas, semáforos, entre otros.

Figura 14: Condiciones de infraestructura vial



Fuente: IMT publicaciones, "Componentes del proyecto"

Tomando en cuenta los factores anteriormente mencionados la capacidad instalada del camino E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas, depende principalmente de sus características físicas y geométricas y de que éstas sean uniformes a lo largo de los 23 km a modernizar, así como del tránsito presente y su composición vehicular. En este caso, de acuerdo a la clasificación técnica del camino modernizado y ampliado, sección Tipo "C", para carreteras pequeñas o caminos alimentadores, con ancho de calzada de 7 [m], para alojar dos carriles de circulación de 3.5 [m] de ancho, por sentido de circulación, sin acotamientos, le corresponde una TDPA de 50 a 500 vehículos, equivalente un tránsito máximo anual (thma) de 6 a 60 vehículos.

En este apartado también se deberá incluir la comparativa entre la evolución o crecimiento del TDPA presente en el camino a lo largo del horizonte de evaluación y la capacidad instalada mediante el nivel ofrecido, ver tabla del cuadro 29.

g) Vida útil.

Se refiere al periodo de operación del proyecto, a partir del cual comenzará a generar beneficios a la sociedad, se empieza a contabilizar una vez que el proyecto ha concluido su

etapa constructiva³¹ y comienza en operación. Los años de la etapa de ejecución de la obra y de operación suman los años tomados para el horizonte de evaluación.

El caso ejemplo contempla tres años de inversión o de etapa constructiva por lo que su vida útil se considera de:

| Cuadro 24: Vida útil del PPI | |
|---|----------------|
| Vida útil del proyecto o periodo de operación una vez terminada la obra completamente. | 28 años |

h) Permisos y factibilidad

Las obras autorizadas a ejecutar que pertenecen al PEF, a cargo de la Dirección General Adjunta de Caminos Rurales y Alimentadores, están sujetas a la normatividad aplicable a obras de este tipo, las cuales deberán obtener número de registro ante la UISHCP y deberán describir los aspectos más relevantes que determinan su viabilidad, tales como la factibilidad técnica, referida al proyecto ejecutivo, del cual se debe tener disponibilidad al 100%, factibilidad ambiental, se debe contar con la evaluación de Impacto Ambiental correspondiente de acuerdo al artículo 28, capítulo IV, sección V de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al ambiente (LGEEPA), que establece las disposiciones a la que deberán someterse la realización de obras que puedan causar daños al ambiente o desequilibrio ecológico, entre ellas obras hidráulicas, vías de comunicación, oleoductos, entre otras, en el anexo V, se muestra una tabla con las principales modalidades de dicha evaluación; y factibilidad legal que se refiere a la liberación del derecho de vía, autorización para el cambio de uso de suelo, entre otros. Así como, contar con los estudios que el proyecto demande, tales como estudios de mercado o de tránsito y otros específicos.

En la tabla del cuadro 25, se muestra la descripción de los principales aspectos que validan la factibilidad del proyecto.

³¹ Nota: refiriéndonos a etapa constructiva a las actividades ejecutadas que componen el proyecto, en este caso, a la modernización y ampliación del camino.

| Cuadro 25: Aspectos relevantes y factibilidad | |
|---|--|
| Tipo de estudio | Descripción |
| Técnico | Se tiene validado, con oficio 6.19.306.00217/15 de fecha 18 de mayo de 2015 emitido por la Unidad General de Servicios Técnicos. |
| Legal | Se cuenta con el acta de asamblea de la población de Santiago Quiavicuzas, Municipio de San Carlos Yautepec, Oaxaca, celebrada el día 23 de diciembre de 2014 en el cual se libera el derecho de vía. |
| Ambiental | Se encuentra en trámite la autorización en Materia de Impacto Ambiental, con Número de bitácora 09/MG-0085/03/15 (tipo trámite: MIA Regional.- mod a: no incluye riesgo1). Ver anexo V. |
| De mercado | El volumen de tránsito de 350 vehículos diarios se considera adecuado de acuerdo a la <i>Publicación Técnica 147 del IMT</i> , que señala que “un camino rural con tránsito diario mayor a los 100 vehículos, deberá considerarse para ser modernizado, ya que los volúmenes de tránsito para los que se propone tal modernización oscila entre los 100 y 550 vehículos” con una composición vehicular de 25.0% automóviles, 4.0% autobuses y 71.0% camiones . Para efectos del presente proyecto, se utilizó la tasa de crecimiento en la demandas del 2.00% anual . |
| Específicos | Corresponde al documento elaborado la Dirección General Adjunta de Caminos Rurales y Alimentadores de la SCT, para asignación de recursos autorizados al programa de caminos rurales y alimentadores, mediante la priorización del proyectos, la cual considera diversos factores; en el cuadro 8: " Priorización de proyectos ", se describe la metodología utilizada por la SCT. El camino E.C. (Mitla - Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas, se encuentra en el municipio <i>San Carlos Yautepec</i> , al cual le corresponde una prioridad "1" , ya que pertenece a los municipios clasificados como micro-regiones de muy alta marginación , municipios indígenas y al mismo tiempo a los municipios con Menor Índice de Desarrollo Humano en el país . |

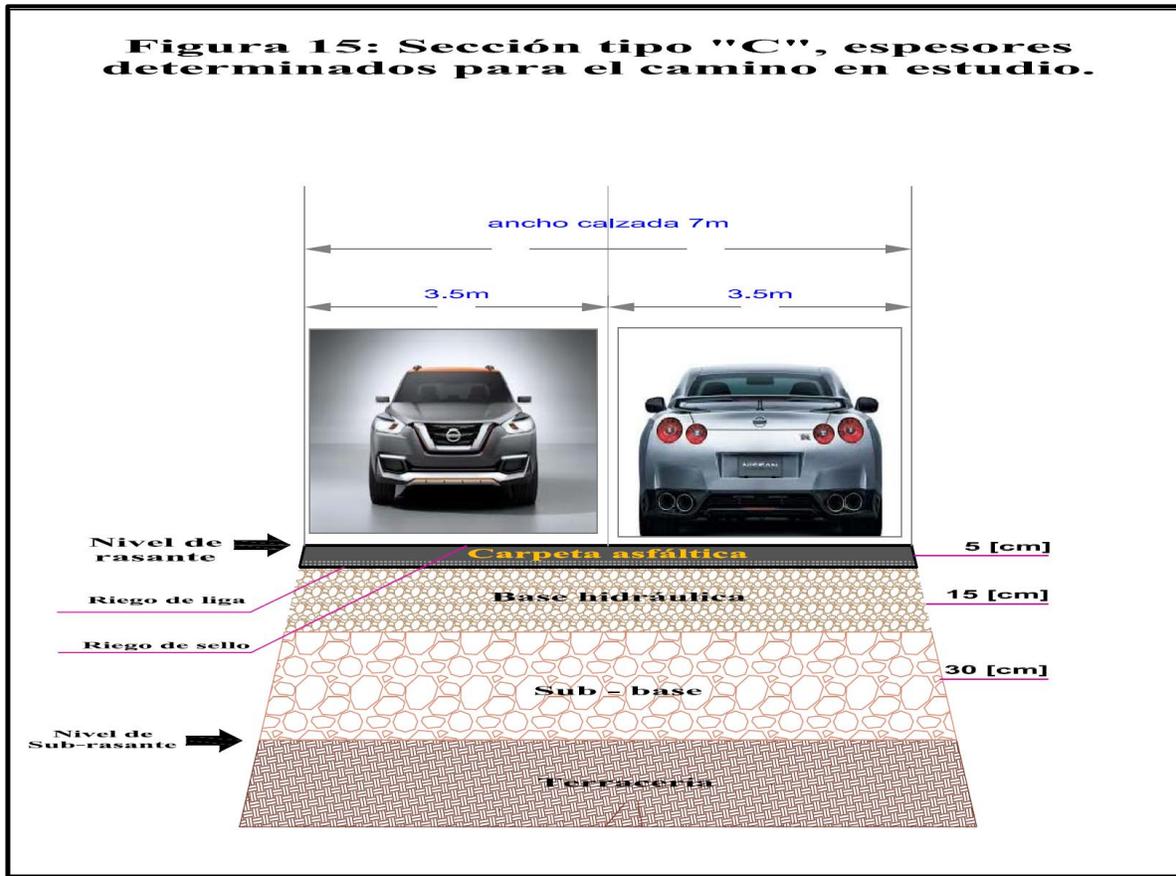
En el anexo V se incluye el oficio de factibilidad emitido por el centro SCT del estado de Oaxaca, del cual se obtuvieron las principales características de los estudios: técnico, legal y en materia de impacto ambiental.

i) Análisis de la oferta

Para mejorar el nivel de servicio ofrecido por el camino en estudio, se propone la ampliación y modernización de la vía existente (mejora de la oferta actual), es decir, se pasó de una sección tipo “E” a una sección tipo “C”, correspondiente a una camino alimentador o comúnmente denominados “pequeñas carreteras”, de **7.00 metros de ancho de calzada, para alojar dos carriles de circulación de 3.50 metros de ancho cada uno, con una pendiente máxima del 8% y un grado máximo de curvatura de 30°**. Las características geométricas de acuerdo a la clasificación técnica de la oferta se muestran en el cuadro 26.

La superficie de rodamiento cambió de terracería – revestida a una superficie uniforme pavimentada a base de asfalto, con los espesores para cada una de sus capas mostrados en la figura 15, los cuales se tomaron del proyecto ejecutivo del proyecto en estudio.

| Cuadro 26: Situación con proyecto, análisis de la oferta | | |
|---|--|--|
| Análisis de la oferta | Longitud [Km] | 23 |
| | Clasificación por transitabilidad: Superficie de Rodamiento | Pavimento asfáltico |
| | Clasificación técnica | Camino Alimentador Sección tipo “C” |
| | Ancho de Corona [m] | 7 |
| | Ancho de Calzada [m] | 7 |
| | Número de Carriles | 2, de 3.5 [m] de ancho cada uno por sentido de circulación. |
| | Acotamientos | No |
| | Velocidad de Operación [Km/h] | 54* |
| | Tiempo de Recorrido [min] | 26 |
| | TDPA | 350 |
| | Tipo de Terreno | Montañoso |
| | IRI | 3.1 |
| | Estado Físico | Bueno |
| *Nota: se obtiene como el promedio de velocidad de los vehículos tipo “A” del análisis situación con proyecto. | | |



Fuente: elaboración propia con información del proyecto ejecutivo

j) Análisis de la demanda

Como se mencionó anteriormente la demanda para la situación sin y con proyecto es la misma, ya que la problemática a atender no cambia (ver cuadro 11), por lo tanto, la población objetivo o beneficiaria directamente tampoco, en el cuadro 27 se resume dicho análisis.

| Cuadro 27: Situación con proyecto, análisis de la demanda | | | | |
|---|-----------------------------|--|--------|---------|
| Análisis de la demanda | Población objetivo | 1,459 habitantes, Santiago Quiavicuzas | | |
| | Volumen de tránsito TDPA | Composición vehicular: | | |
| | | 25% A | 4.0% B | 71.0% C |
| | 350 vehículos ³² | 88 | 14 | 249 |

³² Nota: utilizando una tasa de crecimiento del 2.0 % para su proyección a lo largo del horizonte de evaluación.

k) Interacción oferta – demanda

La interacción entre la oferta y la demanda nos arroja una mejora en las condiciones de operación del camino, producto de la capacidad instalada y nivel de servicio ofrecido para una población objetivo o de demanda de 1,459 habitantes de la localidad de Santiago Quiavicuzas, con un TDPA de 350 vehículos diarios, el cual corresponde a un nivel “A” a lo largo de 28 años del horizonte de evaluación. En la tabla del cuadro 28, se muestra una comparativa entre las características geométricas y principales parámetros para la medición del nivel de servicio y beneficios obtenidos con cada escenario, como la velocidad, tiempo de recorrido y el IRI.

| Cuadro 28: Comparativa, análisis oferta – demanda para situación con y sin proyecto | | |
|--|--------------------------------------|--|
| Componente | Situación sin proyecto | Situación con proyecto |
| Longitud [Km] | 23 | 23 |
| Clasificación por transitabilidad: Superficie de Rodamiento | Terracería-revestimiento | Pavimento asfáltico |
| Clasificación técnica | Camino Rural Sección tipo “E” | Camino Alimentador Sección tipo “C” |
| Ancho de Corona [m] | 5 | 7 |
| Ancho de Calzada [m] | 5 | 7 |
| Número de Carriles | 1, funge como ida y vuelta | 2, de 3.5 [m] de ancho cada uno por sentido de circulación. |
| Acotamientos | No | No |
| Velocidad de Operación [Km/h] | 22 | 54 |
| Tiempo de Recorrido [min] | 65 | 26 |
| TDPA | 350 | 350 |
| Tipo de Terreno | Montañoso | Montañoso |
| IRI | 11 | 3.1 |
| Estado Físico | Malo | Bueno |
| Nivel de servicio | D | A |

En cuanto a la mejora de las condiciones de operación observamos que el nivel de servicio “A” nos ofrece una condición de circulación a flujo libre, con volúmenes de tránsito, lo cual significa, que el TDPA presente en la mayor parte de los años del horizonte de evaluación no sobrepasará la capacidad instalada para la cual fue diseñada el camino y aun cuando rebase los 600 vehículos diarios el nivel de servicio seguirá siendo bueno, ya que éste decaerá en el año 28 de dicho horizonte a un nivel “B”, ver tabla del cuadro 29: “Nivel

de servicio, situación con proyecto”. Las condiciones de flujo libre también establecen altas velocidades (dentro de los límites permitidos), en la tabla del cuadro 28, se observa como producto de la implementación del proyecto la velocidad de operación pasó de 22 [km/h] a 54 [km/h], por lo tanto también se tiene como beneficio un ahorro en tiempos de traslado.

| Cuadro 29: Nivel de Servicio | | | |
|-------------------------------------|------|--------------------------|--------------------------|
| Situación con Proyecto | | | |
| Año (proyección) | | TDPA³³ | NIVEL DE SERVICIO |
| 0 | 2016 | 350 | A |
| 1 | 2017 | 357 | A |
| 2 | 2018 | 364 | A |
| 3 | 2019 | 371 | A |
| 4 | 2020 | 379 | A |
| 5 | 2021 | 386 | A |
| 6 | 2022 | 394 | A |
| 7 | 2023 | 402 | A |
| 8 | 2024 | 410 | A |
| 9 | 2025 | 418 | A |
| 10 | 2026 | 427 | A |
| 11 | 2027 | 435 | A |
| 12 | 2028 | 444 | A |
| 13 | 2029 | 453 | A |
| 14 | 2030 | 462 | A |
| 15 | 2031 | 471 | A |
| 16 | 2032 | 480 | A |
| 17 | 2033 | 490 | A |
| 18 | 2034 | 500 | A |
| 19 | 2035 | 510 | A |
| 20 | 2036 | 520 | A |
| 21 | 2037 | 530 | A |
| 22 | 2038 | 541 | A |
| 23 | 2039 | 552 | A |
| 24 | 2040 | 563 | A |
| 25 | 2041 | 574 | A |
| 26 | 2042 | 586 | A |
| 27 | 2043 | 597 | A |
| 28 | 2044 | 609 | B |
| 29 | 2045 | 622 | B |
| 30 | 2046 | 634 | B |

³³ Nota: Al igual que en los escenarios anteriores, se proyectó el TDPA a lo largo del horizonte de evaluación, con el modelo de demanda anteriormente citado, para observar el comportamiento entre la oferta y la demanda a lo largo los años evaluados.

Entre los beneficios obtenidos en la situación con proyecto, además del ahorro de tiempo, podemos observar mediante el cuadro 30, una disminución en cuanto a los **CGV y por mantenimiento**, al compararlos con la situación optimizada o sin proyecto, lo cual, es resultado del mejoramiento de la superficie de rodamiento, al pasar de un **IRI de 11.0 a uno de 3.1**, recordando que este parámetro, está íntimamente relacionado con el incremento/decremento de los costos de operación vehicular para los usuarios (por gastos de combustibles, lubricantes, llantas, etc.), por lo que también se tiene como beneficio un ahorro para los transportistas de bienes, mercancías y pasajeros, destacando aquellos que derivan de la producción **agrícola, ganadera aprovechamiento forestal pesca, caza y el comercio en general**, mediante el intercambio de sus productos con las regiones aledañas y el resto del Estado.

| Cuadro 30: Costos, situación con proyecto ³⁴ | | | |
|--|---------------------|---------------------------------|------------------|
| Año de evaluación "3" (primer año de operación del camino) | | | |
| Costos Generalizados de Viaje | | Costos por mantenimiento | Total |
| Costos de Operación | Tiempo de Recorrido | Conservación rutinaria o normal | |
| \$ 33,235,489.16 | \$ 4,814,355.66 | \$ 1,357,000.00 | \$ 39,406,844.82 |

4.2.6 Evaluación del PPI



• Etapa del proceso de planeación, se lleva a cabo una vez analizadas las alternativas de solución y sirve para sustentar la toma de decisiones. Se basa en la comparativa y cuantificación de beneficios y costos de la situación sin y con proyecto.

Antes de comenzar a evaluar cuantitativamente el proyecto es importante considerar los siguientes aspectos:

- Para la evaluación del proyecto se consideran las características físicas y geométricas de cada una de las situaciones o escenarios planteados para la comparativa, así como sus condiciones de operación y la proyección del TDPA a lo largo del horizonte de evaluación para observar el comportamiento oferta – demanda con cada una de ellas.

³⁴ Nota: los CGV y por conservación rutinaria o normal, se calcularon siguiendo los mismos modelos matemáticos utilizados en la situación sin proyecto, cambiando los parámetros necesarios, brindados por el Boletín de Notas 153 y 158 del IMT y submodelo Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. En el apartado evaluación se retoma el cálculo de éstos.

- La evaluación del proyecto se lleva a cabo descontando el Impuesto al Valor Agregado (IVA), es decir, los valores de los ingresos (costos) y egresos (beneficios) deberán estar netos de IVA.
- Cada una de las cifras deberán estar expresadas a precios constantes de un mismo año y en una misma unidad, generalmente corresponden al año en que se pide el registro en cartera.
- El análisis realizado se evalúa en términos reales, es decir, sin considerar el efecto de la inflación.
- La evaluación del proyecto cuantitativa, se llevará a cabo mediante flujos de caja, una vez definidos, cuantificados y valorados los costos y beneficios relevantes del proyecto, se estimarán los flujos por año de los beneficios netos que generará el proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.
- Se utilizará una TSD del 10% propuesta por la UISHCP.

Una vez identificadas la situación sin y con proyecto, se consideran los siguientes elementos para la obtención del flujo de los beneficios netos del proyecto:

d) Identificación, cuantificación y valoración de costos.



•Una vez identificados, cuantificados y valorados los costos, se deberá obtener el flujo anual de costos del PPI, tanto en la etapa de ejecución como de operación. Describiendo como se obtuvieron.

Los costos del proyecto, los podemos clasificar de acuerdo a la etapa en que se encuentre éste, es decir, tenemos costos, tanto en la etapa de ejecución de la obra como en su etapa de operación o vida útil.

Costos en la etapa de ejecución o constructiva:

Los costos por ejecución de obra consideran, aquéllos que se generan para la obtención del proyecto con cada una de sus especificaciones marcadas en el proyecto geométrico y ejecutivo o costos de inversión, así como los que se generan durante su realización por afectaciones a los usuarios, denominados costos por molestia.

Entonces definimos para el caso ejemplo...

- *Costo de inversión³⁵ o costo directo del PPI.*

El costo de inversión o monto total de inversión corresponde a **\$110, 663,793.10 sin IVA a precios del año 2016**, el cual comprende la modernización y ampliación de 23 kilómetros, las principales actividades a realizar durante la ejecución de la obra o componentes del camino se muestran en la tabla del cuadro 31.

| Cuadro 31: Costo de inversión por componentes | |
|--|-------------------------|
| Componentes | Costo sin IVA |
| Terracerías (28.0%) | \$30,985,862.07 |
| Obras de Drenaje (14.90%) | \$16,488,905.17 |
| Pavimentación (54.60%) | \$60,422,431.03 |
| Señalamiento horizontal y Vertical (2.5%) | \$2,766,594.83 |
| Total | \$110,663,793.10 |

En el cuadro 32, se presenta el calendario de actividades a erogar durante la etapa de ejecución, en el cual se describen las metas propuestas con porcentajes de avance por año, así como el costo por kilómetro, observando que éste último está por debajo del costo índice para modernización en un tipo de terreno montañoso equivalente a 5.8 [mdp/km].

| Cuadro 32: Inversión y meta física anual. | | | | |
|--|-------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|
| Año | Inversión c/IVA | Meta [km] | Costo [mdp/km] | % Avance Físico |
| 2016 | \$11,000,000.00 | 1.97 | 5.58 | 8.57% |
| 2017 | \$58,685,000.00 | 10.51 | 5.58 | 45.72% |
| 2018 | \$58,685,000.00 | 10.51 | 5.58 | 45.72% |
| Total | \$128,370,000.00 | 23 | | 100% |

- *Costos por molestia o costos indirectos del PPI.*

Aquéllos generados durante la realización de la modernización y ampliación del camino E.C (Mitla – Tehuantepec II) – Santiago Quiavicuzas, por reducción de carriles de circulación, disminución de velocidad para los usuarios de dicha vía, entre otros factores que afectan la operación del camino. En el cuadro 33 se muestran los costos generados durante los 3 años que corresponden a la etapa de ejecución del proyecto.

³⁵ Nota: La metodología utilizada para calcular el costo por inversión del proyecto, por concepto de modernización, depende del tipo de evaluación que se esté realizando, en el caso ejemplo, se trata de una evaluación a nivel de perfil, por lo que se utilizan los costos índice por tipo de obra por terreno multiplicados por la longitud total que comprende el camino, determinados por la SCT, que corresponden a 4.8, 5.2 y 5.8 [mdp/km] para terreno tipo plano, lomerío y montañoso, respectivamente.

| Cuadro 33: Costos por Molestia | | | |
|--------------------------------|------|------------------------|---|
| Tramo | Año | Costo | Periodicidad |
| Km. 0+000 al Km. 23+000 | 2016 | \$1,400,036.06 | Durante la Etapa de Ampliación y modernización. |
| | 2017 | \$ 8,996,884.11 | |
| | 2018 | \$ 9,162,646.58 | |
| Total | | \$19,559,566.75 | |

El cálculo de los costos por molestia corresponde a la diferencia que se tiene entre los CGV, recordando que éstos corresponden a los costos por operación vehicular (COV) y por tiempo de recorrido (VT), de los tres primeros años de la situación sin proyecto u optimizada y a los tres años en que se ejecutará la modernización y ampliación del camino, es decir, los ahorros que resultan de la suma de la diferencia entre los CGV de la situación sin y con proyecto, en los años que comprende la etapa de ejecución del proyecto. Entonces, tenemos por ahorros o costos por molestia:

$$C_{Molestia} = \sum_{t=0}^{m-1} (CGV_{s/p} - CGV_{c/p})_t \dots (8)$$

Dónde:

C_{Molestia}: Costos por molestia o ahorros obtenidos durante los años que corresponden a la etapa de ejecución de la obra.

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

m: número de años que corresponden al periodo de ejecución de la obra.

CGV: Costos generalizados de viaje de la situación sin y con proyecto.³⁶

En la tabla del cuadro 34 se muestra el desglose por CGV para la situación con y sin proyecto, así como la diferencia entre éstos y el total obtenido por costos por molestia, en donde podemos observar que aplicando el proyecto se tienen mayores costos de operación del camino que en la situación optimizada, lo cual es lógico, ya que durante los años de modernización y ampliación de la vialidad, es evidente que se afectará la operación del camino debido a las actividades que le competen al proyecto para cumplir sus propósitos y metas, por ello el costo total por molestia es un número negativo, ya que no presenta ningún ahorro durante la etapa de ejecución de la obra.

³⁶ Nota: el cálculo de los CGV así como las consideraciones para cada una de las situaciones con y sin proyecto, también puede consultarse en el apartado situación sin proyecto.

Evaluación socioeconómica de carreteras

| Cuadro 34: Costos por Molestia, desglose | | | | | | | |
|--|----------------------------|---------------|---------------|----------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Año (m=3) | CGV Situación sin proyecto | | | CGV Situación con proyecto | | | Diferencia |
| | COV | VT | Subtotal | COV | VT | Subtotal | |
| 2016 (i=0) | \$ 53,209,484 | \$ 10,661,242 | \$ 63,870,726 | \$54,105,930.16 | \$ 11,164,831.75 | \$ 65,270,761.91 | -\$ 1,400,036 |
| 2017 (i=1) | \$ 54,273,973 | \$ 10,901,325 | \$ 65,175,298 | \$59,825,582.72 | \$ 14,346,599.54 | \$ 74,172,182.26 | -\$ 8,996,884 |
| 2018 (i=2) | \$ 55,407,544 | \$ 11,147,373 | \$ 66,554,918 | \$61,057,697.89 | \$ 14,659,866.21 | \$ 75,717,564.11 | -\$ 9,162,647 |
| Total costos por molestia = | | | | | | | -\$ 19,559,567 |

Costos durante la etapa de operación de la obra.

Se definen como aquéllos que tendrán lugar durante la vida útil o etapa de operación del proyecto, tales como: costos por mantenimiento y en este caso al tratarse de una obra de infraestructura vial, camino alimentador, se consideran los Costos Generalizados de Viaje que pagará el usuario por utilizar la vialidad, subdivididos en Costos de Operación Vehicular (VOC) y por tiempo de recorrido o Valor del Tiempo (VT).

- *Costos de Operación Vehicular (VOC).*

Corresponden a los costos por desgaste del vehículo, por combustible, lubricantes, refacciones y mano de obra por concepto de mantenimiento, principalmente, que paga el usuario por utilizar el camino y están estrictamente relacionados con el estado superficial del camino e IRI.

Se determinan a partir de los costos de operación por tipo de vehículo del TDPA usuario del camino a rehabilitar para las situaciones sin y con proyecto. Dichos costos a su vez, se calculan a partir de los costos base³⁷ por tipo de vehículo en condiciones ideales, aplicándoles un factor de corrección que toma en cuenta el tipo de terreno y el IRI para cada situación.

Los costos base también se denominan costos unitarios para cada tipo de vehículo, como se mencionó en el apartado situación sin proyecto, cálculo de CGV. Los costos unitarios se obtienen mediante Vehicle Operating Costs (VOC) desarrollado por el Banco Mundial, el cual fue adaptado para las características de los vehículos que circulan por la red carretera de México y que es conocido bajo las siglas VOCMEX. Considerando un IRI de 11.0 para la situación sin proyecto con una superficie de rodamiento sin pavimentar y de 3.10 para la superficie pavimentada. Los parámetros con que se alimentó el VOC se muestran en la tabla del cuadro 17.

³⁷ Nota: el costo base es determinado tomando como punto de partida un camino en óptimas condiciones, es decir, sin pendientes, ondulaciones, grados de curvatura, etc., en un tipo de terreno plano. Los factores de corrección corresponden a 1, 2.7 y 4.5 para terreno tipo plano, lomerío y montañoso, respectivamente.

El modelo matemático empleado para su cálculo es el mismo que se utilizó para calcular los COV para el año “0” o año inicio de las erogaciones. Tomando en cuenta la composición vehicular del TDPA establecida por el IMT, así como la proyección del TDPA a lo largo del horizonte de evaluación.

Modelo matemático utilizado para el cálculo de COV por año, ecuación (3):

$$COV_t = [(TDPA_A * COVUN_A) + (TDPA_B * COVUN_B) + (TDPA_C * COVUN_C)] * d[km] * 365 \text{ días} \dots (3)$$

En el anexo VI: Evaluación CGV, b) COV con proyecto, se muestra el cálculo de dichos costos por año.

- **Costos por tiempo de viaje (VT).**

Para estimar los beneficios que ofrece el camino en la situación con proyecto por disminución ahorro de tiempo, al igual que en l situación optimizada, es necesario calcular el valor del tiempo para conductores y pasajeros. Conociendo las velocidades por tipo de vehículo se obtiene el tiempo de recorrido y una vez conocido éste el valor del tiempo por año, como la sumatoria del VT por tipo de vehículo.

Siguiendo los siguientes modelos matemáticos:

- i. Tiempo de recorrido, conocida la velocidad de operación por tipo de vehículo.

$$t_i = \frac{d}{v_i} = [h] \dots (4)$$

- ii. Valor del tiempo [\$/día] para cada tipo de vehículo, por año del horizonte de evaluación:

$$VT_i = TDPA_i * K_i * vt_{prom} * t_i; \quad \text{para vehículos tipo "A" y "B"} \dots (5)$$

$$VT_i = TDPA_i * K_i * t_i; \quad \text{para vehículos tipo "C"} \dots (6)$$

- iii. Valor del tiempo en el año “t” del horizonte de evaluación, en [\$/año].

$$VT_t = \left(\sum_{i=A}^C VT_i \right) * 365 \text{ días} \dots (7)$$

Recordando que el valor del tiempo se determinó de acuerdo a la información recabada por la SCT, obtenida de encuestas origen – destino en cuanto a los porcentajes de viajes de pasajeros por placer y por trabajo, así como la información extraída del Boletín de Notas 158 del IMT Artículo 1, enero-febrero 2016, en el que se señala el VT de los pasajeros por motivo de trabajo y placer, entre otros, dichos datos se resumen en la tabla de la figura 7.

Para ejemplificar la utilización de dichos modelos matemáticos se calculará el VT para el año “0” del horizonte de evaluación de la situación con proyecto, correspondiente al primer año de modernización y ampliación o rehabilitación del camino a Quiavicuzas. El cálculo de los años restantes por concepto de VT se muestra en el *anexo VI d) Valor del tiempo, situación con proyecto*.

i. Tiempo de recorrido.

Para una velocidad de operación de 21, 20 y 20 [km/h] para los vehículos A, B y C, respectivamente, tenemos un tiempo de recorrido para cada caso de:

$$t_A = \frac{23km}{21 \left[\frac{km}{h} \right]} = 1.09 [h]; \quad t_B = t_C = \frac{23km}{20 \left[\frac{km}{h} \right]} = 1.16 [h]$$

ii. Valor del tiempo (VT), en [\$/día].

Retomando los valores recopilados de la figura 7: “Configuración del Valor Tiempo”, el valor promedio del tiempo (vt_{prom}) para los vehículos tipo “A” y “B”, se calculó de la siguiente manera:

$$vt_{prom} = [(41.54 * 0.6522) + (24.92 * 0.6522)] \left[\frac{\$}{h} \right] = 35.76 \left[\frac{\$}{h} \right]$$

| Figura 7: Configuración Valor del Tiempo | | | |
|--|--------------|-----------|-----------------------|
| <u>Valor tiempo usuarios tipo:</u> | IMT Nacional | Año | 2016 |
| Valor del tiempo viaje de trabajo | 41.54 | \$/hr | |
| Valor del tiempo viaje de placer | 24.92 | \$/hr | 35.76 |
| Porcentaje de viajes de trabajo | 65.22% | % | Valor tiempo promedio |
| Número de pasajeros auto | 2.32 | pas/veh | |
| Número de pasajeros autobús | 20.49 | pas/veh | |
| Valor tiempo de la carga | 15.00 | \$/hr/ton | |
| Toneladas promedio | 2.50 | ton/veh | |

VT, vehículos tipo “A”, automóviles:

Para vehículos tipo A, la constante K_i corresponde al número de pasajeros por auto igual a 2.32 [pas/veh]:

$$VT_A = 88 \left[\frac{veh}{día} \right] * 2.32 \left[\frac{pas}{veh} \right] * 35.67 \left[\frac{\$}{h} \right] * 1.09 [h]$$

$$VT_A = 7,889.02 \left[\frac{\$}{h} \right]$$

VT, vehículos tipo “B”, autobuses:

La cte $K_i=20.49$ [pas/veh] que corresponde al número de pasajeros por autobús.

$$VT_B = 14 \left[\frac{veh}{día} \right] * 20.49 \left[\frac{pas}{veh} \right] * 35.67 \left[\frac{\$}{h} \right] * 1.16[h]$$
$$VT_B = 11,888.85 \left[\frac{\$}{h} \right]$$

VT, vehículos tipo “C” o de carga:

La constante $K_i= 15.00$ [\$/h/ton]*2.50 [ton/veh], valores que corresponden al valor del tiempo de la carga y toneladas promedio de carga.

$$VT_C = 249 \left[\frac{veh}{día} \right] * 15.0 \left[\frac{\$}{h * ton} \right] * 2.50 \left[\frac{ton}{veh} \right] * 1.16[h]$$
$$VT_C = 10,127.28 \left[\frac{\$}{h} \right]$$

iii. Valor del tiempo total para el año $t=0$.

$$VT_{t=0} = (7,889.02 + 11,888.85 + 10,127.28) [$/h] * 365 [días/año]$$

$$VT_0 = \$11,164,831.75 \text{ en el año } t=0 \text{ del horizonte de evaluación.}$$

• Costos por mantenimiento y conservación (costo directo del PPI):

Los pavimentos con el paso del tiempo sufren ciertos deterioros o fallas que principalmente se manifiestan en la superficie de rodamiento, producto del paso repetido y continuo de cargas y a algunos agentes climáticos, las cuales deben ser atendidas mediante medidas de conservación para evitar llegar que progresen y se tenga que recurrir a una reconstrucción total.

Entonces, éstos corresponden a las erogaciones en que incurre el responsable del buen funcionamiento de la carretera para lograr niveles adecuados de transitabilidad durante la vida útil u operativa del camino. La aplicación de una adecuada política de conservación permitirá abatir los CGV de los vehículos que participan en el transporte y traslado de pasajeros y mercancías, recordando una vez más, que la calidad de la superficie de rodamiento influye considerablemente en que los costos de operación se incrementen o decrezcan; también aumentará la velocidad de operación del vehículo lo que se traduce en una mayor rotación del capital en cualquiera de sus formas: mercancías, dinero y fuerza de trabajo.

El costo por mantenimiento y conservación se aplicará para las situaciones con y sin proyecto, tomando en cuenta ciertas consideraciones, como la superficie de rodamiento (etapa constructiva y material) y condiciones de operación, mismas que definirán la periodicidad de la aplicación de las medidas de mantenimiento.

En el caso ejemplo, para la situación con proyecto corresponde a un camino alimentador pavimentado con una superficie de rodamiento a base de asfalto (pavimento flexible), al cual le corresponden los costos por mantenimiento y conservación mostrados en el **cuadro 5: Costo por mantenimiento y conservación (sin IVA)**, así como su periodicidad y que se describirán a continuación en el cuadro 35.

Los costos máximos por kilómetro de los subprogramas de conservación y reconstrucción para el año 2016, fueron autorizados en el Acuerdo GPT-001-2016³⁸, por el Grupo Permanente de Trabajo del Programa de Empleo Temporal, integrado por los Directores/as de: Atención de Grupos Prioritarios de la SEDESOL; de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial de SEMARNAT y de Carreteras de la SCT. En la tabla de la figura 16, se muestran dichos parámetros utilizados para el cálculo.

| Figura 16: Configuración de los costos de conservación | | | |
|--|-----------|---|--------------|
| CON _{PAV} = Conservación normal pavimentada: | 29,500 | | \$/km/carril |
| CON _{S/PAV} = Conservación normal sin pavimentar: | 34,900 | | \$/km/carril |
| RS = Riego de sello | 142,500 | | \$/km/carril |
| SOB= Sobrecarpeta | 775,000 | | \$/km/carril |
| REC _{PAV} = Reconstrucción pavimentada | 1,200,000 | | \$/km/carril |
| REC _{S/PAV} = Reconstrucción terracerías | 124,100 | | \$/km/carril |
| Número de carriles s/p | 1 | 5 | [m] |
| Número de carriles c/p | 2 | 7 | [m] |

| Cuadro 35: Mantenimiento y conservación, situación con proyecto, pavimento flexible ³⁹ | | | |
|---|---|---------------------------------|---|
| Concepto | Descripción | Periodicidad | Modelo Matemático |
| Conservación normal o rutinaria | <ul style="list-style-type: none"> Limpieza general. Reparación de pequeños desperfectos en la superficie de rodamiento, como: relleno de grietas, renivelaciones, retiro de obstáculos, entre otras. | Durante la vida útil (u) | $\text{Mantto}_{C/P} = \text{CON}_{PAV} * L * \#\text{carriles} \dots (9)$ <p>Dónde: CON_{PAV}, conservación normal pavimentada, en [\$/km/carril], ver tabla de la figura 16. L, longitud total en [km].</p> |

³⁸ Acuerdo GPT-001-2016, CIPET, <http://www.cipet.gob.mx/>

³⁹ Nota: para la situación sin proyecto el cálculo por costos de mantenimiento y conservación, corresponden únicamente a mantenimiento normal o rutinario y por reconstrucción, siguiendo los modelos matemáticos presentados en la tabla 34, utilizando los parámetros de la figura 16, por concepto de CON_{S/PAV} y REC_{S/PAV}, respectivamente. La periodicidad de aplicación cambia de acuerdo a la etapa constructiva en que se encuentre el camino, ver ANEXO VII.

Evaluación socioeconómica de carreteras

| | | | |
|-------------------------------|---|--|---|
| Conservación Periódica | • Bacheo general y riego de sello | 2 veces, año 5 y año 15 a partir de la etapa de operación. | Mantto_{RS} = RS * L * #carriles ... (10) Dónde: RS, conservación periódica, por riego de sello en [\$/km/carril], ver tabla de la figura 16. L, longitud total en [km]. |
| | • Sobrecarpeta: reconstrucción de carpetas, restitución del señalamiento horizontal | 2 veces, año 10 y año 25 a partir de la etapa de operación. | Mantto_{SOB} = SOB * L * #carriles ... (11) Dónde: SOB, conservación periódica, sobrecarpeta, en [\$/km/carril], ver tabla de la figura 16. L, longitud total en [km]. |
| Reconstrucción | Rehabilitación parcial o total de la estructura de pavimentos. | 1 vez, año 20 a partir de la etapa de operación. | R_{C/P} = REC_{PAV} * L * #carriles ... (12) Dónde: REC _{PAV} , costo por reconstrucción de pavimento, en [\$/km/carril], ver tabla de la figura 16. L, longitud total en [km]. |

En la tabla del cuadro 36, se muestran los resultados obtenidos por concepto de costos de conservación y mantenimiento para la situación con y sin proyecto.

| Cuadro 36: Costo por mantenimiento y conservación, comparativa con y sin proyecto | | |
|--|---|--|
| Concepto | Situación sin proyecto (sin pavimentar) | Situación con proyecto (pavimentada) |
| Conservación normal o rutinaria | $\text{Mantto}_{S/P} = 34,900 \left[\frac{\$}{\text{km} \cdot \text{carril}} \right] *$ $23 \text{ [km]} * 1 \text{ carril}$ $\text{Mantto}_{S/P} = \$ 802,700.00$ | $\text{Mantto}_{C/P} = 29,500 \left[\frac{\$}{\text{km} \cdot \text{carril}} \right] *$ $23 \text{ [km]} * 2 \text{ carriles}$ $\text{Mantto}_{C/P} = \$ 1,357,000$ |
| Bacheo general y riego de sello | - | $\text{Mantto}_{RS} = 142,500 \left[\frac{\$}{\text{km} \cdot \text{carril}} \right] *$ $23 \text{ [km]} * 2 \text{ carriles}$ $\text{Mantto}_{RS} = \$ 6,555,000.00$ |
| Sobrecarpeta | - | $\text{Mantto}_{SOB} = 775,000 \left[\frac{\$}{\text{km} \cdot \text{carril}} \right] *$ $23 \text{ [km]} * 2 \text{ carriles}$ $\text{Mantto}_{SOB} = \$ 35,650,000$ |
| Reconstrucción | $R_{S/P} = 124,100 \left[\frac{\$}{\text{km} \cdot \text{carril}} \right] *$ $23 \text{ [km]} * 1 \text{ carril}$ $R_{C/P} = \$ 2,854,300$ | $R_{C/P} = 1,200,000 \left[\frac{\$}{\text{km} \cdot \text{carril}} \right] *$ $23 \text{ [km]} * 2 \text{ carriles}$ $R_{C/P} = \$ 55,200,000$ |

En el anexo VII se muestra una tabla con los costos por concepto de mantenimiento y conservación para los escenarios sin y con proyecto, indicando su periodicidad a los largo del horizonte de evaluación, los cuales se utilizaran para la obtención de beneficios netos totales y éstos para calcular los indicadores de rentabilidad.

e) **Identificación, cuantificación y valoración de beneficios.**



- Una vez identificados, cuantificados y valorados los beneficios, se deberá obtener el flujo anual de beneficios del PPI, tanto en la etapa de ejecución como de operación. Describiendo como se obtuvieron.

Los beneficios que genera el proyecto, básicamente se obtienen realizando una resta algebraica entre los costos generalizados de viaje (CGV) de la situación con proyecto y sin proyecto, entendiendo por éstos, el ahorro que se tiene al implementar el proyecto teniendo como punto de referencia la situación optimizada. Entre los beneficios identificados tenemos:

Beneficios generados por el proyecto durante la etapa de ejecución de la obra.

Durante los tres primeros años del horizonte de evaluación o etapa de ejecución de la obra, no se tienen beneficios o ahorros al realizar la diferencia entre los CGV de la situación sin proyecto y con proyecto, recordando que dicha resta nos arrojó los costos por molestia que se generan en dicho periodo. Ver cálculo de costos por molestia, cuadro 32.

Beneficios generados durante la etapa de operación del camino.

- ***Beneficios por ahorro de tiempo de viaje:***

Corresponden a la diferencia entre los costos por Valor de tiempo de la situación sin proyecto y los costos por VT con proyecto:

$$B_{VT_t} = VT_{s/p_t} - VT_{\frac{c}{p_t}} \dots (13)$$

Dónde:

t , año de evaluación

B_{VT} , beneficios por ahorro de tiempo de viaje

VT , costo por tiempo de viaje o valor del tiempo, para la situación sin y con proyecto en el año “t” del horizonte de evaluación.

Teniendo para el primer año de operación del camino:

$$B_{VT_{t=3}} = \$11,399,558.62 - \$4,814,355.66$$

$$B_{VT_{t=3}} = \$6,585,202.96$$

- **Beneficios por ahorro de COV:**

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

$$B_{COV_t} = COV_{s/p_t} - COV_{c/p_t} \dots (14)$$

$$B_{COV_{t=3}} = \$ 56,565,784 - \$ 33,235,489$$

$$B_{COV_{t=3}} = \$23,330,294.65$$

El cálculo por concepto de beneficios por VT y COV se realiza para cada año del horizonte de evaluación, ver anexo VIII a).

f) Cálculo de indicadores de rentabilidad



• Una vez identificados, cuantificados y valorados los costos y beneficios generados por el proyecto, se procede a calcular los indicadores de rentabilidad correspondientes, en este caso: *VPN*, *TRI* y *la TIR*, utilizando una *TSD* o rendimiento establecida por la UISHCP.

- **Valor Presente Neto (VPN):**

Es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social (*TSD*) o rendimiento. Es decir, para el cálculo del *VPN*, tanto los costos y beneficios futuros que genera el *PPI*, serán descontados por la tasa social que se utiliza como punto de referencia en un punto en el tiempo específico “*t*”. El propósito de descontar los flujos netos de efectivo de una empresa o de un proyecto, a una tasa de descuento, es obtener el rendimiento requerido por el inversionista. La ecuación utilizada para el cálculo del *VPN* fue:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{FEN_t}{(1 + TSD)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TSD)^t} \dots (15)$$

Donde:

VPN, valor presente neto.

t, año de evaluación del horizonte a evaluar.

n, número de años del horizonte de evaluación.

FEN_t = *B_t* – *C_t*, corresponde al flujo de efectivo neto en el año de evaluación “*t*”.

TSD, la tasa social de descuento (o también denominada rendimiento “*r*”), que se tomará como referencia para el cálculo. En este caso, utilizaremos una *TSD del 10%*.

Obtener un VPN mayor a cero, nos indica que el proyecto es rentable, ya que los beneficios obtenidos con el proyecto son mayores a los costos que éste genera, es decir, se tiene un rendimiento “positivo” que indica ganancia, por lo cual conviene llevar a cabo el proyecto, aclarando, analizando desde dicho parámetro.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):**

También denominada Tasa Interna de Rentabilidad o Tasa de Recuperación de la Inversión, se puede definir como la máxima tasa de descuento que hace que el VPN sea cero. Su finalidad es calcular el interés que un proyecto está produciendo.

Que el VPN sea cero equivale económicamente a encontrar el punto de equilibrio del PPI, es decir, el valor presente de los beneficios netos del proyecto es igual a cero y se compara con una tasa de retorno deseada, tomando el criterio de decisión del cuadro 7.

La ecuación utilizada para obtener la TIR, nos lleva a realizar iteraciones sucesivas hasta encontrar el equilibrio entre el flujo de costos y beneficios, es decir, en el momento que el valor presente de los beneficios sea igualado a los costos generados. Actualmente es más sencillo calcular la TIR, mediante las herramientas de Excel, basado en las iteraciones.

Es importante destacar que la TIR no debe considerarse como único criterio de decisión, debido a que pueden existir más de un valor o raíz mayor a cero (positivo) que haga que el VPN sea cero. Gráficamente, la solución se tendría cuando la curva generada para el VPN función de la tasa de interés, interseque al eje de las abscisas, teniendo en el eje de las abscisas los valores que representan las tasas y en el eje de las ordenadas el VPN.

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{FEN}{(1 + TIR)^t} = 0 \dots (16)$$

Donde:

VPN, valor presente neto.

t, año de evaluación del horizonte a evaluar.

n, número de años del horizonte de evaluación.

FEN_t = B_t – C_t, corresponde al flujo de efectivo neto en el año de evaluación “*t*”.

TIR, Tasa Interna de Retorno o se puede definir como la tasa de interés del proyecto, que hace que el VPN sea “0”.

- **Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI):**

Este indicador muestra la rapidez de recuperación de la inversión en el primer año de operación del proyecto. Se puede definir como el cociente de los beneficios netos que

resultan en el primer año de operación entre el monto total de inversión (que equivale a la suma acumulada hasta el periodo “t” por año de inversión).

Se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

FEN_{t+1} , es el flujo de efectivo neto o beneficio neto en el año “t+1”, que se obtiene de la resta entre el beneficio total y 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.

Utilizando la ecuación (15), (16) y (17) con una TSD del 10% utilizada como punto de referencia y mediante el uso de una hoja de cálculo de Excel (Ver anexo IX “Cálculo de Indicadores de Rentabilidad”), se obtuvieron los siguientes indicadores de rentabilidad (cuadro 6):

| Cuadro 7, a) Indicadores de rentabilidad | |
|--|------------------|
| Indicador | Valor |
| Valor Presente Neto (VPN) | \$140,147,968.23 |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | 21.30% |
| Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) | 27.37% |

4.2.7 Conclusiones de la evaluación socioeconómica.

Los resultados de la evaluación socioeconómica, utilizando los criterios de decisión establecidos en el cuadro 7, b), nos indican que el proyecto Modernización a nivel de pavimento del camino E.C. (Mitla – Entr. Tehuantepec II) – Santiago Quiavicuzas, es económicamente rentable ya que presenta un VPN diferente y mayor a cero, lo que indica que los beneficios obtenidos debidos a los ahorros por CGV y mantenimiento son superiores a los costos de inversión y por molestia que el proyecto genera a lo largo del horizonte de evaluación. Por otra parte, la TIR obtenida a partir de los beneficios netos es mayor que la tasa social de descuento utilizada para su comparación (TSD = 10%), lo que indica que el proyecto es rentable. En cuanto a la TRI, ésta también es mayor a la tasa social de descuento, concluyendo entonces, que el año óptimo de operación del proyecto corresponde al año “t=3” o 2019.

Es importante resaltar que los insumos considerados de mayor importancia para la evaluación del proyecto fueron los Costos Generalizados de Viaje, es decir los Costos de Operación Vehicular que pagan los usuarios por utilizar la vialidad, traducidos en costos por combustible, refacciones, neumáticos, lubricantes, etc. y los costos por tiempo de viaje o valor del tiempo (VT) del conductor, pasajeros y/o carga, para las condiciones con y sin proyecto. Aun cuando es posible considerar otros costos exógenos asociados a costos por accidentes, ruido, degradación al medio ambiente, entre otros, no existen parámetros cuantitativos confiables que los cuantifiquen, por lo que no se incluyeron en este análisis.

Los beneficios cuantitativos y cualitativos que genera el proyecto los percibirán los habitantes de la localidad de Santiago Quiavicuzas con un aproximado de 1,459 habitantes, ubicada en el municipio de San Carlos Yautepec en la región sur del estado de Oaxaca, así como, usuarios aledaños a la zona de influencia del Istmo de Tehuantepec. La modernización y ampliación del camino impulsará el desarrollo y crecimiento económico – social de la región, la cual pertenece según indicadores de CONAPO, a las regiones de **muy alta marginación, por lo que se pretende mejorar la calidad de vida los beneficiados directamente por el camino, permitiendo el acceso de manera permanente a los servicios básicos: salud, educación, distribución de agua potable, energía eléctrica y sistema de drenaje.**

De manera general, se concluye que la modernización del camino en estudio (situación con proyecto), atiende la problemática presente y que el proyecto es capaz de generar un beneficio social bajo supuestos razonables, dotando a los usuarios y población objetivo de un camino en óptimas condiciones de operación, con un estado superficial bueno que logrará abatir los CGV de la situación actual, generará seguridad y comodidad a los usuarios al transitar en él, así como disminuirá la probabilidad de ocurrencia de accidentes, aumentará las velocidades de operación y bajará los tiempos de recorrido y lo más importante, brindará comunicación permanente con las localidades de la zona de influencia, conformando una red de caminos junto con el proyecto relacionado de la Autopista Mitla – Tehuantepec en su tramo II y demás relacionados, que se traduce en un aumento en la productividad agrícola, ganadera, pesca, caza y comercio fundamentalmente, y se prevé crezca el intercambio agrícola, homogeneizando así el nivel de vida de la región del Istmo.

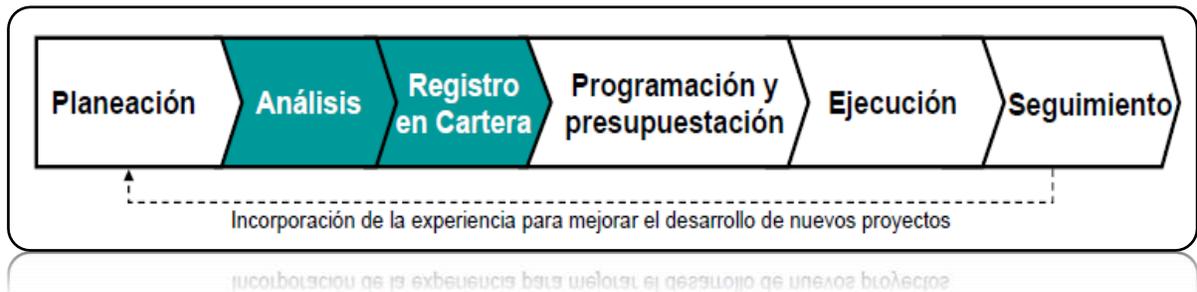
Análisis de sensibilidad:

Cabe mencionar que una vez evaluado el proyecto, se realiza un análisis de sensibilidad con las variables más significativas del proyecto, que pudiesen tener cambios a través del tiempo sobre los indicadores de rentabilidad, analizando la situación más y la menos desfavorable. En este caso se consideraron para su análisis el monto de inversión, al monto de conservación y a la demanda de tránsito.

V. Actualización de la evaluación socioeconómica

El sistema de inversión pública de la SHCP, se compone de distintas etapas para lograr que un PPI se lleve a cabo, mostradas en el diagrama de la figura 17, entre ellas tenemos la etapa de la planeación, en este caso, de un sistema de transporte, donde el objetivo central es mejorar la calidad de vida de las personas, considerando una serie de factores: económicos, sociales, tecnológicos y ambientales que interactúan entre sí para lograr dicho objetivo, es la parte medular, para lograr que el camino analizado satisfaga las necesidades para las cuales se diseñó, que no esté sobredimensionado y que minimice los posibles efectos sociales y ambientales que pueda ocasionar; en esta etapa entra la elaboración de la evaluación socioeconómica del PPI para su valoración ante la SHCP y en caso de ser aceptada, su registro en cartera; teniendo éste, se pasa a la etapa de presupuestación y programación para posteriormente llevarse a la ejecución. Una vez que el PPI se encuentra en ejecución y/o por concluirse la fase del seguimiento entra a la par, en la cual se deberá reportar, si el proyecto o programa, según sea el caso, ha concluido en su totalidad generando los beneficios propuestos o en caso contrario se deberá justificar, el por qué del fallo.

Figura 17: Etapas que integran el Sistema de Inversión de la SHCP



En la etapa del seguimiento, los lineamientos establecidos por la SCHP para la elaboración de evaluaciones socioeconómicas de los PPI, establecen en su sección X, artículo 26, que dicha evaluación se deberá actualizar cuando se modifique el alcance del proyecto o programa de inversión.

Se considera que un PPI ha modificado su alcance cuando:

- Exista una variación en el monto total de inversión, el cual deberá ser justificado para su modificación y reasignación de recursos. Las variaciones pueden ser, a partir de la inversión inicial:

25% ≤ para un monto total de inversión (I) 1,000 millones de pesos

1,000 millones de pesos < 10% ≤ 10 mil millones de pesos

10% > 10 mil millones de pesos

- Cuando registren una variación en su meta física del 25% respecto a la registrada en cartera.
- Cuando presenten un cambio en su totalidad en el tipo de evaluación socioeconómica, recordando que de acuerdo al monto total de inversión se le asigna el tipo de evaluación (ACBS, Ficha Técnica, ACB, etc.).

VI. Conclusiones y recomendaciones.

1. Al realizar el análisis a nivel de perfil del proyecto – ejemplo se concluye, que éste cumple con sus objetivos, demostrando la eficacia de la inversión así como la generación de beneficios a lo largo del horizonte de evaluación y que existe una sólida evaluación en la etapa de planeación del proyecto; apeándonos a la normatividad y lineamientos establecidos por la UISHCP. Además el proyecto resuelve la problemática identificada y su implementación traerá beneficios a nivel regional (principalmente), estatal y nacional, mejorando la calidad de vida los beneficiados directos por el camino. Aunque este análisis parece estar muy completo, ya que presenta ventajas al utilizar parámetros como el IRI para medir el estado superficial del camino y con ello obtener los COV, etc., también presenta algunas desventajas, ya que parte de la información que utiliza no está actualizada, por ejemplo, los datos correspondientes al CENSO de población y grado de marginación, de la página de SEDESOL y CONAPO corresponden al año 2010, lo cual sesga la priorización de proyectos.
2. Como recomendación o futura línea de acción, convendría revisar la hoja de cálculo utilizada por los trabajadores de la SCT para la evaluación de proyectos de inversión, ya que ésta presenta algunos errores e incongruencias en su programación, lo cual se ve reflejado en el cálculo de los indicadores de rentabilidad, los cuales son de gran importancia para demostrar la solidez de la inversión. También es importante destacar, que la aplicación de conceptos sea de manera correcta, ya que en el apartado de mantenimiento algunos costos se están contabilizando erróneamente, ver nota “10” de la sección 4.2.2 “Resumen ejecutivo”.
3. Una segunda línea futura de acción es, contemplar dentro del análisis de sensibilidad, una posible variación en alguna futura normatividad ambiental, por uso restringido en cantidad de ciertos materiales en la etapa de construcción del camino.
4. Se cumplen los objetivos establecidos en el art. 4 del Reglamento del Servicio Social de la UNAM, ya que apliqué mis conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante mi formación como Ingeniera Civil, así como los obtenidos durante la capacitación en la prestación del Servicio en la SCT, para la evaluación socioeconómica de proyectos de inversión carreteros, con la finalidad de que éstos obtengan recursos para su modernización, ampliación y/o rehabilitación, en beneficio de las regiones mayormente marginadas, para que éstas puedan mejorar su calidad de vida.

Recomendaciones:

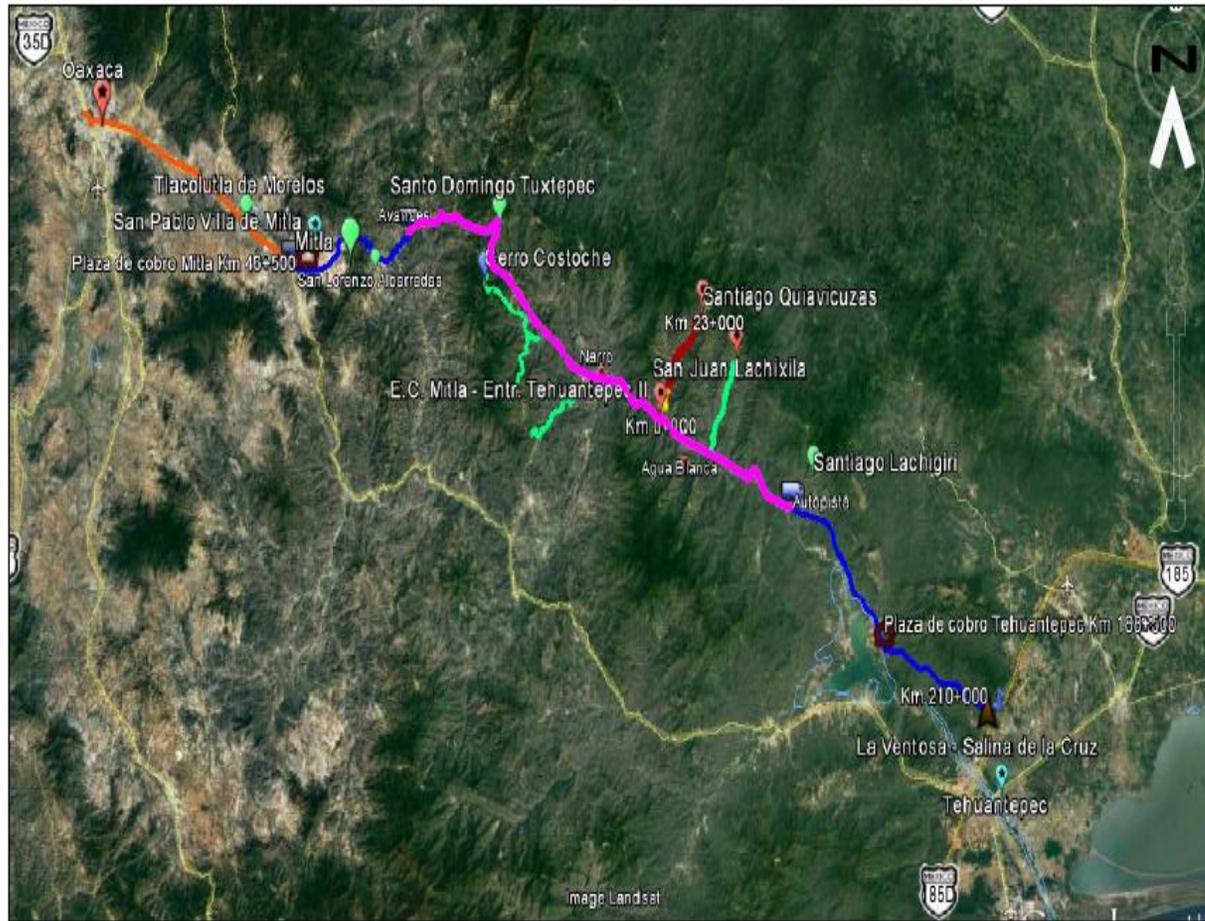
Como comentario final, pienso que la prestación del servicio social en dependencias de gobierno como la SCT, con labores a desempeñar en proyectos de Ingeniería, debería fomentarse mayormente entre los alumnos, ya que dicha práctica me brindó un panorama más amplio en cuanto al campo de la planeación, además me permitió aplicar y ampliar mis

conocimientos en el tema de sistemas de transporte, específicamente en el modo terrestre, para el componente: camino.

Por mi estadía en la SCT y experiencia como colaboradora en los distintos proyectos de los cuales fui participe, me permitiré hacer una crítica en cuanto al personal contratado por dicha dependencia, sugiriendo que éste debería ser evaluado al momento de su contratación y exigir que cuenten con ciertas cualidades, habilidades y conocimientos en la materia que les permitan desarrollar sus labores de manera íntegra. Ya que observé ciertas situaciones que me hicieron pensar en la falta de ingenieros en dependencias de gobierno, sobre todo aquéllas que tienen en su poder el manejo del capital del país.

ANEXOS





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

Características del proyecto en estudio:
Nombre: Modernización a nivel de pavimento del E.C. Milla Tehuantepec II - Santiago Quiviçuzas, del Km 0+000 al Km 23+000.
Tipo de PFI: Proyecto de infraestructura económica
Clave de Registro en cartera: 16096400004
Longitud: 23 kilómetros
Clasificación Técnica: Modernización y ampliación del camino a una sección tipo "C", de 7 [m] de ancho de corona, 2 carriles de 3.5 [m] de ancho cada uno, por sentido de circulación.
Localización: Camino a Santiago Quiviçuzas, Municipio San Carlos Yantepac, Oaxaca, Sierra Madre del Sur de México.
Proyectos relacionados: Autopista Milla - Tehuantepec, tramo II

Simbología:

- Proyecto carretero en estudio: E.C. Milla Tehuantepec II - Santiago Quiviçuzas.
- Milla - Tehuantepec II, en proceso de construcción.
- Milla Tehuantepec, tramos I y III, concluidos al 100%.
- Red Modernizada
- Otros proyectos relacionados de la región del Istmo de Tehuantepec sin modernizar.
- Plazas de cobro del proyecto de la Autopista Milla - Tehuantepec.



Título:
ANEXO I. INFORME TÉCNICO PARA TITULACIÓN POR SERVICIO SOCIAL:
"Mapa de localización del camino: E.C. Milla Tehuantepec II - Santiago Quiviçuzas y proyectos relacionados"

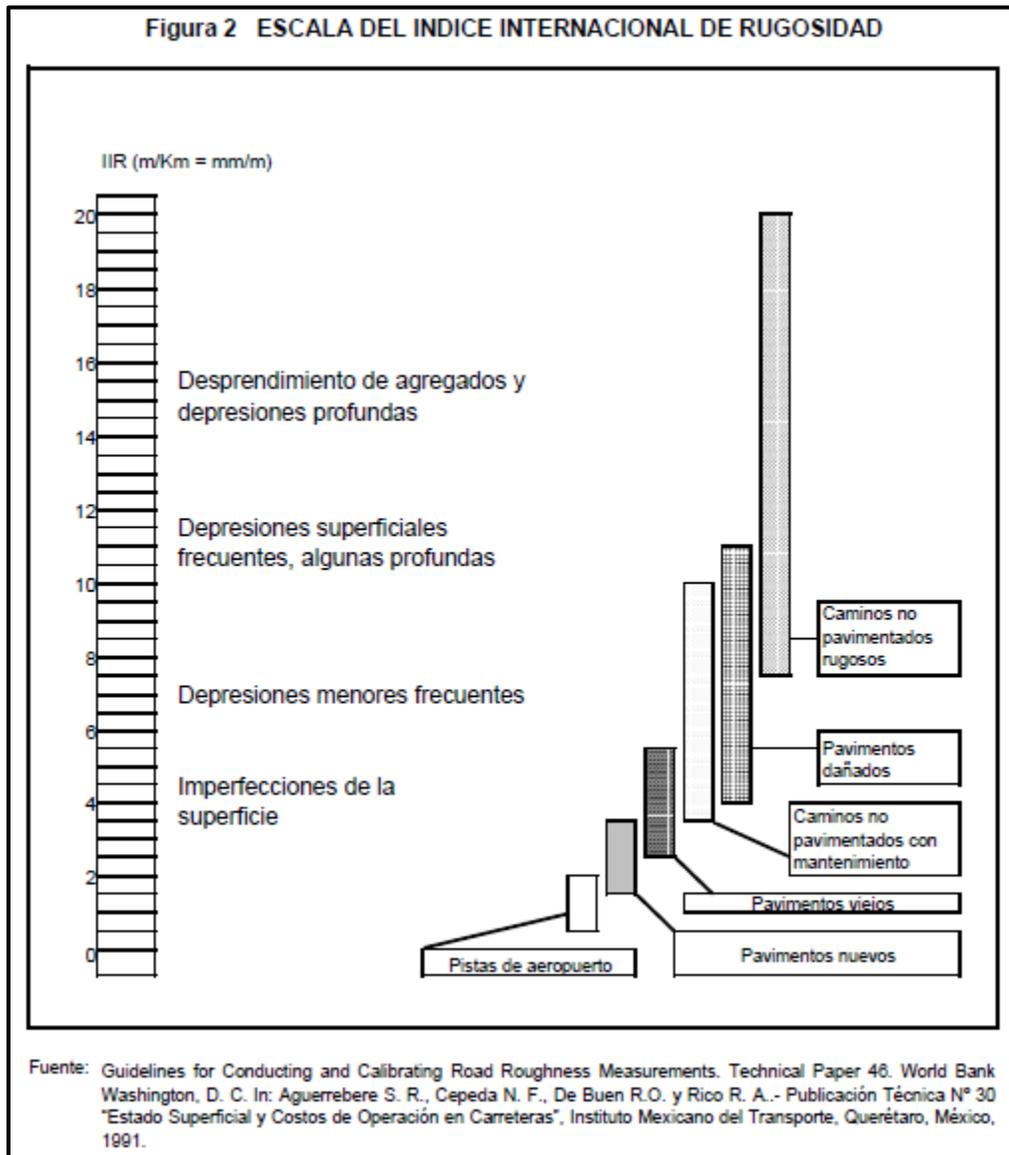


Elaboró:
TZINTZUN NORIEGA KARINA
Informe técnico para la elaboración y presentación de un ACBS de un proyecto carretero.

Anexo II: “Escala de los valores del IRI y características de los pavimentos”

La capa de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales, obtenidas a partir de criterios y especificaciones de construcción. Su estado depende de la calidad inicial y del desgaste o deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos, entre otros.

A nivel de red, partiendo de las mediciones de rugosidad de un camino, se puede definir el estado de los pavimentos mediante el índice de rugosidad.



Anexo III: Capacidad y Nivel de Servicio de una carretera.

a) Capacidad de un camino:

Se expresa como el número de vehículos que pasan en una hora en un punto dado y es función de los siguientes factores, principalmente:

- | | | |
|-----------------------------|---|---|
| Capacidad del camino | } | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de camino y características físicas (tipo de terreno), • Características geométricas (ancho, número de carriles, pendientes, etc.), • Velocidad del proyecto, • Composición del tránsito y sus variaciones en el volumen. • Condiciones de control: dispositivos de control como semáforos, señalamiento restrictivo, entre otros. |
|-----------------------------|---|---|

Nota: las variaciones en la capacidad del camino se deben principalmente a cambios en el ancho del camino, pendientes, enlaces, zonas de estrechamiento, restricciones en la distancia y velocidad.

b) Nivel de servicio:

En la figura III.b se muestran los elementos referidos a la capacidad y volumen de demanda que definen el nivel de servicio para los distintos tipos de caminos.

Figura III.b Elementos para evaluar el nivel de servicio.

| E L E M E N T O | AUTOPISTAS | CARRETERAS DE CARRILES MÚLTIPLES | CARRETERAS DE DOS Y TRES CARRILES | ARTERIAS URBANAS | CALLES DEL CENTRO DE LA CIUDAD |
|---|------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------|
| ELEMENTOS BASICOS: | | | | | |
| Velocidad de Operación para el tramo..... | × | × | × | | |
| Velocidad Global..... | | | | × | × |
| Relación Volumen-Capacidad: | | | | | |
| a) Punto más crítico..... | × | × | × | × | |
| b) Cada subtramo..... | × | × | × | × | |
| c) Tramo completo..... | × | × | × | × | |
| ELEMENTOS ASOCIADOS: | | | | | |
| a) Velocidad de Proyecto ponderada..... | × | × | × | | |
| b) Número de carriles..... | × | × | | | |
| c) Distancia de visibilidad... | | | × | | |

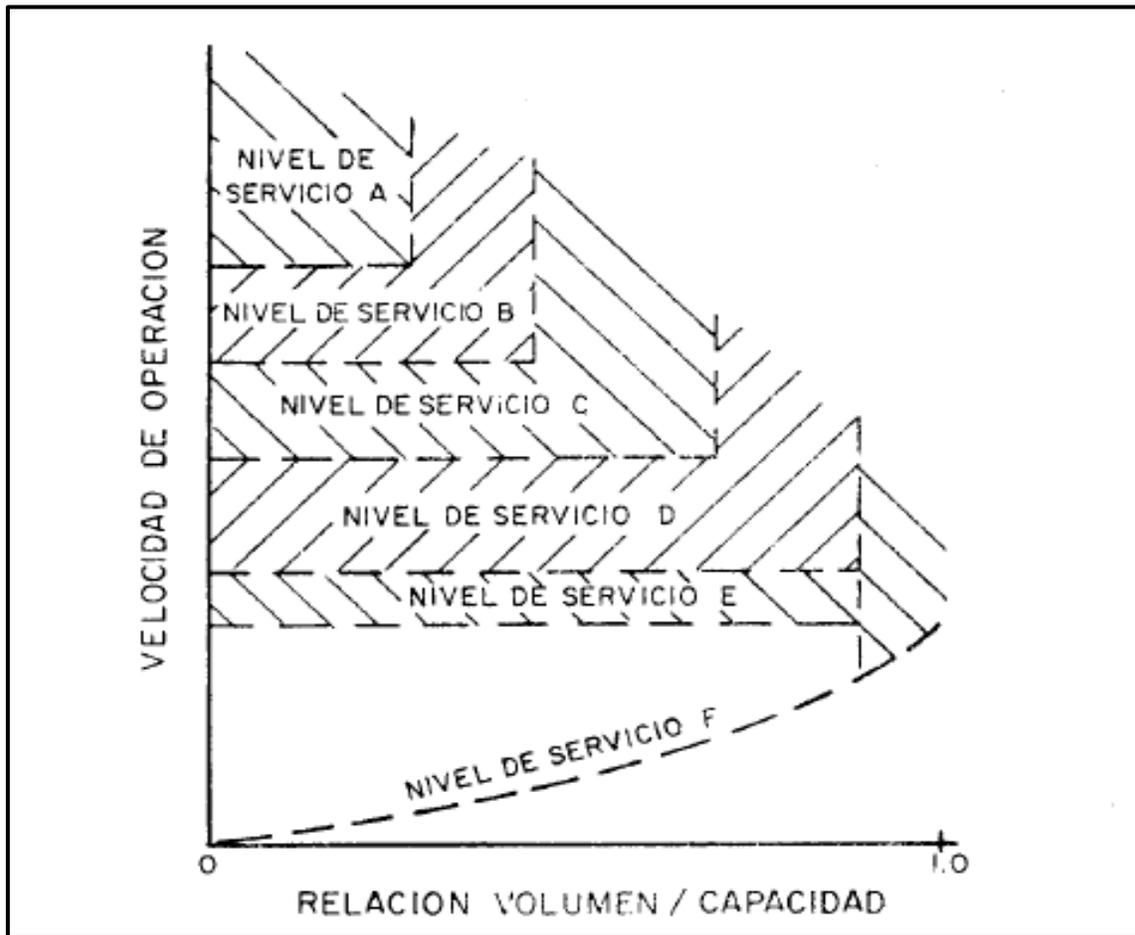
Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Cuarta Reimpresión, SCT, México 1991.

En la figura III.c se muestra una tabla resumen con las condiciones de operación para los diferentes niveles de servicio, recordando que éste es función de las variaciones de velocidad y volúmenes de tránsito. En el gráfico de la figura III.d se muestra el comportamiento del nivel de servicio, el cual es función de la velocidad de operación y de la relación volumen de demanda/capacidad.

| Figura III.c: Condiciones de operación de los niveles de servicio. | |
|---|--|
| Nivel de Servicio | Condiciones de operación |
| A | <ul style="list-style-type: none"> • Circulación a flujo libre: volúmenes de tránsito bajos y velocidades altas. • No hay restricción en las maniobras ocasionadas por la existencia de otros vehículos: se puede cambiar de carril libremente. • Libertad de disminución o aumento de velocidad, dentro de los límites permitidos. • Nivel general de comodidad y conveniencia. |
| B | <ul style="list-style-type: none"> • Zona de flujo estable. • Las velocidades de operación comienzan a restringirse por las condiciones de tránsito. El conductor tiene la libertad razonable para elegir su velocidad y carril de operación. • El nivel de comodidad y conveniencia es menor que en el nivel A. |
| C | <ul style="list-style-type: none"> • Zona de flujo estable. • Las posibilidades de maniobra, cambio de carril y cambios de velocidad están contraladas y restringidas por los volúmenes de tránsito presente. • Se alcanza una velocidad satisfactoria. |
| D | <ul style="list-style-type: none"> • Se aproxima a la condición de flujo inestable, con velocidades satisfactorias, las cuales se ven afectadas por los cambios en las condiciones de operación. • Es el nivel más común en zona urbana y suburbana (incluye carreteras). • La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas. • El nivel de conveniencia y comodidad es bajo. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Condición de flujo inestable, el funcionamiento del camino está en o cerca del límite de su capacidad, es decir, el volumen de tránsito corresponde a la capacidad. • Velocidad reducida a un valor bajo • El incremento de flujo o ligeras perturbaciones del tránsito produce colapsos (vehículos en alto total un tiempo corto). |
| F | <ul style="list-style-type: none"> • Circulación forzada o condición de flujo forzado. • Velocidades bajas y los volúmenes de tránsito superiores a los de la capacidad. • Vehículos en alto total, lo que produce filas de autos en espera o “colas”. • Las condiciones descritas anteriormente impiden la libertad de maniobras. • Los niveles de comodidad y conveniencia son deplorables. |

Fuente: elaboración propia, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

Figura III.d: Nivel de servicio, concepto general.



Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, Cuarta Reimpresión, SCT, México 1991.

Anexo IV: Evaluación de Impacto Ambiental para construcción de vías de comunicación.

Partiendo de la LGEEPA, en sus artículos 28°, 6° y 11°, se establecen los siguientes tipos o modalidades de evaluación obras relacionadas a la construcción o modernización de vías de comunicación.

| ANEXO V: Evaluación de Impacto Ambiental | | | |
|---|---|--|--|
| Tipo de trámite | Bajo Exención | Intermedio MIA Particular | Alto MIA Regional |
| Descripción bajo sustento legal de la LGEEPA | De acuerdo al artículo 6° de la LGEEPA no requerirán de la autorización en materia de Impacto ambiental: las ampliaciones, modificaciones, sustitución de infraestructura, rehabilitación y el mantenimiento de instalaciones relacionadas con las obras carreteras, así como con las que se encuentren en operación. | Art. 11 del Reglamento de la LGEEPA, establece que en cualquier trazo nuevo o que se requiera modificar y que éste afecte los recursos naturales se requiere la elaboración de la MIA y su autorización. | Art. 11 del Reglamento de la LGEEPA, establece que en cualquier trazo nuevo o que se requiera modificar y que éste afecte los recursos naturales se requiere la elaboración de la MIA y su autorización. |
| Dependencia evaluadora | Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA). | DGIRA | DGIRA |
| Fuente: Guía para la obtención de elementos de obra pública, LGEEPA y Reglamento de la LGEEPA (año 2014) | | | |

Anexo V: Oficio de Factibilidad



"2015, AÑO DEL GENERALÍSIMO
JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN"
CENTRO S.C.T. OAXACA
SUBDIRECCIÓN DE OBRAS
RESIDENCIA GENERAL DE CARRETERAS
ALIMENTADORAS
ZONA ORIENTE
OFICIO No. 6.19.413.2447/2015

Oaxaca de Juárez, Oax., 01 de diciembre de 2015.

MTRO. OSCAR RAUL CALLEJO SILVA
DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS
MEXICO, D.F.

Me refiero a la obra denominada: **Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla – Entr. Tehuantepec II)- Santiago Quiavicusas del km 0+000 al km 23+000.** Este Centro SCT cuenta con los siguientes elementos:

I. PROYECTO

Se tiene proyecto validado, con oficio 6.19.306.00217/15 de fecha 18 de mayo de 2015 emitido por la Unidad General de Servicios Técnicos.

II. DERECHO DE VIA

Se cuenta con el acta de asamblea de la población de Santiago Quiavicusas, Municipio de San Carlos Yautepec, Oaxaca., celebrada el día 23 de diciembre de 2014 en el cual se libera el derecho de vía.

III. IMPACTO AMBIENTAL

Se encuentra en trámite la autorización en Materia de Impacto Ambiental, con Número de bitácora 09/MG-0085/03/15

Así mismo, le envío Análisis Costo Beneficio para su revisión y trámite del registro ante la SHCP

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

ING. HÉCTOR A. CASTAÑEDA MOLINA
Director General del Centro SCT Oaxaca

C.c.p.- Director General Adjunto de Caminos Rurales y Alimentadores.- México, D.F
C.c.p.- Dirección General de Proyectos.- México, D.F
C.c.p.- Subdirector de Obras.- Edificio
C.c.p.- Expediente/ Minutario

HACM/JCMY/JOPH/YBRW/mggj*

Anexo VI: Evaluación, CGV.

a) Costos de Operación Vehicular (COV), situación sin proyecto, IRI 11.0:

| ANEXO VI: a) Costos de Operación Vehicular (COV), situación sin proyecto | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----|-----|------------------------------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|-----------------------|
| AÑO (t) | TPDA, composición | | | COV UNITARIO [\$/Km] ⁴⁰ | | | COV [\$/día] | | | COV TOTAL [\$/año] |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | |
| 0 | 88 | 14 | 249 | 9.19 | 29.62 | 20.60 | 18504.08 | 9536.21 | 117739.11 | \$ 53,209,483.60 |
| 1 | 89 | 14 | 253 | 9.19 | 29.62 | 20.60 | 18874.37 | 9726.97 | 120094.48 | \$ 54,273,972.97 |
| 2 | 91 | 15 | 259 | 9.20 | 29.64 | 20.62 | 19273.22 | 9929.94 | 122598.33 | \$ 55,407,544.06 |
| 3 | 93 | 15 | 264 | 9.22 | 29.67 | 20.63 | 19680.93 | 10137.32 | 125156.50 | \$ 56,565,783.81 |
| 4 | 95 | 15 | 269 | 9.23 | 29.69 | 20.65 | 20097.72 | 10349.21 | 127770.25 | \$ 57,749,269.27 |
| 5 | 97 | 15 | 274 | 9.24 | 29.72 | 20.67 | 20523.80 | 10565.71 | 130440.87 | \$ 58,958,592.54 |
| 6 | 99 | 16 | 280 | 9.25 | 29.75 | 20.69 | 20959.41 | 10786.94 | 133169.70 | \$ 60,194,361.25 |
| 7 | 101 | 16 | 285 | 9.26 | 29.77 | 20.71 | 21404.77 | 11013.01 | 135958.11 | \$ 61,457,199.04 |
| 8 | 103 | 16 | 291 | 9.27 | 29.80 | 20.73 | 21860.12 | 11244.03 | 138807.49 | \$ 62,747,746.00 |
| 9 | 105 | 17 | 297 | 9.28 | 29.83 | 20.75 | 22325.71 | 11480.11 | 141719.28 | \$ 64,066,659.23 |
| 10 | 107 | 17 | 303 | 9.29 | 29.86 | 20.77 | 22801.79 | 11721.37 | 144694.96 | \$ 65,414,613.29 |
| 11 | 109 | 17 | 309 | 9.31 | 29.89 | 20.79 | 23288.61 | 11967.95 | 147736.04 | \$ 66,792,300.78 |
| 12 | 111 | 18 | 315 | 9.32 | 29.92 | 20.81 | 23786.45 | 12219.96 | 150844.09 | \$ 68,200,432.87 |
| 13 | 113 | 18 | 321 | 9.33 | 29.96 | 20.83 | 24295.58 | 12477.54 | 154020.69 | \$ 69,639,739.90 |
| 14 | 115 | 18 | 328 | 9.35 | 29.99 | 20.85 | 24816.28 | 12740.81 | 157267.49 | \$ 71,110,971.93 |
| 15 | 118 | 19 | 334 | 9.36 | 30.02 | 20.88 | 25348.84 | 13009.92 | 160586.17 | \$ 72,614,899.38 |
| 16 | 120 | 19 | 341 | 9.37 | 30.05 | 20.90 | 25893.55 | 13285.01 | 163978.46 | \$ 74,152,313.67 |
| 17 | 123 | 20 | 348 | 9.39 | 30.09 | 20.92 | 26450.73 | 13566.22 | 167446.15 | \$ 75,724,027.86 |
| 18 | 125 | 20 | 355 | 9.40 | 30.12 | 20.95 | 27020.68 | 13853.69 | 170991.05 | \$ 77,330,877.30 |
| 19 | 127 | 20 | 362 | 9.42 | 30.16 | 20.97 | 27603.73 | 14147.58 | 174615.04 | \$ 78,973,720.42 |
| 20 | 130 | 21 | 369 | 9.43 | 30.20 | 21.00 | 28200.22 | 14448.05 | 178320.05 | \$ 80,653,439.35 |
| 21 | 133 | 21 | 377 | 9.45 | 30.23 | 21.02 | 28810.48 | 14755.26 | 182108.06 | \$ 82,370,940.76 |
| 22 | 135 | 22 | 384 | 9.46 | 30.27 | 21.05 | 29434.88 | 15069.37 | 185981.11 | \$ 84,127,156.57 |
| 23 | 138 | 22 | 392 | 9.48 | 30.31 | 21.07 | 30073.76 | 15390.56 | 189941.29 | \$ 85,923,044.82 |
| 24 | 141 | 23 | 400 | 9.49 | 30.35 | 21.10 | 30727.51 | 15718.98 | 193990.74 | \$ 87,759,590.46 |
| 25 | 144 | 23 | 408 | 9.51 | 30.39 | 21.13 | 31396.51 | 16054.84 | 198131.68 | \$ 89,637,806.21 |
| 26 | 146 | 23 | 416 | 9.53 | 30.43 | 21.16 | 32081.16 | 16398.30 | 202366.38 | \$ 91,558,733.51 |
| 27 | 149 | 24 | 424 | 9.54 | 30.47 | 21.19 | 32781.86 | 16749.56 | 206697.19 | \$ 93,523,443.38 |
| 28 | 152 | 24 | 433 | 9.56 | 30.52 | 21.22 | 33499.04 | 17108.82 | 211126.49 | \$ 95,533,037.41 |
| 29 | 155 | 25 | 441 | 9.58 | 30.56 | 21.25 | 34233.12 | 17476.27 | 215656.77 | \$ 97,588,648.76 |
| 30 | 158 | 25 | 450 | 9.60 | 30.61 | 21.28 | 34984.55 | 17852.12 | 220290.57 | \$ 99,691,443.19 |

⁴⁰ Nota: Costos de operación base obtenidos mediante la aplicación del modelo VOCMEX, para un IRI de 11.0.

b) Costos de Operación Vehicular (COV), situación con proyecto, IRI 3.10:

| ANEXO VI: b) Costos de Operación Vehicular (COV), situación con proyecto | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----|-----|----------------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|-----------------------|
| AÑO (t) | TPDA, composición | | | COV UNITARIO [\$/Km] | | | COV [\$/día] | | | COV TOTAL [\$/año] |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | |
| 0 | 88 | 14 | 249 | 9.39 | 30.07 | 20.94 | 18899.28 | 9681.44 | 119654.70 | \$ 54,105,930.16 |
| 1 | 89 | 14 | 253 | 10.40 | 32.35 | 22.63 | 21338.73 | 10625.35 | 131941.63 | \$ 59,825,582.72 |
| 2 | 91 | 15 | 259 | 10.40 | 32.37 | 22.64 | 21781.57 | 10844.07 | 134655.73 | \$ 61,057,697.89 |
| 3 | 93 | 15 | 264 | 4.83 | 20.04 | 12.18 | 10310.09 | 6846.95 | 73899.10 | \$ 33,235,489.16 |
| 4 | 95 | 15 | 269 | 4.83 | 20.04 | 12.18 | 10517.59 | 6983.92 | 75384.03 | \$ 33,903,222.50 |
| 5 | 97 | 15 | 274 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 10729.33 | 7123.64 | 76899.11 | \$ 34,584,509.78 |
| 6 | 99 | 16 | 280 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 10945.40 | 7266.17 | 78444.96 | \$ 35,279,635.38 |
| 7 | 101 | 16 | 285 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 11165.89 | 7411.58 | 80022.23 | \$ 35,988,890.31 |
| 8 | 103 | 16 | 291 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 11390.89 | 7559.91 | 81631.59 | \$ 36,712,572.32 |
| 9 | 105 | 17 | 297 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 11620.51 | 7711.24 | 83273.70 | \$ 37,450,986.20 |
| 10 | 107 | 17 | 303 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 11854.83 | 7865.62 | 84949.26 | \$ 38,204,443.89 |
| 11 | 109 | 17 | 309 | 4.83 | 20.04 | 12.19 | 12093.97 | 8023.11 | 86658.98 | \$ 38,973,264.76 |
| 12 | 111 | 18 | 315 | 4.83 | 20.04 | 12.20 | 12338.03 | 8183.79 | 88403.59 | \$ 39,757,775.84 |
| 13 | 113 | 18 | 321 | 4.83 | 20.04 | 12.20 | 12587.11 | 8347.72 | 90183.83 | \$ 40,558,312.02 |
| 14 | 115 | 18 | 328 | 4.84 | 20.04 | 12.20 | 12841.34 | 8514.97 | 92000.45 | \$ 41,375,216.35 |
| 15 | 118 | 19 | 334 | 4.84 | 20.04 | 12.20 | 13100.81 | 8685.60 | 93854.25 | \$ 42,208,840.26 |
| 16 | 120 | 19 | 341 | 4.84 | 20.04 | 12.20 | 13365.66 | 8859.69 | 95746.01 | \$ 43,059,543.84 |
| 17 | 123 | 20 | 348 | 4.84 | 20.04 | 12.20 | 13635.99 | 9037.31 | 97676.55 | \$ 43,927,696.16 |
| 18 | 125 | 20 | 355 | 4.84 | 20.04 | 12.21 | 13911.93 | 9218.54 | 99646.71 | \$ 44,813,675.53 |
| 19 | 127 | 20 | 362 | 4.84 | 20.05 | 12.21 | 14193.62 | 9403.46 | 101657.36 | \$ 45,717,869.82 |
| 20 | 130 | 21 | 369 | 4.84 | 20.05 | 12.21 | 14481.17 | 9592.14 | 103709.37 | \$ 46,640,676.82 |
| 21 | 133 | 21 | 377 | 4.84 | 20.05 | 12.21 | 14774.72 | 9784.67 | 105803.64 | \$ 47,582,504.55 |
| 22 | 135 | 22 | 384 | 4.85 | 20.05 | 12.22 | 15074.42 | 9981.12 | 107941.10 | \$ 48,543,771.62 |
| 23 | 138 | 22 | 392 | 4.85 | 20.05 | 12.22 | 15380.40 | 10181.58 | 110122.70 | \$ 49,524,907.65 |
| 24 | 141 | 23 | 400 | 4.85 | 20.05 | 12.22 | 15692.80 | 10386.15 | 112349.41 | \$ 50,526,353.64 |
| 25 | 144 | 23 | 408 | 4.85 | 20.06 | 12.22 | 16011.79 | 10594.91 | 114622.24 | \$ 51,548,562.37 |
| 26 | 146 | 23 | 416 | 4.85 | 20.06 | 12.23 | 16337.51 | 10807.95 | 116942.21 | \$ 52,591,998.89 |
| 27 | 149 | 24 | 424 | 4.85 | 20.06 | 12.23 | 16670.12 | 11025.37 | 119310.38 | \$ 53,657,140.95 |
| 28 | 152 | 24 | 433 | 4.85 | 20.06 | 12.23 | 17009.79 | 11247.26 | 121727.82 | \$ 54,744,479.49 |
| 29 | 155 | 25 | 441 | 4.86 | 20.07 | 12.24 | 17356.69 | 11473.73 | 124195.65 | \$ 55,854,519.17 |
| 30 | 158 | 25 | 450 | 4.86 | 20.07 | 12.24 | 17711.00 | 11704.88 | 126715.02 | \$ 56,987,778.90 |

c) Costos por tiempo de recorrido, Valor del tiempo (VT), situación sin proyecto.

| ANEXO VI: c) Costos por tiempo de recorrido (VT), situación sin proyecto | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|----|----|----------------------------|------|------|----------------------|----|-----|------------------------------|-------|-------|------------------|
| Año (t) | Velocidad [km/h] | | | Tiempo de recorrido [h] | | | TPDA, composición | | | Valor del tiempo [\$/día] | | | VT [\$año] |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | TOTAL |
| 0 | 22 | 21 | 21 | 1.04 | 1.11 | 1.11 | 88 | 14 | 249 | 7517 | 11361 | 10331 | \$ 10,661,242.25 |
| 1 | 22 | 21 | 21 | 1.04 | 1.11 | 1.11 | 89 | 14 | 253 | 7687 | 11617 | 10562 | \$ 10,901,325.18 |
| 2 | 22 | 21 | 21 | 1.04 | 1.11 | 1.11 | 91 | 15 | 259 | 7861 | 11881 | 10799 | \$ 11,147,373.47 |
| 3 | 22 | 21 | 21 | 1.04 | 1.12 | 1.12 | 93 | 15 | 264 | 8039 | 12150 | 11042 | \$ 11,399,558.62 |
| 4 | 22 | 21 | 21 | 1.05 | 1.12 | 1.12 | 95 | 15 | 269 | 8222 | 12427 | 11291 | \$ 11,658,057.99 |
| 5 | 22 | 20 | 20 | 1.05 | 1.12 | 1.12 | 97 | 15 | 274 | 8410 | 12711 | 11546 | \$ 11,923,055.10 |
| 6 | 22 | 20 | 20 | 1.05 | 1.13 | 1.13 | 99 | 16 | 280 | 8602 | 13001 | 11807 | \$ 12,194,739.80 |
| 7 | 22 | 20 | 20 | 1.06 | 1.13 | 1.13 | 101 | 16 | 285 | 8799 | 13300 | 12075 | \$ 12,473,308.63 |
| 8 | 22 | 20 | 20 | 1.06 | 1.13 | 1.13 | 103 | 16 | 291 | 9001 | 13606 | 12350 | \$ 12,758,965.02 |
| 9 | 22 | 20 | 20 | 1.06 | 1.14 | 1.13 | 105 | 17 | 297 | 9208 | 13919 | 12631 | \$ 13,051,919.63 |
| 10 | 22 | 20 | 20 | 1.06 | 1.14 | 1.14 | 107 | 17 | 303 | 9421 | 14241 | 12920 | \$ 13,352,390.63 |
| 11 | 22 | 20 | 20 | 1.07 | 1.14 | 1.14 | 109 | 17 | 309 | 9639 | 14571 | 13216 | \$ 13,660,604.02 |
| 12 | 21 | 20 | 20 | 1.07 | 1.15 | 1.14 | 111 | 18 | 315 | 9862 | 14910 | 13520 | \$ 13,976,793.99 |
| 13 | 21 | 20 | 20 | 1.07 | 1.15 | 1.15 | 113 | 18 | 321 | 10092 | 15258 | 13832 | \$ 14,301,203.25 |
| 14 | 21 | 20 | 20 | 1.08 | 1.15 | 1.15 | 115 | 18 | 328 | 10328 | 15614 | 14151 | \$ 14,634,083.41 |
| 15 | 21 | 20 | 20 | 1.08 | 1.16 | 1.15 | 118 | 19 | 334 | 10569 | 15981 | 14479 | \$ 14,975,695.36 |
| 16 | 21 | 20 | 20 | 1.09 | 1.16 | 1.16 | 120 | 19 | 341 | 10818 | 16356 | 14816 | \$ 15,326,309.71 |
| 17 | 21 | 20 | 20 | 1.09 | 1.17 | 1.16 | 123 | 20 | 348 | 11072 | 16742 | 15161 | \$ 15,686,207.18 |
| 18 | 21 | 20 | 20 | 1.09 | 1.17 | 1.17 | 125 | 20 | 355 | 11334 | 17139 | 15515 | \$ 16,055,679.09 |
| 19 | 21 | 20 | 20 | 1.10 | 1.17 | 1.17 | 127 | 20 | 362 | 11603 | 17546 | 15879 | \$ 16,435,027.80 |
| 20 | 21 | 20 | 20 | 1.10 | 1.18 | 1.17 | 130 | 21 | 369 | 11879 | 17963 | 16253 | \$ 16,824,567.26 |
| 21 | 21 | 19 | 20 | 1.11 | 1.18 | 1.18 | 133 | 21 | 377 | 12162 | 18393 | 16636 | \$ 17,224,623.51 |
| 22 | 21 | 19 | 19 | 1.11 | 1.19 | 1.18 | 135 | 22 | 384 | 12453 | 18834 | 17030 | \$ 17,635,535.22 |
| 23 | 21 | 19 | 19 | 1.11 | 1.19 | 1.19 | 138 | 22 | 392 | 12752 | 19287 | 17434 | \$ 18,057,654.33 |
| 24 | 21 | 19 | 19 | 1.12 | 1.20 | 1.19 | 141 | 23 | 400 | 13059 | 19753 | 17849 | \$ 18,491,346.63 |
| 25 | 20 | 19 | 19 | 1.12 | 1.20 | 1.20 | 144 | 23 | 408 | 13375 | 20231 | 18276 | \$ 18,936,992.41 |
| 26 | 20 | 19 | 19 | 1.13 | 1.21 | 1.20 | 146 | 23 | 416 | 13700 | 20723 | 18714 | \$ 19,394,987.18 |
| 27 | 20 | 19 | 19 | 1.13 | 1.21 | 1.20 | 149 | 24 | 424 | 14034 | 21229 | 19164 | \$ 19,865,742.39 |
| 28 | 20 | 19 | 19 | 1.14 | 1.22 | 1.21 | 152 | 24 | 433 | 14377 | 21749 | 19627 | \$ 20,349,686.19 |
| 29 | 20 | 19 | 19 | 1.14 | 1.22 | 1.21 | 155 | 25 | 441 | 14730 | 22284 | 20103 | \$ 20,847,264.23 |
| 30 | 20 | 19 | 19 | 1.15 | 1.23 | 1.22 | 158 | 25 | 450 | 15092 | 22834 | 20592 | \$ 21,358,940.57 |

d) Costos por tiempo de recorrido, Valor del tiempo (VT), situación con proyecto.

| ANEXO VI: d) Costos por tiempo de recorrido (VT), situación con proyecto | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|----|----|----------------------------|------|------|----------------------|----|-----|------------------------------|-------|-------|------------------|
| Año (t) | Velocidad [km/h] | | | Tiempo de recorrido [h] | | | TPDA, composición | | | Valor del tiempo [\$/día] | | | VT [\$año] |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | TOTAL |
| 0 | 21 | 20 | 20 | 1.09 | 1.16 | 1.16 | 88 | 14 | 249 | 7889 | 11889 | 10811 | \$ 11,164,831.75 |
| 1 | 17 | 16 | 16 | 1.39 | 1.45 | 1.46 | 89 | 14 | 253 | 10260 | 15215 | 13830 | \$ 14,346,599.54 |
| 2 | 17 | 16 | 16 | 1.39 | 1.46 | 1.46 | 91 | 15 | 259 | 10485 | 15548 | 14130 | \$ 14,659,866.21 |
| 3 | 54 | 51 | 45 | 0.42 | 0.45 | 0.51 | 93 | 15 | 264 | 3266 | 4913 | 5012 | \$ 4,814,355.66 |
| 4 | 54 | 51 | 45 | 0.42 | 0.45 | 0.51 | 95 | 15 | 269 | 3339 | 5023 | 5122 | \$ 4,921,468.22 |
| 5 | 54 | 51 | 45 | 0.43 | 0.45 | 0.51 | 97 | 15 | 274 | 3414 | 5135 | 5235 | \$ 5,031,191.44 |
| 6 | 54 | 51 | 45 | 0.43 | 0.45 | 0.51 | 99 | 16 | 280 | 3491 | 5251 | 5350 | \$ 5,143,598.49 |
| 7 | 54 | 50 | 45 | 0.43 | 0.46 | 0.51 | 101 | 16 | 285 | 3570 | 5369 | 5468 | \$ 5,258,764.98 |
| 8 | 54 | 50 | 45 | 0.43 | 0.46 | 0.51 | 103 | 16 | 291 | 3651 | 5491 | 5589 | \$ 5,376,769.06 |
| 9 | 53 | 50 | 45 | 0.43 | 0.46 | 0.51 | 105 | 17 | 297 | 3734 | 5615 | 5713 | \$ 5,497,691.53 |
| 10 | 53 | 50 | 45 | 0.43 | 0.46 | 0.51 | 107 | 17 | 303 | 3818 | 5743 | 5840 | \$ 5,621,615.95 |
| 11 | 53 | 50 | 45 | 0.43 | 0.46 | 0.52 | 109 | 17 | 309 | 3906 | 5874 | 5970 | \$ 5,748,628.72 |
| 12 | 53 | 50 | 45 | 0.43 | 0.46 | 0.52 | 111 | 18 | 315 | 3995 | 6008 | 6104 | \$ 5,878,819.24 |
| 13 | 53 | 50 | 44 | 0.44 | 0.46 | 0.52 | 113 | 18 | 321 | 4086 | 6145 | 6240 | \$ 6,012,280.02 |
| 14 | 53 | 50 | 44 | 0.44 | 0.46 | 0.52 | 115 | 18 | 328 | 4180 | 6287 | 6380 | \$ 6,149,106.80 |
| 15 | 53 | 49 | 44 | 0.44 | 0.47 | 0.52 | 118 | 19 | 334 | 4277 | 6431 | 6523 | \$ 6,289,398.69 |
| 16 | 52 | 49 | 44 | 0.44 | 0.47 | 0.52 | 120 | 19 | 341 | 4375 | 6580 | 6670 | \$ 6,433,258.32 |
| 17 | 52 | 49 | 44 | 0.44 | 0.47 | 0.52 | 123 | 20 | 348 | 4477 | 6732 | 6821 | \$ 6,580,791.98 |
| 18 | 52 | 49 | 44 | 0.44 | 0.47 | 0.52 | 125 | 20 | 355 | 4581 | 6888 | 6975 | \$ 6,732,109.77 |
| 19 | 52 | 49 | 44 | 0.44 | 0.47 | 0.53 | 127 | 20 | 362 | 4687 | 7048 | 7134 | \$ 6,887,325.79 |
| 20 | 52 | 49 | 44 | 0.44 | 0.47 | 0.53 | 130 | 21 | 369 | 4797 | 7213 | 7296 | \$ 7,046,558.30 |
| 21 | 52 | 48 | 44 | 0.45 | 0.47 | 0.53 | 133 | 21 | 377 | 4909 | 7382 | 7462 | \$ 7,209,929.89 |
| 22 | 51 | 48 | 43 | 0.45 | 0.48 | 0.53 | 135 | 22 | 384 | 5025 | 7555 | 7633 | \$ 7,377,567.68 |
| 23 | 51 | 48 | 43 | 0.45 | 0.48 | 0.53 | 138 | 22 | 392 | 5143 | 7733 | 7808 | \$ 7,549,603.54 |
| 24 | 51 | 48 | 43 | 0.45 | 0.48 | 0.53 | 141 | 23 | 400 | 5265 | 7916 | 7987 | \$ 7,726,174.28 |
| 25 | 51 | 48 | 43 | 0.45 | 0.48 | 0.53 | 144 | 23 | 408 | 5390 | 8103 | 8171 | \$ 7,907,421.86 |
| 26 | 51 | 48 | 43 | 0.45 | 0.48 | 0.54 | 146 | 23 | 416 | 5518 | 8296 | 8360 | \$ 8,093,493.67 |
| 27 | 50 | 47 | 43 | 0.46 | 0.49 | 0.54 | 149 | 24 | 424 | 5650 | 8494 | 8554 | \$ 8,284,542.72 |
| 28 | 50 | 47 | 43 | 0.46 | 0.49 | 0.54 | 152 | 24 | 433 | 5785 | 8697 | 8753 | \$ 8,480,727.97 |
| 29 | 50 | 47 | 42 | 0.46 | 0.49 | 0.54 | 155 | 25 | 441 | 5924 | 8906 | 8957 | \$ 8,682,214.54 |
| 30 | 50 | 47 | 42 | 0.46 | 0.49 | 0.54 | 158 | 25 | 450 | 6067 | 9120 | 9166 | \$ 8,889,174.03 |

Anexo VII: Costo total por concepto de mantenimiento y conservación.

| Anexo VII: Costo por mantenimiento y conservación | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|------------|
| AÑO | SIN PROYECTO | | | CON PROYECTO | | | |
| | Conservación normal [\$] | Reconstrucción [\$] | TOTAL [\$] | Conservación normal [\$] | Periódica [\$] | Reconstrucción [\$] | TOTAL [\$] |
| 0 | 802,700 | - | 802,700 | - | - | - | - |
| 1 | 802,700 | | 802,700 | - | - | - | - |
| 2 | 802,700 | | 802,700 | - | - | - | - |
| 3 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 4 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 5 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 6 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 7 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | 6,555,000 ⁴¹ | - | 7,912,000 |
| 8 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 9 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 10 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 11 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 12 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | 35,650,000 ⁴² | - | 37,007,000 |
| 13 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 14 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 15 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 16 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 17 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | 6,555,000 | - | 7,912,000 |
| 18 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 19 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 20 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 21 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 22 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | 55,200,000 | 56,557,000 |
| 23 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 24 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 25 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 26 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 27 | 802,700 | 2,854,300 | 3,657,000 | 1,357,000 | 35,650,000 | - | 37,007,000 |
| 28 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 29 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |
| 30 | 802,700 | | 802,700 | 1,357,000 | - | - | 1,357,000 |

⁴¹ Nota: corresponde a conservación periódica por bacheo general y riego de sello.

⁴² Nota: corresponde a conservación periódica por sobrecarpeta.

Anexo VIII: Beneficios totales

a) Beneficios por ahorro de tiempo de viaje (VT) y COV.

| Anexo VIII: Beneficios por ahorro de tiempo de viaje y COV, CGV. | | | | | | | |
|--|--------------|--|--------------|------------------------|---------------------------------|--------------------|--|
| Costos por VT totales | | Beneficios por VT | | Costos por COV totales | | Beneficios por COV | |
| SIN PROYECTO | CON PROYECTO | B _{VT} = Ahorro total ⁴³ | SIN PROYECTO | CON PROYECTO | B _{COV} = Ahorro total | | |
| VT [\$/año] | VT [\$/año] | | COV [\$/año] | COV [\$/año] | | | |
| 10,661,242 | 11,164,832 | -\$ 503,589.50 | 53,209,484 | 54,105,930 | -\$ 896,446.56 | | |
| 10,901,325 | 14,346,600 | -\$ 3,445,274.36 | 54,273,973 | 59,825,583 | -\$ 5,551,609.75 | | |
| 11,147,373 | 14,659,866 | -\$ 3,512,492.74 | 55,407,544 | 61,057,698 | -\$ 5,650,153.83 | | |
| 11,399,559 | 4,814,356 | \$ 6,585,202.96 | 56,565,784 | 33,235,489 | \$ 23,330,294.65 | | |
| 11,658,058 | 4,921,468 | \$ 6,736,589.78 | 57,749,269 | 33,903,223 | \$ 23,846,046.77 | | |
| 11,923,055 | 5,031,191 | \$ 6,891,863.66 | 58,958,593 | 34,584,510 | \$ 24,374,082.76 | | |
| 12,194,740 | 5,143,598 | \$ 7,051,141.31 | 60,194,361 | 35,279,635 | \$ 24,914,725.87 | | |
| 12,473,309 | 5,258,765 | \$ 7,214,543.65 | 61,457,199 | 35,988,890 | \$ 25,468,308.73 | | |
| 12,758,965 | 5,376,769 | \$ 7,382,195.96 | 62,747,746 | 36,712,572 | \$ 26,035,173.68 | | |
| 13,051,920 | 5,497,692 | \$ 7,554,228.10 | 64,066,659 | 37,450,986 | \$ 26,615,673.03 | | |
| 13,352,391 | 5,621,616 | \$ 7,730,774.68 | 65,414,613 | 38,204,444 | \$ 27,210,169.40 | | |
| 13,660,604 | 5,748,629 | \$ 7,911,975.31 | 66,792,301 | 38,973,265 | \$ 27,819,036.02 | | |
| 13,976,794 | 5,878,819 | \$ 8,097,974.75 | 68,200,433 | 39,757,776 | \$ 28,442,657.04 | | |
| 14,301,203 | 6,012,280 | \$ 8,288,923.23 | 69,639,740 | 40,558,312 | \$ 29,081,427.88 | | |
| 14,634,083 | 6,149,107 | \$ 8,484,976.61 | 71,110,972 | 41,375,216 | \$ 29,735,755.58 | | |
| 14,975,695 | 6,289,399 | \$ 8,686,296.67 | 72,614,899 | 42,208,840 | \$ 30,406,059.13 | | |
| 15,326,310 | 6,433,258 | \$ 8,893,051.39 | 74,152,314 | 43,059,544 | \$ 31,092,769.84 | | |
| 15,686,207 | 6,580,792 | \$ 9,105,415.20 | 75,724,028 | 43,927,696 | \$ 31,796,331.70 | | |
| 16,055,679 | 6,732,110 | \$ 9,323,569.32 | 77,330,877 | 44,813,676 | \$ 32,517,201.78 | | |
| 16,435,028 | 6,887,326 | \$ 9,547,702.01 | 78,973,720 | 45,717,870 | \$ 33,255,850.60 | | |
| 16,824,567 | 7,046,558 | \$ 9,778,008.96 | 80,653,439 | 46,640,677 | \$ 34,012,762.53 | | |
| 17,224,624 | 7,209,930 | \$ 10,014,693.62 | 82,370,941 | 47,582,505 | \$ 34,788,436.21 | | |
| 17,635,535 | 7,377,568 | \$ 10,257,967.54 | 84,127,157 | 48,543,772 | \$ 35,583,384.95 | | |
| 18,057,654 | 7,549,604 | \$ 10,508,050.79 | 85,923,045 | 49,524,908 | \$ 36,398,137.17 | | |
| 18,491,347 | 7,726,174 | \$ 10,765,172.35 | 87,759,590 | 50,526,354 | \$ 37,233,236.82 | | |
| 18,936,992 | 7,907,422 | \$ 11,029,570.55 | 89,637,806 | 51,548,562 | \$ 38,089,243.84 | | |
| 19,394,987 | 8,093,494 | \$ 11,301,493.52 | 91,558,734 | 52,591,999 | \$ 38,966,734.62 | | |
| 19,865,742 | 8,284,543 | \$ 11,581,199.67 | 93,523,443 | 53,657,141 | \$ 39,866,302.42 | | |
| 20,349,686 | 8,480,728 | \$ 11,868,958.22 | 95,533,037 | 54,744,479 | \$ 40,788,557.91 | | |
| 20,847,264 | 8,682,215 | \$ 12,165,049.69 | 97,588,649 | 55,854,519 | \$ 41,734,129.59 | | |
| 21,358,941 | 8,889,174 | \$ 12,469,766.54 | 99,691,443 | 56,987,779 | \$ 42,703,664.30 | | |

⁴³ Nota: los valores en rojo corresponden a los costos CGV (COV y VT) generados durante la etapa de ejecución de la obra, es decir a los costos por molestia.

b) Beneficios por ahorro de costos de mantenimiento y conservación, etapa de ejecución:

| Anexo VIII b) Beneficios por Mantenimiento y conservación | | | |
|---|--------------------------------|--------------|------------------------------|
| Año (t) | Costos por Mantto totales | | Beneficios por Mantto |
| | Mantto y Conservación [\$/año] | | B _M =Ahorro total |
| | SIN PROYECTO | CON PROYECTO | |
| 0 | - | - | - |
| 1 | - | - | - |
| 2 | - | - | - |
| 3 | 3,657,000 | 1,357,000 | \$ 2,300,000.00 |
| 4 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 5 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 6 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 7 | 3,657,000 | 7,912,000 | -\$ 4,255,000.00 |
| 8 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 9 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 10 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 11 | 3,657,000 | 1,357,000 | \$ 2,300,000.00 |
| 12 | 802,700 | 37,007,000 | -\$ 36,204,300.00 |
| 13 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 14 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 15 | 3,657,000 | 1,357,000 | \$ 2,300,000.00 |
| 16 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 17 | 802,700 | 7,912,000 | -\$ 7,109,300.00 |
| 18 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 19 | 3,657,000 | 1,357,000 | \$ 2,300,000.00 |
| 20 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 21 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 22 | 802,700 | 56,557,000 | -\$ 55,754,300.00 |
| 23 | 3,657,000 | 1,357,000 | \$ 2,300,000.00 |
| 24 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 25 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 26 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 27 | 3,657,000 | 37,007,000 | -\$ 33,350,000.00 |
| 28 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 29 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |
| 30 | 802,700 | 1,357,000 | -\$ 554,300.00 |

c) Beneficios totales B_T :

$$B_T = B_{COV} + B_{VT} + B_M$$

| Anexo VIII c) Beneficios totales. | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| Año (t) | BCOV | BVT | BM | Beneficios totales BT |
| 0 | Etapa de ejecución del proyecto | | | Costos por molestia |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | \$ 6,585,202.96 | \$ 23,330,294.65 | \$ 2,300,000.00 | \$ 32,215,497.62 |
| 4 | \$ 6,736,589.78 | \$ 23,846,046.77 | -\$ 554,300.00 | \$ 30,028,336.54 |
| 5 | \$ 6,891,863.66 | \$ 24,374,082.76 | -\$ 554,300.00 | \$ 30,711,646.42 |
| 6 | \$ 7,051,141.31 | \$ 24,914,725.87 | -\$ 554,300.00 | \$ 31,411,567.18 |
| 7 | \$ 7,214,543.65 | \$ 25,468,308.73 | -\$ 4,255,000.00 | \$ 28,427,852.38 |
| 8 | \$ 7,382,195.96 | \$ 26,035,173.68 | -\$ 554,300.00 | \$ 32,863,069.64 |
| 9 | \$ 7,554,228.10 | \$ 26,615,673.03 | -\$ 554,300.00 | \$ 33,615,601.13 |
| 10 | \$ 7,730,774.68 | \$ 27,210,169.40 | -\$ 554,300.00 | \$ 34,386,644.09 |
| 11 | \$ 7,911,975.31 | \$ 27,819,036.02 | \$ 2,300,000.00 | \$ 38,031,011.33 |
| 12 | \$ 8,097,974.75 | \$ 28,442,657.04 | -\$ 36,204,300.00 | \$ 336,331.79 |
| 13 | \$ 8,288,923.23 | \$ 29,081,427.88 | -\$ 554,300.00 | \$ 36,816,051.11 |
| 14 | \$ 8,484,976.61 | \$ 29,735,755.58 | -\$ 554,300.00 | \$ 37,666,432.19 |
| 15 | \$ 8,686,296.67 | \$ 30,406,059.13 | \$ 2,300,000.00 | \$ 41,392,355.80 |
| 16 | \$ 8,893,051.39 | \$ 31,092,769.84 | -\$ 554,300.00 | \$ 39,431,521.22 |
| 17 | \$ 9,105,415.20 | \$ 31,796,331.70 | -\$ 7,109,300.00 | \$ 33,792,446.90 |
| 18 | \$ 9,323,569.32 | \$ 32,517,201.78 | -\$ 554,300.00 | \$ 41,286,471.09 |
| 19 | \$ 9,547,702.01 | \$ 33,255,850.60 | \$ 2,300,000.00 | \$ 45,103,552.60 |
| 20 | \$ 9,778,008.96 | \$ 34,012,762.53 | -\$ 554,300.00 | \$ 43,236,471.49 |
| 21 | \$ 10,014,693.62 | \$ 34,788,436.21 | -\$ 554,300.00 | \$ 44,248,829.83 |
| 22 | \$ 10,257,967.54 | \$ 35,583,384.95 | -\$ 55,754,300.00 | -\$ 9,912,947.51 |
| 23 | \$ 10,508,050.79 | \$ 36,398,137.17 | \$ 2,300,000.00 | \$ 49,206,187.96 |
| 24 | \$ 10,765,172.35 | \$ 37,233,236.82 | -\$ 554,300.00 | \$ 47,444,109.17 |
| 25 | \$ 11,029,570.55 | \$ 38,089,243.84 | -\$ 554,300.00 | \$ 48,564,514.39 |
| 26 | \$ 11,301,493.52 | \$ 38,966,734.62 | -\$ 554,300.00 | \$ 49,713,928.14 |
| 27 | \$ 11,581,199.67 | \$ 39,866,302.42 | -\$ 33,350,000.00 | \$ 18,097,502.09 |
| 28 | \$ 11,868,958.22 | \$ 40,788,557.91 | -\$ 554,300.00 | \$ 52,103,216.13 |
| 29 | \$ 12,165,049.69 | \$ 41,734,129.59 | -\$ 554,300.00 | \$ 53,344,879.28 |
| 30 | \$ 12,469,766.54 | \$ 42,703,664.30 | -\$ 554,300.00 | \$ 54,619,130.84 |

Evaluación socioeconómica de carreteras

Anexo IX: Cálculo de indicadores de rentabilidad.

| Anexo IX: Cálculo de indicadores de rentabilidad | | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| Año (t) | Costo por Inversión | Costos por Molestia | Ahorros o beneficios totales | FEN=BT-CT | VPN | TIR |
| 0 | \$ 9,482,758.62 | \$1,400,036.06 | | -\$10,882,794.68 | -\$ 10,882,794.68 | #¡NUM! |
| 1 | \$ 50,590,517.24 | \$8,996,884.11 | | -\$59,587,401.35 | -\$ 65,053,159.54 | #¡NUM! |
| 2 | \$ 50,590,517.24 | \$9,162,646.58 | | -\$59,753,163.82 | -\$ 114,435,939.56 | #¡NUM! |
| 3 | | | \$ 32,215,497.62 | \$ 32,215,497.62 | -\$ 90,231,959.38 | #¡NUM! |
| 4 | | | \$ 30,028,336.54 | \$ 30,028,336.54 | -\$ 69,722,201.48 | -29.84% |
| 5 | | | \$ 30,711,646.42 | \$ 30,711,646.42 | -\$ 50,652,685.35 | -12.05% |
| 6 | | | \$ 31,411,567.18 | \$ 31,411,567.18 | -\$ 32,921,674.58 | -1.46% |
| 7 | | | \$ 28,427,852.38 | \$ 28,427,852.38 | -\$ 18,333,691.35 | 4.61% |
| 8 | | | \$ 32,863,069.64 | \$ 32,863,069.64 | -\$ 3,002,826.83 | 9.25% |
| 9 | | | \$ 33,615,601.13 | \$ 33,615,601.13 | \$ 11,253,469.55 | 12.44% |
| 10 | | | \$ 34,386,644.09 | \$ 34,386,644.09 | \$ 24,511,009.43 | 14.72% |
| 11 | | | \$ 38,031,011.33 | \$ 38,031,011.33 | \$ 37,840,646.89 | 16.50% |
| 12 | | | \$ 336,331.79 | \$ 336,331.79 | \$ 37,947,812.56 | 16.51% |
| 13 | | | \$ 36,816,051.11 | \$ 36,816,051.11 | \$ 48,612,111.17 | 17.58% |
| 14 | | | \$ 37,666,432.19 | \$ 37,666,432.19 | \$ 58,530,860.00 | 18.40% |
| 15 | | | \$ 41,392,355.80 | \$ 41,392,355.80 | \$ 68,439,860.89 | 19.07% |
| 16 | | | \$ 39,431,521.22 | \$ 39,431,521.22 | \$ 77,021,308.78 | 19.56% |
| 17 | | | \$ 33,792,446.90 | \$ 33,792,446.90 | \$ 83,706,964.24 | 19.89% |
| 18 | | | \$ 41,286,471.09 | \$ 41,286,471.09 | \$ 91,132,698.97 | 20.20% |
| 19 | | | \$ 45,103,552.60 | \$ 45,103,552.60 | \$ 98,507,490.24 | 20.47% |
| 20 | | | \$ 43,236,471.49 | \$ 43,236,471.49 | \$ 104,934,316.22 | 20.67% |
| 21 | | | \$ 44,248,829.83 | \$ 44,248,829.83 | \$ 110,913,685.86 | 20.84% |
| 22 | | | -\$ 9,912,947.51 | -\$ 9,912,947.51 | \$ 109,695,920.18 | 20.81% |
| 23 | | | \$ 49,206,187.96 | \$ 49,206,187.96 | \$ 115,191,176.60 | 20.93% |
| 24 | | | \$ 47,444,109.17 | \$ 47,444,109.17 | \$ 120,007,968.15 | 21.02% |
| 25 | | | \$ 48,564,514.39 | \$ 48,564,514.39 | \$ 124,490,278.49 | 21.10% |
| 26 | | | \$ 49,713,928.14 | \$ 49,713,928.14 | \$ 128,661,548.14 | 21.17% |
| 27 | | | \$ 18,097,502.09 | \$ 18,097,502.09 | \$ 130,041,983.69 | 21.18% |
| 28 | | | \$ 52,103,216.13 | \$ 52,103,216.13 | \$ 133,654,995.22 | 21.23% |
| 29 | | | \$ 53,344,879.28 | \$ 53,344,879.28 | \$ 137,017,824.86 | 21.27% |
| 30 | | | \$ 54,619,130.84 | \$ 54,619,130.84 | \$140,147,968.23 | 21.30% |
| | | | | | VPN [S]= | 140,147,968.23 |
| | | | | | TIR= | 21.30% |
| | | | | | TRI= | 27.37% |

Glosario

ACBS: Análisis Costo Beneficio Simplificado, corresponde a una evaluación a nivel de perfil para PPI con un monto total de inversión superior a los 50 millones y hasta los 500 millones de pesos. Éste considera los costos y beneficios directos e indirectos generados por el proyecto o programa a la sociedad.

Acotamientos: Franja pavimentada o no a lo largo del borde de los carriles de circulación del camino. Pueden ser interiores o exteriores y sus dimensiones varían de acuerdo a las especificaciones de la sección tipo seleccionada.

Activos: se pueden definir como las cosas de valor o el valor que tiene una empresa o dependencia, el cual puede ser medido, representado y convertido en dinero o liquidez. En el caso de los caminos, se refiere a activos fijos, ya que estos bienes pueden estar referidos a *prestar un servicio* o producir una mercancía o producto.

Alineamiento vertical: Proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona del camino al cual se le llama línea subrasante.

Alineamiento horizontal: es la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal y está compuesto por rectas y curvas horizontales.

Análisis ex – ante: Análisis que se realiza en la etapa de planeación de un proyecto, correspondiente a su evaluación socioeconómica.

Ancho de corona: se refiere al ancho del cuerpo del terraplén, es decir, al ancho de calzada recorrido por los vehículos incluyendo acotamientos.

Asequible: en el texto se refiere a que es económicamente alcanzable para los usuarios.

Calzada o ancho de calzada: corresponde al ancho formado por el/los carriles del camino, sin considerar acotamientos.

Camino Alimentador: funcionan como tributarias de las troncales y a su vez éstas tienen ramales en toda la región a la que dan servicio. Carreteras con ancho de sección mayor o iguales a 6 metros y con un TDPA entre los 500 y 600 vehículos.

Camino Rural: corresponde a una clasificación del camino de acuerdo a su importancia. Son ramales con acceso a las troncales y alimentadores que sirven a pequeñas regiones, generalmente para explotar o manejar recursos de las zonas rurales no desarrolladas. Llegan a un lugar y ahí se entroncan. Caminos con ancho de sección menores a los 6 metros y con poco tránsito, definidas para un TDPA presente menor a los 400 vehículos.

Cartera: padrón donde se registran los PPI que cumplen con lo establecido en los artículos 34 y 46 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

Capacidad: el término de capacidad en carreteras se expresa por el número de vehículos que pasan en una hora en un punto dado, varía con los cambios en la geometría de camino, como cambios en el ancho de sección o corona, pendientes, enlaces, zonas de entrecruzamiento, intersecciones, restricciones en la distancia y de la velocidad.

CGV: Costos Generalizados de Viaje que el usuario tiene que pagar por transitar en el camino, están íntimamente relacionados con el estado superficial del camino, integrados por los Costos de Operación Vehicular (COV) y por valor del tiempo.

Corredor carretero: se refiere a una ruta terrestre que conecta poblados o ciudades, las cuales se caracterizan por tener un alto tránsito vehicular.

Derecho de vía: Franja del terreno sobre la cual se construyen obras como caminos, vías de ferrocarril o líneas de energía eléctrica. En el marco legal, se refiere al permiso que otorga el derecho de paso sobre el terreno de otra persona.

E.C: Entronque Carretero, en donde se encuentran o empalman los caminos.

Modernización: trabajo a ejecutar sobre un camino alimentador o rural existente, para ampliar su sección y aumentar su capacidad de acuerdo a las especificaciones de la demanda presente, para lograr esto, principalmente se modifican sus características geométricas.

Número de registro: es el nombre o número con el cual se le da registro al proyecto en cartera, consta de 11 números, los 2 primeros corresponden al año de registro, los 2 siguientes al ramo, los 3 posteriores al Centro SCT y los últimos 4 al año del proyecto.

Ondulaciones: depresiones formadas por la acción del paso de cargas en suelos formados de agregados, como resultado de la falta de cohesión superficial.

PPI: Programa y Proyecto de Inversión, conjunto de obras y acciones que llevan a cabo las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal para la construcción, ampliación, modificación, mantenimiento o conservación de los activos fijos, que tienen por objeto solucionar una problemática o atender alguna necesidad, en beneficio de la sociedad.

Sección tipo: corresponde a la clasificación técnica del camino a partir del ancho de sección o corona, número de carriles, acotamientos, etc. que éste tenga.

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual.

Terracería: etapa constructiva del camino, en la cual se ha construido la sección del proyecto hasta su nivel de subrasante; que comprende las actividades de desmonte, despalme, cortes y terraplén. Cabe destacar que un camino a nivel de terracería es transitable en época de secas, ya que en tiempo de lluvias se vuelve intransitable para los usuarios debido a la formación de baches que pueden llegar a ser imperceptibles para los conductores y ser la causa de accidentes entre otros daños.

Vida útil: es el tiempo razonable que se espera que una obra funcione en condiciones óptimas para los propósitos que fue diseñada, es decir, sin tener costos elevados de operación y mantenimiento que hagan antieconómico su uso.

Volumen de demanda: Número de vehículos ligeros por hora, se refiere al TDPA presentado en camino, es el volumen que vehículos que demanda por un camino en buen estado.

Bibliografía:

Diario Oficial. Sección Segunda, Poder Ejecutivo, Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión.

Rodrigo S. Archondo Callao, The World Bank
Unpaved Roads Roughness Estimation by Subjective Evaluation, Infrastructure Notes,
October 1999

Raúl Salas Rico
Evaluación histórica de los caminos rurales y alimentadores en México
Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.
México, 2011.

Instituto Mexicano del Transporte
**Publicación Técnica N°147: Criterios que Intervienen en la Metodología de Evaluación Económica de Rehabilitación de Caminos Rurales.*
Sanfandila, Qro., 2000

Instituto Mexicano del Transporte
**Publicación Técnica N°108: Índice Internacional de Rugosidad en la red carretera de México*
Sanfandila, Qro., 1998

Instituto Mexicano del Transporte
**Publicación Técnica N°407: Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014*
José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas

Instituto Mexicano del Transporte
** Publicación Técnica N°30: Estado superficial y costos de operación en carreteras*
R. Aguerrebere, F. Cepeda
1991.

Banco Mundial
Boletín Notas 158, Artículo 1: Valor del tiempo
Enero – febrero 2016

Revista Vías Terrestres
Artículo: “*Programas de Evaluación de Pavimentos y de Seguridad Vial*”
pág. 12. #39
Año 7 Enero-Febrero 2016.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Manual de proyecto geométrico de carreteras
Cuarta reimpresión, México
1991

Diario Oficial de la Federación

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Nueva Ley publicada el 28 de enero de 1988 TEXTO VIGENTE Última reforma publicada DOF 13-05-2016

Diario Oficial de la Federación

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Nuevo Reglamento publicado 30 de mayo de 2000 TEXTO VIGENTE Última reforma publicada DOF 31-10-2014

Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Portal Aplicativo

Evaluación Socioeconómica: ACBS del proyecto Modernización a nivel de Pavimento de la Carretera E.C. (Mitla - Entr. Tehuantepec II) - Santiago Quiavicuzas del km 0+000 al km 23+000

****Fuentes electrónicas consultadas:**

Grupo Permanente de Trabajo del Programa de Empleo Temporal

Acuerdo GPT-001-2016 , CIPET

<http://www.cipet.gob.mx/> (consultada 23 Mayo 2016)

Indicadores de marginación:

<http://www.snim.rami.gob.mx/> (consultada 23 Mayo 2016)

Actividades productivas por municipio:

<http://www.snim.rami.gob.mx/> (consultada 23 Mayo 2016)

Estimaciones del CONAPO con base en INEGI:

http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio (consultada 20 Junio 2016)

Consulta de Factibilidad del proyecto:

<http://tramites.semarnat.gob.mx/index.php/consulta-tu-tramite> (consultada 4 Agosto 2016).