



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

## **TESINA**

**“MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA IZÚCAR DE MATAMOROS-ACATLÁN  
DE OSORIO KM. 81+000 AL KM. 85+000, DE TIPO “C” A TIPO “A2”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA OPCIÓN TERMINAL EN CONSTRUCCIÓN**

PRESENTA

**ING. CARLOS ALBERTO GALINDO AQUINO**

DIRECTOR:

**M.I. JORGE ANTONIO CARAZA ISLAS**

CO-DIRECTOR:

**M.I. JULIETA DOMÍNGUEZ LÓPEZ**

PUEBLA, PUE.

FEBRERO 2019



**BUAP**

**Oficio No. 2914/2018**

**C. Carlos Alberto Galindo Aquino**  
Pasante de la Maestría en Ingeniería  
con opción terminal en Construcción  
Facultad de Ingeniería, BUAP.  
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesina, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Modernización de la carretera Izúcar de Matamoros-Acatlán de Osorio Km. 81+000 al km. 85+000, de tipo "C" a tipo "A2"**. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Asignándose como Director al M.I. Jorge Antonio Caraza Islas y Co-Director a la M.I. Julieta Domínguez López.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Zaragoza, septiembre 17 de 2018

**M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
Director

C.c.p. M.I. Jorge Antonio Caraza Islas y M.I. Julieta Domínguez López. Director y Co-Dir. del Tema de Tesina

C.c.p. Archivo

ABHWVL/sco\*

Facultad  
de Ingeniería

Bldv. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING - 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

**Mtro. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
Director de la facultad de ingeniería, BUAP.  
Presente

Por este medio del presente informo a usted, en atención a su oficio No. 2914/2018, en el que fui asignado como director de la tesina denominada: **MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA IZÚCAR DE MATAMOROS-ACATLÁN DE OSORIO KM. 81+000 AL KM. 85+000, DE TIPO "C" A TIPO "A2**, elaborada por el **ING. CARLOS ALBERTO GALINDO AQUINO**, requisito necesario para su titulación y obtener el Grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción; esta ha sido debidamente revisada por el abajo firmante, y las correcciones sugeridas ya fueron realizadas, por lo anterior, le manifiesto que no existe inconveniente alguno para autorizar la impresión de la misma.

Agradeciendo su atención, quedo de usted.

Atentamente

H. Puebla de Zaragoza, octubre 11 de 2018



**M.I. Jorge Antonio Caraza Islas**  
Director de Tesina

C.c.p. Mesa de Exámenes Profesionales

C.c.p. Interesado

**M.I Fernando Daniel Lazcano Hernández.**  
**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, B.U.A.P.**  
**P R E S E N T E**

El que suscribe **M.I Julieta Domínguez López**, Co-Director del Tema de Tesina denominada: **“MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA IZÚCAR DE MATAMOROS-ACATLÁN DE OSORIO KM. 81+000 AL KM. 85+000, DE TIPO “C” A TIPO “A2”** presentado por el **ING. CARLOS ALBERTO GALINDO AQUINO**, pasante de la **Maestría en Ingeniería con Opción Terminal en Ingeniería en Construcción** y en relación al oficio de autorización de tema de tesina N° 2914/2018, de fecha 17 de Septiembre de 2018, me permito informar a usted que después de haber revisado la tesina correspondiente, no existe inconveniente alguno en **autorizar la impresión** de la misma.

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

**A T E N T A M E N T E**

**PUEBLA, PUE. A 30 DE ENERO DE 2019**



**M. I. Julieta Domínguez López.**

**Co-Director.**

c.c.p. Mesa de exámenes  
c.c.p. Interesado  
c.c.p. Archivo

# ÍNDICE

RESUMEN.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	viii
<b><u>CAPITULO I. ANTECEDENTES.....</u></b>	<b>10</b>
<b><u>CAPITULO II. LA MODERNIZACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO DENTRO DE LA PLANEACIÓN NACIONAL 2013-2018.....</u></b>	<b>15</b>
II.1 Instrumentos de planeación nacional para la modernización de la infraestructura carretera.....	15
II.2 Necesidades de modernización de la red carretera en México.....	19
<b><u>CAPITULO III. ELEMENTOS PRINCIPALES EN LA MODERNIZACIÓN DE CARRETERAS.....</u></b>	<b>22</b>
III.1 Desarrollo de estrategias y sistema de gestión.....	22
III.2 Seguridad de la red.....	25
III.3 Impacto ambiental.....	28
➤ III.3.1 Impacto ambiental en tramo de estudio.....	29
➤ III.3.2 Mitigación de impacto ambiental en tramo de estudio.....	33
• III.3.2.1 Mitigación de impactos a la flora.....	35
• III.3.2.2 Mitigación de impactos a la fauna.....	36
• III.3.2.3 Mitigación de impactos al agua.....	37
• III.3.2.4 Mitigación de impactos del suelo.....	38
• III.3.2.5 Mitigación del impacto al aire.....	39
III.4 Economía.....	40
➤ III.4.1 Análisis costo beneficio del proyecto.....	42
III.5 Cambios geométricos respecto al tipo de carretera.....	47
➤ III.5.1 Clasificación de las carreteras en México.....	48
➤ III.5.2 Velocidad del proyecto.....	51
➤ III.5.3 Sección transversal.....	52
➤ III.5.4 Alineamiento horizontal.....	54
➤ III.5.5 Alineamiento vertical.....	56

➤ III.5.6 Visibilidad de parada.....	58
➤ III.5.7 Resumen de elementos geométricos para diferentes tipos de carreteras.....	58

**CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA IZÚCAR DE MATAMOROS- ACATLÁN DE OSORIO, TRANSICIÓN DE TIPO “C” A TIPO “A2” DEL KM. 81+000 AL KM. 85+000.**.....60

<b>IV.1 Referencias históricas del tramo.....</b>	<b>60</b>
<b>IV.2 Naturaleza del proyecto .....</b>	<b>63</b>
➤ IV.2.1 Situación inicial del tramo.....	64
<b>IV.3 Ubicación del proyecto .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.4 Parámetros de operación.....</b>	<b>68</b>
<b>IV.5 Desarrollo de los trabajos de modernización del tramo.....</b>	<b>69</b>
➤ IV.5.1 Preparación del sitio.....	69
➤ IV.5.2 Construcción de terracerías.....	72
• IV.5.2.1 Construcción de la capa subyacente.....	73
• IV.5.2.2 Construcción de la capa subrasante.....	74
• IV.5.2.3 Cambios en la proyección geométrica del tramo.....	77
➤ IV.5.3 Construcción de obras de drenaje.....	90
➤ IV.5.4 Estructura del pavimento.....	93
• IV.5.4.1 Construcción de la capa de base hidráulica.....	93
• IV.5.4.2 Construcción de la base asfáltica.....	98
• IV.5.4.3 Construcción de la carpeta asfáltica .....	102
• IV.5.4.4 Señalamiento horizontal y vertical.....	105

**CAPITULO V. RESULTADO DE LOS IMPACTOS PRODUCIDOS Y SU VINCULACION CON EL PLAN DE DESARROLLO NACIONAL.**.....106

<b>V.1 Resultados de los impactos producidos por la modernización del tramo.....</b>	<b>106</b>
<b>V.2 Beneficios del proyecto vinculados con las planes de desarrollo.....</b>	<b>109</b>
<b>V.3 Importancia del mantenimiento.....</b>	<b>111</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>115</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis del impacto que genera la modernización de carreteras en México, partiendo de la descripción de la Red Carretera Nacional y la importancia que los planes de desarrollo del gobierno le dan a estas actividades.

En el tercer capítulo se destacan los elementos más importantes que conforman la modernización de las carreteras, desde su planeación, evaluación, desarrollo y construcción.

Para ejemplificar el proceso de modernizar de una tramo carretero en el cuarto capítulo se desarrolla el proceso de modernización de la carretera Izúcar de Matamoros-Acatlán De Osorio del km. 81+000 al km. 85+000, de tipo "C" a tipo "A2", en donde se destacan los cambios más importantes que sufre el tramo, desde el afine de curvas, el aumento del ancho de corona y todos los trabajos que son parte de este proceso.

Al final del análisis se determina que con la modernización del tramo se logrará una serie de impactos dentro de los que se destacan la reducción de costos de operación y los tiempos de recorridos, la seguridad en el traslado de los usuarios, además de ser un detonante para el desarrollo socioeconómico de la región. Evidentemente existen impactos no necesariamente benéficos, aunque fueron mínimos también son descritos al final del trabajo.

## INTRODUCCIÓN

Muchos países están dándole gran prioridad a la modernización de su infraestructura carretera, en la idea de lograr una mayor participación en la economía global. Para que México sea un país más competitivo, productivo y próspero es necesario contar con una infraestructura de comunicaciones y transportes de calidad, alineada a las nuevas necesidades de seguridad, movilidad y de carga.

La Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) a través de su Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México, establece que debido a diversos factores como el tipo de vehículos y su peso, el incremento del tráfico y de las velocidades de circulación, los fenómenos meteorológicos y la calidad de los materiales, la infraestructura carretera se ve en algunos casos subdimensionada y no son capaces de dar el servicio que sus usuarios demandan. Si bien es cierto que a muchos tramos carreteros se les brinda mantenimientos superficiales y/o rutinarios; para adaptarse a estas nuevas necesidades de los usuarios, muchas de las carreteras de nuestro país requieren de una evolución más grande, que tome en cuenta factores como la modificación de su alineamiento y la amplitud de sus dimensiones, que permitan acrecentar sus niveles de servicio.

Debido a esto, la modernización de la red carretera es una prioridad de los gobiernos y se encuentran establecidos desde sus planes de desarrollo donde se centran los lineamientos a seguir para un desarrollo adecuado. Sin embargo de manera general una modernización completa requiere de diversas actividades e implica inversiones iniciales mayores a las de un mantenimiento superficial, elemento importante a considerar siempre que se requiere una optimización de los recursos.

Para la realización de la modernización de carreteras (GONZALO ORDEN, 2004) determina que será indispensable primeramente la realización de un plan de gestión en donde se determine la viabilidad de la aplicación de los recursos, un

análisis técnico que permita desarrollar los mejores proyectos acorde a las particulares necesidades de cada tramo carretero, una correcta ejecución de los trabajos aprobados, vigilado en todo momento los estándares de calidad y un monitoreo constante para la evaluación de su desempeño.

Al ser la modernización de carreteras una prioridad para los gobiernos actuales es importante conocer y analizar en que consiste realmente y si es un detonante de cambios benéficos para el país; además es importante determinar si la ejecución de dichos trabajos tienen un desarrollo integral y se toman en cuenta todos los elementos técnicos, económicos, sociales y ambientales, y el seguimiento a los lineamientos de los planes de desarrollo ya establecidos en cada gobierno.

El análisis se centra en la modernización de la carretera Izúcar de Matamoros – Huajuapán de León, tramo: Izúcar de Matamoros –Acatlán de Osorio del km. 81+000 al 85+000, la cual consiste en ampliar la sección transversal de una carretera tipo “C” de 7.0 metros a una tipo “A2” de 12 metros, para alojar 2 carriles de circulación (1 por sentido) de 3.5 metros de ancho cada uno y acotamientos laterales de 2.5 metros cada uno.

El trabajo tiene como objetivo central identificar los cambios técnicos que se desarrollan al modernizar el tramo estudiado y analizar los efectos sociales, económicos y ambientales que produce; además de verificar si dichos efectos van acorde con el plan de desarrollo vigente durante su construcción.

La metodología consistirá en examinar todos los componentes del proyecto en cuestión; realizar investigaciones en diversos libros, manuales, revistas, reglamentos, páginas web y documentos gubernamentales; se le dio seguimiento al proceso constructivo de la obra y al estudio de la región geográfica impactada para establecer criterios de opinión, además del acercamiento a las dependencias públicas y empresas involucradas.

La Red de Carreteras necesita adaptarse a las nuevas necesidades impuestas por los usuarios que exigen mayor capacidad, mejor trazado y mayor seguridad, un

tema de atención prioritaria por parte de los gobiernos, principalmente por tres tipos de razones: humanitarias, de salud pública y económica<sup>1</sup>. El reto consiste en lograrlo de una manera eficiente, técnica y económicamente aceptable, logrando que los recursos sean aprovechados al máximo y lograr el bienestar de un país al que le esperan grandes cosas de desarrollo y retos por vencer.

.

---

<sup>1</sup> (Mendoza Díaz Alberto, 2003)

## CAPITULO I. ANTECEDENTES

La Red Carretera Nacional se ha desarrollado de manera gradual a lo largo de varias décadas, comunica a la mayoría de las regiones y comunidades del país a través de caminos de todos tipos. Por su importancia y características, la Red Carretera mexicana se clasifica en: red federal, redes estatales, caminos rurales y brechas mejoradas.<sup>2</sup>

La red federal de carreteras es atendida en su totalidad por el gobierno federal. Registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más importantes de la economía nacional.

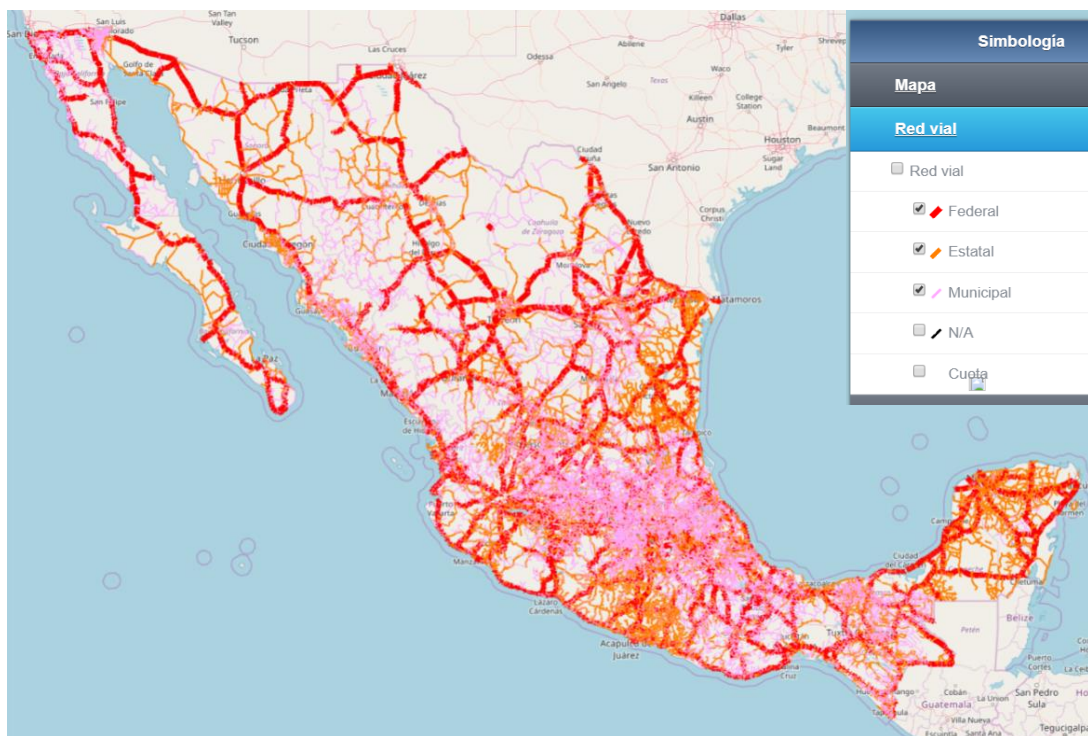


Fig. I.1 RED NACIONAL CARRETERA  
FUENTE: Modificado de (IMT, 2018)

<sup>2</sup> (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

Las redes estatales cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para enlazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país.

Los caminos rurales y las brechas mejoradas son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico, pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas permitiendo considerables efectos en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

La Red Carretera Nacional tiene una longitud total de 393,473 kilómetros, de los cuales 164,459 kilómetros corresponden a carreteras pavimentadas (15,637 kilómetros de cuatro o más carriles y 148,822 kilómetros de dos carriles); 148,848 kilómetros a caminos revestidos; 10,704 kilómetros de terracería y 69,462 kilómetros de brechas mejoradas.<sup>3</sup> (Fig. I.2)

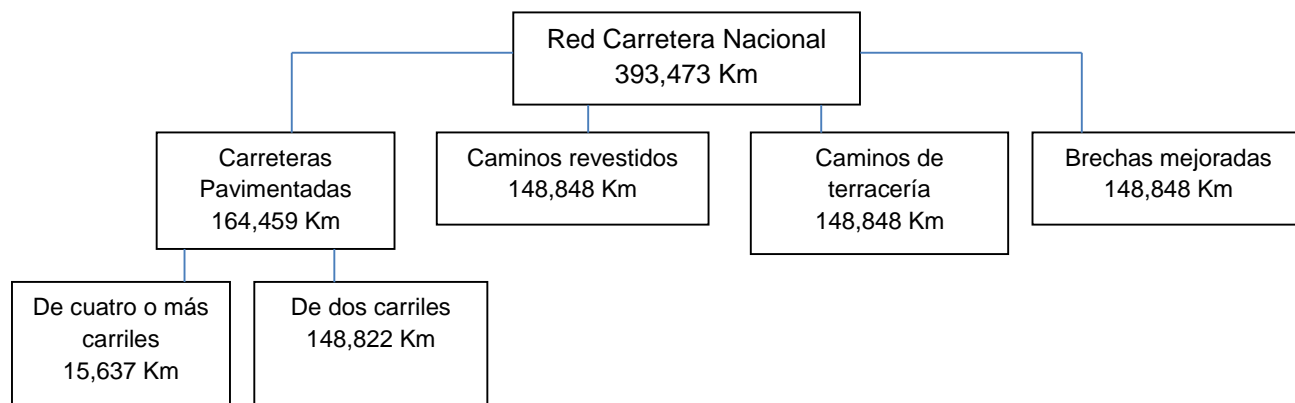


Fig. I.2 FUENTE: Elaboración propia con datos de (SCT S. D., Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2016, 2016)

<sup>3</sup> (SCT S. D., Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2016, 2016)

En México la Red Carretera Nacional constituye el eje central del sistema de transporte, ya que por vía terrestre, particularmente por las carreteras se desplaza el 55% del total de la carga y el 98% de los pasajeros que se trasladan a lo largo y ancho del país.<sup>4</sup>

Del total de red carretera actual, destacan los 15 corredores carreteros, entre los dos océanos y las fronteras norte y sur del país (Fig. I.3). Estos corredores con base a información del Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 presentan en conjunto un 68.6% de avance en su grado de modernización a especificaciones acordes a su tipo, es decir carreteras con criterio de velocidad de diseño mínimos de 90 km/h, curvas y pendientes suaves, acotamiento de 2.5 metros, carriles de 3.5 metros y señalamiento adecuado; lo que contribuye a que la gran mayoría de la red registre niveles de servicio adecuado.

Sin embargo, existe el riesgo de que los niveles de servicio se deterioren una vez que los flujos de carga se incrementen y las regiones del país se aumenten su desarrollo.



Fig. I. 3 CORREDORES CARRETEROS EN MÉXICO

FUENTE: (SCT S. D., Infraestructura Estratégica y Prospectiva 2030 del Subsector Carretero, 2017)

<sup>4</sup> (Gobierno de la Republica, Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, 2014)

Pese a que la red carretera federal logra conectar gran parte de los nodos estratégicos del país, existen también problemáticas a resolver. Muchos de los tramos de la red nacional más ocupados fueron puestas en servicio hace ya varios años por lo que algunos tramos presentan actualmente deficiente estado físico y limitaciones geométricas que afectan directamente a la seguridad y comodidad de los usuarios. La infraestructura carretera es insuficiente en su extensión, cobertura y condiciones de operación. (GONZÁLES, 2015)

La reducción de los costos de operación, un adecuado señalamiento vial, mejorar los niveles de servicio, lineamientos de seguridad para evitar accidentes y una adecuada superficie de rodamiento son otras de las áreas de oportunidad que tienen muchos de los tramos de la Red Carretera Nacional.

Con base al Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación 2018 emitido la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), sin incluir recursos para el sector portuario y la construcción y modernización de carreteras alimentadoras y caminos rurales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) pidió 77,254.2 millones de pesos de presupuesto, lo que representó una disminución de 8.7% respecto del que se le entregó para el 2017 y significa la programación más baja del sexenio. Situación importante para establecer elementos que permitan la optimización de cada peso invertido y que estos realmente impacten en los objetivos y metas establecidas en los instrumentos de planeación nacional. Pese a la disminución del presupuesto, el área de infraestructura carretera muestra incremento en dos segmentos: 17.3% para la construcción y modernización de carreteras (que significa les asignen 15,213.3 millones de pesos) y 40.7% en conservación y mantenimiento de la red carretera federal, para contar con recursos por 11,071.9 millones de pesos. (De La Rosa, 2017)

El Centro SCT – Puebla es el encargado del mejoramiento de la infraestructura carretera federal en dicho estado y de identificar insuficiencias en los tramos de su jurisdicción, para posteriormente realizar obras que mejoren su nivel de servicio. De esta manera el 1º de febrero de 2018 se da inicio con la modernización del tramo de la carretera Izúcar de Matamoros-Acatlán de Osorio del km. 81+000 al

km. 85+000, obra que pretende ayudar al desarrollo económico y social de las pequeñas comunidades adyacentes al trazo; para facilitar su acceso a los servicios de salud y educación; generar empleos e inducir el intercambio de productos y servicios. La modernización contara con las siguientes acciones principales:

- Modificación del alineamiento vertical y horizontal del tramo para cumplir con lo especificado para un camino tipo "A2".
- Instalación de señalamientos vertical y horizontal
- Rectificación de curvas muy pronunciadas.
- Lograr los objetivos antes mencionados con el mínimo posible de afectación al medio ambiente y el máximo beneficio al desarrollo económico y social de la región.
- Incrementar las condiciones de seguridad al transitar por una carretera segura, confiable y que cumple con las especificaciones geométricas para un camino tipo A2.

En general la Red Carretera Nacional tiene una influencia significativa en el desarrollo económico de México y en la calidad de vida de los mexicanos, pese a su relevancia e importancia hay un espacio amplio para la mejora y la modernización; una infraestructura carretera adecuada promueve el desarrollo regional equilibrado, permitiendo la reducción en los tiempos de traslado de las mercancías, la disminución de precios y el mejoramiento en la calidad de los servicios logísticos que hacen de México un país atractivo para los inversionistas. (ARMENTA, 2013)

## **CAPITULO II. LA MODERNIZACIÓN DE CARRETERAS EN MÉXICO DENTRO DE LA PLANEACIÓN NACIONAL 2013-2018**

### **II.1 INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN NACIONAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA.**

El Plan Nacional Desarrollo (PND) en México es el documento rector del Ejecutivo Federal en el que precisan los objetivos nacionales, estrategias y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país. Con base y congruencia a este plan se realizó el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018 que contiene los objetivos, estrategias y líneas de acción para contribuir a que México llegue a su máximo potencial en este sector.

El Programa Sectorial determina la participación activa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), como coordinador, regulador y facilitador de un proceso de modernización que propiciará la participación de la inversión privada en la expansión del sector, dándole certidumbre para que nuestro país mejore su competitividad y su productividad y permita un desarrollo equilibrado de sus regiones.

El Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018 parte de un diagnóstico de las distintas áreas: carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos y comunicaciones. Identifica los retos a los que se enfrentan, estableciendo una política multimodal integral que permita la correlacionarse para aprovechar y explotar de manera eficiente las ventajas competitivas de cada modo de transporte.

El Programa tiene por objetivo llevar a México a su máximo potencial y contribuye al cumplimiento de metas nacionales busca que la conectividad disminuya los costos de transporte, refuerce la seguridad, cuide el medio ambiente y mejore la calidad de vida de la población mexicana.

Particularmente en el ramo de carreteras y autopistas el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018 retoma las siguientes líneas de acción<sup>5</sup>:

- Reducir costos logísticos del transporte carretero a través de:
  - a) Consolidar ejes troncales.
  - b) Librar núcleos urbanos.
  - c) Realizar obras de conexión a los nodos logísticos como puertos y aeropuertos,
  - d) Ampliar y construir tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.
  
- Mejorar la seguridad vial con base a :
  - a) Garantizar mejores condiciones físicas de la red.
  - b) Con Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).
  
- Apoyar el desarrollo regional a través de:
  - a) Mejorar y modernizar los caminos rurales y alimentadores.
  - b) Programa Temporal de Empleo (PET).
  - c) Modernizar las carreteras interestatales.

La SCT es la dependencia rectora en infraestructura y servicios federales de los sistemas de comunicaciones y transportes. Para lograr que México pueda desarrollar su máximo potencial es necesario transformar estos sistemas con la visión de que el país cuente con infraestructura de transporte moderna.

La transformación en estos dos sistemas integrales presenta 12 retos, de donde se pueden destacar que 8 de ellos corresponden al sector de transportes, los cuales son: costo de servicio de transporte, conectividad, seguridad, desarrollo regional, nivel de servicio del usuario, capacidad para atender la demanda, medio ambiente y desarrollo urbano; para comunicaciones presentan 2 retos y 2 retos para ejes transversales. (Fig. II.1.1)

---

<sup>5</sup> (Gobierno de la Republica, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 - Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte, 2013)

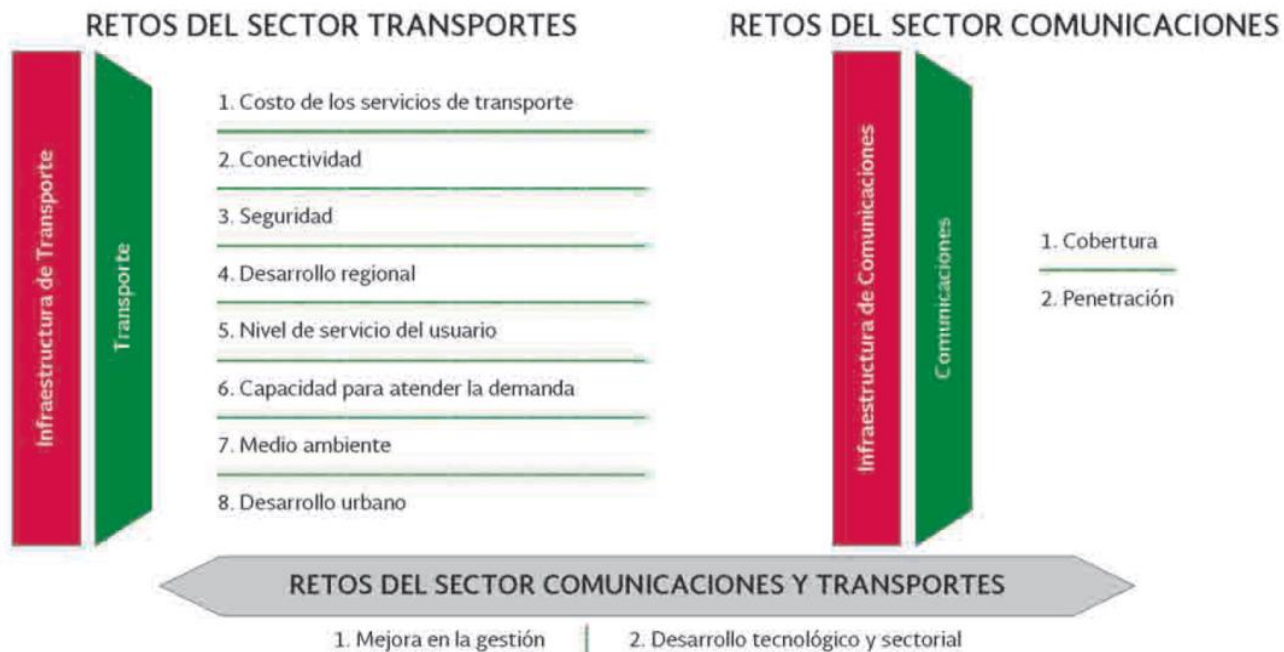


Fig. II.1.1 FUENTE: (Gobierno de la Republica, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 - Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte, 2013)

Para el caso específico de la resolución de la problemática del sector transportes en el programa sectorial se presentan retos e importantes. En relación a la infraestructura carretera destaca darle prioridad y considerar como reto crítico garantizar la seguridad y el desarrollo regional , además de darle importancia a la conectividad, los costos de servicio y el desarrollo urbano, sin desatender las demandas vehiculares y considerando el cuidado del medio ambiente. Los retos del sector transporte más importantes del sector carretero, pueden apreciarse en la siguiente imagen. (Fig. II.1.2)



Fig. II.1.2 RETOS DEL PLAN NACIONAL DE GOBIERNO EN EL RAMO CARRETERO. FUENTE: Modificado de (Gobierno de la Republica, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 - Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte, 2013)

El plan sectorial considera que una infraestructura carretera moderna es indispensable para ayudar a que los bienes nacionales lleguen a su destino con oportunidad y al menor costo posible y por tanto, se eleve la competitividad, la productividad y el desarrollo económico nacional.

Si bien contamos con ventajas notables, para detonar tanto el desarrollo del mercado interno como el de las exportaciones, también enfrentamos limitaciones significativas en términos de desempeño logístico que disminuyen la competitividad y productividad de nuestra economía.

## II.2 NECESIDADES DE MODERNIZACIÓN DE LA RED CARRETERA EN MÉXICO

Los servicios de transporte poseen un rol central en el desarrollo de cualquier comunidad está sumamente relacionado a una eficiente política de transporte, lo que significa que cualquier país que busque su desarrollo necesita tener una buena red de carreteras. (CIPOLETTA, PÉREZ, & SANCHEZ, 2010)

Desde el día uno que inicia el servicio de una carretera esta se deteriora debido al paso de sus usuarios y a las agresiones climáticas. Muchos de los tramos carreteros que hoy en día están en funcionamiento fueron construidos hace ya muchos años, por tanto fueron diseñados para condiciones de tránsito radicalmente diferentes a las actuales, no es de extrañarse que muestren en la actualidad condiciones de debilidad estructural y problemáticas diversas.

Si antaño era el agua y sus efectos más directos la causa de los más evidentes destrozos, hoy son otros los elementos nocivos más activos; la acción de las cargas repetidas es la más notable causa de deterioro, estas cargas han aumentado mucho tanto en magnitud como en número de repeticiones, lo que induce la posibilidad de fallas por fatiga y por el efecto de la deformación acumulativa. (RICO, TÉLLEZ, & GARNICA, 1998)



Fig. II.2.1 TRÁNSITO DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA CARRETERA IZUCAR DE MATAMOROS – ACATLAN DE OSORIO. TIPO "C"  
FUENTE: Elaboración propia

Otro elemento relevante que determina la necesidad de tomar en cuenta la modernización de las carreteras en nuestro país va relacionado con los materiales empleados en otras épocas para la construcción, especialmente en terracerías, eran de una calidad que hoy se consideran inaceptable para capas que quedan bajo la influencia de las nuevas cargas. Abundan las terracerías arcillosas, de baja resistencia y muy sensibles a cambios volumétricos por variación en sus contenidos de agua y producen un comportamiento indeseable en el cuerpo general de las carreteras y, desde luego, en cualquier capa de la sección estructural de sus pavimentos. (RICO, TÉLLEZ, & GARNICA, 1998)

Los materiales débiles de las carreteras antiguas están al alcance del efecto de penetración de los arreglos vehiculares vigentes y dejan ver su baja resistencia, pero además, el número elevado de repetición de cargas mucho más pesadas induce efectos de fatiga devastadores.

Paralelo al crecimiento económico que ha tenido México en los últimos años se ha derivado el aumento poblacional y la calidad de vida de muchos lugares y por tanto también aumenta las exigencias de mayor eficiencia en las redes carreteras que gran parte son insuficientes para los usuarios, quienes demandan una infraestructura carretera moderna, con seguridad vial, calidad del flujo y los servicios proporcionados, disminución en los costos de operación y tiempos de traslado.

Los hechos anteriores sugieren la necesidad de una nueva estrategia de construcción y modernización de las carreteras que se incorporen en el futuro a la red mexicana. Evidentemente es necesario una correcta planeación para que se busque aprovechar al máximo los recursos y con base a distintos análisis, aplicar las opciones más viables; cuidando siempre la correcta aplicación de las normativas y tomando en cuenta la exigencias de sustentabilidad, concepto desarrollado como una preocupación mundial y fundamentado en acuerdos internacionales como la conferencia de Estocolmo de 1972, la Conferencia de Río de 1992 y la Cumbre de Johannesburgo de 2002, que de manera general buscan

que cualquier desarrollo, necesidad u objetivo tome en cuenta el equilibrio del medio ambiente, la sociedad y la economía. (ROJAS, 2003)

Por lo tanto el concepto de sustentabilidad aplicado a desarrollo de la modernización de carreteras no sólo es referido al cuidado del componente ambiental, sino que debe garantizar además del cuidado al medio ambiente, la seguridad y la calidad de los desplazamientos, así como la rentabilidad socioeconómica y contribuir al desarrollo del país.

La modernización de la red carretera posiciona al país en mejores condiciones competitivas en indicadores tales como el transporte, el comercio, la capacidad de carga, precios de traslado, la seguridad, el turismo entre otros elementos de competencia internacional.



Fig. II.2.2 MODERNIZACION DE LA CARRETERA IZUCAR DE MATAMOROS – ACATLAN DE OSORIO. DE TIPO “C” A TIPO “A2”  
FUENTE: Elaboración propia

## **CAPITULO III. ELEMENTOS PRINCIPALES EN LA MODERNIZACION DE CARRETERAS**

### **III.1 DESARROLLO DE ESTRATEGIAS Y SISTEMA DE GESTIÓN**

Es innegable la necesidad constante de modernizar la red carretera de nuestro país, sin embargo la optimización de recursos es un factor determinante para la realización de estas actividades, por lo que es importante analizar y priorizar la utilización de estos. Una “estrategia” es el plan o método para tratar todos los aspectos de un problema sobre el que poder tomar la decisión óptima. Esto, extrapolado a la gestión de un tramo o de toda una red, será el método para estudiar todas las actuaciones posibles para elegir las más adecuadas en base a un presupuesto limitado<sup>6</sup>. (GONZALO ORDEN, 2004)

Al contar con una extensa red de carretera surge un escenario complicado de decisiones, que hace necesario el uso de estrategias y sistemas de gestión para conservar, rehabilitar o modernizar el patrimonio viario ya que estos constituyen una herramienta para las dependencias en la toma de decisiones.

(GONZALO ORDEN, 2004) Determina que el proceso que se sigue en los sistemas de gestión para el desarrollo de las estrategias consta de las 5 siguientes fases: Datos de partida, marcar objetivos, analizar prioridades, presentar resultados y dictaminar programas recomendados.

- a) Datos de partida. Para desarrollar una base de datos será necesario abordar estudios relacionados con el tráfico, el comportamiento de los materiales, la interacción vehículo-pavimento, información socioeconómica de la zona a intervenir, información geográfica, el tráfico, historial del tramo, proyecto geométrico y en general toda información útil sobre el entorno que aporte al estudio.

---

<sup>6</sup> (GONZALO ORDEN, 2004)

- b) Marcar objetivos. Serán el punto de partida para el planteamiento de las distintas actuaciones, una vez establecidos los objetivos la dependencia ya puede analizar en cualquier momento el déficit de la red actual respecto a la red futura que cumpla con los objetivos planteados. Los objetivos responden a las necesidades actuales y futuras para dar servicio a los usuarios de la red.
- c) Analizar prioridades. Con los objetivos y los plazos para desarrollarlos y la disponibilidad de recursos, se pueden iniciar con el análisis de las distintas alternativas, el análisis se desarrolla en dos conceptos: priorización que busca elegir la mejor opción de cada tramo en función del beneficio, del costo y de la relación costo-beneficio; y la optimización que busca asegurarse que cada intervención permita tener el mayor impacto en el tiempo considerado y en los usuarios.
- d) Presentación de resultados. Después del análisis de la ejecución de las intervenciones propuestas para cada uno de los tramos así como los efectos en ellas de las limitaciones presupuestarias se obtendrán los resultados que deben ofrecer al menos las siguientes respuestas: recomendar las acciones de modernización, facilitar los indicadores de rentabilidad económica de las inversiones de la red, dar los indicadores para el seguimiento de la inversión.
- e) Dictaminar los programas recomendados. Una vez presentados los resultados de las estrategias y los efectos sobre ellas de los diferentes presupuestos, la dependencia ya tiene la suficiente información para decidir. Se dictaminaran las actuaciones que deben llevarse a cabo para conseguir de manera razonada el mayor beneficio con los fondos disponibles en el periodo de análisis.

La mayor cantidad de información, el análisis consiente, los criterios técnicos de las dependencias encargadas y la disponibilidad de recursos permitirán establecer prioridades en función del estado de la red y la repercusión que se tiene en los usuarios.

Los medios de gestión de carreteras proporcionan diversos puntos de interés, como son la relación directa entre la condición de las carreteras y los costos del transporte de personas y mercancías, o los gastos por accidentes, o de vidas humanas, por citar algunos ejemplos.

Una gestión moderna y objetiva es la herramienta adecuada para solicitar a los organismos políticos el presupuesto necesario para mantener la red carretera en un estado digno, seguro y competitivo.

### III.2 SEGURIDAD DE LA RED

En la actualidad, los accidentes de tránsito son uno de los principales problemas de salud pública en todo el mundo. Ante esta problemática, se ha ido desarrollando una tendencia de exigencia social de mejorar los niveles de seguridad. (PÉREZ, ABARCA, & MENDOZA, 2013), la modernización de un tramo carretero contribuye a aumentar los niveles de seguridad vial y por tanto permite que los elementos de la carretera tengan características que minimicen la probabilidad de que sucedan accidentes de tránsito.

Existen diversos métodos para determinar la seguridad de una carretera; un análisis muy práctico es analizando las relaciones entre los elementos que inciden en ella: usuario, vehículo y carretera. En la Fig. III.2.1 pueden observarse los factores resultantes de la interacción entre tales elementos y el ámbito de las principales acciones que favorecen el aumento de la seguridad.

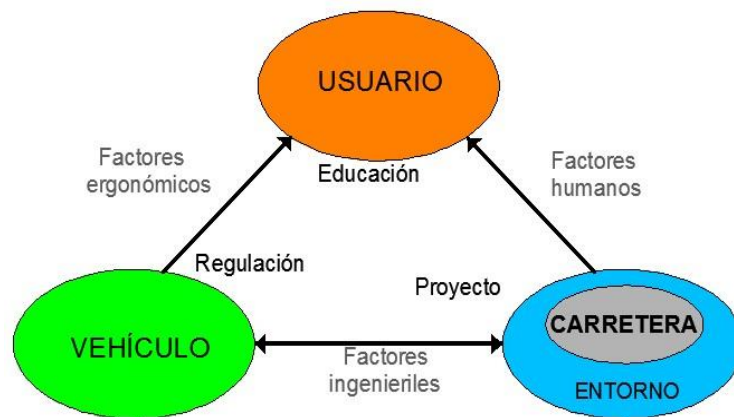


Fig. III.2.1 ELEMENTOS INCIDENTES EN LA SEGURIDAD.  
FUENTE: (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

Estos elementos fueron analizados por la (PIARC, 2003) y determinaron el porcentaje de participación en las afectaciones a la seguridad vial, como se muestran se muestran en la Fig. III.2.2; aunque las cifras se estimaron en el contexto internacional, las cifras para México son similares.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

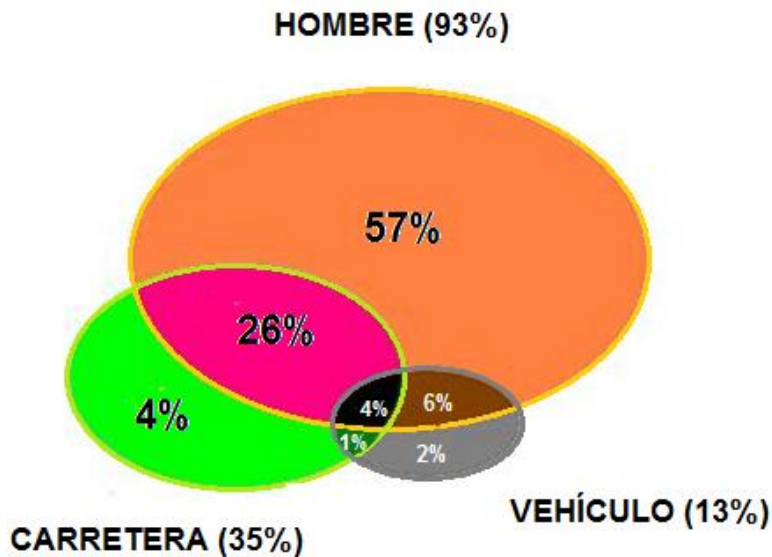


Fig. III.2.2 ELEMENTOS INCIDENTES EN LA SEGURIDAD. FUENTE: (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

Puede observarse que la ocurrencia de accidentes es debido a varios factores; y aunque por si sola la carretera es responsable de un porcentaje relativamente bajo de los accidentes con un 4%, combinado con otros factores, el porcentaje se eleva a un nivel altamente considerable de 35%, por lo que es indudable el beneficio en el aspecto de seguridad de un tramo carretero que este en buenas condiciones de operación.

En México se reportaron durante el año 2017 un total de 11,873 accidentes vehiculares de los cuales se generaron 2,919 muertos y 8,905 heridos, ocasionando daños materiales que ascienden a 1,061 millones de pesos. Para el estado de Puebla se obtuvo un reporte de 371 accidentes durante el mismo año con saldos de 122 muertos, 285 heridos y una valoración de daños materiales por 28.85 millones de pesos. Exclusivamente en la carretera Puebla – Huajuapán de León se tuvieron 40 accidentes reportados con un total de 8 muertos y 31 heridos y un reporte en daños materiales de más de 1.8 millones de pesos. (SCT S. D., Estadística Accidentes de Transito, 2017)

La modernización de un tramo carretero va enfocado a mejorar la seguridad vial incorporando en su desarrollo acciones determinantes tales como: reordenamiento

de trazo de la alineación vertical y/o horizontal, mejoramiento de las características de los pavimentos, mejoras de la señalización, reordenación de accesos, mejoras de intersección y enlaces , construcción y mantenimiento de obras de drenaje, trabajos de conservación de la vía y en general obras de construcción y acondicionamiento que permitan mejorar en nivel de servicio del tramo.

Cuando el tipo de carretera es congruente con la red a la que pertenece y cuando sus características geométricas son las adecuadas al tipo de camino se logra un mejor impacto en la seguridad. Estudios de la (PIARC, 2003) y (AASHTO, 2011) establecen que la reducción en los accidentes es de:

- 25% a 50% al proveer control total de acceso.
- 30% a 50% al aumentar al doble el radio de las curvas horizontales.
- 5% a 10% si la sobreelevación en curvas horizontales es la adecuada.
- 19% si se amplía la calzada en dos metros.
- 5% si se pavimentan los acotamientos.
- 17% si se aumenta 3 metros la distancia lateral libre de obstáculos.

De acuerdo con lo anterior, los Ejes de Transporte ET-A (autopistas) son las carreteras más seguras, seguidas de los caminos tipo A y B y por último los caminos rurales.

En definitiva una infraestructura carretera moderna genera un impulso para el desarrollo económico de un país; pero el principio básico de toda obra civil es el bienestar de una sociedad y de cada uno de sus habitantes y si el modernizar un tramo carretero impacta en la seguridad y en la salvación de vidas humanas, vamos en la línea correcta.

### III.3 IMPACTO AMBIENTAL

Toda obra civil altera las condiciones naturales, trayendo consigo desequilibrios ambientales intrínsecos, principalmente en la etapa de preparación y construcción. Entre estas obras civiles sobresalen los proyectos de comunicaciones debido a que generalmente atraviesan extensas áreas, afectando en mayor o menor medida el equilibrio natural de los ecosistemas de diversas formas en cada una de las etapas del proyecto, aunque estas sean de manera temporal.

El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente como consecuencia de la construcción y operación de la carretera, que puede ser de magnitud tal, que a veces es preferible no construirla. Sin embargo, casi siempre se pueden evitar, mitigar o aún revertir los efectos adversos; por lo cual es necesario hacer una evaluación del impacto ambiental. (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

La evaluación del impacto ambiental consiste en la predicción y valoración de las consecuencias ambientales, sociales o de otra índole que son ocasionados por la materialización de un proyecto, la identificación de medidas de mitigación sus efectos y costos; así como la determinación de los compromisos necesarios para llevarlos a cabo.

Una evaluación de impacto ambiental está integrada por dos aspectos: el estudio de impacto ambiental propiamente dicho, que consiste en la predicción de consecuencias y establecimiento de las correspondientes medidas de mitigación y la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) que con base en el estudio anterior, establece los compromisos de mitigación y protección al medio ambiente, los que deben precisarse mediante un proyecto de mitigación de impacto ambiental (Diario Oficial de la Federación, 1988, última reforma 2010). La MIA en su modalidad regional (MIA-R) que corresponde a obras y actividades de competencia Federal, están a cargo de las dependencias que realizarán dicha obras y es

evaluada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA).

Cuando se realiza un proyecto de construcción de carretera incluida una modernización entra en acción una cadena de acciones que modifican el estado del ambiente y su calidad; puede transformarse el aspecto del paisaje, afectar el hábitat de algunas especies y modificar así el sistema biológico en esa área; se puede afectar el valor de la tierra, ambientes recreativos y la economía regional, etc.

La evaluación de impacto ambiental es una herramienta fundamental para lograr la integración de los aspectos ambientales en las tomas de decisiones. Es un proceso complejo, que incorpora estudios técnicos y científicos para determinar las repercusiones ambientales de un determinado proyecto, como la participación de las Administraciones y el pronunciamiento de la autoridad ambiental competente. (Carrasco & De Salamanca, 2010)

### III.3.1 IMPACTO AMBIENTAL EN TRAMO DE ESTUDIO

De acuerdo al Análisis de Impacto Ambiental emitido por el Centro SCT Puebla, en el año 2009, se determinó que en el tramo de la carretera Izúcar de Matamoros – Acatlán de Osorio del km 81+000 al km 85+000, los impactos negativos más significativos pudieran presentarse durante las etapas de preparación del sitio y construcción; dentro de los cuales los más sobresalientes serán los siguientes:

En el caso de la etapa de preparación del sitio se encontraron impactos negativos vinculados con las actividades de desmonte y despalme, mismos que pudieran provocar la erosión del suelo al retirar la capa vegetal que es la que protege al suelo contra los agentes climáticos (lluvia y viento); así como modificar su permeabilidad, al alterarse los patrones de escurrimiento porque la capacidad de infiltración del agua superficial se ve disminuida al aumentar la velocidad de escurrimiento del agua y por tanto disminuye la cantidad de agua que se infiltra hacia los mantos freáticos.

Por su parte estos trabajos traerán efectos secundarios en la alteración de la fauna que habita en la zona de construcción ya que tendrán que desplazarse a otros sitios disminuyendo con esto la abundancia de la misma en la zona donde se desarrolla el proyecto.

En la realización de desmonte y despalde de la obra existirán sitios con erosión media, sin alteraciones en la composición fisicoquímica del suelo, pero no se pondrán en riesgo los recursos naturales, ya que la ampliación de la carretera será sobre el derecho de vía, mismo que se mantiene abierto durante todo el año mediante actividades continuas de chapeo, además de que las “especies clave” aún existentes ya son escasas y no constituyen una vegetación estable y ninguna especie vegetal o animal será puesta en riesgo por la realización del proyecto, al realizarse de manera correcta y oportuna, las medidas de mitigación correspondientes.



FIG. III.3.1.1 PARTE DE LA BIODIVERSIDAD DEL BOSQUE CADUCIFOLIO DE LA ZONA.  
FUENTE: Elaboración propia

Para el caso de la etapa de construcción se determinaron que los impactos más importantes serán generados por los cortes y excavaciones y por la construcción de pavimento.

En el caso de la realización de cortes y excavaciones se provoca una modificación al relieve y la topografía del terreno, por lo que este impacto adquiere una importancia significativa, al modificar las características geomorfológicas de manera puntual en los sitios donde sea necesario realizarlos.

En el caso del pavimento se determina que el mayor impacto lo generara la carpeta asfáltica, donde el tendido de mezclas genera un impacto sobre las características fisicoquímicas del suelo al utilizar solventes y la generación de residuos de asfalto, además de la energía y emisiones de CO<sub>2</sub> al aire.

En lo que respecta al factor agua se tendrá cierto impacto si no se toman en cuenta medidas que impidan el derrame de contaminantes sin embargo la construcción de obras de drenaje permitirá un impacto positivo, ya que la construcción de las mismas permitirá que los escurrimientos conserven su drenaje natural y así evitar los procesos de erosión hídrica que se pudieran presentar en el tramo.



FIG. III.3.1.2 MODIFICACIONES GEOMORFOLOGICAS POR CORTES Y EXCAVACIONES;  
FUENTE: Elaboración propia

En la etapa de operación se obtendrá un beneficio económico hacia la población ya que la modernización del tramo mejorará la infraestructura social, propiciando la entrada de bienes y servicios, distribuidores de bienes, seguridad y menor tiempo de traslado.

Una de las acciones más efectivas para reducir el consumo de combustible de transporte por carretera y sus emisiones derivadas es la conservación de carreteras ya que según estudios de la (National Academies of Sciences, 2012) cuando los vehículos circulan por pavimentos deteriorados no solo inciden negativamente en la seguridad y comodidad de la conducción o en el incremento en los costos de viaje si no que incrementan sustancialmente el consumo de combustible de los vehículos que circulan por dicha carretera y por lo tanto en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el CO<sub>2</sub>; el estudio establece que un camión puede incrementar el porcentaje de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) hasta un 8% cuando circula por pavimentos con mala o muy mala regularidad superficial; mientras que en caso de un turismo puede aumentar hasta un 13%; la modernización permitirá disminuir la emisión de GEI durante su operación y deberá brindársele especial atención a los mantenimientos rutinarios para mantener estos efectos.

(Moral, 2016) Afirma que si se toma un periodo de 30 años, el costo ambiental de una actuación de conservación/modernización puede valorarse en unos 65 kg de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado mientras que el retorno ambiental estimado para ese mismo periodo es de un ahorro de 2.350 kg de CO<sub>2</sub>; es decir cada metro cuadrado de pavimento bien conservado puede evitar la emisión de hasta 2.350 kg de CO<sub>2</sub> procedentes de los vehículos que por el circulan.

El desarrollo del proyecto dentro del sistema ambiental de la región no provocará por sí solo mayores afectaciones de las que se presentan actualmente en el medio natural, ya que como se mencionó anteriormente la carretera actual se encuentra abierta y en uso desde hace ya varios años.

No se prevén efectos de cambio drásticos que se relacionen directamente con la ejecución del proyecto, ni superiores a los beneficios que conllevará a la región. Lo anterior condicionado a la aplicación y correcta ejecución de las medidas de mitigación propuestas que se desarrollaran durante la ejecución de la obra, mismos que serán detallados y explicados a continuación.

### III.3.2 MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN TRAMO DE ESTUDIO

Analizados los impactos ambientales que se pueden ocasionar en las diferentes etapas del proyecto, se procede a definir y clasificar los tipos de prácticas de mitigación establecidas en el resolutivo de la MIA-R emitido por la SEMARNAT, que serán necesarias para que el ecosistema conserve al máximo sus condiciones naturales,

En la etapa de desmonte y despalme se desarrollara únicamente a lo establecido en el proyecto geométrico, evitando excesos; en la medida de lo posible programar las actividades de despalme en temporada de estiaje con el fin de evitar la erosión hídrica, modificaciones fisicoquímicas, geomorfológicas y permeabilidad estos trabajos deberán realizarse de manera paulatina para permitir el desplazamiento de la fauna.

Al finalizar la construcción será necesario restituir la vegetación en los linderos del camino con especies nativas (específicamente rehabilitando las zonas deterioradas) para crear nuevamente hábitat para la fauna, mitigar los efectos erosivos y escurrimientos naturales, así como para compensar la afectación al paisaje.

Evitar acumulación de desechos sobre el área de influencia directa, tanto de materiales como de los originados por las actividades humanas. Los desechos sólidos no peligrosos, se colocaron en tambos plenamente identificados para dichos fines, posteriormente son retirados y depositados en basureros oficiales,

evitando la contaminación y afectación del paisaje por basura acumulada a causa de la obra.



FIG. III.3.2.1 TAMBOS IDENTIFICADOS PARA LA ACUMULACIÓN DE DESECHOS  
FUENTE: Elaboración Propia

### III.3.2.1 MITIGACIÓN DE IMPACTOS A LA FLORA

Previo al inicio de actividades que impliquen el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el desarrollo del proyecto se implemento un programa de rescate salvando las especies que por su tamaño sean viables su reubicación. Se realizaron recorridos para llevar a cabo la recolecta de cactáceas, especies nativas de la zona entre las cuales se pueden encontrar: *Neobuxbaumia* y *Pachycereus Weberi* conocidas comúnmente como Tetecho y Cardón respectivamente.



FIG. III.3.2.1.1 PARTE DE LA BIODIVERSIDAD DEL BOSQUE CADUCIFOLIO DE LA ZONA. PROGRAMA DE RESCATE.  
FUENTE: Elaboración Propia

Cabe señalar, que para llevar a cabo el derribo de la vegetación, se procedió al marcado de los árboles que serían derribados, esto con pintura de color rojo, con el objetivo de garantizar que únicamente se derribaran los árboles dentro del área autorizada.



FIG. III.3.2.1.2 DERRIBE DE ÁRBOLES MARCADOS.  
FUENTE: Elaboración Propia

### III.3.2.2 MITIGACIÓN DE IMPACTOS A LA FAUNA

Dada la importancia de los impactos producidos en la fauna, se implementaron las siguientes especificaciones para su mitigación:

El personal calificado realizó recorridos previos en todo el trazo del camino, con la finalidad de ahuyentar a la fauna que pudiera estar resguardándose en la vegetación, se formó un grupo de trabajadores que con instrucciones específicas de generar ruido, puedan ahuyentarlos, así mismo el desmonte fue gradual y desde los frentes de trabajo hacia fuera del predio, con el fin de dar tiempo a que la escasa fauna presente, abandone el lugar. Los recorridos se realizaron durante las primeras horas del día (5:00-8:00 A.M.) y al atardecer (6:00- 7:00 P.M.), ahuyentando principalmente aves, reptiles y mamíferos pequeños, ya que estos horarios son los de mayor actividad para este tipo de fauna, pues los dedican a la búsqueda de alimento.

Aquellos que no se alejaron a pesar del movimiento fueron reubicados tal es el caso de algunos especímenes de aves cuyos nidos fueron trasladados a más de 150 m de distancia de la zona de obras, en un árbol con la misma cobertura del hospedero y a la misma altura. Esta actividad fue realizada por personal que contaba con la suficiente experiencia en captura, manejo y liberación de fauna en ambientes adecuados.



FIG. III.3.2.2.1 AHUYENTAMIENTO DE ESPECIES ANIMALES.  
FUENTE: Elaboración propia

### III.3.2.3 MITIGACION DE IMPACTOS AL AGUA

Para la prevención de la contaminación del agua en la etapa de construcción, una vez utilizados los aceites, grasas y en general todos los residuos peligrosos fueron entregados a una empresa que cuenta con los permisos correspondientes para su manejo y disposición final. En la permanencia del personal en la obra, se evitó contaminar el agua en las diferentes zonas de trabajo utilizando letrinas sanitarias móviles, las cuales previnieron la defecación al aire libre. En toda la construcción se evitó la interrupción u obstaculización de los drenajes naturales, para eso se colocaron un número suficiente de alcantarillas y cajas recolectoras simultáneamente al levantamiento de terraplenes y la nivelación de la vía.



FIG. III.3.2.3.1 COLOCACIÓN DE LETRINAS SANITARIAS MÓVILES.  
FUENTE: Elaboración propia

#### II.3.2.4 MITIGACION DE IMPACTOS DEL SUELO

El suelo sufrió diferentes transformaciones, por lo que fue uno de los elementos de mayor importancia en la implementación de medidas de mitigación. A continuación se presentan las acciones realizadas en el proyecto:

Se implementó un “Programa de conservación y restauración de suelos” durante y después del desarrollo del proyecto, con la finalidad de evitar la erosión de los suelos o generar tierras frágiles por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales. En el desmonte y despalme se evitó el uso de herbicidas, plaguicidas o agroquímicos con el fin de no infectar al suelo.

Durante la construcción, el material sobrante se acarreó a los bancos de tiro determinados para el proyecto. Las ubicaciones de los bancos de tiro se encontraban en lugares estratégicos con el fin de evitar la modificación de un nuevo sitio.

Se llevó un buen manejo y almacenamiento de lubricantes, grasas, aceites y combustibles necesarios para el funcionamiento de la maquinaria y equipos para evitar la contaminación del suelo. Durante la construcción existieron ciertos derrames, sin embargo se procedió a la limpieza y restauración del suelo.

Se colocaron tambos para el depósito de la basura para reducir los sólidos orgánicos producto de la ingesta y desechos de los trabajadores sobre el suelo.

Los sobrantes de la mezcla asfáltica se recogieron y fueron llevados en camiones de volteo, para retornarse a la planta de asfalto para su reciclado o disposición definitiva. Al término de los trabajos de construcción, se desmantelaron y retiraron del suelo toda la infraestructura de apoyo empleado en la construcción del proyecto.

### II.3.2.5 MITIGACIÓN DEL IMPACTO AL AIRE

Los equipos y maquinaria empleados durante la etapa de construcción estuvieron en condiciones óptimas de desarrollo esto con la finalidad de evitar contaminación del aire por emisión excesiva de humos, partículas y gases producto de la combustión interna de sus motores.

En la etapa de excavación y nivelación se humedeció la superficie a excavar constantemente para evitar el exceso de partículas suspendidas en el aire. Se humedecieron los materiales utilizados en la construcción de terraplenes, terracerías y bases, todo esto para evitar exceso de emisiones de polvo.

Finalmente las bandas transportadoras y las tolvas se cubrieron con lonas para evitar daños en su funcionamiento y para el transporte de materiales se cubrieron los camiones con lonas y se trató transportar los materiales en estado húmedo.

Todas las alteraciones ocasionadas en la obra que perjudicaron negativamente al paisaje de los ecosistemas, fueron mitigadas, tratadas y recuperadas de modo que si afecto al medio natural, fue integrada de manera más armónica con el ámbito circundante.

### III.4 ECONOMIA

La evaluación económica de un proyecto de infraestructura carretera se basa en la determinación de los beneficios que ofrecerá al usuario, en términos de ahorros en gastos de operación vehicular y tiempo de recorrido de los usuarios, en comparación con los costos necesarios para la inversión requerida en el proyecto. Se trata entonces de una relación entre los beneficios que recibirá la colectividad con la realización del proyecto y los costos en que incurrirá la nación para proporcionarlos.

El método empleado generalmente para la evaluación económica es el "Análisis Costo-Beneficio". Un análisis costo beneficio ofrece un método por el cual puede ser analizada la rentabilidad social de los proyectos de forma racional y comprensible. (BARRIOS GONZÁLES & MARTINEZ NAVARRO, 1998). A diferencia de métodos como el Análisis Costo Eficiencia, este análisis permite visualizar los montos de inversión y cuantificar en términos monetarios todos los beneficios, incluyendo los sociales, que para las obras gubernamentales representa gran importancia

Los componentes generales de los costos son los que corresponden netamente a la realización del proyecto y a su construcción, además de los costos por conservación y rehabilitación, el costo de operación que realiza el usuario en el transporte, los costos por la mitigación de impactos ambientales y los costos de por accidentes, el costo total estará compuesto por la suma de los mencionados y su magnitud dependerá tanto de las características de la demanda de tránsito que circulará por la carretera y de la calidad del proyecto.

Como se mencionó anteriormente al realizar una construcción o modernización de un tramo carretero se producen beneficios a los usuarios, que se derivan de los ahorros que se tendrían al realizar la intervención. Para analizar estos beneficios debe reunirse y evaluarse durante los distintos años de estudio. Los costos y los beneficios son de naturaleza dinámica, puesto que se originan en diferentes

momentos a lo largo de la vida de la carretera. Por lo tanto, hay necesidad de referirlos al año inicial.

Los beneficios económicos derivados de la puesta en operación de un proyecto de infraestructura carretera, cuantificables en términos monetarios, se derivan principalmente de dos fuentes: ahorros por menores costos de operación vehicular y ahorros por menores tiempos de recorrido de los usuarios.

Finalmente, en virtud de que los efectos del proyecto se manifiestan a lo largo de su vida útil, se generan flujos de beneficios y costos con diferente valor en el tiempo, por lo que, para hacer comparables los valores de dichos flujos, es necesario emplear una tasa de actualización que refleje las preferencias por el consumo inmediato o diferido. Para proyectos de infraestructura carretera se utiliza generalmente una tasa de actualización del 12% la cual es la establecida por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). (Meixueiro & Pérez, 2013)

La rentabilidad del proyecto se mide en términos indicadores para fines de evaluación. Los principales son la relación beneficio costo (RBC), el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). El (Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 2016) define estos indicadores como:

La relación beneficio costo (RBC) es el cociente que resulta de dividir los beneficios actualizados entre los costos actualizados durante el plazo de análisis. Este índice es muy popular porque es muy intuitivo, pues cuando los beneficios son mayores que los costos, el índice es mayor que uno y por lo tanto la carretera será tanto más rentable en la medida que se aleje de uno en sentido ascendente.

El valor presente neto (VPN) es la diferencia que resulta de restar de los beneficios actualizados durante el plazo de análisis los correspondientes costos actualizados, así que una carretera será tanto más rentable en la medida que se aleje de cero en el sentido ascendente. La ventaja relativa de este índice es que, al

estar expresado en unidades monetarias, puede compararse con otras cifras macro- económicas.

La tasa interna de retorno (TIR), es la tasa de actualización,  $t$ , que iguala los costos actualizados con los beneficios actualizados. Una carretera será más rentable en la medida que se aleje de la tasa de interés del capital. Este índice es el preferido por agencias multinacionales toda vez que evita los efectos de las tasas de interés locales; sin embargo, no es particularmente útil para jerarquizar las acciones.

La determinación de los índices antes descritos depende de la correcta determinación de los costos antes definidos, por lo que es importante establecer componentes y la manera de determinarlos.

#### III.4.1 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

El análisis costo beneficio del tramo se encuentra inmerso dentro de un estudio general de 81.5 km de la carretera Izúcar de Matamoros – Huajuapán de León, en el tramo Izúcar de Matamoros – Acatlán de Osorio desde el entronque “cuatro caminos” en el km. 67+000 al km. 148+000. (SCT S. D., 2014)

El análisis plantea alternativas diferentes para la modernización de todo el tramo, la primera consistía en ampliar la sección transversal a 18 metros de ancho para alojar 4 carriles de circulación, sin embargo, se tendría una sobreoferta para el volumen de tránsito observado en el tramo. La segunda sería la construcción de una nueva autopista, paralela al tramo actual, sin embargo, se incrementarían significativamente los costos y los beneficios obtenidos serían marginales. Sin embargo el estudio dio como resultado que la opción más factible se llevaría a cabo ampliando de 7 a 12 metros la corona y con especificaciones de carretera tipo “A2”; la proyección geométrica será modificada en donde sea necesario y se utilizara a medida de lo posible el trazo geométrico existente.

El monto total de inversión con IVA, se estimó en 1,161.89 millones de pesos a precios constantes del 2014, los recursos provendrán totalmente de recursos federales. El calendario de inversiones a erogar durante la etapa de ejecución considera los recursos necesarios para concluir la obra en un periodo de 11 años. Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo por año desde el inicio de operaciones; conservación periódica, que incluye bacheo general y riego de sello cada 4 años con una sobre carpeta cada 8 años; reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años.

Los beneficios del proyecto se estimaron en función de dos fuentes: ahorro en tiempo de viaje de los usuarios y ahorros en costo de operación vehicular.

Para la estimación de los beneficios por ahorro en tiempo de viaje se requiere como primer insumo fundamental 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 de realizar la modernización o seguir únicamente con los mantenimientos. En ambos casos las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín Notas 147, Artículo 1, Marzo-Abril 2014 emitido por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$37.30 y por motivo de placer de \$22.38 pesos por hora, actualizado 2013. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 65.58% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 34.42% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación: modernizando la carretera o continuar con la existente. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios al año (365 días) para cada situación (con y sin modernización).

En la siguiente tabla se muestran los beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación óptima del proyecto, es decir para el 2015.

***Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del proyecto (miles de pesos de 2014)***

Costos	Sin modernización	Con modernización	Beneficios
Tiempo de Viaje	559,973	354,517	205,456

Tabla. III.4.1.1 Fuente: (SCT S. D., 2014)

El ahorro en costos de operación vehicular proviene de la mejora en las condiciones de la carretera, permitiendo el incremento en la velocidad de operación, reduciendo los costos operativos por kilómetro al optimizarse la operación. Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin modernización menos los correspondientes a la situación con modernización, año por año para el horizonte del proyecto.

La tabla a continuación presenta los costos de operación vehicular para las situaciones sin y con modernización, para el primer año de operación.

***Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del proyecto (miles de pesos de 2014)***

Costos	Sin Modernización	Con Modernización	Beneficios
De Operación Vehicular	1,573,597	1,421,355	152,243

Tabla. III.4.1.2 Fuente: (SCT S. D., 2014)

Por lo que el análisis determino los siguientes indicadores de rentabilidad:

<b>.Indicadores de Rentabilidad</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
<b>Valor Presente Neto (VPN)</b>	<b>1,810,165,736.93</b>
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>	<b>19.5%</b>
<b>Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)</b>	<b>27.4%</b>

Tabla. III.4.1.3 Fuente: (SCT S. D., 2014)

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad con respecto al monto de la inversión, a los costos de mantenimiento y a la demanda con proyecto, modificando las cifras del 60 al 140% respecto del valor programado. Los resultados se muestran a continuación:

***Análisis de sensibilidad a la inversión.***

<b>Variación</b>	<b>Inversión (millones de pesos)</b>	<b>TIR</b>	<b>VPN (miles de pesos)</b>	<b>TRI</b>
1.4	1,441.52	17.4%	1,562,732	19.6%
1.3	1,338.55	17.9%	1,624,590	21.1%
1.2	1,235.59	18.4%	1,686,449	22.9%
1.1	1,132.62	18.9%	1,748,307	24.9%
1.0	1,029.66	19.5%	1,810,166	27.4%
0.9	926.69	20.1%	1,872,024	30.5%
0.8	823.73	20.8%	1,933,883	34.3%
0.7	720.76	21.5%	1,995,741	39.2%
0.6	617.79	22.2%	2,057,600	45.7%

Tabla. III.4.1.4 Fuente: (SCT S. D., 2014)

Este análisis de sensibilidad muestra que aun aumentando en un 40% el monto de la inversión, el proyecto seguiría rentable económicamente. Los principales riesgos asociados al proyecto son la demanda social de obras adicionales al momento de la construcción, los retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución, así como problemas económicos que pudieran incidir fuertemente en la demanda de transporte.

La evaluación del proyecto de modernización de la carretera Izúcar de Matamoros-Acatlán de Osorio indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable y de acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se recomienda la realización de este proyecto. El tramo estudiado se encuentra dentro de este análisis general por lo tanto la obra analizada en este tramo es económicamente factible.

### **III.5 CAMBIOS GEOMETRICOS RESPECTO AL TIPO DE CARRETERA**

A medida que el tráfico vehicular aumenta, resulta necesario modernizar carreteras con estándares geométricos más elevados que permitan a los usuarios brindarles un servicio de calidad.

Modernizar una carretera y cambiarla de un tipo a otro, implica cambiar su proyección geométrica, ya que la nueva vía tendrá que satisfacer los requerimientos mínimos que contienen las normas para el nuevo tipo deseado.

Por lo tanto los principales parámetros para reconfigurar la geometría será decidir el tipo de carretera que se requiere y la velocidad del proyecto, partiendo de esto se definirán las dimensiones necesarias para el nuevo proyecto geométrico.

El tipo de carretera debe seleccionarse dentro de los que se establezcan en la normativa. Para que la selección de carretera sea adecuada, debe considerarse fundamentalmente la función de la carretera, el servicio que debe prestar y la demanda esperada. Una vez decidido el tipo de carretera, la segunda decisión es sobre la velocidad de proyecto. La selección de este parámetro dependerá del nivel que se quiera de los atributos deseables de la vía.

Un cambio de tipo "C" a tipo "A2" implica una transformación bastante considerable con respecto a su geometría. A continuación se presentan los elementos más destacados de los cambios geométricos que sufriría dicha transformación; no sin antes realizar una descripción general de la clasificación de carreteras en México para tener un panorama general de sus características.

### III.5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS EN MÉXICO

Clasificar las carreteras es de suma importancia ya que impacta en el desarrollo de cualquier proyecto geométrico de carreteras que se realice; la clasificación debe atender a su función, que está determinada por las actividades sociales, económicas y políticas que se satisfacen y aumentan por la existencia de las carreteras.

Las carreteras forman redes conectadas de alcance variable, cuyos segmentos están constituidos por carreteras cuyas características deben ser adecuadas con la red a la que pertenecen; de acuerdo con su alcance espacial, se definen tres jerarquías de redes: nacional, regional y local.

Red nacional: son carreteras que movilizan volumen de tránsito altos de manera rápida, segura, confortable y eficiente, las carreteras que constituyen esta red conectan poblaciones con actividades económicas altas, sin pasar directamente por los centros de población. Se accede a ellos por carreteras de red regional y se tiene un control de acceso total. Por esta red circulan los vehículos con los pesos y dimensiones máximos permitidos. (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

Red regional: Son las que conectan ciudades de población media con volúmenes de tránsito de altos a medios con trayectos menores a la red nacional. Los segmentos de esta red permiten la circulación de todos los vehículos, aunque con ciertas restricciones.

Red local: son carreteras que sirven al transporte al interior de las localidades de las regiones. Conecta las poblaciones medianas o pequeñas entre sí, los volúmenes de tránsito son relativamente bajos a medios y no tienen control de acceso; en esta red no suelen circular los vehículos de mayores dimensiones.

Podría parecer lógico clasificar a las carreteras de acuerdo a la red a la que pertenecen; sin embargo, no todas las carreteras que forman una red tienen las

mismas características de operación, por ello no siempre las carreteras tomaran el nombre de la red a la que pertenecen, y conviene establecer una tipología que las distinga por tipo y nombre.

Esta clasificación es la técnica oficial y está definida por el (Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, 1994, última reforma 2006) de la SCT, que clasifica los caminos en función de sus características geométricas y estructurales, indica la jerarquía de la carretera y permite la percepción del usuario sobre las características principales de las carreteras, la clasificación es: Ejes Troncales (ET), tipo "A", "B", "C", y "D".<sup>8</sup>

- Carreteras "ET" son aquellas que forman parte de los ejes de transporte que establezca la SCT, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, así como de otros que por interés general autorice la Secretaría, y que su tránsito se confine a este tipo de caminos.
- Carreteras "A" son aquellas que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, excepto aquellos vehículos que por sus dimensiones y peso sólo se permitan en las carreteras tipo "ET".
- Carreteras "B" son las que conforman la red primaria y que, atendiendo a sus características geométricas y estructurales, prestan un servicio de comunicación interestatal y de vinculación del tránsito.
- Carreteras "C" son las que conforman la red secundaria y que, con base en sus características geométricas y estructurales, prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias y estableciendo conexiones con la red primaria.

---

<sup>8</sup> (SCT S. D., Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, 1994, última reforma 2006)

- Carreteras “D” son las que conforman la red alimentadora y que, de acuerdo con sus características geométricas y estructurales, prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas y estableciendo conexiones con la red secundaria.

Atendiendo a sus Características Geométricas, se tipifican en:

Tipo de Carretera	Nomenclatura
Carretera de cuatro carriles, Eje de Transporte	ET4
Carretera de dos carriles, Eje de Transporte	ET2
Carretera de cuatro carriles	A4
Carretera de dos carriles	A2
Carretera de cuatro carriles, Red primaria	B4
Carretera de dos carriles, Red primaria	B2
Carretera de dos carriles, Red secundaria	C
Carretera de dos carriles, Red alimentadora	D

Tabla. III.5.1.1 TIPOS DE CARRETERAS Y SUS NOMENCLATURAS.

FUENTE: (SCT S. D., Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, 1994, última reforma 2006)

### III.5.2 VELOCIDAD DEL PROYECTO

Es la velocidad que se establece de acuerdo con el tipo de carretera, considerando las características de operación que se tengan previstas; así como, a las condiciones topográficas, las zonas adyacentes a la carretera y al volumen de tránsito; con la cual deben dimensionarse los elementos geométricos de la carretera para que se proporcione seguridad, comodidad y el menor costo de transporte.

Velocidad de Proyecto (km/h)	Tipo de Carretera			
	ET y A	B	C	D
	110 a 60	110 a 50	100 a 40	70 a 30

Tabla. III.5.2.1 VELOCIDADES DE PROYECTO, SEGÚN EL TIPO DE CARRETERA

FUENTE: Elaboración propia con información de (SCT S. D., Normas de Servicios Técnicos - Proyecto Geométrico - CARRETERAS, 1984)

Por las condiciones del tramo en estudio, actualmente es inapropiado viajar a velocidades arriba de los 45 km/h, sin embargo en la práctica esta velocidad es rebasada; la nueva tipificación es proyectada a una velocidad de 60 km/h ya que el relieve de la zona permite hacer el afine de curvas hasta 11° de grado de curvatura.

### III.5.3 SECCIÓN TRANSVERSAL

Considerando el tipo de carretera y la red de la que formará parte es como se determinaran las características geométricas de la sección transversal de todo proyecto carretero, además del volumen y composición del tránsito esperado en el horizonte de proyecto.

La sección transversal permite definir las características y dimensiones de los elementos que formarán la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural, incluye los carriles de circulación, los acotamientos, bordillos, elementos del drenaje, etc.

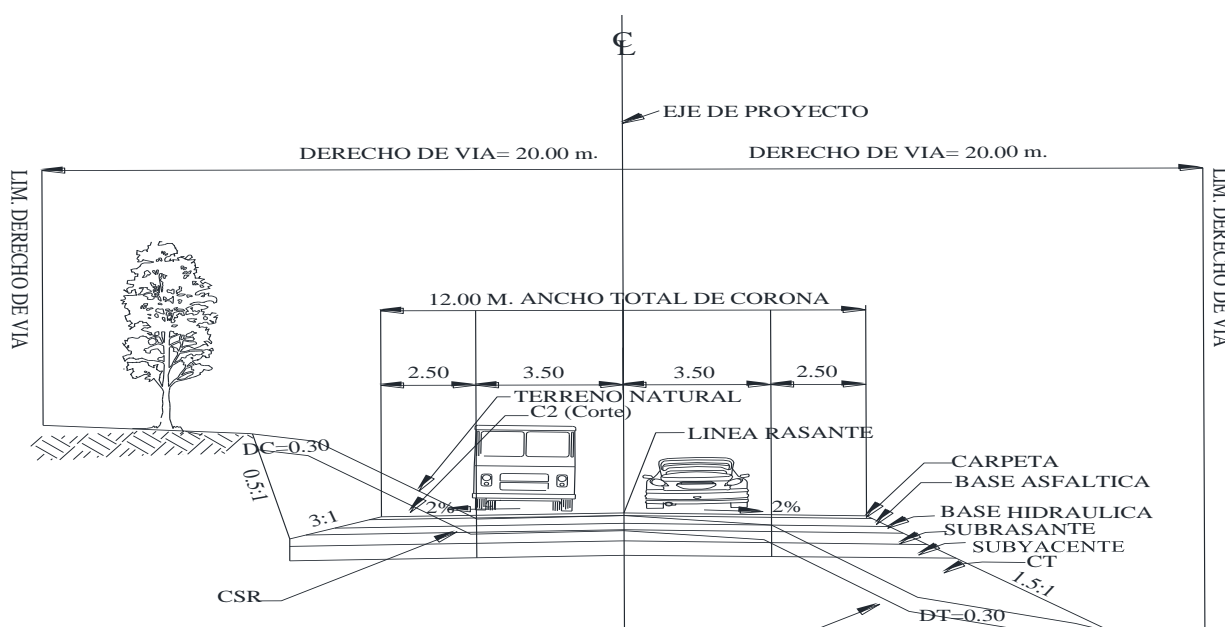


Fig. III.5.3.1 SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO A2

FUENTE: (Scala S. C., Proyecto Geométrico de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio Tramo: km. 81+000 al km. 85+000, 2009)

La modificación más destacada del cambio de carretera de tipo "C" a tipo "A2" es el aumento del ancho de corona, que cambiara de 7 metros a 12 metros, ya que para carreteras de tipo C para cualquier velocidad de proyecto es necesario únicamente un ancho de calzada de 6 metros con acotamientos de 0.5 metros; sin embargo para carreteras del tipo "A2" se requiere un ancho de calzada de 7 metros con acotamientos de 2.5 metros en cada carril.

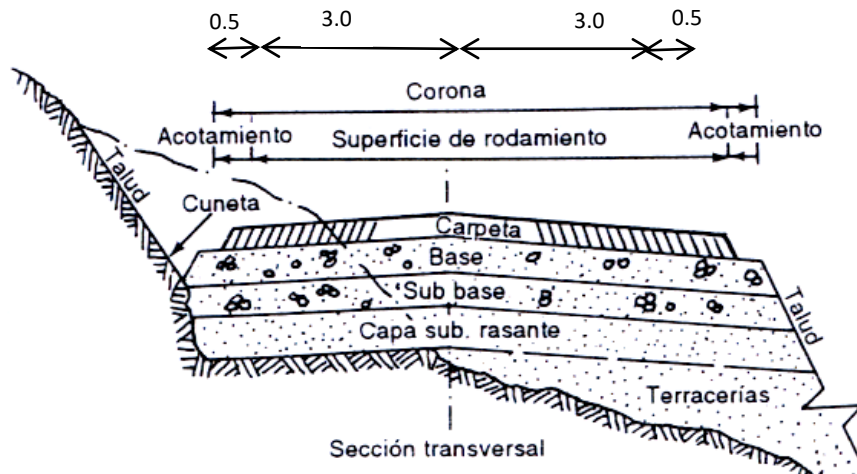


Fig. III.5.3.2 SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO C  
 FUENTE: Sitio Web (Docplayer)

Evidentemente esta transformación implica trabajos importantes de movimiento de tierra con la apertura de caminos, así como los cortes y los terraplenes necesarios.

El drenaje es una parte esencial en cualquier carretera, e involucra tres aspectos: drenaje de la superficie, drenes en zonas laterales y puentes y alcantarillas. Por parte del drenaje superficial la pendiente transversal representa su principal elemento, ya que de esto dependerá el correcto flujo de agua para evitar accidentes como consecuencia del hidropneumático. Para carreteras del tipo "C" Y "A2" es necesario un bombeo del 2%

Las modificaciones de la sección transversal generarán menores frecuencias de accidentes en la carretera, y también representan un balance más apropiado entre seguridad y eficiencia del flujo vehicular.

### III.5.4 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Para lograr el equilibrio en el diseño de carreteras todos los elementos geométricos deben estar dentro de condiciones económicas prácticas, diseñados para proporcionar una operación segura y continua a una velocidad que se espera sea respetada bajo las condiciones normales de esa vía por parte de los conductores.

Esto se puede lograr mediante el uso de la velocidad de diseño como control general del proyecto. El diseño de curvas en la carretera deberá basarse en una relación adecuada entre la velocidad de diseño y la curvatura y en sus relaciones conjuntas con la sobreelevación y la fricción lateral. Aunque estas relaciones se derivan de las leyes de la mecánica, los valores reales para usarse en el diseño dependen de los límites prácticos y de factores determinados empíricamente.

Los elementos más destacados en la alineación horizontal son; la sobre elevación, el radio mínimo y el grado máximo de curvatura.

Sobre elevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal. Existen límites superiores prácticos al grado de sobreelevación posible en una curva horizontal. Estos límites se refieren a consideraciones sobre el clima, la facilidad de construcción, el uso del suelo adyacente y la frecuencia de los vehículos que circulan a baja velocidad. Para el caso de carreteras tipo C y tipo A2 se establece una sobre elevación máxima de 10%

El radio mínimo es un valor límite de curvatura para una cierta velocidad de diseño y se determina a partir de la relación máxima de sobreelevación y del factor máximo de fricción lateral seleccionado para diseño. Por su parte el grado máximo de curvatura es el límite mayor que permite a un vehículo recorrer con seguridad una curva con la sobreelevación máxima y el coeficiente de fricción establecido a la velocidad de proyecto; así mismo, corresponde a un valor de

referencia para establecer las características de las curvas con grados menores al máximo, y las sobreelevaciones requeridas, considerando la topografía del terreno y las condiciones de operación establecidas.

Para el caso de la transición de carretera tipo “C” a tipo “A2” el alineamiento horizontal tendrá cambios importantes, sobre todo para las curvas horizontales ya que para una velocidad de proyecto de 60 km/h el grado de curvatura máximo aceptable es de 11° y en el tramo de estudio existen curvas que lo sobrepasan.

Estudios de (Glennon, 1987) reportan que la frecuencia promedio de accidentes en segmentos en curvas horizontales es tres veces más que la de segmentos rectos, y el radio de curvatura es el principal factor que afecta la seguridad en curvas horizontales, el estudio encontró que radios de curvatura mayores a 500 m no generan problemas de seguridad, pero que curvas con radios menores a ese valor están asociadas con un incremento abrupto en el riesgo. De ahí la importancia de cumplir en la medida de lo posible los estándares que indican las especificaciones y tomar siempre en consideración que una correcta modernización incluye también el “suavizamiento” de curvas es decir, la reconstrucción de la curva para darle un mayor radio.

,

### III.5.5 ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la sub corona. Al eje de la sub corona en el alineamiento vertical se le llama línea sub rasante.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas verticales y están definidas por su pendiente y su longitud. La mejor Pendiente Gobernadora será aquella que, para cada caso, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

La Pendiente Máxima se determina en base al vehículo de proyecto y las velocidades de proyecto, según el tipo de terreno en donde se desarrolle la carretera.

En la siguiente tabla se dan los valores de las Pendientes Gobernadoras y Máximas por tipo de terreno.

Carretera Tipo	Pendiente Gobernadora en %			Pendiente Máxima en %		
	Tipo de Terreno			Tipo de Terreno		
	Plano	Lomerío	Montañoso	Plano	Lomerío	Montañoso
D	-	6	8	6	9	12
C	-	5	6	5	7	8
B	-	4	5	4	6	7
A	-	3	4	4	5	6

Tabla. III.5.5.1 Pendientes Gobernadoras y Máximas por tipo de terreno  
FUENTE: (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

Las curvas verticales permiten cambios graduales entre las pendientes verticales que se intersectan, pueden ser del tipo cresta o del tipo columpio como las mostradas en la Fig. III.5.5.1

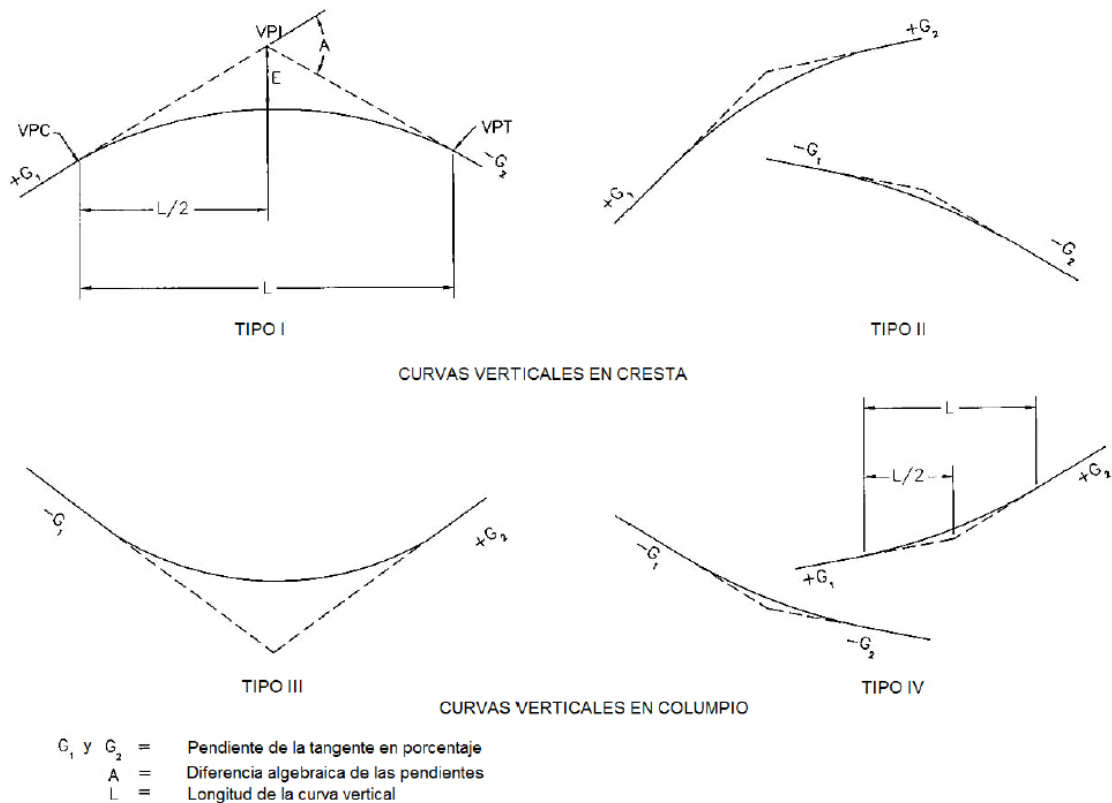


Fig. III.5.5.1 TIPOS DE CURVAS VERTICALES  
 FUENTE: (SCT S. D., Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, 2016)

Las curvas verticales deben ser simples en su aplicación y traer como resultado un diseño que sea seguro, cómodo en su operación, agradable en su apariencia y adecuado para el drenaje. El control principal para una operación segura en curvas verticales en cresta radica en la dotación de distancias amplias de visibilidad para la velocidad de diseño; todas las curvas verticales se deberán diseñar para proporcionar cuando menos las distancias de visibilidad de parada, mostradas en la tabla de resumen de elementos geométricos para diferentes tipos de carreteras Tabla. III.5.7.1. Siempre que sea práctico, deberán usarse distancias de visibilidad mayores a la DVP. Además, en los puntos de decisión se deberá contar con una distancia adicional de visibilidad.

### III.5.6 VISIBILIDAD DE PARADA

Todo conductor debe ser capaz de ver la carretera que está por transitar, con el fin de navegar, guiar y controlar su vehículo. Esta distancia de visibilidad frontal (a diferencia de la distancia de visibilidad en intersecciones) no debe ser menor que la distancia requerida para hacer alto, conocida como distancia de visibilidad de parada (DVP). De ahí la importancia de que el proyectista llegue a garantizar que el conductor pueda viajar con seguridad a la velocidad adecuada según la carretera, proporcionando la distancia de visibilidad frontal apropiada.

### III.5.7 RESUMEN DE ELEMENTOS GEOMETRICOS PARA DIFERENTES TIPOS DE CARRETERAS.

En la siguiente tabla se aprecian de manera resumida las particularidades geométricas, los TDPA, velocidades de operación entre otros datos importantes de los diferentes tipos de carreteras, para efectos del presente trabajo y en función de que el (SCT S. D., Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, 1994, última reforma 2006) de jurisdicción federal también las agrupa, las carreteras tipo "ET" y "A" se analizan en conjunto en relación a las características de sus elementos geométricos.



## **CAPITULO IV. DESARROLLO DE LA MODERNIZACIÓN DE LA CARRETERA IZUCAR DE MATAMOROS- ACATLÁN DE OSORIO, TRANSICIÓN DE TIPO “C” A TIPO “A2” DEL KM. 81+000 AL KM. 85+000**

### **IV.1 REFERENCIAS HISTÓRICAS DEL TRAMO**

La Carretera Federal 190 une en uno de sus segmentos a los municipios de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio en el territorio Poblano y es uno de los miles de tramos que conforman la histórica “Carretera Panamericana”, que en su momento y aun en la actualidad posibilita una serie de intercambios políticos, económicos y culturales entre México, Estados Unidos y el resto del continente americano.

Fue concebida y reconocida en la V Conferencia Internacional de los Estados Americanos en 1923 (Instituto Vial Ibero-Americano, 2007); aunque fue evidente el interés económico, político e inclusive militar del vecino país del norte durante su desarrollo fue para nuestro país el detonante de la naciente industria turística.

A partir de 1940 se le otorgó un gran privilegio al transporte carretero por parte de los gobiernos, como soporte del progreso de México, y se expresó en la construcción de carreteras; que fueron construidas de manera paralela a los ejes troncales establecidos previamente por las vías férreas; con un sentido de competencia antes que la complementariedad entre los dos tipos de infraestructuras, fue así que durante esa época (años 40’s) se llevó a cabo la construcción de la Carretera Panamericana concluyendo en 1943 su primer tramo: Puebla-Oaxaca y el 5 de mayo de 1950 inaugurada por completa por el presidente Miguel Alemán Valdés, quien dio el banderazo inicial de la carretera que iría de Ciudad Juárez, Chihuahua a Ciudad Cuauhtémoc (el Ocotlán), Chiapas en la frontera con Guatemala; con un trazo de 3,446 kilómetros que la convertía en una de las más largas del mundo; y que daría inicio también a una de las carreras más importantes del mundo (La Carrera Panamericana) con el propósito de que esta carretera fuera realmente internacional y que se celebraría anualmente con competidores de todo el mundo.

Con el paso de los años, casi todos los países de América se unieron a la construcción de la Carretera Panamericana. Sin embargo, existe un tramo de 87 km. de selva montañosa, ubicado entre el extremo este de Panamá y el noroeste de Colombia, llamado el Tapón de Darién, que ha sido paralizado debido a que debería atravesar por zonas ecológicamente protegidas. El resto de los tramos han podido finalizarse y ni siquiera el canal de Panamá ha logrado interrumpir el paso de la Panamericana, que atraviesa el canal por el imponente Puente de las Américas.

Actualmente la Carretera Panamericana es un sistema de carreteras con 48,000 kilómetros, que se ha convertido en la más larga del mundo. Va desde Alaska, atraviesa Canadá, Estados Unidos, México y llega hasta Chile. Es un sistema de carreteras que abarca todo el Continente Americano, aunque hay partes que no han sido declaradas como oficiales<sup>9</sup>. Tiene varios ramales que se dividen a partir del original; tramos creados para beneficiar a ciertas comunidades desde el punto de vista turístico y social.

La carretera panamericana tiene un peso histórico grande para nuestro país, pero lo que representa a nivel económico, político y social también es enorme, a lo largo de los años la carretera evidentemente ha tenido mantenimientos y modernizaciones en diversos tramos que permiten que esté vigente y utilizable; sin embargo específicamente en el tramo de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio en el estado de Puebla hasta el año 2006 solo había tenido mejoramientos rutinarios, superficiales e incluso profundos pero sobre el mismo trazo geométrico; es a partir del año 2007 mediante el contratos de obra pública 7-U-CE-A-588-W-0-7 y 9-U-CE-A-605-W-0-9 a cargo del Centro SCT Puebla, donde se empieza a realizar una modernización destacable, que incluye ampliación de la corona y modificaciones de trazo, afine de curvas y mejoramiento de pendientes que están permitiendo un aumento en sus niveles de servicio.

---

<sup>9</sup> (El\_Universal, 2018)

Para el año 2018 se están trabajando en la modernización del km 81+000 al km. 85+000 cuya naturaleza específica de este proyecto se presenta en el próximo tema.

### CARRETERA PANAMERICANA

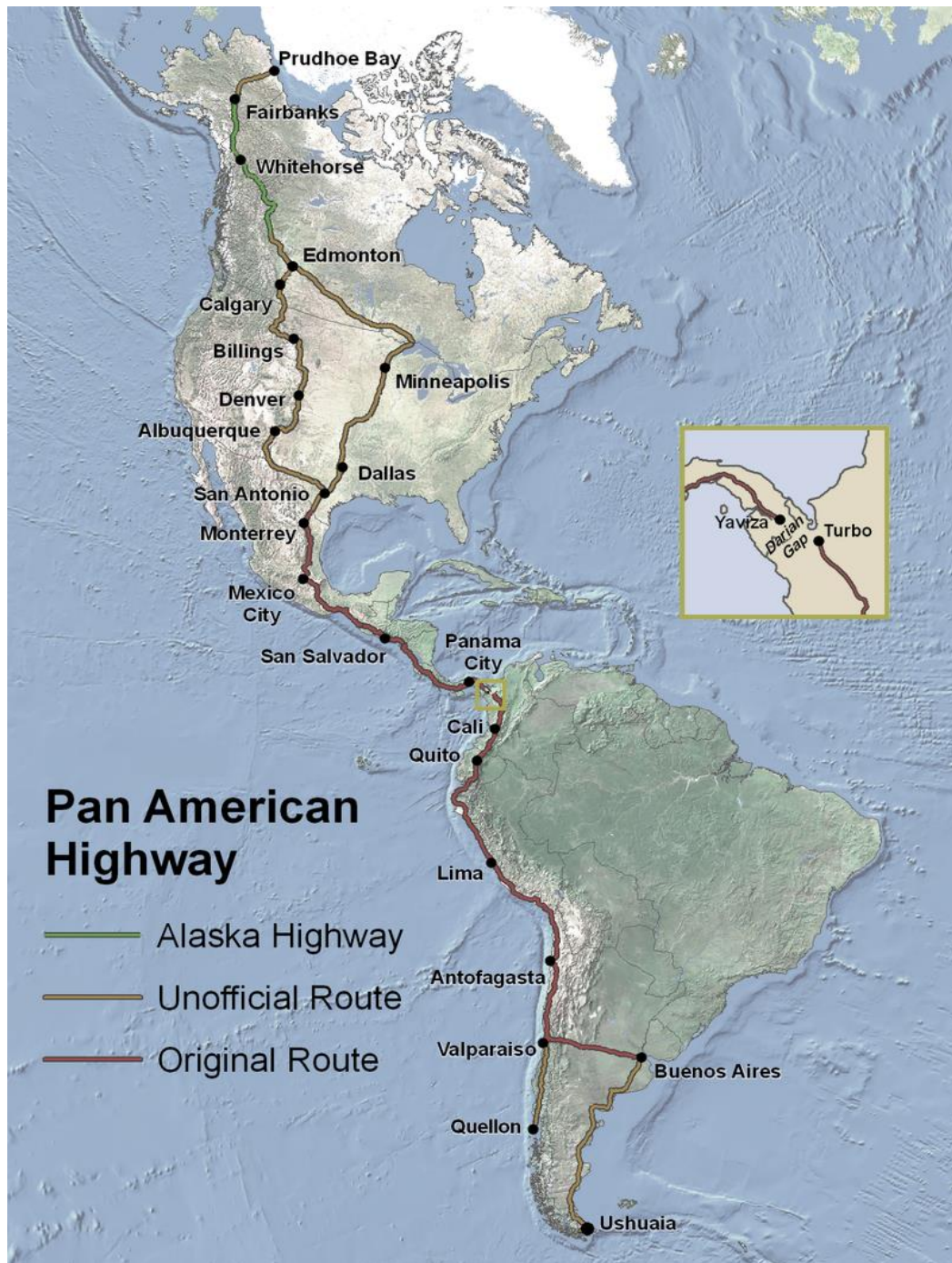


Fig. IV.1.1 CARRETERA PANAMERICANA.  
FUENTE: Página web (MegaConstrucciones)

## IV.2 NATURALEZA DEL PROYECTO

Dentro del programa de modernización de la Red Federal de Carreteras el Centro SCT Puebla, a través de la Subdirección de Obras, pretende efectuar el proyecto ejecutivo para la modernización del tramo carretero comprendido entre el km 79+260 al km 93+000 del tramo carretero Izúcar de Matamoros – Acatlán de Osorio. Actualmente sigue siendo uno de los ejes carreteros importantes de nuestro país y aunque a través de los años ha tenido mantenimientos, su trazo geométrico ha permanecido hasta este momento y su modernización permitirá darle la vigencia que se merece.

Los trabajos de modernización en este tramo se han venido realizando desde el año 2007; con la finalidad de elevar el nivel de servicio actual en el tramo carretero Izúcar de Matamoros – Acatlán de Osorio del km 79+260 al km 93+000, actualmente se está trabajando en los tramos del km. 81+000 al km 85+000 y del km. 86+500 al km. 88+000; estos tramos carreteros tipo C presentan una superficie de rodamiento de 7m de ancho de corona, con daños considerables, que consisten en agrietamientos de tipo mapa, con roderas de hasta 3.0 cm de profundidad, con una geometría que permite la circulación a menos de 50 km/h , debido a las pendientes y el escaso grado de curvatura en las zonas de curvas.

Las actividades de construcción son realizadas sobre el trazo existente y dentro del derecho de vía, las obras que comprende son la ampliación y modernización de terracerías, revestimiento y obras de drenaje, con algunas modificaciones en las zonas de curvas, se ampliará principalmente del lado derecho con la finalidad de garantizar la estabilidad de la estructura del cuerpo del terraplén.

Durante el desarrollo de la obra se llevaran a cabo procedimientos adecuados para la construcción de las terracerías y capas del pavimento necesarias, permitiendo que la vía cuente con un nivel de servicio adecuado para una operación cómoda y segura; apegándose a los parámetros que establece la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT para un camino tipo

“A2”, lo que obliga a realizar algunas mejoras al alineamiento tanto horizontal como vertical.

El caso de estudio para el presente trabajo es el análisis del tramo comprendido entre el km. 81+000 al km. 85+000, analizando los trabajos más relevantes para llevar a cabo la modernización de la red, remarcando los elementos que determinan la transición de tipo “C” a tipo “A2”

#### IV.2.1 SITUACIÓN INICIAL DEL TRAMO

El tramo carretero actual corresponde a un tipo “C” y es parte de la carretera que comunica a los municipios de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio, tiene un ancho de corona de 7 metros con dos carriles de circulación, sin acotamientos laterales en terreno lomerío; superficie de rodamiento a base de concreto asfáltico el cual presenta agrietamientos considerables y baches en algunas zonas. En su alineamiento horizontal el tramo presenta curvas con grados muy superiores a los 11° que para velocidades de operación arriba de 45 km/hr son altamente peligrosos. Las obras de drenaje presentan daños de operación pero cumplen su función, los señalamientos verticales son pocos y algunos viejos y los señalamientos horizontales en algunos tramos son casi imperceptibles.

El principal problema que presenta el tramo además de la situación insegura, son las bajas velocidades de tránsito y los elevados tiempos de recorrido que experimentan los usuarios, debido al volumen vehicular que existe y al ancho de corona actual ya que actualmente el tramo registra tránsito diario promedio anual (TDPA) de 5782 vehículos (SCT S. D., DATOS VIALES ACTUALES-PUEBLA, 2017)

El análisis de capacidad indica que el nivel de servicio en el que opera el tramo es D, lo que significa una elevada densidad de tránsito, velocidades y libertad de maniobra seriamente restringida, un nivel de comodidad y conveniencia

extremadamente bajos y la circulación es inestable, produciendo colapsos frecuentes.

Concepto	Unidad
Velocidad de operación actual	45 km/h
ancho de corona	7 m
Curvatura máxima	22°
Pendiente gobernadora	4%
Pendiente máxima	6%

Tabla. IV.2.1.1 PARÁMETROS ACTUALES DEL TRAMO  
FUENTE: Elaboración propia

En las siguientes imágenes puede apreciarse el estado inicial del tramo:



Fig. IV.2.1.1 ESTADO ACTUAL DEL TRAMO  
FUENTE: Elaboración propia.

El tramo analizado cuenta con una longitud de 4 km, que va del km. 81+000 al km. 85+000, el cual después de su modernización contará con un ancho de corona de 12.0 m; la velocidad del proyecto será de 60 km/h, una curva máxima de 11°, una pendiente gobernadora de 4 %, una pendiente máxima de 6.0 % y un espesor de pavimento de 0.37 m como puede apreciarse en la Fig.IV.2.1.2

Conceptos	Unidad
Velocidad del proyecto	60 km/h
Ancho de corona	12.00
Curvatura máxima	11 °
Pendiente gobernadora	4 %
Pendiente máxima	6 %
Espesor de pavimento	0.37

TABLA. IV.2.1.2 ESPECIFICACIONES ACTUALES DEL PROYECTO  
Fuente: Elaboración propia

#### DETALLE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO Y TERRACERIA

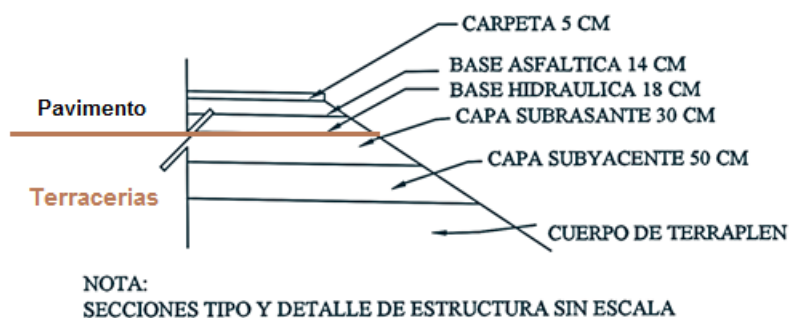


Fig. IV.2.1.2 ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO  
FUENTE: Elaboración propia.

### IV.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO

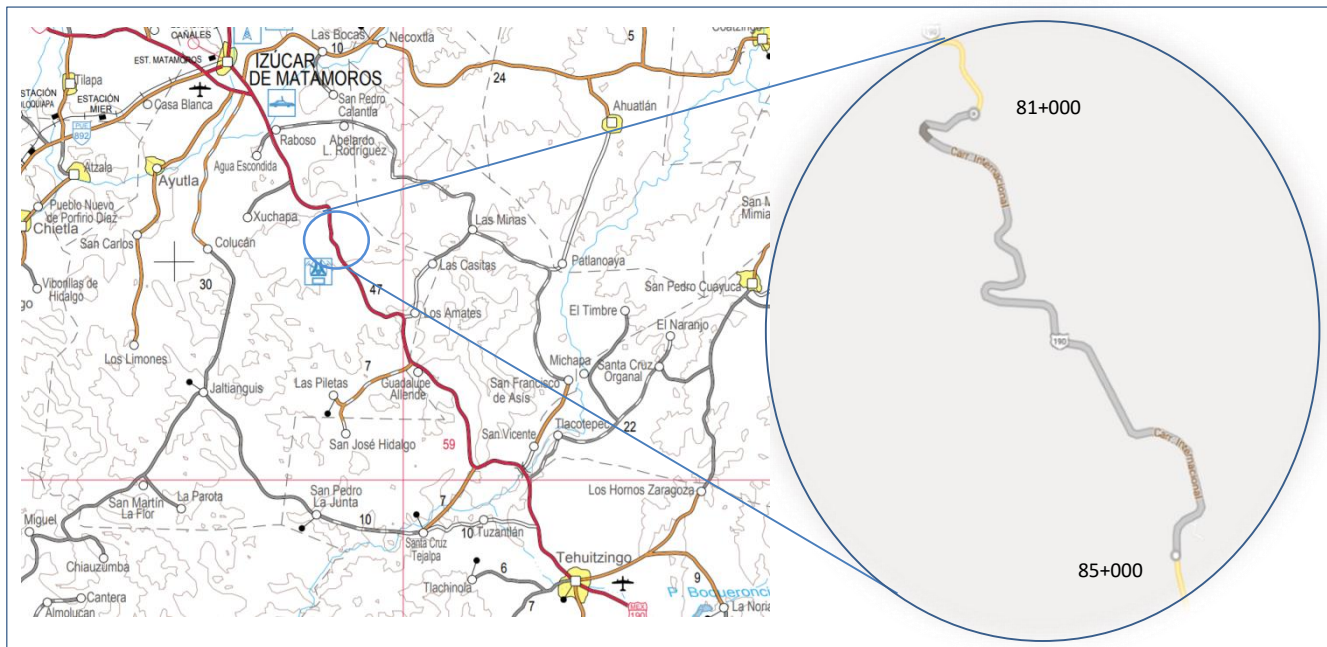
La obra en general se ubica en la parte Sur-Poniente del estado de Puebla, en la carretera Izúcar de Matamoros – Acatlán de Osorio del km 81+00 al km 85+000, en la comunidad del raboso localizada en el poblado del municipio de Tehuiztingo.

La obra se localiza en las siguientes coordenadas:

Coordenadas UTM		
Cadenamiento	X	Y
81+000	562333.3845	2047243.1170
82+000	562544.0957	2046542.7740
83+000	562834.8345	2045790.6574
84+000	563559.5651	2045231.9886
85+000	563649.4903	2044383.9502

Tabla. IV.3.1 COORDENADAS UTM DEL PROYECTO Y DEL TRAMO  
Fuente: Elaboración propia

Fig. IV.3.1 UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO



Fuente: Modificado de (SCT S. D., Cartografía , 2014)

#### IV.4 PARÁMETROS DE OPERACIÓN

El tramo tiene un tránsito de 5782 vehículos diarios, en ambos sentido de circulación, de acuerdo con los aforos contenidos en (SCT S. D., DATOS VIALES ACTUALES-PUEBLA, 2017), se consideró una tasa de crecimiento anual del 4.01%; cuya distribución vehicular es la siguiente:

A-2	54.1%
A'-2	29.2%
B-2	7.4%
C-2	4.7%
C-3	3.3%
T3-S2	0.0%
T3-S3	1.3%
<u>T3-S2-R4</u>	<u>0.0%</u>
SUMA	100.0%

El horizonte de proyecto considerado es de 15 años, y el porcentaje de vehículos en el carril de diseño en este caso es del 50%, por tratarse de un camino de dos carriles de circulación, y el TDPA de ambos sentidos, con lo que el factor de distribución vehicular es de 0.5.

## **IV.5 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE MODERNIZACIÓN DEL TRAMO**

### **IV.5.1 PREPARACIÓN DEL SITIO**

En la etapa de preparación del sitio, se realizan las actividades de desmonte y despalme.

El desmonte consiste en la remoción de la vegetación en el lugar de construcción, con objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impedir daños a la obra y mejorar la visibilidad, comprende: tala en la tala de árboles y arbustos, roza que consiste en cortar y retirar la maleza, hierba, zacate o residuos de siembra; y el desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con o sin raíces y finalmente la Limpia y disposición final, que consiste en retirar el producto del desmonte y llevarlo a los bancos de tiro. Las actividades fueron realizadas con diversas cuadrillas a lo largo de los 4 km del tramo, únicamente se usó equipo de apoyo como motosierra y machetes.

Una vez realizado los trabajos de desmonte se realizó el despalme que consiste en la remoción del material superficial del terreno, de acuerdo con lo establecido en el proyecto y aprobado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con objeto de evitar la mezcla del material de las terracerías de los accesos del distribuidor con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable.

El equipo utilizado para la realización de esta actividad fue excavadora y tractor para remover 30 cm de la capa. El material fue depositado en los bancos de tiro autorizados.

El primer banco de tiro autorizado se encuentra en el km 80+980, lado izquierdo 800 m. hacia dentro como se muestra en la siguiente figura:



Fig. IV.5.1.1 BANCO DE TIRO KM. 80+980

Fuente: Elaboración propia

En este primer banco se depositó el desperdicio del desmonte y despalme extraído del km 81+000 al km 82+800.

Para los materiales de desperdicio extraídos de los kilómetros posteriores al km. 82+800 se ubica el segundo banco de tiro que se localiza la entrada en el km 84+680 y son 750 m. a lado izquierdo del camino. Fig. IV.5.1.2.



Fig. IV.5.1.2 BANCO DE TIRO KM. 84+680

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan imágenes del desarrollo de los trabajos de despalme.



Fig. IV.5.1.3 DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE DESPALME  
Fuente: Elaboración propia

Antes del desarrollo de estos trabajos se realizaron trabajos de identificación, cuantificación y rescate de flora y fauna que se establecieron en actividades de mitigación del impacto ambiental, dentro de lo más destacado fue el rescate de *Neobuxbaumia Mezcalaensis* (Tetecho), que fueron colocados en invernaderos provisionales, contruidos para alojar la flora y posteriormente replantarlas una vez terminada la obra.



Fig. IV.51.4 VIVEROS PARA EL RESCATE DE FLORA  
Fuente: Elaboración propia

#### IV.5.2 CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS

La parte central de la modernización de este tramo carretero recae en los trabajos de terracerías, incluidos los cortes y excavaciones y la formación y compactación de terraplenes, ya que estos trabajos serán los encargados de transformar la proyección geométrica del tramo.

Conforme a la revisión de la geotecnia en las zonas de cortes y determinar la estabilidad de los taludes, se revisó el material encontrado en la exploración de los pozos a cielo abierto del camino, dentro de los cuales se determinaron las siguientes características importantes:

- Conglomerado calizo color rosa claro, compacto con fragmentos chicos y vetas de suelo calizo.
- Conglomerado calizo color café rojizo, compacto con fragmentos chicos y vetas de arena arcillosa.
- Arena arcillosa café rojizo con gravas compactas.
- Andesita fracturada e intemperizada.
- y Brecha cementada con arcilla café rojizo.

En las zonas cuya sección sea en terraplén, se procederá en primera instancia a la realización del despalme correspondiente en un espesor promedio de 30.0 cm. como se mencionó anteriormente, aplicando a la superficie descubierta la compactación necesaria hasta alcanzar el 90% +- 2% de su P. V. S. M. Calculado con la prueba AASHTO estándar, en 20.0 cm de espesor.

#### IV.5.2.1 CONSTRUCCION DE LA CAPA SUBYACENTE

Sobre la superficie despalmada y compactada, como se indicó anteriormente, se construirán los terraplenes con material producto de la excavación, sin tratamiento alguno después de la extracción, en capas de espesor no mayor de 30.0 cm y compactación del 90% +- 2% de su P. V. S. M., calculado con la prueba AASHTO estándar, para el caso de suelos, mientras que para el caso de materiales no compactables, el espesor de capa estará en función de los tamaños máximos de los agregados, y el acomodo se realizará mediante bandeado, llegando a 80.0 cm abajo del nivel subrasante de proyecto.

Sobre los terraplenes concluidos, se procederá a la construcción de la capa subyacente de 50.0 cm de espesor, y compactación del 95% +- 2% de su P. V. S. M. Calculado con la prueba AASHTO estándar; los materiales a utilizar en esta capa para este proyecto son suelos y fragmentos de roca, producto de los cortes que se tienen en el km 81+000 al km 81+500 y del km 82+600 al km 83+260, en dos capas, llegando a 30.0 cm abajo del nivel subrasante de proyecto.

En las zonas sección sea en corte, se procederá a cortar el material existente, hasta llegar a 30.0 cm abajo del nivel subrasante de proyecto, aplicando a la superficie descubierta la compactación necesaria hasta alcanzar el 95% +- 2% de su P. V. S. M. Calculado con la prueba AASHTO estándar en 20.0 cm de espesor. Por tanto no se conformara una capa subyacente como tal cuando se trate de secciones de cortes a lo largo del tramo.

Sobre la cama de corte compactada, y/o la capa subyacente debidamente terminada, se construirá la capa subrasante de proyecto.

#### IV.5.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA SUBRASANTE

Una vez obtenido el material producto de los cortes que se obtuvieron del km 81+000 al km 81+500 y del km 82+600 al km 83+260 estos fueron tratados en el km. 84+800 en el banco el Tepenene, área donde se encuentra la maquinaria para recibir el tratamiento de cribado por la malla número 3.



Fig. IV.5.2.2.1 CRIBADO DE MATERIAL  
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el tamaño máximo del agregado es trasladado al tramo y por medio de la motoconformadora se extiende parcialmente y se procede a la incorporación de agua por riegos y mezclados sucesivos, a fin de alcanzar la humedad óptima. Después se extenderá para formar una capa cuyo espesor compactado deberá ser de 30 cm. de acuerdo a lo proyectado.

Las características de calidad se obtuvieron de acuerdo a lo especificado en la norma N.CMT.1.03/02 de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (SCT S. D., 2014)

#### Requisitos de calidad de materiales para capa subrasante

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[1]</sup> ; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación <sup>[2]</sup> ; %	100 ± 2

[1] En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta Tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1,5 m de profundidad.

[2] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estándar, del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Tabla. IV.5.2.2.1 CALIDAD DE MATERIALES PARA CAPA SUBRASANTE

Fuente: Normativa para la Infraestructura del Transporte. N.CMT.1.03/02 (SCT S. D., 2014)

La capa extendida es compactada por medio de un rodillo liso de placa vibratoria, hasta alcanzar una compactación del 100% +- 2% de su P. V. S. M. Calculado con la prueba AASHTO estándar. En las partes donde fue requerido se dieron riegos superficiales de agua durante el tiempo para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

Para dar por terminada la construcción de esta capa, se verifica que el alineamiento, sección, compactación, espesores y acabados sean los establecidos por el proyecto.

Las principales funciones de la capa subrasante son: recibir y resistir las cargas del tránsito, transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas al cuerpo de terraplén.

A continuación se presentan imágenes del desarrollo de las actividades:



Fig. IV.5.2.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA SUBRASANTE  
Fuente: Elaboración propia

### IV.5.2.3 CAMBIOS EN LA PROYECCIÓN GEOMÉTRICA DEL TRAMO.

A continuación se presentan los trabajos de terracerías más importantes a lo largo del tramo que causan mayor impacto al convertirlo de tipo “C” a tipo “A2”

Entre el km. 81+000 al km.81+920 se encontraban originalmente 5 curvas horizontales (c1, c2, c3, c4, c5), por la distancia de menos de 1 km son demasiadas y hacen el camino altamente sinuoso, además dos ellas superan los 11° de grado curvatura (c1 y c4), que para velocidades de 60 km/h como se especifica en el tramo, son altamente peligrosas. Los trabajos de terracerías consistieron en el afine de dichas curvas, reduciendo el número a 3 curvas (C20, C21, C22) con grados de curvatura de 6°25' , 11° y 8°30' respectivamente, haciendo que el tramo quede dentro de los límites permisibles para carreteras del tipo “A2” con la velocidad especificada en el proyecto.(Fig. IV.5.2.3.1)

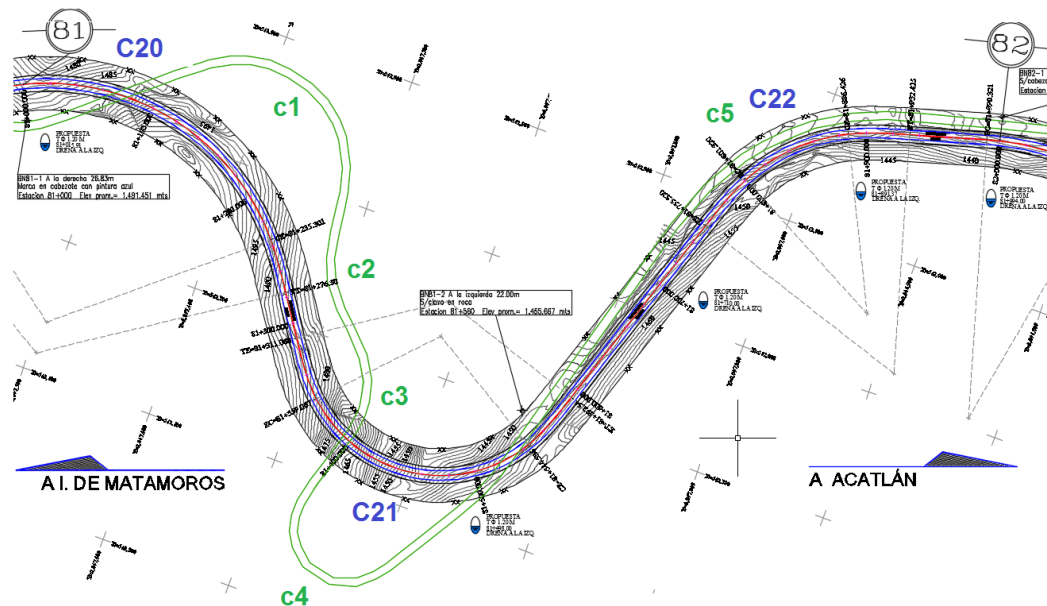


Fig. IV.5.2.3.1 AFINE DE CURVAS DEL KM. 81+000 AL 81+920  
Fuente: Modificado de (Scala S. C., Proyecto Geometrico de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio Tramo: km. 81+000 al km. 85+000, 2009)

En este tramo se realiza un corte entre el km. 81+000 al km. 81+420 de 135,756 m<sup>3</sup> de material altamente rocoso para el cual se ocupó tractor DN8 y excavadoras 330, un segundo tramo del km. 81+420 al km. 81+520 se realiza la conformación de un terraplén de 4161 m<sup>3</sup> de material para el cual se usó el producto de corte del tramo anterior; estos trabajos fueron los que favorecieron el afine de las curvas que existían.

A partir del km 81+520 al km. 81+820 el trazo no se modifica en gran medida, únicamente se realiza corte al costado derecho de la vía para ampliar el ancho de la corona, en este tramo se removieron 11,995 m<sup>3</sup> de material.

Entre el km. 81+820 y el km. 81+920 para el seguimiento de la ampliación por ese costado se construirá un terraplén con 4127 m<sup>3</sup> de material.

Mediante la siguiente imagen satelital obtenida de Google Earth pueden apreciarse el afine de curvas mediante los trabajos de movimiento de tierras. (Fig. IV.5.2.3.2)



Fig. IV.5.2.3.2 IMAGEN SATELITAL DEL AFINE DE CURVAS DEL KM. 81+000 AL 81+920  
Fuente: Modificado de (Google Maps, s.f.)

A continuación se presentan algunas imágenes de los trabajos realizados en este tramo:

TRABAJOS DE CORTES Y EXCAVACIONES ENTRE EL KM. 81+000 Y EL KM. 81+920



Fig. IV.5.2.3.3 TRABAJOS DE CORTE Y EXCAVACIONES DEL KM. 81+000 AL 81+920  
Fuente: Elaboración propia

TRABAJOS DE TERRAPLENES ENTRE EL KM. 81+000 Y EL KM. 81+920



Fig. IV.5.2.3.4 CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN DEL KM. 81+000 AL 81+920  
Fuente: Elaboración propia

Entre el km.81+920 y el km. 82+620 se encontraban originalmente 5 curvas horizontales (c6, c7, c8, c9 y c10) que también producen que el tramo sea altamente sinuoso, tres de las curvas supera los 11° de grado curvatura (c8, c9 y c10) y la curva c10 es altamente peligrosas ya que supera los 20° de curvatura, no tiene una considerable visibilidad de parada ni de frenado. Los trabajos de terracerías consistieron en realizar una intervención para dejar el tramo casi en línea recta unido por dos curvas a los extremos (C23 y C24) con grados de curvatura de 5°30' y 11° respectivamente, quedando el tramo dentro de los límites permisibles para carreteras del tipo "A2" con la velocidad de 60 km/h especificada en el proyecto. (Fig. IV.5.2.3.5)

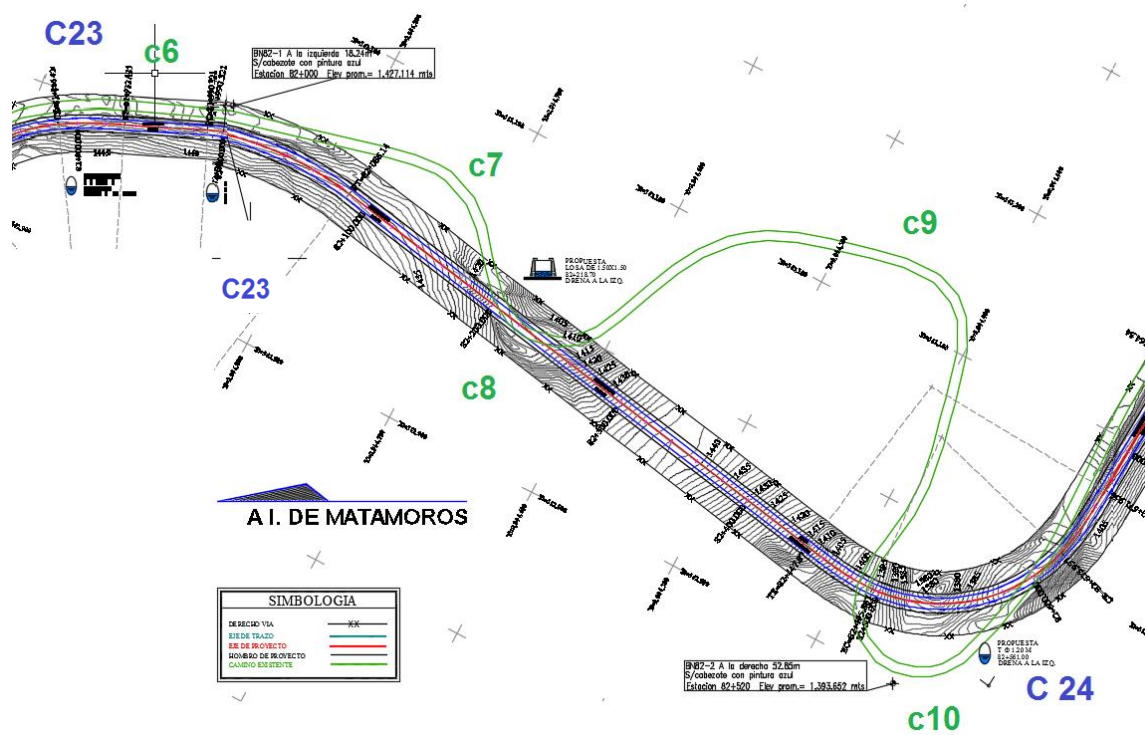


Fig. IV.5.2.3.5 AFINE DE CURVAS DEL KM. 81+920 AL 82+620

Fuente: Modificado de (Scala S. C., Proyecto Geometrico de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio Tramo: km. 81+000 al km. 85+000, 2009)

Para lograr la modificación de la proyección geométrica fue necesario realizar un corte entre el km. 81+920 y el km. 82+200 donde se removieron 36,273 m<sup>3</sup> de material y así poder librar la primera curva; sobre esa misma tangente fue necesario construir un terraplén entre del km. 82+200 y el km. 82+240 que permitió seguir avanzado en línea recta, entre el km. 82+240 hasta el km. 82+480 en donde se llevó a cabo una de las mayores aperturas de proyecto con un total de 94,300 m<sup>3</sup> de material removido y que permitió librar la curva de mayor longitud del tramo reduciendo la longitud de recorrido de la curva a menos del 50%, siguiendo esa dirección se realiza un terraplén entre el km. 82+480 y el km. 82+620 de 32,755 m<sup>3</sup> que permite librar la curva más peligrosa del tramo y la une a una curva mucho menos peligrosa y que se encuentra ya dentro de los límites permisibles.

En la siguiente imagen satelital obtenida de Google Earth pueden apreciarse la línea recta que permitió eliminar las curvas que se encontraban fuera de los límites permisibles y que sin duda ponían en riesgo la seguridad de los usuarios. (Fig. IV.5.2.3.6)

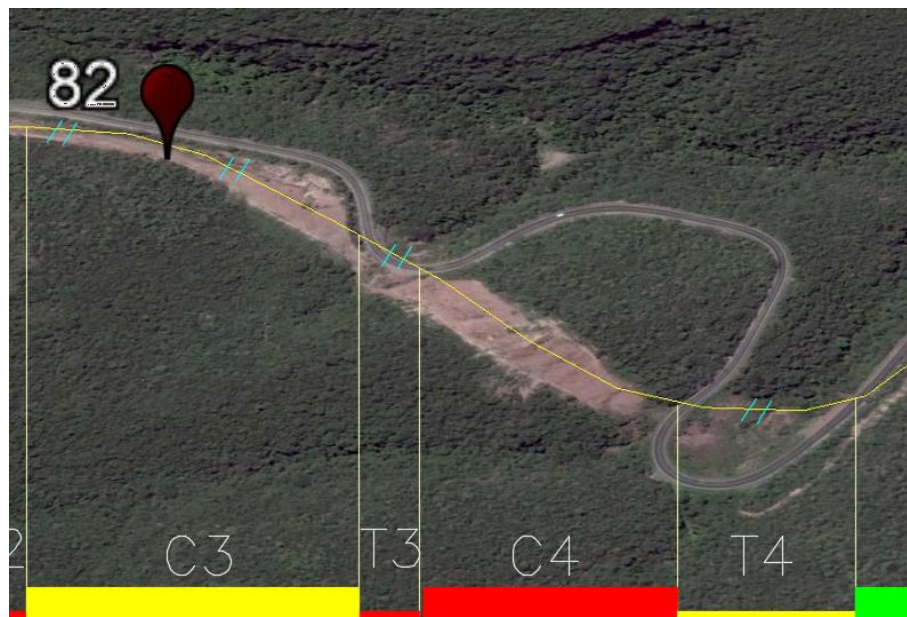


Fig. IV.5.2.3.6 IMAGEN SATELITAL DEL AFINE DE CURVAS DEL KM. . 81+920 AL 82+620  
Fuente: Modificado de (Google Maps, s.f.)

A continuación se presentan algunas imágenes de los trabajos realizados en este tramo:



Fig. IV.5.2.3.7 TRABAJOS REALIZADOS DEL KM. 81+920 AL 82+620  
Fuente: Elaboración propia

Para el tramo comprendido entre los km. 82+620 y km. 83+820 los trabajos de terracerías consistieron en modificar la curva c11 por la C25 reduciendo el grado de curvatura a 11° además de su longitud, y el afinen de la curva c12 por la C26 de 11°, estos trabajos consistieron en cortes y excavaciones al margen derecho prácticamente paralelo al camino existente hasta unirse nuevamente en el km. 83+180 saliendo de la curva c13 que es sustituida por la curva C27 de 7° de curvatura, removiéndose del km. 82+620 al km. 83+180 139,703 m3 de material siendo el tramo con la mayor longitud de corte.

En el km. 83+180 fue necesario construir un terraplén hasta el km. 83+320 de 5,071 m3 para empalmar la nueva vía con la existente; a partir de este punto se realizaran los trabajos de corte al costado derecho de la vía ya que el tramo existente será reutilizado al ampliar el ancho de calzada hasta el km. 83+760 removiéndose un total 12,445 m3 de material. Entre el km. 83+760 y el km. 83+820 se construirá un terraplén de 26,612 m3 para poder afinar la curva c14 y tener una nueva con un grado de curva de 11° (curva C28), de esta forma se mantiene el tramo dentro de los límites permisibles para carreteras del tipo "A2" con la velocidad de 60 km/h especificada en el proyecto. En las (Fig. IV.5.2.3.8) (Fig. IV.5.2.3.9) puede apreciarse el desarrollo de las curvas antes mencionadas.

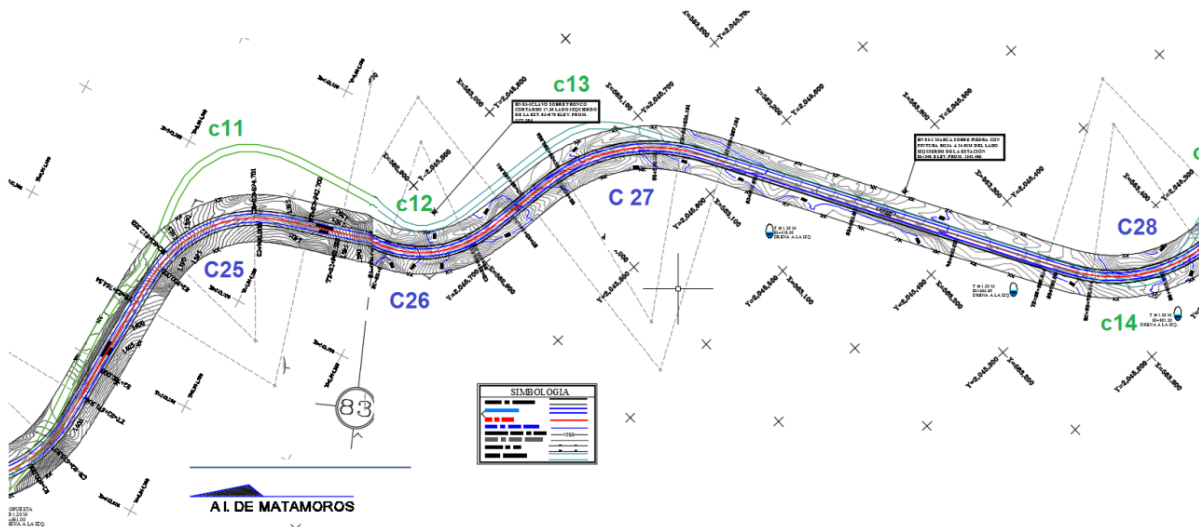


Fig. IV.5.2.3. 8 AFINE DE CURVAS DEL KM. 82+620 AL 83+820

Fuente: Modificado de (Scala S. C., Proyecto Geometrico de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio Tramo: km. 81+000 al km. 85+000, 2009)



Fig. IV.5.2.3.9 IMAGEN SATELITAL DEL AFINE DE CURVAS DEL KM. 82+620 AL 83+820  
Fuente: Modificado de (Google Maps, s.f.)

A continuación se presentan algunas imágenes de los trabajos realizados en este tramo:



Fig. IV.5.2.3.10 AFINE DE CURVAS DEL KM. 82+620 AL 83+820  
Fuente: Elaboración propia



Fig. IV.5.2.3.11 AMPLIACION DE CALZADA DEL KM. 82+620 AL 83+820  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente entre los kilómetros 83+820 y 85+000 aunque no se modifica el número de curvas estas son mejoradas, se realizó el afine de estas a través de diversos cortes: la curva c15 es sustituida por la curva C29 de 8° de curvatura que se construye al costado derecho, posteriormente la curva c16 únicamente es ensanchada quedando la curva C30 con su mismo grado de curvatura de 11° la abertura continua en su parte tangente hasta el km. 84+380 que es donde inicia la curva C31 y se conecta inmediatamente con la curva C32 que son las que remplazan a la curva c17 y c18 realizando trabajos de corte por el costado derecho hasta el km. 84+900 donde el nuevo trazo vuelve a unirse con el existente y a partir de ese punto los cortes se realizan únicamente para ampliar el ancho de la corona hasta el km. 85+000 que es final del tramo de estudio; realizando para este tramo un total de 84,071 m<sup>3</sup> de cortes. En las (Fig. IV.5.2.3.12) (Fig. IV.5.2.3.13) puede observarse el desarrollo de las curvas antes mencionadas.

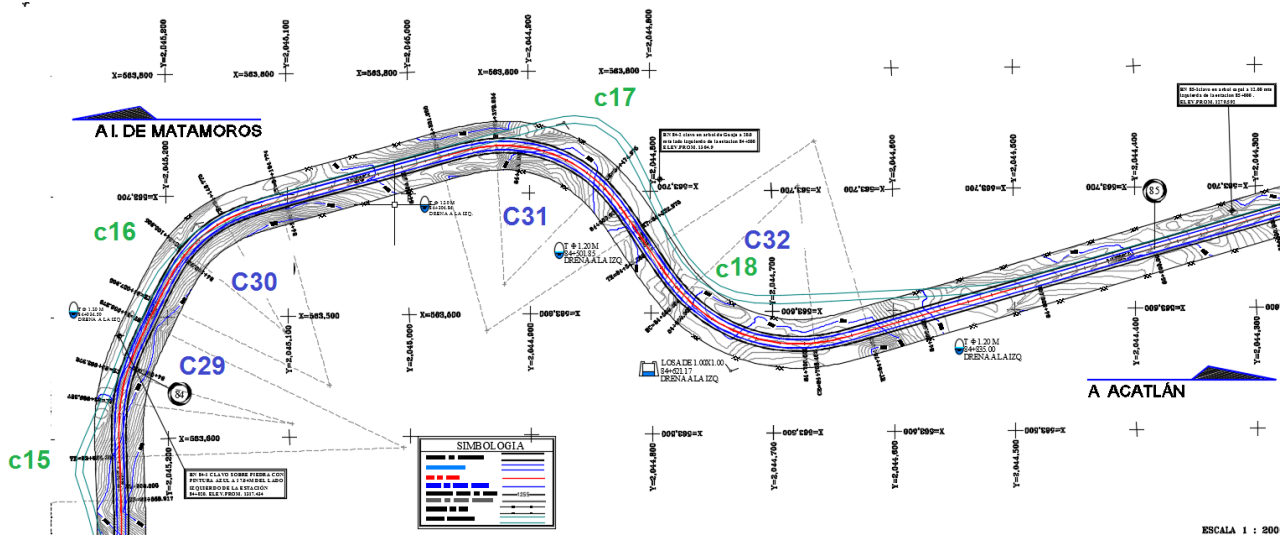


Fig. IV.5.2.3.12 AFINE DE CURVAS DEL KM. 83+820 AL 85+000

Fuente: Modificado de (Scala S. C., Proyecto Geometrico de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio Tramo: km. 81+000 al km. 85+000, 2009)



Fig. IV.5.2.3.13 IMAGEN SATELITAL DEL AFINE DE CURVAS DEL KM. 83+820 AL 85+000  
Fuente: Modificado de (Google Maps, s.f.)

El material producto de los cortes será suficiente para la conformación de los terraplenes y el material sobrante será depositado en el banco de tiro que se encuentra en el km 83+000 lado izquierdo como se muestra en la Fig. IV.5.2.3.14



Fig. IV.5.2.3.14 BANCO DE TIRO KM. 83+000  
Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan algunas imágenes de los trabajos realizados en este tramo:



Fig. IV.5.2.3.15 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DEL KM. 83+820 AL 85+000  
Fuente: Elaboración propia

### IV.5.3 CONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE

Considerando que el tramo en estudio se aloja en una zona con precipitación pluvial de media a alta, con pendientes longitudinales hasta del 6%, en el tramo se presentan diversas obras de drenaje longitudinal y transversal que toma en consideración la sección de proyecto de la vía y las aguas pluviales en su escurrimiento, desarrollándose alcantarillas transversales, y longitudinalmente mediante cunetas de concreto con las pendientes adecuadas y con una pendiente transversal superficial o “bombeo” del 2.0 %

Las obras de drenaje transversales y longitudinales en cauces naturales, fueron proyectadas de acuerdo a los escurrimientos y considerando los desechos contaminantes que dificultan el flujo de las aguas.

Las obras de drenaje transversales son en su mayoría a base de tubos de concreto de D= 1.20 m que fueron construidos durante la conformación de las terracerías con los que se logra un buen funcionamiento hidráulico y se conserva en buenas condiciones la estructura del camino.

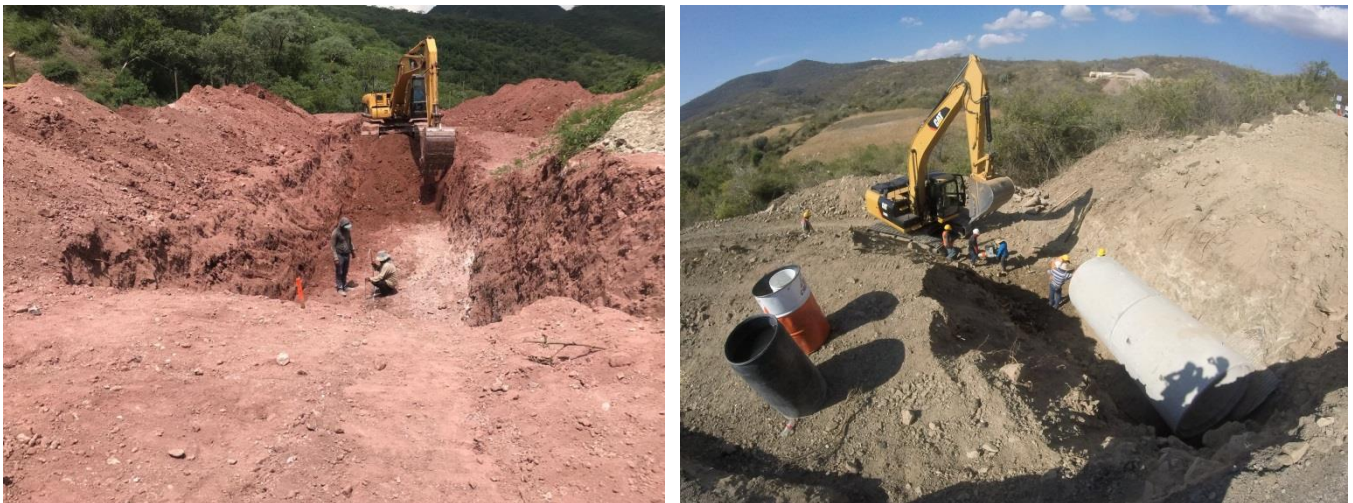


Fig. IV.5.3.1 CONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE A LO LARGO DEL TRAMO – TUBOS DE CONCRETO D= 1.20 M  
Fuente: Elaboración propia

Durante el tramo existe dos secciones en donde fue necesaria la construcción de losas de concreto una de secciones 1.50 m x 1.50 m en el cadenamiento 82+218.70 m el cual drena a la izquierda y otra en el cadenamiento 84+621 de 1.00 m x 1.00 m. que también drena a la misma dirección.



Fig. IV.5.3.2 CONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE A LO LARGO DEL TRAMO - LOSAS DE CONCRETO Fuente: Elaboración propia

El total de obras de drenaje se presentan en la siguiente tabla.

No.	Cadenamiento	Tipo de obra de drenaje
1	81+000	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
2	81+015	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
3	81+498	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
4	81+710	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
5	81+891	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
6	81+994	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
7	82+218	Losa de concreto de 1.50x1.50 m.
8	82+561	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
9	83+418	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
10	83+644	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
11	83+801	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
12	84+034	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
13	84+304	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
14	84+501	Tubo de concreto de concreto de D=1.20 m.
15	84+621	Losa de concreto de 1.00x1.00 m. .

Tabla. IV.5.3.1 OBRAS DE DRENAJE A LO LARGO DEL TRAMO

Fuente: Elaboración propia

Los materiales utilizados para las obras de drenaje como son: arena, grava, y cemento para la realización de los concretos de las losas, cajas de captación y cabezotes son adquiridos en el municipio de Izúcar de Matamoros y la tubería de concreto reforzado se adquirido por el proveedor “Grupo Traber” en el estado de Veracruz. Verificándose en todo momento la calidad de estos materiales.

## IV.5.4 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

### IV.5.4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA DE BASE HIDRÁULICA

Sobre la capa subrasante debidamente terminada, se construirá la capa de base hidráulica, de 18.0 cm de espesor de material compactado como mínimo al 100% de su P.V.S.M. calculado con la prueba AASHTO modificada, los materiales serán procedentes del banco “Tepenene”, ubicado en el km 84+800, D/D 100 m de la carretera Puebla – Huajuapán de León; esto dentro del tramo en estudio.



Fig. IV. 5.4.1.1 BANCO EL TEPENENE KM. 84+800  
Fuente: Elaboración propia

Los materiales granulares sueltos y disgregados obtenidos del banco el Tepenene reciben un tratamiento mecánico de cribado, con el equipo adecuado que fue trasladado al mismo banco, y así eliminar las partículas mayores establecidos en la Norma N.CMT.4.02.002/16 de la Normativa para la Infraestructura del Transporte, (SCT S. D., 2014) y satisfacer la composición granulométrica tomando en cuenta un número de ejes equivalentes superiores a 1 millón, esperando durante la vida útil del proyecto.

**Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa**

Malla		Porcentaje que pasa <sup>[1]</sup>	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ <sup>[2]</sup>	$\Sigma L > 10^6$ <sup>[2]</sup>
75	3"	100	100
50	2"	85 - 100	85 - 100
37,5	1½"	75 - 100	75 - 100
25	1"	62 - 100	62 - 90
19	¾"	54 - 100	54 - 83
9,5	⅜"	40 - 100	40 - 65
4,75	N°4	30 - 80	30 - 50
2	N°10	21 - 60	21 - 36
0,85	N°20	13 - 44	13 - 25
0,425	N°40	8 - 31	8 - 17
0,25	N°60	5 - 23	5 - 12
0,15	N°100	3 - 17	3 - 9
0,075	N°200	0 - 10	0 - 5

[1] El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% del espesor de la base.

[2]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

Tabla. IV.5.4.1.1 REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA DE LOS MATERIALES

Fuente: Normativa para la Infraestructura del Transporte. Norma: N.CMT.4.02.002/16 (SCT S. D., 2014)

A demás de se cuidaron los elementos de calidad necesarios de acuerdo a la norma N.CMT.4.02.002/16 presentados en la siguiente tabla.

**Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ <sup>[1]</sup>	$\Sigma L > 10^6$ <sup>[1]</sup>
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	25	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo	6	6
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2, 3]</sup> , mínimo	80	100
Desgaste Los Angeles <sup>[2]</sup> , máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas <sup>[2]</sup> , máximo	40	35
Grado de compactación <sup>[2, 4]</sup> , mínimo	100	100

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Tabla. IV.5.4.1.2 REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Fuente: Normativa para la Infraestructura del Transporte. Norma: N.CMT.4.02.002/16 (SCT S. D., 2014)

Una vez verificada la granulometría y los elementos de calidad se utiliza la motoconformadora para el mezclado y el tendido, el material se extiende parcialmente en seco y sobre él se hacen pasar las pipas que lo riegan con el agua necesaria para su compactación, en volumen suficiente para obtener la humedad óptima o ligeramente superior y hasta tener homogeneidad en granulometría y humedad.

Durante esta etapa se realizan todas las pruebas pertinentes para el laboratorio revise el grado de humedad y uniformidad y en general todas las elementos de calidad mencionadas anteriormente.

Posteriormente se realiza el tendido de la capa en espesor adecuado al tipo del equipo a emplear, que se somete al paso del equipo de compactación apenas lo suficiente para dar un acomodo superficial.

Una vez extendido el material, se inicia el proceso de compactación durante el tiempo que sea necesario para alcanzar el porcentaje especificado. Al llegar a la capa fina y antes de conseguir la compactación final, por métodos topográficos se fijan elementos al piso que sirven de guía a los operadores de las motoconformadoras para obtener una superficie dentro de las tolerancias de niveles especificados.

Donde fue necesario, se corrigieron recargando o cortando los excesos. Siempre será preferible construir las capas con excesos de ancho y luego cortar, recuperando el material.

Se realizaron riegos superficiales de agua durante el tiempo que duro la construcción, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

De la misma manera que en la capa subrasante, se verifico el alineamiento, sección compactación, espesores y acabados para dar por terminada la capa

Al tener preparado el material para la base se extendió en todo el ancho de la corona y se conformara de tal manera que se tenga una capa sin compactar de un espesor uniforme, se compacto el material de tal manera que las capas que se empiecen a compactar tengan un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar. La compactación se realizará longitudinalmente de la orilla hacia el centro en tangente, y del interior al exterior en curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

Una vez terminada la compactación se aplicó sobre la superficie limpia y libre de basura, un riego de emulsión asfáltica superestable conocido como “riego de impregnación”, este sirve para impermeabilizar y estabilizar la base y la protege de la intemperie, además favorece la adherencia entre la futura carpeta.



Fig. IV.5.4.1 .2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE HIDRAULICA  
Fuente: Elaboración propia



Fig. IV.5.4.1. 3 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE HIDRAULICA  
Fuente: Elaboración propia

#### IV.5.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE ASFÁLTICA

Concluida la capa de base hidráulica, y estando superficialmente húmeda y barrida, se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica para impregnar, del tipo ECI-45, a razón de 1.5 lt/m<sup>2</sup>, dejando en reposo durante por lo menos 24 h para que el producto logre su objetivo, antes de continuar con etapa siguiente del proceso.

Sobre la base impregnada, se aplica un barrido energético con equipo mecánico, para eliminar todo tipo de material suelto, para de inmediato proceder a aplicar un riego para ligar la base asfáltica, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido, del tipo ECR-65, en una proporción de 0.6 l/m<sup>2</sup>



Fig. IV.5.4.2.1 IMPREGNACIÓN DE LA BASE HIDRÁULICA  
Fuente: Elaboración propia

Una vez alcanzado el rompimiento de la emulsión del riego de liga, se procederá al tendido de la base asfáltica en caliente, parte de los agregados para esta capa son extraídos del banco “Tlapanalá” ubicado en el km 130+700 de la carretera Santa Bárbara – Izúcar de Matamoros.



Fig. IV.5.4.2.2 BANCO DE MATERIALES " TLAPANALA"  
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la granulometría de acuerdo a la norma N.CMT.4.02.003/16 de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (SCT S. D., 2014) que considera un tamaño máximo de  $1\frac{1}{2}$ ", para la base asfáltica, en el banco el "Tepenene" se realiza el proceso de mezclado con la emulsión asfáltica Ac-20 para preparar la base negra y su posterior tendido.



Fig. IV.5.4.2.3 PREPARACION DE LA BASE NEGRA, BANCO EL TEPENENE  
Fuente: Elaboración propia

Los requisitos de granulometría y calidad se presentan a continuación considerando las características de más de 1 millón de ejes equivalentes esperando durante la vida útil del proyecto.

**Requisitos de granulometría del material pétreo para bases de mezcla asfáltica (bases negras)**

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
37,5	1½"	100	100
25	1"	90 – 100	90 - 100
19	¾"	76 – 100	76 - 100
9,5	⅜"	42 – 100	42 - 100
4,75	N°4	24 – 100	24 - 70
2	N°10	10 – 90	10 - 27
0,85	N°20	5 – 65	5 - 14
0,425	N°40	4 – 47	4 - 10
0,25	N°60	2 – 35	2 - 8
0,15	N°100	1 – 25	1 - 7
0,075	N°200	0 – 15	0 - 6

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

Tabla. IV.5.4.2.1 REQUISITOS GRANULOMETRICOS PARA BASE NEGRA  
Fuente: Norma: N.CMT.4.02.003/16; de la Normativa para la Infraestructura del Transporte

**Requisitos de calidad del material pétreo para bases de mezcla asfáltica (bases negras)**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	30	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo	6	6
Contenido de agua <sup>[2]</sup> , máximo	1	1
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	40	50
Partículas alargadas y lajeadas <sup>[2]</sup> , máximo	50	40
Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> , máximo	30	30
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua; máximo <sup>[2]</sup>	25	25

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

Tabla. IV.5.4.2.2 REQUISITOS DE CALIDAD DEL MATERIAL PETREO PARA BASE NEGRA  
Fuente: Norma: N.CMT.4.02.003/16; de la Normativa para la Infraestructura del Transporte

Una vez en el tramo se empleó para el tendido maquina pavimentadora (Finisher), verificando que la capa obtuviera un espesor final de 14.0 cm y compactación como mínimo del 95% de su P. V. M. calculado con la prueba Marshall.



Fig. IV.5.4.2.4 TENDIDO DE LA BASE ASFÁLTICA

Fuente: Elaboración propia

#### IV.5.4.3 CONSTRUCCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA

Sobre la base asfáltica debidamente terminada, se aplicará un barrido enérgico con equipo mecánico, para eliminar todo tipo de material suelto y/o contaminante, para de inmediato proceder a aplicar un riego de liga para carpeta, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido, del tipo ECR-65 en una proporción de  $0.6 \text{ l/m}^2$ .

Una vez alcanzado el rompimiento de la emulsión del riego de liga, se procederá al tendido de la mezcla asfáltica en caliente.

El material pétreo para esta capa es extraído del banco del banco “Tlapanalá” ubicado en el km 130+700 de la carretera Santa Bárbara – Izúcar de Matamoros y es trasladado al banco el “Tepenene” que se encuentra en el tramo, donde serán mezclados y tratados, ahí se encuentra instalada la planta y el equipo adecuado para la elaboración de la carpeta, utilizando emulsión PG 74-22 y un tamaño máximo de agregado de  $\frac{3}{4}$ ”



Fig. IV.5.4.3.1 PRODUCCION DE CARPETA ASFALTICA EN BANCO “TEPENENE”  
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la correcta producción de la carpeta es transportada para su posterior tendido, empleando para ello maquina pavimentadora (Finisher), cuya capa deberá tener un espesor final de 5.0 cm y compactación como mínimo del 95% de su P. V. M. calculado con la prueba Marshall, verificándose las temperaturas adecuadas.

Se realiza la compactación utilizando un rodillos tándem de las orillas al centro del camino en las tangentes y del interior hacia el exterior de las curvas con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador. Durante la compactación las ruedas se mantienen húmedas para evitar que se adhiera el material.

Después de la compactación inicial y de realizar las correcciones necesarias se procede a dar pasadas con el rodillo neumático adecuado para alcanzar la compactación requerida y realizar una compactación final con los rodillos tándem mientras que el material es aun suficientemente trabajable para permitir suprimir huellas de los rodillos.

Este procedimiento se realiza a lo largo de los 4 km. revisando que los procedimientos sean los adecuados.

A continuación se presentan en las imágenes los trabajos realizados de pavimentación en este tramo:



Fig. IV.5.4.3.2 COMPACTACION DE CARPETA ASFÁLTICA  
Fuente: Elaboración propia

#### IV.5.4.4 SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

Parte de la modernización incluye ofrecer mayor seguridad e información al usuario de la carretera, por lo que en la parte final del desarrollo de los trabajos, se realizó la colocación de señalamientos verticales y horizontales conforme al análisis técnico del proyecto.

El señalamiento vertical consistió principalmente en un conjunto de señales en tableros con leyendas y pictogramas fijados en postes y estructuras, estos fueron principalmente señales restrictivas, señales preventivas, y señales informativas.

Para el señalamiento horizontal se colocaron marcas sobre el pavimento con el propósito de delinear las características geométricas del tramo, las principales fueron rayas centrales amarillas y blancas laterales.

Los señalamientos permitirán brindarles información suficiente a los usuarios sobre condiciones prevalecientes en la vialidad y regular el tránsito, además de coadyuvar a su seguridad vial durante su trayecto.



Fig. IV.5.4.4.1 Señalamiento horizontal y vertical del tramo  
Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO V. RESULTADO DE LOS IMPACTOS PRODUCIDOS Y SU VINCULACION CON EL PLAN DE DESARROLLO NACIONAL**

### **V.1 RESULTADOS DE LOS IMPACTOS PRODUCIDOS POR LA MODERNIZACION DEL TRAMO**

Uno de los cambios más destacados de la modernización de la carretera Izúcar de Matamoros-Acatlán de Osorio km. 81+000 al km. 85+000, de tipo "C" a tipo "A2" es precisamente su geometría transversal al pasar de un ancho de corona de 7 m a 12 m; dicha modificación se debe al aumento del ancho de los carriles de 3 m a 3.5 m y principalmente a la modificación de los acotamientos que pasaron de 0.5 m a 2.5 m en cada lado, este elemento brinda mayor seguridad de tránsito y con base al estudio de la (PIARC, 2003) y (AASHTO, 2011) se espera una reducción de 19% en los accidentes al ampliar la calzada.

El afine de curvas horizontales es otro de los elementos más representativos de la modernización, la longitud del tramo original tenía 4.73 km y se redujo a 4.00 km; el grado máximo de curvatura paso de 22° a 13° en la curva más cerrada, la disminución de la distancia es importante para la mejora en los tiempos de traslado, pero sin duda el aporte principal se ve reflejado en la disminución del peligro de accidentes al permitir transitar en el tramo a velocidades de 60 km/h sin ningún riesgo de siniestros como consecuencia de una buena distancia de visibilidad de parada y rebase.

Con los elementos mencionados, podemos determinar que el área de pavimento paso de 33,110 km<sup>2</sup> a 48,000 km<sup>2</sup> aumentando un 44.97%; la velocidad de tránsito de los vehículos paso de un promedio de 45 km/h con riesgos latentes de accidentes a 60 km/h con un nivel alto de seguridad en el recorrido; en relación a los tiempos de recorrido se tiene una reducción del 36.63% al pasar de 6 minutos con 19 segundos el recorrido del tramo a únicamente 4 minutos.

Las alteraciones ambientales fueron inevitables, el impacto mayor se dio en la alteración de las formaciones del suelo ya que durante el afine de curvas y la ampliación de la calzada se removió un total de 514,503 m<sup>3</sup> de material, que evidentemente modifico los escurrimientos y alteraron el paisaje, sin embargo con el cumplimiento de las medidas de mitigación y la habilitación de adecuadas obras de drenaje se logro evitar generar tierras frágiles por el cambio de uso de suelo en los terrenos forestales , adaptando los escurrimientos a su flujo habitual.

La vía ya se encontraba en uso, por lo que en gran medida el medio ya se encontraba adaptado a la carretera por tanto las afectaciones en flora y fauna fueron mínimas, dentro de lo más relevante fue el rescate de flora endémica que fueron trasladadas a invernaderos provisionales para posteriormente replantarlas. Toda la construcción se desarrolló dentro del derecho de vía de la carretera por lo tanto tampoco se tuvo afectaciones sociales con relación a los terrenos al contar la dependencia con todos los derechos de propiedad. Aunado a esto cada medida de mitigación propuesta fue tomada en cuenta, para producir alteraciones mínimas y controladas.

Una parte importante del impacto ambiental benéfico se obtendrá durante la operación de la vía; como se mencionó en el capítulo III.3.1 se registra un aumento en la emisión de Gases de Efecto Invernadero con el tránsito de vehículos en superficies de rodadura afectadas; por tanto la modernización del tramo permitirá reducir (tomando como base los estudios de (Moral, 2016) ) hasta 56.4 toneladas de emisión de CO<sub>2</sub> al transitar los vehículos en una superficie adecuada.

La modernización de la carretera permitirá facilitar la comunicación de la región y representara un elemento físico detonador de las economías tanto locales como regionales al beneficiar directamente a los comerciantes y distribuidores de bienes y servicios, así como el tránsito de personas.

El detonar las economías, tanto local como regional, aumenta la calidad de vida de los pobladores y disminuye el aislamiento de las comunidades.

Contando con un mejor servicio, seguridad y menor tiempo de traslado en el tramo se facilita el transporte hacia lugares que cuentan con planteles de educación, contribuyendo al incremento de los niveles de educación en la región.

Los servicios de salud en la región se encuentran concentrados en otros municipios con localidades mayores, por lo que se considera que, una vez en operación, el camino modernizado facilite el desplazamiento de los pobladores a los centros de salud, y mejor aún se provoque la entrada de dichos centros a más localidades de la región.

## V.2 BENEFICIOS DEL PROYECTO VINCULADOS CON LOS PLANES DE DESARROLLO

Parte del objetivo del trabajo es verificar si los impactos producidos por la modernización de la carretera van acorde con los planes de desarrollo vigentes durante el transcurso de la obra, por tanto como se mencionó en el capítulo 1 el plan de desarrollo 2012- 2018 tiene 7 retos prioritarios: seguridad y desarrollo regional como retos críticos; conectividad, desarrollo urbano y costos de los servicios de transporte como retos importantes; y medio ambiente y capacidad para atender la demanda como retos relevantes.

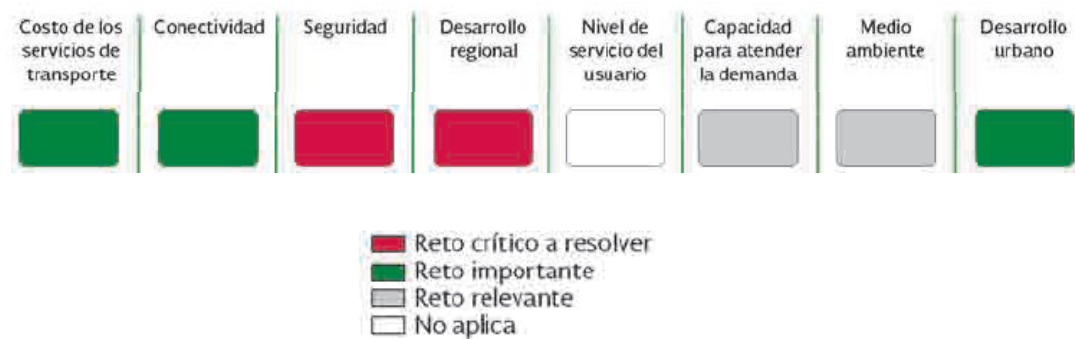


Fig. V.2.1 RETOS DEL PLAN NACIONAL DE GOBIERNO EN EL RAMO CARRETERO.  
FUENTE: (Gobierno de la Republica, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 - Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte, 2013)

Las obras y actividades de modernización de la carretera Izúcar de Matamoros-Acatlán de Osorio del km. 81+000 al km. 85+000, de tipo “C” a tipo “A2, se encuentra dentro de los lineamientos de los programas de desarrollo del sector comunicaciones y transportes de nuestro país ya que ofrecen resultados de acuerdo a las retos del sector.

En materia del desarrollo regional la zona es considerada como una región con alto potencial para el desarrollo de centros logísticos de transportes, así como de turismo alternativo. Con la modernización se contará con infraestructura óptima

que permitirá el crecimiento y fortalecimiento contribuyendo al desarrollo económico y social de la región. Indudablemente esta vía de comunicación será un elemento físico indispensable como detonador del desarrollo.

Con la modernización del tramo se contará con infraestructura segura para el tránsito vehicular de la región; el afine de curvas, el mejoramiento de la superficie de rodamiento, la ampliación de la calzada y los señalamientos garantizan la disminución de accidentes y el bienestar de los usuarios.

Esta modernización permitirá una circulación vehicular mucho más fluida por lo que los tiempos de recorrido serán menores impactando directamente a los costos de traslado y los servicios de transporte, logrando una mejor conectividad en las regiones que cuyos niveles de exigencia cada vez son mayores debido al constante aumento de la demanda.

En general la modernización del tramo aporta un beneficio importante a nuestro país, económicamente fue rentable al aprovechar gran parte de los trabajos anteriormente realizados, procurando siempre la optimización de los recursos y cuidando siempre que cada uno de los procesos fuera sustentables, es decir se logró un equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía, sin descuidar los aspectos técnicos que cada proceso requería.

### **V.3 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO**

Durante la Operación de la carretera en el tramo podrán transitar permanentemente las 24 horas del día y los 365 días del año, vehículos a una velocidad promedio de 60 Km/hr. Los impactos descritos en anteriormente son obtenidos con base a condiciones óptimas de la carretera, sin embargo los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y fluido para el usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, debidas a condiciones propias de la estructura y de la acción de los agentes climáticos.

Considerando que de todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito rápido, cómodo y seguro, será más importante corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción para su arreglo.

Las actividades de mantenimiento son las que permitirán la conservación de la superficie de rodamiento, por lo que es necesario contemplar programas de mantenimiento que consiste básicamente en: bacheo, renivelaciones, relleno de grietas, riego de sello sobre superficie de rodamiento, reparación del señalamiento horizontal y vertical, limpieza de obras de drenaje y deshierbe de zonas laterales.

Estas actividades tendrán eventualmente que ser desarrolladas por lo que después de una modernización será necesario un monitoreo y una evaluación constante que como se mencionó anteriormente permita anticiparse a daños graves y lograr un óptimo funcionamiento del tramo en todo momento, manteniendo así los impactos benéficos presentados.

## CONCLUSIONES

El estudio determina que un proyecto de modernización de carreteras debe ser concebido con base a diversos análisis, desde una planeación que permita evaluar su factibilidad tanto técnica como económica determinar los impactos que pudiera ocasionar tanto positivos como negativos, para de esta forma evaluar su viabilidad, impacto ambiental, cambios geométricos y transformaciones en el entorno socioeconómico.

En el desarrollo de la modernización del tramo de la carretera Izúcar de Matamoros - Acatlán de Osorio km. 81+000 al km. 85+000, de tipo "C" a tipo "A2" ejemplifica la transformación que las carreteras de nuestro país necesitan. Una transformación real, acorde a las nuevas necesidades, que permite aprovechar lo existente y al mismo tiempo realizar las actividades que sean necesarias para el nuevo tipo de carretera.

El presente trabajo permitió identificar los cambios técnicos más sobresalientes de la transición de la carretera de tipo "C" a tipo "A2", donde se puede destacar: la amplitud de la nueva sección transversal de 7m a 12m.; mejoramiento de curvas horizontales que permite una mayor amplitud en la visibilidad de parada y rebase; la incorporación de obras de drenaje que mejoran el flujo hidráulico; el cambio total de la estructura del pavimento que permite un tránsito confortable y el aumento en la velocidad del recorrido del tramo que paso de un promedio de 45km/h a 60km/h.

Más allá de los cambios técnicos que se lograron con la modernización del tramo estudiado es importante recalcar los efectos sociales, económicos y ambientales que produjeron con esta modernización. Primeramente el impacto directo que genero al usuario, que le permite un traslado seguro, confiable y confortable; además de los ahorros económicos por tiempo de traslados y disminución de desgaste vehicular.

Los efectos socioeconómicos son destacables y fue posible comprobar que la modernización de carreteras impacta benéficamente a este rubro, la disminución de accidentes que se estima es destacable, el mejoramiento del acceso a los servicios de salud y educativos puede apreciarse con el aumento del flujo vehicular en las vías secundarias y en general facilita la comunicación de la región. Por su parte la modernización fue un detonante económico tanto local como regional beneficiado directamente a los comerciantes y distribuidores de bienes y servicios, así como al transporte público, pudiéndose apreciar mayor movilidad, lo que indudablemente aumentara la calidad de vida de los pobladores y disminuirá el aislamiento de las comunidades dentro de la región.

Evidentemente el medio ambiente fue transformado sin embargo con base a los resultados presentados son mucho más notorios los impactos benéficos; la planeación y el seguimiento de las medidas de mitigación permitieron encontrar un equilibrio y no se tuvo ningún daño grave ni importante durante todo el trascurso de la obra, evidentemente el hecho de ser un tramo que se encontraba ya en operación facilitó en gran medida la incorporación de los nuevos elementos técnicos. Puede destacarse que el mejoramiento de la superficie de rodadura permitirá el ahorro de la emisión de gases por el tránsito vehicular durante la operación óptima del tramo y ambientalmente valió la inversión de energía utilizada durante la construcción.

Es importante mencionar que la mayoría de los impactos benéficos que se obtuvieron con la modernización del tramo, están estrechamente vinculados con los objetivos que persigue el Plan de Desarrollo Nacional, lo que permite afirmar que los recursos públicos que están invertidos en la modernización de carreteras y cuyos procesos cumplen con una planeación y una correcta ejecución, están dando frutos y aportando ampliamente al desarrollo del país.

Gran parte de los trabajos se enfocaron en los cortes y excavaciones para poder lograr la disminución de los grados de curvatura y aunque esto implica una

cantidad considerable en la inversión de recursos, es sumamente importante entender que una modernización debe ser a fondo, para que le permita cumplir y alcanzar las nuevas consideraciones técnicas.

Cabe mencionar que la transformación del tramo fue acorde a los procesos constructivos comunes, la construcción de la capa subrasante se construyó con el material apropiado en características físicas de tamaño y de resistencia, lo mismo ocurrió en el tratamiento de los materiales para la construcción de la base hidráulica. Para la elaboración de la carpeta asfáltica se siguió el proceso constructivo adecuado, desde la selección del material pétreo, pasando por el mezclado en la planta de asfalto hasta el tendido y compactado del material. Los equipos mecánicos empleados en sus diferentes etapas o procesos de construcción fueron los indicados y establecidos por las normas de construcción. Finalmente se llevó acabo la colocación del señalamiento vertical y horizontal para la operación del tramo modernizado.

México cuenta ya con un patrimonio carretero valuado en millones de pesos invertidos, que le ha permitido un desarrollo muy importante a lo largo de su historia. El futuro de la infraestructura carretera estará en la conservación de ese patrimonio que eventualmente ha necesitado adaptarse al futuro y modernizarse, esa transición debe der ser técnicamente adecuada y económicamente viable, el reto consiste en lograr una participación integral entre el gobierno, la industria privada y la participación de la academia para establecer procesos cada vez más eficientes ya que queda demostrado que cada peso invertido en la modernización es redituable para el desarrollo del país.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO, A. A. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington DC.
- ARMENTA, H. (NOVIEMBRE de 2013). *FORBES MÉXICO*. Recuperado el 2018, de <https://www.forbes.com.mx/infraestructura-carretera-y-competitividad/>
- BARRIOS GONZÁLES, C., & MARTINEZ NAVARRO, M. (1998). *La rentabilidad social del tercer acceso a Cádiz - Estudios de Construcción , Transportes y Comunicaciones*. . Madrid, España: Ministerio de Fomento.
- Carrasco, G. M., & De Salamanca, S.-C. Á. (2010). *Evaluación de Impacto Ambiental de Infraestructuras. Redacción y Tramitación de Documentos*. Madrid, España: AENOR.
- CIPOLETTA, T. G., PÉREZ, S. G., & SANCHEZ, R. J. (2010). *POLITICAS INTEGRALES DE INFRAESTRUCTURA, TRANSPORTE Y LOGÍSTICA: EXPERIENCIAS INTERNACIONALES Y PROPUESTAS INICIALES*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Diario Oficial de la Federación, D. (1988, última reforma 2010). *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*. México.
- Docplayer. (s.f.). *Docplayer*. Recuperado el Agosto de 2018, de <https://docplayer.es/9964615-Capitulo-10-geologia-aplicada-a-las-carreteras.html>
- DOF, D. O. (2000, última reforma 2004). *Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental*. México.
- El\_Universal. (2018). *ElUniversal.com*. Recuperado el 29 de Agosto de 2018, de <http://www.eluniversal.com.mx/autopistas/estas-son-las-5-carreteras-mas-largas-del-mundo>
- Glennon, J. C. (1987). *Effect of Key Highway Features on Highway Safety*. Transportation Research Board. Washington, DC .
- Gobierno de la República. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 - Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte*. México: Gobierno de la República.

- Gobierno de la Republica. (2014). *Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018*. México: SCT.
- GONZÁLES, M. D. (2015). *LA JORNADA EN LA ECONOMÍA* . Recuperado el NOVIEMBRE de 2018, de <https://www.jornada.com.mx/2005/04/11/004n1sec.html>
- GONZALO ORDEN, H. (2004). *Los condicionamientos de carreteras en los sistemas de gestión (Una metodología para su análisis e integración dentro de estos sistemas)*. España: Universidad de Burgos.
- Google Maps, M. (s.f.). *Seccion de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio*. Recuperado el 01 de JUNIO de 2018, de Google Maps: <https://www.google.com.mx/maps/@18.502985,-98.4079755,1230m/data=!3m1!1e3>
- Hung, I. C. (s.f.). *CARRETERAS*. Mexico : SCT.
- IMT, I. M. (11 de 2018). *Visualizador Geocartográfico de la RNC*. Obtenido de <https://rnc.imt.mx/>
- Instituto Vial Ibero-Americano, i. (2007). *Instituto Vial Ibero-Americano*. Recuperado el 2018, de [http://www.institutoivia.com/index-1\\_4\\_2.asp](http://www.institutoivia.com/index-1_4_2.asp)
- MegaConstrucciones. (s.f.). *MegaConstrucciones.net*. Recuperado el julio de 2018, de <http://megaconstrucciones.net/?construccion=carretera-panamericana>
- Meixueiro, G. J., & Pérez, C. M. (2013). *Guía General Para la Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Programas y Proyectos de Inversión: Analisis Costo-Beneficio* . México: Banco Nacional de Obras y Servicios Publicos.
- Mendoza Díaz Alberto, Q. P. (2003). *SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS*. Sanfandila, Queretaro: IMT.
- Moral, A. (2016). *Evaluación Ambiental de varias secciones de firme de categoria de trafico T00 a T2 conforme a la Norma 6.1-IC* . Tesis Doctoral .
- Nacional Academies of Sciences, E. a. (2012). *Estimating the Effects of Pavement Condition on Vehicle Operating Costs*. Washington, DC: The National Academies Press.

- PÉREZ, C. J., ABARCA, P. E., & MENDOZA, D. A. (2013). *PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE UN TRAMO CARRETERO A PARTIR DE SU EVALUACIÓN CON EL MODELO iRAP*. SANFANDILA, QUERETARO: INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE.
- PIARC, W. R. (2003). *Road Safety Manual*. PIARC.
- RICO, R. A., TÉLLEZ, G. R., & GARNICA, A. P. (1998). *PAVIMENTOS FLEXIBLES. PROBLEMÁTICA, METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS*. SANFANDILA, QUERETARO: INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE IMT.
- ROJAS, O. C. (2003). *EL DESARROLLO SUSTENTABLE: NUEVO PARADIGMA PARA LA ADMINISTRACION PUBLICA*. D.F. : INSTITUTO NACIONAL DE ADMINISTRACION PUBLICA, A.C. .
- Scala, S. C. (2009). *Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación de la Carretera: Izucar de Matamoros – Acatlán de Osorio del Km. 79+260 al Km. 93+000*. Puebla, México.
- Scala, S. C. (2009). *Proyecto Geometrico de la carretera Izucar de Matamoros - Acatlan de Osorio Tramo: km. 81+000 al km. 85+000*. Mexico .
- Scala, S. C. (2009). *Recomendaciones de estabilidad de taludes* . México.
- SCT, & TRANSPORTE, S. D. (2014). *GUIA DE PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS PARA LA CONSERVACION DE CARRETERAS EN MÉXICO 2014* . MÉXICO: DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS.
- SCT, S. D. (1984). *Normas de Servicios Técnicos - Proyecto Geométrico - CARRETERAS*. México.
- SCT, S. D. (1994, ultima reforma 2006). *Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal*. México.
- SCT, S. D. (2002). *Anuario para suplirxxxxxxx*. mx.
- SCT, S. D. (2014). *Analisis Costo-Benefico De La Carretera Izúcar De Matamoros-Huajuapán De León, Tramo Izúcar De Matamoros-Acatlán De Osorio*. México.

- SCT, S. D. (2014). *Cartografía* . México.
- SCT, S. D. (2014). *Normativa para la Infraestructura del Transporte*. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- SCT, S. D. (2016). *Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2016*. México: SCT.
- SCT, S. D. (2016). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. México: SCT.
- SCT, S. D. (2017). *DATOS VIALES ACTUALES-PUEBLA*. SCT.
- SCT, S. D. (2017). *Estadística Accidentes de Transito*. México: SCT.
- SCT, S. D. (2017). *Infraestructura Estratégica y Prospectiva 2030 del Subsector Carretero*. Mexico: SCT.
- Secretaria de Hacienda y Credito Publico, S. (2017). *Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federacion 2018*. Recuperado el 2018, de [https://www.ppef.hacienda.gob.mx/work/models/PPEF2018/docs/09/r09\\_ep.pdf](https://www.ppef.hacienda.gob.mx/work/models/PPEF2018/docs/09/r09_ep.pdf)