

Contenido

I.	RESUMEN EJECUTIVO	2
II.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI	7
	A) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA EXISTENTE	17
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL	24
	D) INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA.....	54
III.	SITUACIÓN SIN EL PPI	56
	A) OPTIMIZACIONES.....	57
	B) ANÁLISIS DE LA OFERTA	59
	C) ANÁLISIS DE LA DEMANDA	59
	D) DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA	60
	E) ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	63
IV.	SITUACIÓN CON EL PPI	66
	A) DESCRIPCIÓN GENERAL	66
	B) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	74
	C) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	75
	D) CALENDARIO DE ACTIVIDADES	75
	E) MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	76
	F) FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	76
	G) CAPACIDAD INSTALADA.....	76
	H) METAS ANUALES Y TOTALES DE PRODUCCIÓN	76
	I) VIDA ÚTIL.....	77
	J) DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS RELEVANTES	77
	K) ANÁLISIS DE LA OFERTA	77
	L) ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	78
	M) INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA.....	79
V.	EVALUACIÓN DEL PPI.....	81
	A) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI	81
	B) IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PPI	83
	C) CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD	84
	D) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	84
	E) ANÁLISIS DE RIESGOS.....	85
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
VII.	ANEXOS.....	87
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	88

Análisis Costo-Beneficio

Cardel-Poza Rica (Primera Etapa)

Tramo: Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

COMPROMISO DE GOBIERNO CG-022

I. Resumen Ejecutivo

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

La infraestructura de transporte en México presenta deficiencias que obligan a llevar a cabo un gran esfuerzo de inversión pública y privada durante los próximos años, para continuar con la construcción, la modernización y la ampliación de carreteras en todas las regiones del país.

Para orientar este esfuerzo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha definido un sistema de corredores carreteros, integrados por carreteras federales y autopistas de cuota de altas especificaciones, con base en el cual se identifican y jerarquizan las inversiones en carreteras, con objeto de priorizar la construcción o modernización de aquellos proyectos que demuestren tener suficiente rentabilidad económica y financiera en el caso de obras de peaje. Simultáneamente, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes está actuando sobre las carreteras no troncales con obras que revisten importancia para el desarrollo local y regional. Este programa de carreteras incluye obras de modernización y construcción de accesos urbanos, caminos interurbanos y suburbanos, libramientos y ampliaciones de vías cuya capacidad ha sido rebasada por el tránsito, proyectos carreteros asociados a nuevos desarrollos turísticos y nuevas vías que comuniquen a comunidades apartadas. Se trata de infraestructura carretera que permita satisfacer los requerimientos planteados por el crecimiento económico, en los ámbitos local, regional y nacional.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 define las estrategias propuestas por el Gobierno Federal para desarrollar el potencial de México y establece el marco para el Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones 2013-2018.

En línea con el compromiso asumido por el Presidente Enrique Peña Nieto, cuyo objetivo final es mejorar la calidad de vida de todos los mexicanos, el Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones 2013-2018 expresa su compromiso de dar un fuerte

impulso al desarrollo integral de la infraestructura, particularmente en el Sector de Comunicaciones y Transportes. El Programa de Inversiones en Infraestructura de Transporte y Comunicaciones 2013-2018 reconoce a este sector como detonador del desarrollo regional, generador de empleo y bienestar social; así como un factor de productividad, competitividad y crecimiento económico nacional.

El Programa de Inversiones propone la modernización de la Agenda Logística para facilitar el desplazamiento oportuno de bienes y personas a menor costo y facilitar las exportaciones. Lo anterior se basa en la promoción del desarrollo regional equilibrado; el desarrollo de una conectividad logística que reduzca costos de transporte, brinde mayor seguridad y promueva actividades de valor agregado y; mejore la calidad de vida de los mexicanos.

De esta manera, la inversión en carreteras, ferrocarriles, puertos marítimos, aeropuertos y telecomunicaciones, con una participación importante de recursos privados, queda establecida como fundamento de este Plan.

El compromiso de Construcción de la carretera Cardel - Poza Rica(Código CG-022), impulsa la calidad en el transporte del 55% del volumen de la carga y el 81% de su valor comercial, así como del 96% de los viajeros que utilizan el autotransporte en México.

El proyecto de la construcción de la autopista Laguna Verde - Gutiérrez Zamora, en el Estado de Veracruz, tiene como objetivo ofrecer una vía alterna a la carretera actual más segura y rápida, para satisfacer la demanda actual y futura, así como agilizar la circulación a lo largo del corredor Laguna Verde - Gutiérrez Zamora, dicho tramo es parte de la carretera federal MEX 180 y es parte fundamental del corredor carretero Veracruz-Monterrey con Ramal a Matamoros, que impulsará el desarrollo económico, transportando carga de importaciones y exportaciones de los puertos de Tuxpan, Altamira y Tampico hacia el centro del país, así como la exportación e importación de mercancías que van desde Estados Unidos hasta el centro y sur del País.

Problemática
Identificada

El principal problema son los altos costos generalizados de viaje que experimentan los usuarios debido a las condiciones físicas y operativas que imperan en el tramo carretero comprendido entre Laguna Verde y Gutiérrez Zamora, que ocasionan que el usuario experimente un nivel de servicio deficiente. En primer lugar, el aforo vehicular ha crecido constantemente por lo que se experimentan demoras en el recorrido del tramo que presenta una velocidad promedio de 66 kilómetros por hora, especialmente por la alta participación de vehículos pesados en el tránsito promedio diario anual. Existen pocas zonas de rebase, por lo que se forman colas largas detrás de vehículos de carga que transitan a una menor

velocidad. Adicionalmente, se observan condiciones deficientes en el señalamiento horizontal y vertical y en el estado del pavimento, el cual presenta en general un alto grado de deterioro y necesidad de reconstrucción del mismo. Finalmente, en el periodo entre el año 2007 y 2009 se han presentado un promedio de 104 accidentes por año en esta carretera, de acuerdo con cifras del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Breve descripción del PPI

El proyecto consiste en la construcción de una autopista entre Laguna Verde y Gutiérrez Zamora, con una longitud total de 126 km, dividido en dos tramos: Laguna Verde y Entronque Nautla (78.0 km) y Entronque Nautla-Gutiérrez Zamora (48.0 km), ambos serán carreteras tipo A2, con una sección transversal de 12 m, que incluye un carril por sentido de 3.5 m cada uno y acotamientos de 2.5 m de cada lado.

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación comprende 31 años.

Descripción de los principales costos del PPI

Etapa de ejecución.- La inversión total estimada es de 4,466.4 millones de pesos, a pesos constantes, sin incluir el impuesto al valor agregado (IVA). El costo de la obra se divide en los componentes indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1 – Componentes del proyecto

Componente	Monto (mdp sin IVA)	Monto (mdp con IVA)
Tramo 1 tipo A2	1,298,428,000	1,506,176,480
Tramo 2 tipo A2	799,032,000	926,877,120
Entronques	253,241,000	293,759,560
Pasos vehiculares	392,340,000	455,114,400
Puentes	847,910,000	983,575,600
Mitgación ambiental	40,500,000	46,980,000
Equipamiento	214,282,000	248,567,120
Derecho de vía	620,689,655	720,000,000
Total	4,466,422,655	5,181,050,280

Etapa de operación.- Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación que corresponden a lo siguiente: (i) 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; (ii) conservación periódica, que incluye bacheo general y riego de sello cada 4 años con una

sobrecarpeta cada 8 años; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años.

Descripción de los principales beneficios del PPI	Los beneficios que brinda el proyecto son principalmente ahorro en tiempos de recorrido, mayor seguridad y ahorros en costos de operación vehicular.
Monto total de inversión (con IVA)	5,181,050,280 pesos.

Riesgos asociados al PPI	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de la totalidad de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto. • Necesidad de obras adicionales de la SCT al momento de la construcción, generada por situaciones de emergencia meteorológica o social. • Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y el tiempo de ejecución.
--------------------------	---

Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)	\$2,747,595,652.4 pesos
Tasa Interna de Retorno (TIR)	18.0%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	15.3%

Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI	<p>Con el proyecto de construcción del tramo Laguna Verde-Gutiérrez Zamora la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios. • Reducción de los tiempos de recorrido. • Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos. • Ofrecer una vía alterna a la actual de la costa.
---------------------------------	---

- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- Mejorar los niveles de servicio.
- Mejora de conexión en la red carretera del este y noreste del país al centro del país, así como viajes regionales.
- Aumento de capacidad para transportar carga general de los puertos comerciales hacia el centro del país.
- Mejor conectividad para el tránsito de largo recorrido del corredor transversal Veracruz-Poza Rica
- Promoción del desarrollo económico en la zona.
- Mayor fluidez del transporte de carga de importaciones y exportaciones a nivel nacional.
- Operación más segura para los usuarios al eliminarse la posibilidad de accidentes por maniobras de rebase.

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la situación actual

A continuación se presenta una tabla que contiene la composición vehicular y el TDPA de cada uno de los tramos actualmente.

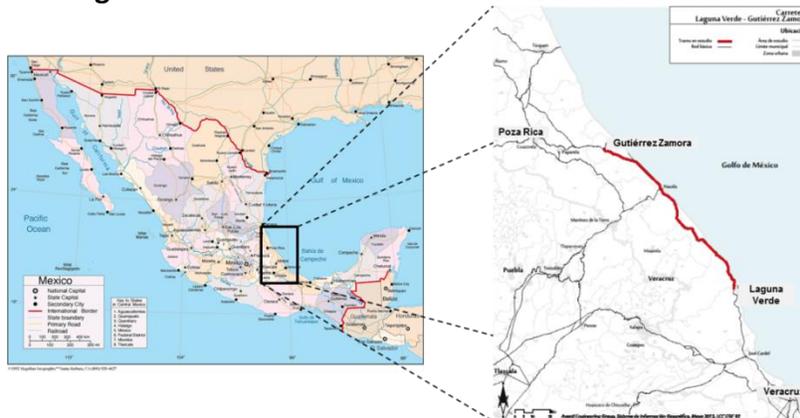
Tabla 2 – Tránsito –TDPA- (Veh/día) y composición vehicular por tramo. Situación Actual

Tramo	TDPA Total 2013	Composición		
		A - Automóviles	B - Autobuses	C - Camiones Unitarios
LAGUNA VERDE -NAUTLA	5,189	69.0%	10.0%	21.0%
NAUTLA-GUTIERREZ ZAMORA	7,160	69.0%	8.0%	23.0%
GUTIERREZ ZAMORA-ENT. GTZ. ZAMORA	9,233	69.0%	10.0%	21.0%

El tramo carretero Laguna Verde-Gutiérrez Zamora se ubica en la zona central del estado de Veracruz, dentro del corredor Veracruz-Monterrey con Ramal a Matamoros, en la carretera federal MEX-180. Este tramo carretero conecta a Laguna Verde con Veracruz, el puerto marítimo más importante del país, y con Xalapa, la capital estatal. El estado de Veracruz cuenta con 212 municipios divididos en 10 regiones y el proyecto en total atraviesa 6 municipios: uno localizado en la región Capital, tres localizados en la región de Nautla y dos localizados en la región Totonaca de Veracruz.

El tramo carretero en estudio comprende un total de 152.7 kilómetros de longitud y puede dividirse en tres tramos principalmente: 1) el primer tramo abarca desde Laguna Verde hasta Nautla, cuenta con una longitud de 77 kilómetros; 2) el segundo tramo abarca desde Nautla hasta Gutiérrez Zamora, tiene una longitud de 58.9 kilómetros; 3) el tercer tramo abarca desde Gutiérrez Zamora hasta el entronque Gutiérrez Zamora, tiene una longitud de 16.8 kilómetros.

Figura 1 – Ubicación del tramo carretero en estudio



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

La siguiente imagen muestra las carreteras cercanas al tramo en estudio.

Figura 2 – Carreteras cercanas al tramo carretero en estudio



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Problemática Actual

La carretera Veracruz-Monterrey, en su tramo de Laguna Verde-Gutiérrez Zamora, registra varios problemas de circulación, entre ellos las bajas velocidades de circulación, que oscilan entre los 60 y 70 km/hora para vehículos ligeros, además de que la carretera actual es muy estrecha, presenta tráfico pesado y cruza diversos poblados, lo cual eleva los tiempos de recorrido.

A continuación se muestran algunas fotografías que muestran el cruce por poblados que hacen más lenta la velocidad de los conductores:

Fotografía 1 - *Cruce de Poblados*



Fotografía 2 – *Cruce de Poblados*



Las fotografías 1 y 2 fueron tomadas en los cadenamientos 72+100 y 72+150 respectivamente de la carretera federal MEX 180 Poza Rica - Veracruz. En ellas se puede observar que los automóviles que circulan por el tramo en estudio cruzan por zonas pobladas asimismo se puede observar el constante tráfico de automóviles de carga pesada.

Fotografía 3 – *Cruce de Poblados*



Fotografía 4 – *Cruce de Poblados*



La fotografía 3 fue tomada en el cadenamiento 73+500 del tramo en estudio. En la fotografía se puede observar que los automóviles cruzan por zonas habitadas, así como una constante circulación de carga pesada. Estos factores aumentan el riesgo de accidentes para habitantes de la zona.

En la fotografía 4 se puede observar el cruce de otro poblado con muy poca señalización, el cruce se encuentra en el tramo de Nautla a Gutiérrez Zamora.

Área de influencia

El presente estudio contiene un análisis económico y social de los municipios por los que atraviesa el tramo en estudio con el objetivo de identificar los tipos de tránsito existentes en la zona de influencia del proyecto.

Estado de Veracruz

El estado de Veracruz cuenta con 212 municipios divididos en 10 regiones. El proyecto tendrá influencia en ocho municipios: Alto Lucero de Gutiérrez Barrios de la Región de Capital; Vega de Alatorre, Papantla, Veracruz, Nautla y San Rafael de la Región de Nautla; Tecolutla y Gutiérrez Zamora de la Región Totonaca.



Municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios

El municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios tiene una superficie de 725.48 Km² y se encuentra ubicado en la zona central del Estado en la región de Capital, en las estribaciones de la Sierra de Chiconquiaco. En este municipio se localiza la Central Nuclear de Laguna Verde.



Municipio de Vega de Alatorre

Tiene una superficie de 310.92 Km² y se encuentra situado en la zona central del Estado en la región de Nautla sobre las estribaciones de la Sierra de Chiconquiaco. El municipio cuenta con una población total de 20 mil habitantes.



Municipio de Papantla

Tiene una superficie de 1,199.26 Km.2, cifra que representa 1.65% total del Estado. El municipio se encuentra ubicado en la zona central del Estado, sobre las tribulaciones de un conjunto montañoso de la Sierra Madre Oriental. El INEGI reporta, que la población para el municipio de Papantla en el 2010 es de 159 mil personas.



Municipio de Veracruz

Se encuentra ubicado en la zona centro del Estado, Tiene una superficie de 241 Km2, Cifra que representa un 0.33% del total del Estado. El municipio cuenta con una población total de 552 mil habitantes. Es la ciudad más grande e importante del estado de Veracruz. Su distancia aproximada al sureste de la capital del Estado, por carretera es de 90 Km.



Municipio de Nautla

Tiene una superficie de 358.63 Km², se encuentra ubicado en la zona central costera del Estado en la región de Nautla, dentro del área de Barlovento, y posee un suelo de extensas planicies. El municipio cuenta con una población total de 10 mil habitantes.



Municipio de San Rafael

Tiene una superficie de 291.14 Km² y se encuentra situado en la zona centro del Estado en la región de Nautla. El municipio cuenta con una población total de 29 mil habitantes.



Municipio de Tecolutla

Tiene una superficie de 471.31 Km² y se encuentra situado en la zona centro del Estado en la región Totonaca, en las estribaciones del río Tecolutla y cercano a su desembocadura. Contiene la playa turística de Casitas. El municipio cuenta con una población total de 25 mil habitantes.



Municipio de Gutiérrez Zamora

Tiene una superficie de 233.60 Km² y se encuentra ubicado en la zona central del Estado en la región Totonaca, tiene un suelo de lomeríos y cerros de escasa altura. El municipio cuenta con una población total de 24 mil habitantes.

Dichos municipios no están densamente poblados dado que algunos no rebasan los 30 mil habitantes (a excepción de Veracruz y Papantla), e incluso Nautla apenas llega a los 10 mil habitantes. Esta región tiene un perfil principalmente agrícola y ganadero, así como de servicios y en baja proporción de la industria manufacturera. Cabe mencionar que Tecolutla y Nautla destacan por tener una mayor tendencia de actividades turísticas y de pesca en comparación con los otros municipios mencionados, además de las actividades primarias ya referidas.

Con base en la información censal de 2005 y 2010, se observa que la población del estado de Veracruz creció en 1.5% promedio anual. Durante el mismo periodo de análisis, sólo Alto Lucero supera ligeramente esa tasa, ya que creció en 1.64% promedio anual, Nautla registró un decremento en su población y el resto de los municipios creció a tasas reducidas. La siguiente tabla muestra los crecimientos poblacionales en el área de influencia del proyecto.

Tabla 3 – Población del área de influencia del proyecto¹

Municipio	2010	2011	2012	2013	2014	2015	CAGR 2010 - 2015 ²	Crecimiento anual promedio
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	28,259	28,555	28,777	28,969	29,138	29,288	0.71808%	0.71825%
Gutiérrez Zamora	24,533	24,525	24,521	24,541	24,578	24,627	0.07693%	0.07697%
Nautla	10,067	10,046	10,029	10,024	10,027	10,037	0.05815%	-0.05808%
Papantla	159,964	160,711	161,371	162,120	162,932	163,787	0.47355%	0.47355%
San Rafael	29,531	29,672	29,788	29,911	30,039	30,170	0.42958%	0.42958%
Tecolutla	25,354	25,453	25,536	25,630	25,732	25,840	0.38103%	0.38103%
Vega de Alatorre	19,711	19,855	19,969	20,078	20,185	20,288	0.57875%	0.57878%
Veracruz	556,838	564,004	569,874	575,291	580,326	585,019	0.99230%	0.99244%
Población del Área de influencia	854,256	862,821	869,865	876,564	882,956	889,058	0.80185%	0.80%
Población total Veracruz	7,712,247	7,791,801	7,858,604	7,923,198	7,985,893	8,046,828	0.85298%	0.85%

Elaboración propia. Basado en información pública del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Entorno económico del área de influencia

Los municipios que comprenden el área de influencia del tramo carretero en estudio basan principalmente sus actividades económicas en la actividad agropecuaria. De acuerdo con datos estadísticos del INEGI, el estado de Veracruz generó el 4.7% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional en 2011, siendo el sexto estado en importancia.

Las siguientes tablas muestran la aportación del Estado de la zona de influencia al PIB nacional, así como sus principales actividades económicas:

Tabla 4. – Aportación al PIB nacional del Estado de la zona de influencia

Estado	PIB 2011*	%
Veracruz	644,156,500	4.65%
Total Nacional	13,843,758,061	100.00%

*Precios Corrientes

Elaboración propia. Basado en información pública del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

¹ Datos de proyecciones 2010-2030 realizadas por el Consejo Nacional de Población (“CONAPO”) utilizando población censada por municipio, edad y sexo en 2005 y 2010.

² Tasa de crecimiento promedio ponderado

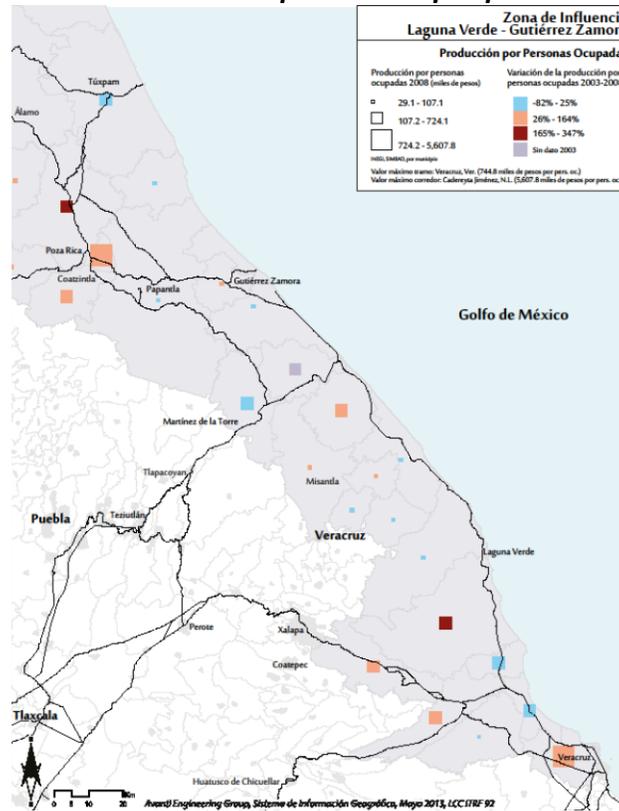
Tabla 5. – Población ocupada del Estado de la zona de influencia

Actividad económica	Total Nacional	Veracruz	%
	A	B	B/A
Agropecuario	5,899,290	649,079	11.00%
Construcción	3,495,836	223,639	6.40%
Industria Manufacturera	6,735,752	286,031	4.25%
Comercio	8,980,970	566,573	6.31%
Servicios	18,879,466	1,165,846	6.18%
Otros	362,893	38,744	10.68%
No Especifica	297,625	12,584	4.23%
Total	44,651,832	2,942,496	6.59%

Elaboración propia. Basado en información pública del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

A continuación se presenta un mapa de la zona de influencia del proyecto carretero. En él se puede observar la variación de producción por personas ocupadas en el periodo 2003-2008.

Figura 3. – Variación de la producción por persona ocupada



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Específicamente, se puede observar que el municipio de Alto Lucero presentó una variación en la producción por persona ocupada de entre 165% y 347%. Este efecto es previsible que se deba a actividades relacionadas con un sector distinto al agropecuario.

Situación actual

Con base en los estudios de campo y la recopilación de información de fuentes públicas se pudo identificar la problemática que presenta el tramo carretero en estudio. Como se ha mencionado, el tramo carretero en estudio se sitúa en la carretera federal MEX 180 y cruza los municipios de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Vega de Alatorre, Nautla, San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora en el estado de Veracruz.

En general, el estado de Veracruz tiene un PIB elevado en las actividades terciarias, en segundo lugar las actividades secundarias y muy por debajo las actividades primarias. Sin embargo, esta región tiene un perfil más bien agrícola y ganadero, así como de servicios, y en baja proporción manufacturero.

Tecolutla y Nautla destacan por tener más tendencia al turismo, en comparación con los otros municipios mencionados, además de las actividades primarias ya referidas.

La motorización de la zona del proyecto es relativamente baja, de tal modo que en 2010 había poco más de 20 mil vehículos registrados. Sin embargo, en los próximos años se estima que será considerable el tránsito de paso que se genere desde el Puerto de Veracruz (el puerto marítimo más importante del país) hacia Xalapa (la capital estatal) o el norte del estado, así como con puntos importantes como Tuxpan, Poza Rica o incluso hacia el Puerto de Tampico en el estado de Tamaulipas y Monterrey en Nuevo León, y lo correspondiente en sentido inverso. Así, el tramo podrá elevar su importancia como conexión entre las zonas industriales del norte del país y la zona portuaria de Veracruz.

Este proyecto tendrá también influencia indirecta en nueve municipios de la región que entroncan con la carretera MEX 180: La Antigua, Puente Nacional, Úrsulo Galván, Paso de Ovejas, Emiliano Zapata, Actopan, Yecuatla y Martínez de la Torre. Adicionalmente se ubican cuatro municipios que por su cercanía con el tramo deben ser considerados, estos son: Juchique de Ferrer, Colipa, Misantla y Papantla.

En lo que concierne a las características físicas de la zona de estudio se verificó a través de inventarios en el lugar que el terreno va de plano a lomerío, con una proporción de 45% y 55% respectivamente. El lomerío se extiende cerca de Zempoala y llega casi a Vega de Alatorre, y después de Gutiérrez Zamora a Papantla. Mientras que el terreno plano va desde de José Cardel y poco antes de llegar a Zempoala, y después va desde Vega de Alatorre hasta Gutiérrez Zamora.

La siguiente figura muestra un mapa que detalla el tipo de terreno a lo largo del tramo carretero en estudio.

Figura 4. – Tipo de terreno del tramo carretero



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

También se observó que el 100% de la carretera es de un solo carril por sentido, específicamente de Laguna Verde al Entronque Gutiérrez Zamora. El ancho de los carriles en general es de 3.20 metros.

Por otro lado se verificó que la carretera está dividida por una línea de pintura. El tipo de pavimento es asfalto en su 100%, cuyo estado es regular, tendiente a que se deteriore rápidamente en temporada de lluvias. En la siguiente tabla se hace un resumen de las características físicas del corredor en estudio:

Tabla 6.- Características físicas

Características	Kilómetros
Tipo de terreno	
Lomerío	95 km
Plano	58 km
Número de carriles	
1 carril	152.7 km
Ancho de carriles	
3.2 mts	152.7 km
Faja separadora	
Pintura	152.7 km
Condiciones del pavimento	
Regular	152.7 km

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Para realizar el análisis de la problemática actual, el corredor en estudio se dividió en tres tramos:

Laguna Verde-Nautla

El tramo carretero Laguna Verde – Nautla se ubica entre los cadenamientos 167+700 y 90+700 de la carretera federal 180, cuenta con una longitud de 77.0 km y cruza los Municipios de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Vega de Alatorre y Nautla.

Nautla-Gutiérrez Zamora

El tramo carretero Nautla-Gutiérrez Zamora se ubica entre los cadenamientos 96+200 y 31+800 de la carretera federal 180, cuenta con una longitud de 58.9 km y cruza los Municipios de Nautla, San Rafael, Tecolutla y Gutiérrez Zamora.

Gutiérrez Zamora-Entronque Gutiérrez Zamora

El tramo carretero Gutiérrez Zamora-Entronque Gutiérrez Zamora se ubica entre los cadenamientos 31+800 al 15+000 de la carretera federal 180, cuenta con una longitud de 16.8 kms y cruza los municipios de Gutiérrez Zamora en dirección a Papantla.

b) Análisis de la Oferta Existente

Para llevar a cabo los estudios de oferta y demanda del tramo carretero denominado Laguna Verde-Gutiérrez Zamora se llevó a cabo un estudio de campo durante los días 24 de junio del 2013 al 12 de julio del 2013. Los estudios de campo son una actividad fundamental, ya que permiten conocer: 1) las características cualitativas del tramo carretero; 2) las características actuales de la oferta y la demanda, y 3) la forma en la cual los usuarios utilizan la infraestructura disponible.

La recopilación de la información de campo fue planeada para conocer las características de la oferta, representada por la infraestructura de transporte existente y futura. Con base en la información recopilada en el estudio, se puede desarrollar el diagnóstico de las condiciones de operación actual.

Tabla 7. – Estaciones de aforo automático

Estación	Ubicación	Localidad
Estación 1 "Cardel"	Carretera Federal MEX-180 Poza Rica - Veracruz. Kilómetro 205+100	Municipio la Antigua
Estación 2 "Nautla"	Carretera Federal MEX-180 Poza Rica - Veracruz. Kilómetro 97+000	Municipio de Nautla
Estación 3 "San Rafael"	Carretera Federal MEX-129 Teziutlán - Nautla. Kilómetro 84+400	Municipio de San Rafael
Estación 4 "Casitas"	Carretera Federal MEX-180 Poza Rica - Veracruz. Kilómetro 93+000	Municipio de Tecolutla
Estación 5 "Papantla"	Carretera Federal MEX-180 Poza Rica - Veracruz. Kilómetro 93+000	Municipio Papantla

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

La siguiente figura muestra la ubicación de las estaciones de aforo automático y de encuesta origen-destino con preferencia declarada que fueron instaladas.

Figura 5. – Ubicación de estaciones de aforo



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Para llevar a cabo el estudio del proyecto de modernización de la carretera Laguna Verde-Gutiérrez Zamora, se identificaron atributos como longitud, número de carriles por sentido, tipo de terreno, ancho de sección de la vía, tipo de pavimento así como el estado del mismo. A partir de este análisis, se pueden identificar las características de la infraestructura disponible y por lo tanto permite determinar el mercado potencial para el proyecto.

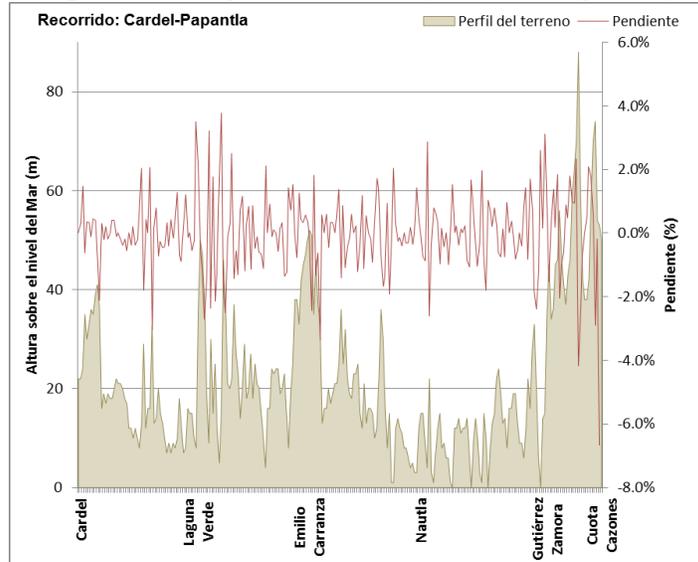
Tipo de terreno

El tipo de terreno que se presenta en la zona de estudio está repartido entre Plano y Lomerío. Se presentan zonas de Lomerío entre Zempoala y Vega de Alatorre, así como en el tramo entre Gutiérrez Zamora y Papantla, estos dos tramos de Lomerío representan el 55% del total.

El otro 45% corresponde a terreno Plano ubicado entre José Cardel y Zempoala, así como entre Vega de Alatorre y Gutiérrez Zamora. En la siguiente gráfica se puede observar el tipo

de terreno analizado y la pendiente que presenta.

Figura 6. – Perfil del terreno. (Cardel – Papantla)



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Como se puede observar en la gráfica anterior, en el tramo entre Cardel y Papantla se observan elevaciones máximas de 80 metros sobre el nivel del mar, correspondiente a la zona de Gutiérrez Zamora. Por otra parte, las pendientes oscilan entre 4% y -4%, por lo que el tipo de terreno va de plano a lomerío.

Número y ancho de carriles

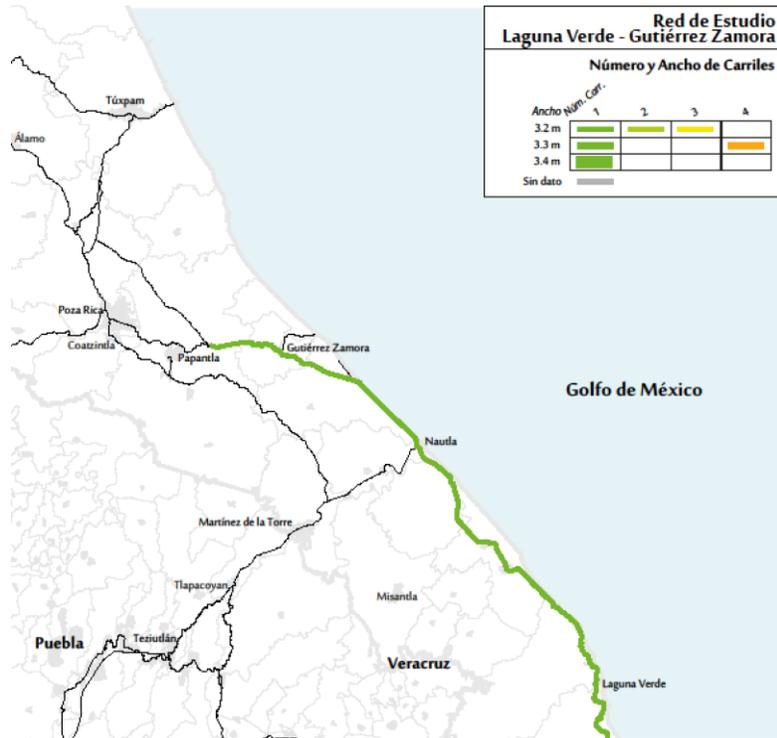
Con base en los estudios de campo realizados en el tramo en estudio, se puede analizar el número de carriles y el ancho de estos. La carretera en estudio cuenta, en toda su extensión, con carriles de 3.2 metros de ancho.

Tabla 8. – Número y ancho de carriles

Tramo	Número de carriles	Ancho
Laguna Verde -Nautla	2 carriles (uno por sentido)	3.2 metros
Nautla – Gtz Zamora	2 carriles (uno por sentido)	3.2 metros
Gtz Zamora-Ent. Gtz Zamora	2 carriles (uno por sentido)	3.2 metros

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Figura 7. – Número y ancho de carriles

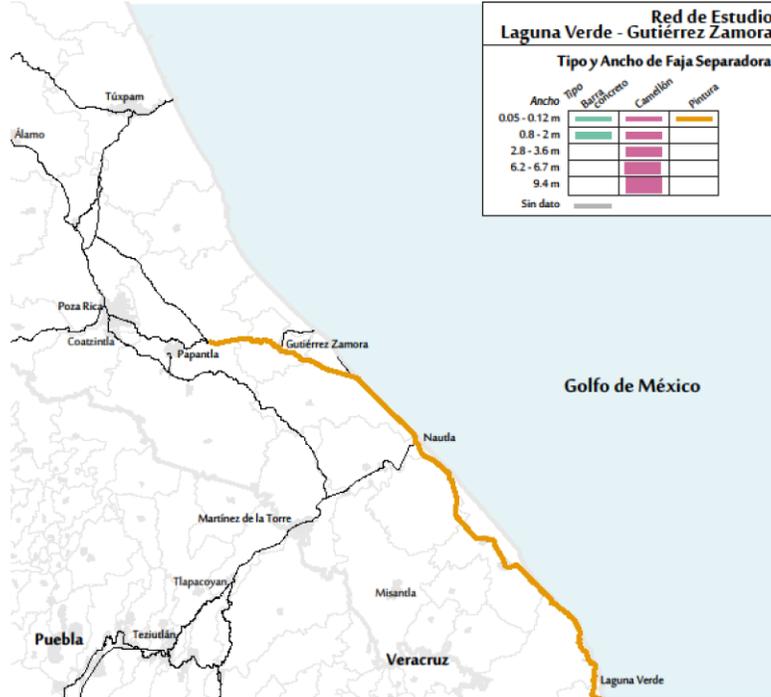


Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Tipo y ancho de franja separadora

El tramo carretero, desde su inicio en Laguna Verde hasta llegar a las casetas de Cazones, solo se cuenta con pintura para la separación de los sentidos en la carretera. El siguiente mapa muestra la composición del tramo carretero en estudio

Figura 8. – Tipo y ancho de franja separadora



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Condiciones operativas del tramo en estudio

Posterior al estudio de las características físicas, se identificaron las características operativas de la red vial, analizándose las velocidades de recorrido que se presentan en la red.

Como se observa en el siguiente mapa de velocidades para Automóvil, el 75% del tramo en estudio no rebasa los 70 km/h. solo en algunos kilómetros se observaron velocidades superiores a los 90 km/h y en algunas ocasiones rebasando los 110km/h.

Se debe tomar en cuenta que estos datos, aunque son para la Hora Pico, realmente no existe una diferencia suficientemente marcada entre las horas Pico y Valle, ya que, al ser zona carretera, no se tiene el movimiento de las zonas urbanas, donde sí se perciben estas variaciones de velocidad muy claramente.

Figura 9. – Condiciones operativas del tramo en estudio
Mapa de velocidades para Automóvil



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Tipo y Estado de Pavimento

Por último se corroboró que el tipo de pavimento es asfalto en su 100%, cuyo estado es regular a lo largo del tramo carretero, tendiente a que se deteriore rápidamente en temporada de lluvias. El siguiente mapa detalla el estado del pavimento a lo largo del tramo carretero.

Figura 10. – Tipo y Estado del pavimento



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

El siguiente mapa detalla los niveles de servicio a lo largo del tramo carretero.

Figura 11 - Distribución de los Niveles de Servicio en las carreteras analizadas



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Tabla 9. Datos de la oferta

Concepto	Laguna Verde – Nautla	Nautla – Entronque Gutiérrez Zamora	Gutiérrez Zamora - Entronque Gutiérrez Zamora
Longitud (km)	77.0 kms	58.9 kms	16.8 kms
Tipo de carretera	C	C	C
Número de carriles	2	2	2
Ancho de sección (m)	6.4	6.4	6.4
Tipo de terreno	Lomerío	Plano	Lomerío
Velocidad de operación (km/h)	68.0	72.0	60.0
Estado físico	Regular	Regular	Regular
Índice de Rugosidad (IRI)	4	4	4

Fuente. Estudios de campo

d) Análisis de la Demanda Actual

El presente capítulo muestra los resultados de los análisis realizados a la demanda potencial del proyecto Laguna Verde – Gutiérrez Zamora. Estos estudios se desarrollaron con la información documental y la información de campo recopilada tal como el Tránsito Diario Promedio Semanal, el patrón y características de los viajes que se realizan dentro de la zona de estudio, así como la disponibilidad de pago de la demanda potencial.

Aforos

Para analizar el comportamiento del tránsito, se obtuvieron los aforos vehiculares de los últimos 12 años publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos en su apartado Datos Viales.

En la siguiente tabla se puede observar el comportamiento histórico de la demanda de la Carretera Poza Rica-Veracruz, de acuerdo con la información de Datos Viales SCT, así como su tasa de crecimiento media anual:

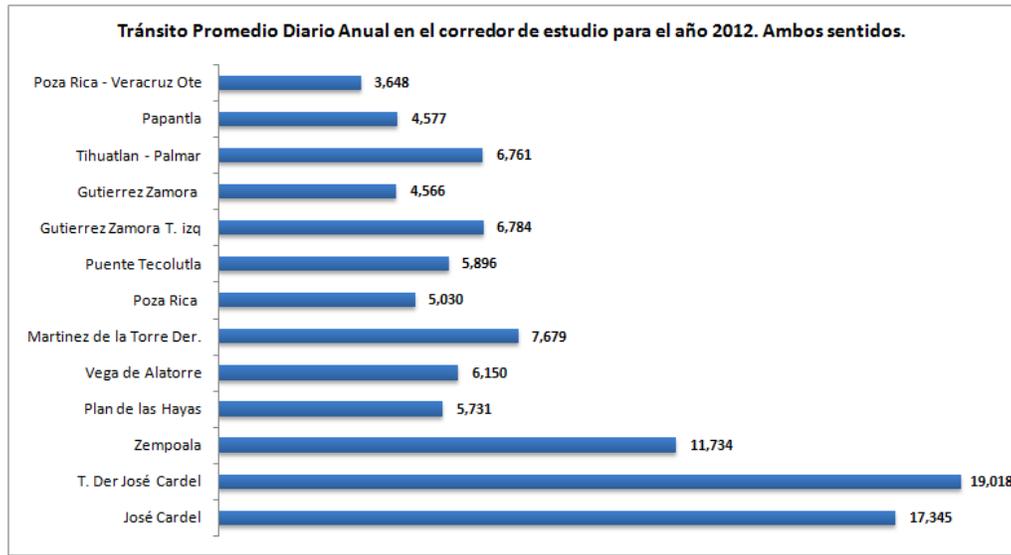
Tabla 10. – Tránsito Histórico y Tasa de Crecimiento Media Anual: Carretera Poza Rica-Veracruz

LUGAR / AÑO	T. C. Pachuca – Tuxpan	T. Izq. Santa Águeda	Papantla	T. Der. Martínez de La Torre	Nautla	T. Der. Plan de Las Hayas	T. Der. Zempoala	T. Der. José Cardel	Caseta de Cobro La Antigua
2001	22,873	7,126	6,477	7,070	4,152	4,981	7,024	9,892	
2002	24,541	7,375	6,700	7,320	4,300	5,155	7,101	10,235	
2003	24,351	7,630	6,935	7,575	4,450	5,335	7,350	10,590	
2004	24,122	7,765	7,060	7,713	4,577	5,386	7,480	10,765	
2005	24,542	7,904	7,064	7,851	4,659	5,483	8,287	15,509	13,120
2006	25,998	8,718	7,068	7,875	3,973	5,651	9,709	14,306	16,108
2007	22,914	13,247	7,343	7,294	4,295	4,488	10,203	13,488	15,391
2008	23,964	13,663	6,757	7,435	4,684	4,764	11,450	15,230	15,182
2009	25,544	14,151	5,304	7,782	5,282	4,965	12,120	15,560	14,847
2010	19,451	14,486	4,114	8,288	5,381	5,209	12,847	16,737	15,059
2011	17,289	14,464	4,434	7,197	6,477	5,431	10,949	15,580	15,626
2012	15,991	15,772	4,577	7,679	6,316	5,731	11,734	19,018	14,350
TCMA	-3.20%	7.49%	-3.11%	0.75%	3.89%	1.28%	4.78%	6.12%	1.29%
2010 – 2011	-11.12%	-0.15%	7.78%	-13.16%	20.37%	4.26%	-14.77%	-6.91%	3.77%
2011-2012	-7.51%	9.04%	3.23%	6.70%	-2.49%	5.52%	7.17%	22.07%	-8.17%

Fuente: Datos Viales, SCT.

La siguiente tabla detalla el flujo del tránsito vehicular a lo largo del tramo carretero. Se puede observar que en los puntos más cercanos a Veracruz y Xalapa, el volumen de tránsito es de aproximadamente 18,000 vehículos al día en dos sentidos. A partir de Zempoala se observa un cambio en el comportamiento del flujo vehicular, en donde el tránsito es de aproximadamente 11,000 vehículos diarios.

Figura 12. – Tránsito promedio diario anual del corredor José Cardel – Poza Rica.



A partir de Plan de Hayas y en dirección hacia el norte, el volumen de tránsito es de aproximadamente 5,000 vehículos diarios en dos sentidos. Asimismo, se puede observar que al continuar en dirección hacia el norte, el comportamiento de dicho tránsito varía pero se mantiene en el orden de los 5,000 vehículos.

Figura 13. – Tránsito Diario Promedio Anual Ponderado



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group con información de Datos Viales SCT.

Estudio de Origen-Destino

Se realizaron encuestas de origen-destino en 2 (dos) sitios de acuerdo a lo solicitado en los Términos de Referencia, dichas estaciones fueron denominadas “Cardel” y “Gutiérrez Zamora”. Las encuestas se aplicaron directamente al conductor durante 12 horas continuas, dos días seguidos, de domingo a lunes o de viernes a sábado.

El tamaño de la muestra se calculó con un nivel del confianza del 95% y un error estadístico del 3%. Para determinar el tamaño de muestra se empleó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}} \quad \text{donde: } n_0 = \frac{z^2 * P * (1 - P)}{e^2}$$

Variables:

n=tamaño de muestra

N=universo (se tomó como universo la información de datos viales de la SCT)

z= nivel de confianza (para un nivel de confianza del 95% el valor de z es de 1.96)

P= probabilidad (0.5 por ser una distribución simétrica)

e=error de estimación (3%)

El total de encuestas válidas obtenidas en la estación Cardel fueron 3,095. Por su parte, en la estación Gutiérrez Zamora el número de encuestas válidas fue de 2,836.

Tabla 11.- Número de encuestas origen- destino realizadas

O-D	Autos	Camiones	Total
CARDEL	2553	542	3095
GTZ. ZAMORA	1928	908	2836

Después de la aplicación de estas encuestas, se pudo concluir que la muestra fue significativa y 95% confiable. El Estudio de demanda realizado por Avanti (Anexo A), describe toda la caracterización de la demanda.

Estudio de Preferencia Declarada

Se llevaron a cabo encuestas diseñadas para estimar el valor del tiempo de los automovilistas que transitan sobre la carretera federal MEX-180. Para ello se diseñaron y aplicaron encuestas mediante la técnica de Preferencia Declarada. Estas encuestas permitieron calibrar el modelo de captación de la nueva infraestructura y analizar la sensibilidad del usuario con esta nueva opción, incluida la sensibilidad ante las cuotas. La encuesta de preferencia declarada se aplicó en el mismo sitio donde se realizaron las encuestas origen-destino. El total de encuestas de PD obtenidas en campo fue el siguiente:

Tabla 12.- Número de encuestas de preferencia declarada realizadas

PD	Autos	Camiones	Total
CARDEL	438	91	529
GTZ ZAMORA	350	157	507

Tabla 13. – Estaciones de encuesta

Estación	Ubicación	Localidad
Estación 1 "Cardel"	Carretera Federal MEX-180 Poza Rica-Veracruz. Kilómetro 205+100	Municipio la Antigua
Estación 5 "Papantla"	Carretera Federal MEX-180 Poza Rica - Veracruz, en el entronque con la Autopista Tihuatlán - El Palmar	Municipio Papantla

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Estación Cardel

Los datos recopilados de la Estación Cardel reflejan el origen y destino de los viajes, tanto para autos como para camiones. En el caso de los autos o vehículos ligeros, Veracruz fue el estado con un mayor número de orígenes y destinos.

Tabla 14. – Estación Cardel: Orígenes y destinos de vehículos ligeros

Autos			
Origen		Destino	
Veracruz	97.3%	Veracruz	96.1%
Tabasco	0.47%	Distrito Federal	1.8%
Tamaulipas	0.39%	Tamaulipas	1.2%
Otros	1.8%	Otros	2.1%

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Asimismo, la información recopilada detalla que los motivos principales de los viajes de los usuarios son: trabajo (44%), recreación (19%), visita a familiares o amigos (15%), compras (16%) y estudio (2%).

En el caso de los camiones o vehículos de carga, de nuevo Veracruz es el estado con un mayor número de orígenes y destinos.

Tabla 15. – Estación Cardel: Orígenes y destinos de vehículos de carga

Camiones			
Origen		Destino	
Veracruz	58.0%	Veracruz	63.0%
Nuevo León	13.0%	Tamaulipas	12.0%
Tamaulipas	11.0%	Chiapas	6.0%
Tabasco	4.0%	Tabasco	6.0%
Chiapas	2.0%	Otros	14.0%
Otros	12.0%		

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

De la muestra, se observa que el 58% de los viajes de los usuarios se originan en Veracruz, mientras que el 13% en Nuevo León y el 11% se originan en Tamaulipas. Por otro lado, el 63% de los destinos de los camiones fueron hacia el estado de Veracruz, el 12% hacia Tamaulipas y

el 6% hacia Chiapas y Tabasco. Asimismo, se verificó mediante los datos recopilados que del total de la muestra, la mayoría de los vehículos de carga transportaban abarrotes y bebidas (20%) y materiales de construcción (19%).

Estación Gutiérrez Zamora

Al igual que con la Estación Cardel, la muestra de la Estación Gutiérrez Zamora refleja que, en el caso de los autos, Veracruz fue el estado con un mayor número de orígenes y destinos. Si bien los estados tanto en orígenes como en destinos son diferentes en la estación Cardel y Gutiérrez Zamora, el 90% o más de los usuarios realizan viajes desde y hacia Veracruz.

Tabla 16. – Estación Gutiérrez Zamora: Orígenes y destinos de vehículos ligeros

Autos			
Origen		Destino	
Veracruz	90.0%	Veracruz	93.0%
Estado de México	2.0%	Tamaulipas	2.0%
Distrito Federal	2.0%	Nuevo León	1.0%
Tamaulipas	2.0%	Otros	4.0%
Hidalgo	1.0%		
Otros	5.0%		

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

De manera similar a lo observado en la Estación Cardel, en la Estación Gutiérrez Zamora los motivos principales de los viajes de los usuarios son: trabajo (41%), recreación (14%), visita a familiares o amigos (11%) y compras (5%).

En la Estación Gutiérrez Zamora se observa un comportamiento similar a la Estación Cardel con los vehículos de carga; Veracruz sigue siendo el estado con mayor número de orígenes y destinos.

Tabla 17. – Estación Gutiérrez Zamora: Orígenes y destinos de vehículos de carga

Camiones			
Origen		Destino	
Veracruz	63.0%	Veracruz	64.0%
Tamaulipas	10.0%	Tamaulipas	9.0%
Nuevo León	7.0%	Nuevo León	9.0%
Tabasco	4.0%	Puebla	4.0%
Chiapas	3.0%	Otros	14.0%
Otros	12.0%		

Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group

Los datos recopilados reflejan que además de Veracruz, Tamaulipas y Nuevo León son otros de los estados indicados por los usuarios como orígenes y destinos. Al igual que en la Estación Cardel, los datos de la muestra recopilada en la Gutiérrez Zamora reflejaron que la mayoría de los vehículos de carga transportan abarrotes y bebidas (22%) y materiales de construcción (17%), sin embargo, destacan otros productos como aquéllos relacionados con el sector agrícola y forestal (14%), materiales industriales (11%) y materiales peligrosos 10%).

La información recopilada de ambas estaciones permite concluir sobre los siguientes puntos:

- Veracruz es el principal estado de origen de los viajes, observándose también que el mayor tránsito tanto de autos como de camiones corresponde a viajes locales y regionales.
- Por otra, en la estación Gutiérrez Zamora se apreció que existe un tránsito de carga importante de camiones articulados entre la Zona Fronteriza de Tamaulipas con los estados que conforman la Península de Yucatán, así como de la zona metropolitana de Monterrey con esta región del sureste.
- Tanto en Cardel como en Gutiérrez Zamora se constató que la carga se transporta principalmente por medio de camiones articulados, lo que representa el 60% del tránsito de vehículos de carga en el área de influencia.
- Los principales tipos de carga que se transportan a través del corredor en estudio fueron abarrotes y bebidas, seguido por materiales para la construcción y productos agrícolas, lo que refleja la presencia de núcleos urbanos a lo largo de este corredor, así como importantes regiones agrícolas.

Resultado del análisis de campo, en la siguiente tabla se observa el Tránsito Diario Promedio Semanal (TDPS) y el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) correspondiente a las cinco estaciones de estudio.

Tabla 18 – TDPS y TDPA. Estaciones de Estudio

ESTACIÓN	TDPS	TDPA
1. Cardel	15,945	14,929
2. Nautla	5,286	5,122
3. San Rafael	4,543	4,402
4. Casitas	7,359	7,131
5. Gutiérrez Zamora	9,401	9,109

Es importante mencionar que, si bien el estudio de campo comprende la ruta que inicia en Cardel y termina en Papantla, el tramo de interés y como consecuencia en estudio es el definido en la tabla que se presenta a continuación. Dicha tabla contiene la composición vehicular y el TDPA aplicable a cada uno de los tramos que abarca el presente estudio.

Tabla 19 –TDPA y composición vehicular por tramo. Situación Actual

Tramo	TDPA Total 2013	Composición		
		A - Automóviles	B - Autobuses	C - Camiones Unitarios
LAGUNA VERDE –NAUTLA	5,189	69.00%	10.00%	21.00%
NAUTLA-GUTIERREZ ZAMORA	7,160	69.00%	8.00%	23.00%
GUTIERREZ ZAMORA-ENT. GTZ. ZAMORA	9,233	69.00%	10.00%	21.00%

La metodología para obtener la demanda indicada en la tabla 19 es la siguiente:

1. Los aforos vehiculares y las encuestas origen-destino permiten estimar la magnitud del mercado que utiliza el corredor actualmente, así como conocer las características del mismo. Esta información es ingresada al modelo de transporte para obtener una matriz origen-destino que representa el deseo de viaje entre las distintas zonas del área de estudio y además, de ser necesario, segmentada en diversos grupos según las características de la zona. Estas matrices son obtenidas en primer término a partir de la expansión de la muestra de encuestas recopilada, y en segundo término con un proceso de unificación de matrices que permiten eliminar dobles conteos en los viajes contenidos en las matrices origen-destino.
2. Posteriormente, las matrices son incluidas en el proceso de asignación del modelo de transporte que permite colocar (asignar) los viajes identificados en campo a las rutas y vías existentes en la región, representadas en el modelo como una red (nodos y enlaces).
3. Al realizar este paso con los viajes y la red en su situación actual, el modelo debe replicar los tiempos de viaje y los conteos vehiculares observados. Esto se verifica en un proceso de validación de la red, en el que pueden existir diferencias con respecto a los aforos, ya que el modelo es una aproximación de la interacción entre la oferta y demanda de transporte en la región.
4. Los datos que representan el flujo actual en la red de transporte son obtenidos a través del modelo, una vez que fue calibrado y validado. Al completar este paso, se analiza el escenario con proyecto, mediante la inclusión del mismo a la red de modelación.

Posterior al estudio de las características físicas, se identificaron las características operativas de la red vial, es decir, **la interacción de los usuarios (Demanda) con las vialidades existentes (Oferta)** analizándose las velocidades de recorrido que se presentan en la red.

Se debe tomar en cuenta que estos datos, aunque son para la Hora Pico, realmente no existe una diferencia bastante clara entre las horas Pico y Valle, ya que, al ser zona carretera, no se tiene el movimiento de las zonas urbanas, donde sí se perciben estas variaciones de velocidad muy claramente.

Se presenta, a continuación, el resultado del estudio de las variables relevantes para la interacción Oferta-Demanda.

Velocidades y Tiempos de Recorrido

Figura 14 -Velocidades Hora Pico Automóvil



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group.

Figura 15- Velocidades Hora Valle Automóvil



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group.

Tabla 20. Características Operativas. Automóvil

AUTOMÓVIL	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77.0	67.9	68
NAUTLA – GUTIERREZ ZAMORA	58.9	49.1	72
GTZ. ZAMORA – ENT. GTZ. ZAMORA	16.8	16.8	60
TOTAL	152.7	133.8	68.5

Figura 16 - Velocidades Promedio Autobús



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group.

Tabla 21. - Características Operativas. Autobús

AUTOBÚS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77.0	88.8	52
NAUTLA – GTZ. ZAMORA	58.9	55.2	64
GTZ. ZAMORA – ENT. GTZ. ZAMORA	16.8	21.0	48
TOTAL	152.7	165.0	55.5

Figura 17 - Velocidades Promedio Camión Unitario



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group.

Tabla 22. Características Operativas. Camión Unitario

CAMIÓN UNITARIO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77.0	90.6	51
NAUTLA – GTZ. ZAMORA	58.9	56.1	63
GTZ. ZAMORA – ENT. GTZ. ZAMORA	16.8	21.4	47
TOTAL	152.7	168.1	54.5

Figura 18 - Velocidades Promedio Camión Unitario



Fuente: Estudio de Tránsito junio 2013, Avanti Engineering Group.

Tabla 23. Características Operativas. Camión Articulado

CAMIÓN ARTICULADO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77.0	81.6	56.6
NAUTLA – GTZ ZAMORA	58.9	54.5	64.8
GTZ ZAMORA – ENT. GTZ ZAMORA	16.8	16.8	60.0
TOTAL	152.7	152.9	59.9

Caracterización de la Demanda. Estación Cardel

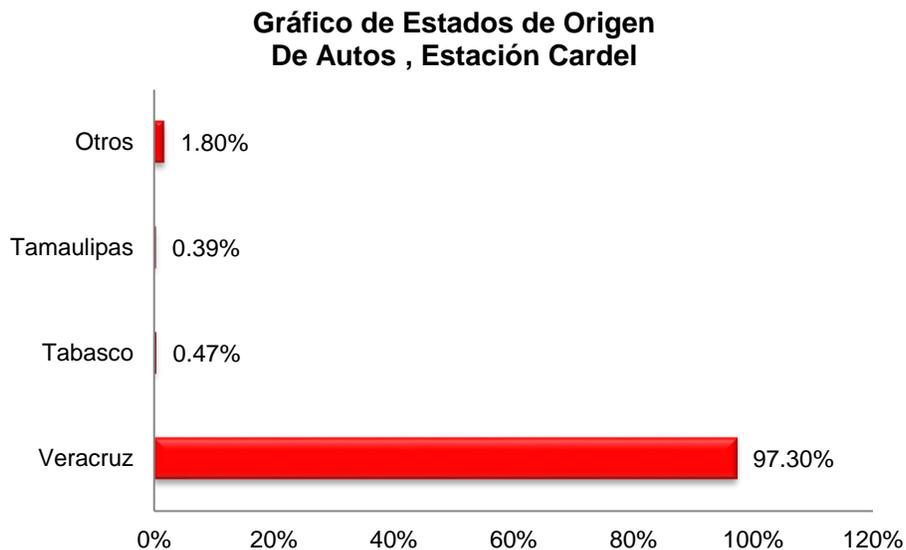
A partir de las encuestas de Origen – Destino aplicadas en la estación Cardel, se obtuvo información para identificar el mercado potencial de los usuarios del proyecto Laguna Verde-Gutiérrez Zamora. En esta sección se muestra la caracterización de la demanda de la zona en estudio que permite identificar el tipo de usuarios encuestados.

Estudio Origen-Destino

Estado de Origen

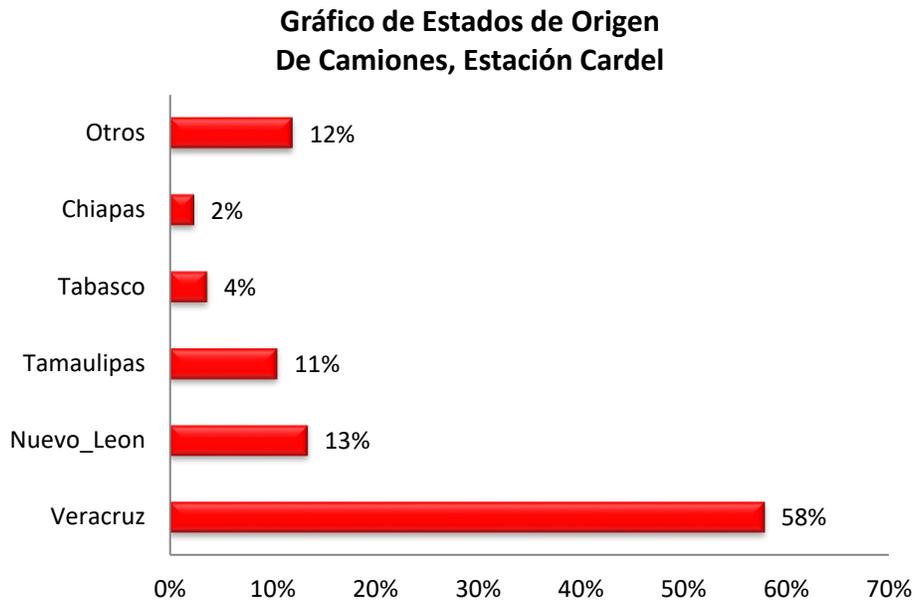
En la gráfica siguiente se presentan los resultados de la entidad de origen de los usuarios de vehículos ligeros en la Estación Cardel, donde se destaca Veracruz con 97.3%, de una muestra de 2,553 usuarios.

Figura 19 - Caracterización de la Demanda Autos – Estado de Origen, Estación Cardel



En la siguiente gráfica se observan los resultados de la entidad de origen de los usuarios de vehículos de carga en la Estación Cardel, siendo Veracruz el origen de 58% de los usuarios, seguido por Nuevo León con 13%.

Figura 20- Caracterización de la Demanda Vehículos de Carga – Estado de Origen Estación Cardel



Estado de Destino

En la figura siguiente se presentan los resultados del Estado de Destino de los usuarios de vehículos ligeros en la Estación Cardel, observando que Veracruz es el destino de 97.3% de los viajes, de una muestra de 2,553 usuarios.

Figura 21 - Caracterización de la Demanda Autos – Estado de Destino, Estación Cardel.



En la siguiente gráfica se muestran los resultados de la entidad de Destino de los usuarios de vehículos de carga en la Estación Cardel, en el cual se observa a Veracruz como el principal destino de los vehículos de carga con 63% de los usuarios, seguido por Tamaulipas con 12%, de una muestra de 542 usuarios.

Figura 22 -Caracterización de la Demanda Vehículos de Carga – Estado de Destino, Estación Cardel

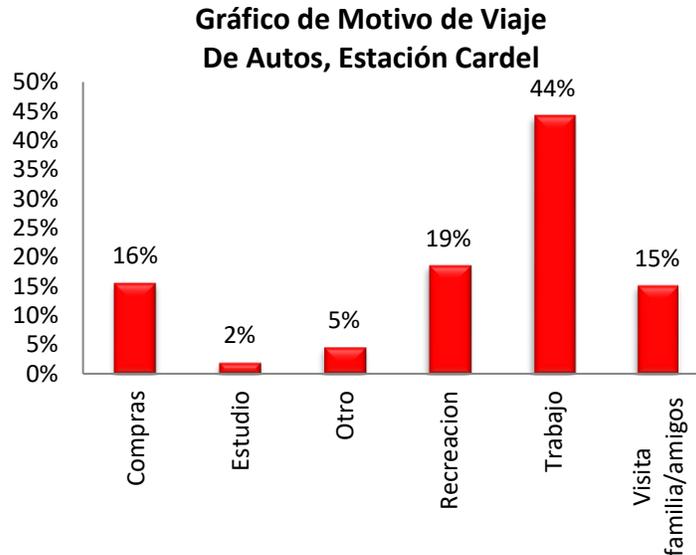


Encuesta de Preferencia Declarada:

Motivo de Viajes

En la siguiente figura se presentan los resultados del motivo de viaje de los usuarios de la Estación Cardel donde se destaca el trabajo como motivo principal, con 44%, y las actividades recreativas en segundo término con 19%, de una muestra de 2,517 usuarios.

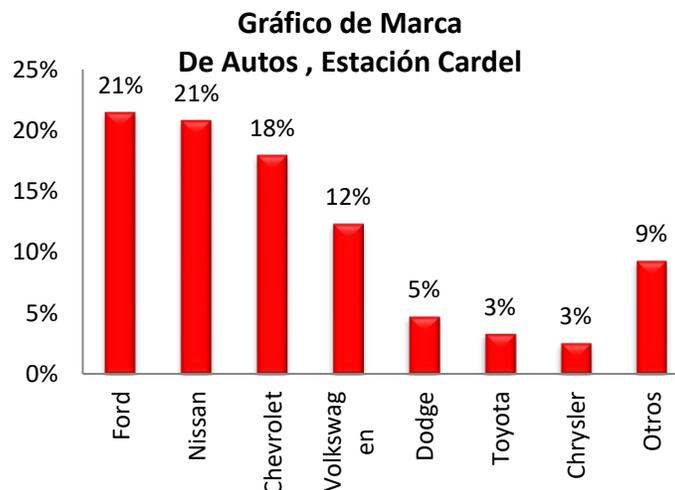
Figura 23 Caracterización de la Demanda Autos - Motivo de viaje, Estación Cardel.



Marca y Modelo de Autos

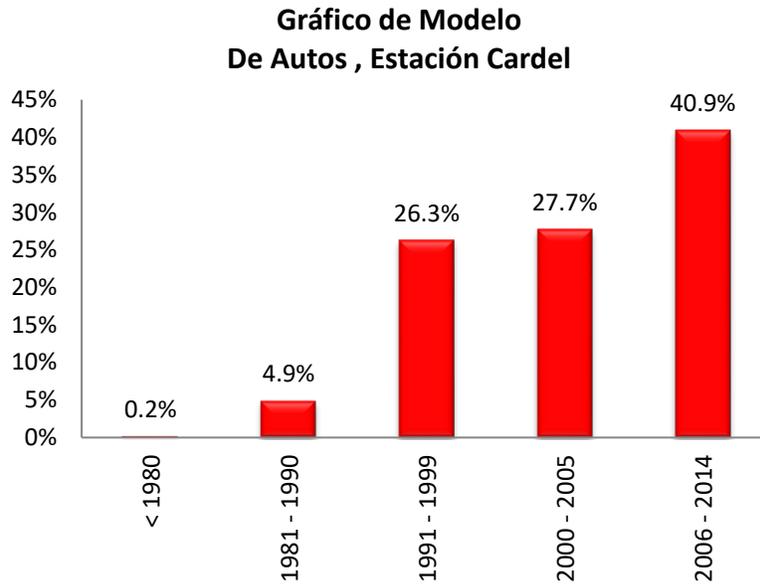
En la figura siguiente se observa la marca de los vehículos ligeros de los usuarios encuestados en la estación Cardel, distinguiéndose que el 21% de los encuestados conducían vehículos Ford y otro 21% conducía vehículos Nissan, de una muestra total de 2,550 usuarios.

Figura 24 Marca de Autos, Estación Cardel.



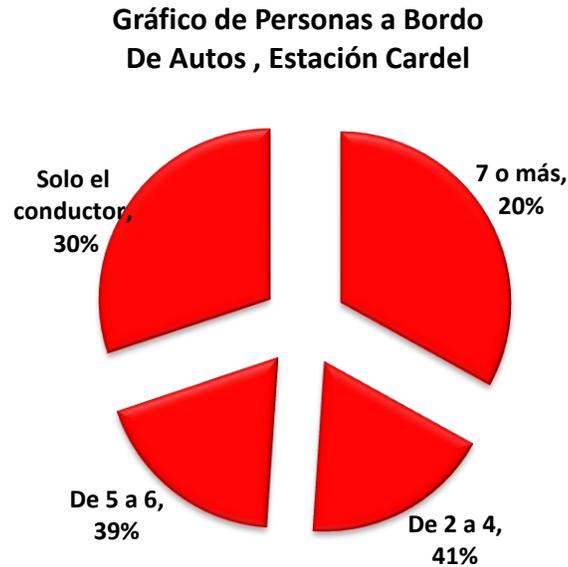
En cuanto al modelo de los vehículos, en la figura siguiente se observa que el 41% de los usuarios conducían vehículos de modelo 2006 y posteriores, mientras que el 31.5% de los vehículos fueron de modelos anteriores al año 2000.

Figura 25 -Modelo de Autos, Estación Cardel.



Número de Personas a Bordo

En el gráfico siguiente se puede apreciar la ocupación de los vehículos ligeros encuestados. En la figura siguiente se observa el número de personas a bordo en los vehículos ligeros en la estación Cardel, observando que en el 30% de los encuestados el conductor era la única persona en el vehículo, de una muestra de 2,463 encuestados.

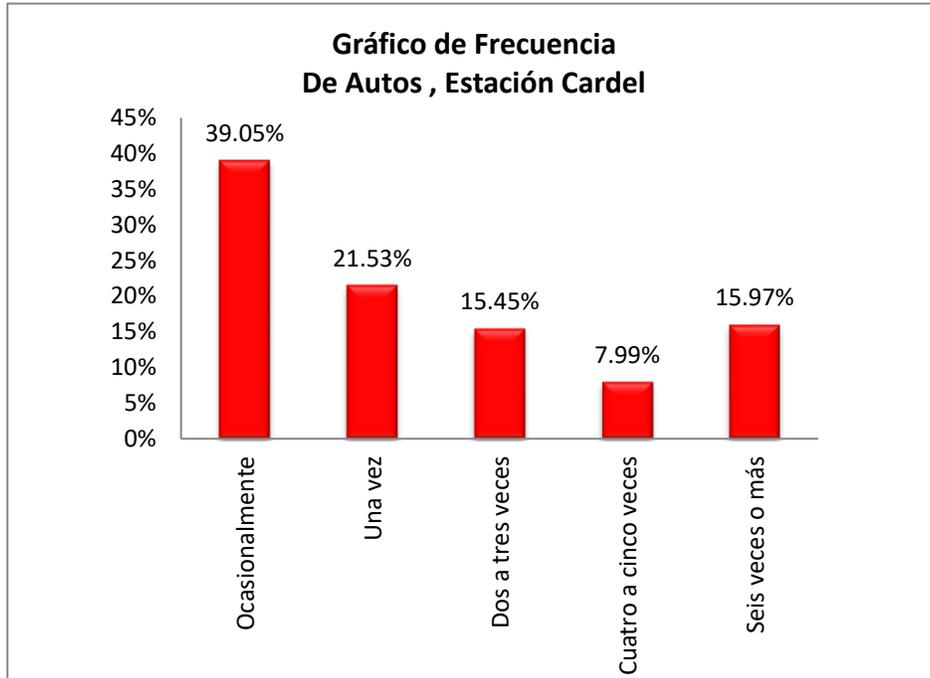
Figura 26 -Caracterización de la Demanda Autos-Personas a Bordo, Estación Cardel

Frecuencia de Viajes

Con este dato obtenido de las encuestas podemos determinar la dinámica de los usuarios, la zona en estudio tiene una movilidad importante tanto de pasajeros como de carga, como se muestra en la siguiente gráfica.

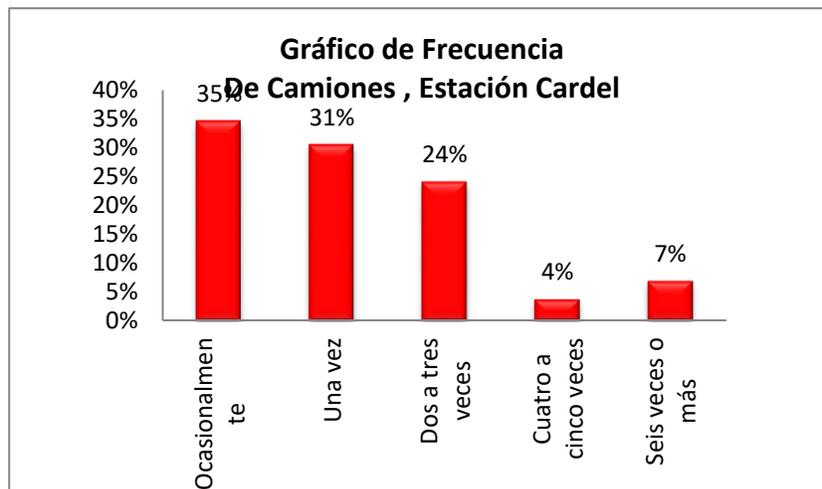
En la figura siguiente se puede apreciar la frecuencia de viajes en automóviles en la Estación Cardel, destacando los viajes que se realizan ocasionalmente los cuales representan el 39%, con una muestra de 2,517; lo que permite conocer que en su mayoría son viajes de largo itinerario. Por otra parte los viajes que menos se realizan son los que se hacen cuatro a cinco veces a la semana con el 8% de los viajes.

Figura 27 - Caracterización de la Demanda Autos. Frecuencia de Viajes, Estación Cardel



En la figura siguiente se puede apreciar la frecuencia de viajes en vehículos de carga en la Estación Cardel, destacándose los viajes que se realizan ocasionalmente y una vez por semana con 35% y 31% respectivamente, de una muestra de 534 encuestas; mostrando también que en su mayoría son viajes de largo itinerario.

Figura 28 -Caracterización de la Demanda Vehículos de Carga. Frecuencia de Viajes, Estación Cardel

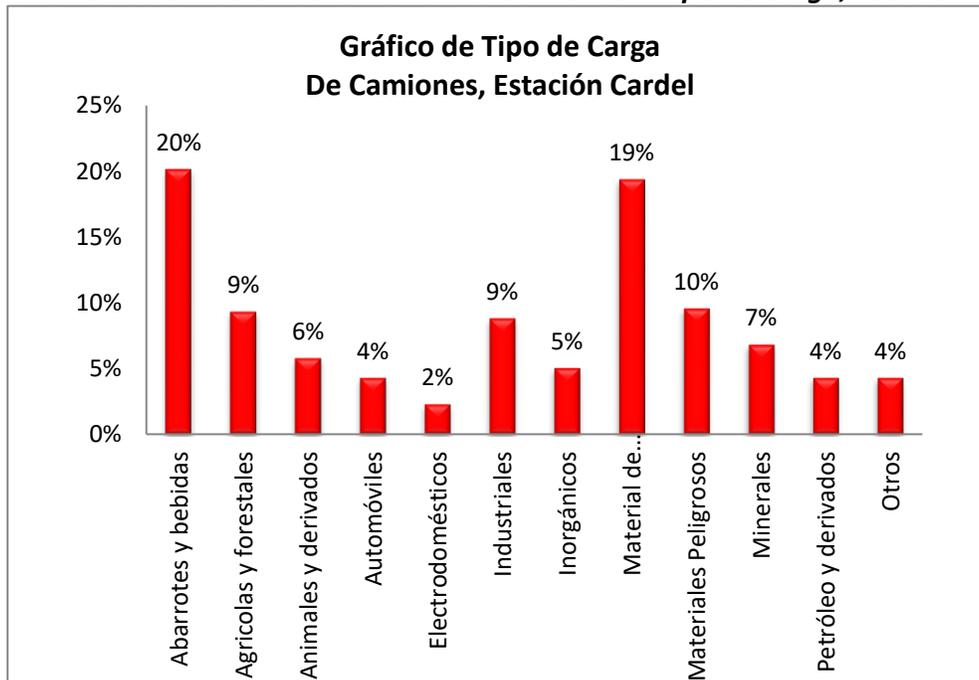


Tipo de Carga

Con este dato recopilado de las encuestas podemos determinar cuál es el tipo de carga que tiene mayor movilidad en el área de estudio, como se muestra a continuación.

En la siguiente gráfica se puede distinguir el tipo de carga de los vehículos pesados que se encuestaron en la Estación Cardel. Mostrando que el mayor número de vehículos traslada Abarrotes y Bebidas con 20% seguido por Materiales para Construcción con 19% de una muestra de 397 usuarios encuestados. En tercer lugar se encuentra el transporte de Materiales Peligrosos con 10%.

Figura 29- Caracterización de la Demanda Camiones – Tipo de Carga, Estación Cardel

**Número de Ejes**

Con este dato se establece cual es el tipo de vehículo de carga que transita con mayor frecuencia dentro de la carretera en estudio.

En la figura siguiente se presentan los resultados respecto al número de ejes de los vehículos de carga en la Estación Cardel, observando que el 41% de los vehículos cuentan con 2 a 4 ejes, de una muestra de 540 usuarios encuestados. Sin embargo se observa que el mayor volumen de carga se transporta por medio de camiones articulados, lo que representó el 59% de la muestra en la estación de encuesta.

Figura 30 - Caracterización de la Demanda Camiones – Número de Ejes, Estación Cardel



Caracterización de la Demanda. Estación Gutiérrez Zamora

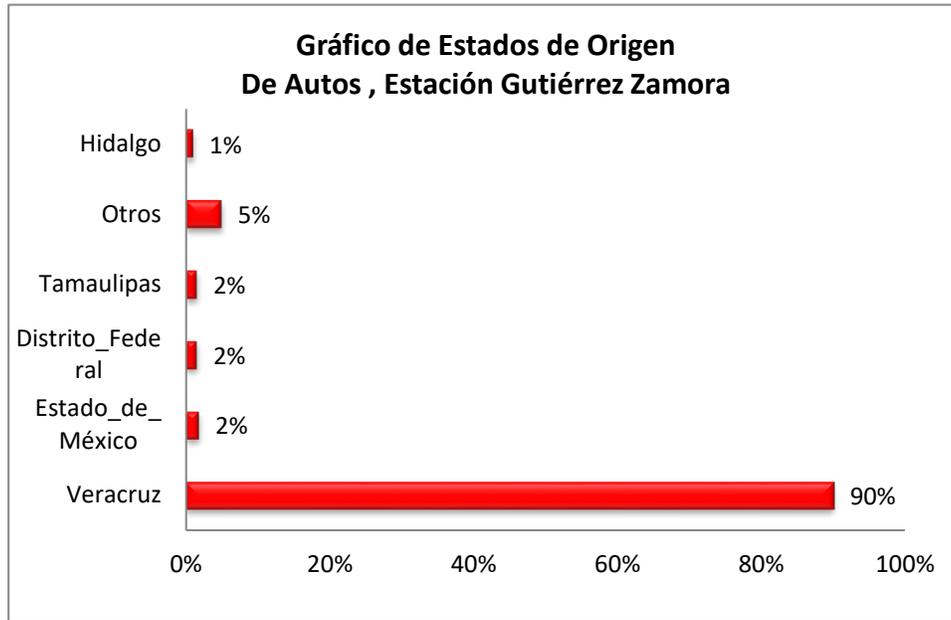
A partir de las encuestas de Origen – Destino aplicadas en la estación Gutiérrez Zamora, se obtuvo información para identificar el mercado potencial de los usuarios del proyecto Laguna Verde- Gutiérrez Zamora. En esta sección se muestra la caracterización de la demanda de la zona en estudio que permite identificar el tipo de usuarios encuestados.

Estudio Origen-Destino

Estado de Origen

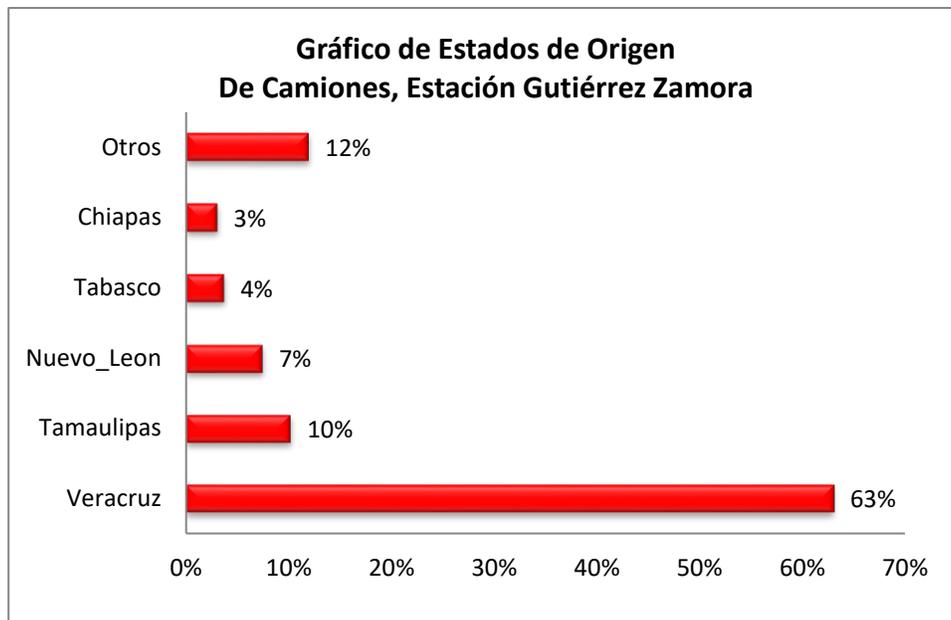
En la gráfica siguiente se presentan los resultados de la entidad de origen de los usuarios de vehículos ligeros en la Estación Gutiérrez Zamora, donde se destaca Veracruz con 90%, de una muestra de 1,928 usuarios.

Figura 31 -Caracterización de la Demanda Autos – Estado de Origen, Estación Gutiérrez Zamora



En la siguiente gráfica se observan los resultados de la entidad de origen de los usuarios de vehículos de carga en la Estación Gutiérrez Zamora, siendo Veracruz el origen de 63% de los usuarios, seguido por Tamaulipas con 10%, de una muestra de 908 usuarios.

Figura 32 - Caracterización de la Demanda Vehículos de Carga – Estado de Origen Estación Gutiérrez Zamora



Estado de Destino

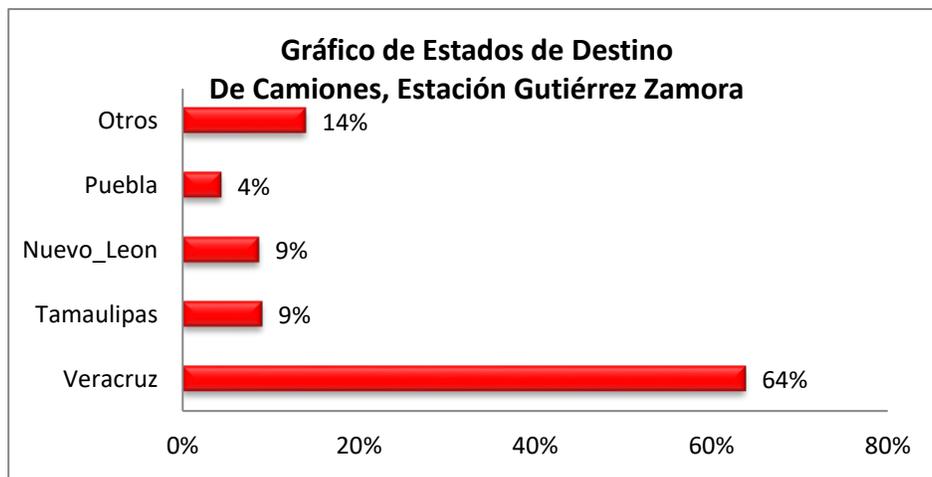
En la figura siguiente se presentan los resultados del Estado de Destino de los usuarios de vehículos ligeros en la Estación Gutiérrez Zamora, observando que Veracruz es el destino de 93% de los viajes, de una muestra de 1,928 usuarios.

Figura 33 -Caracterización de la Demanda Autos – Estado de Destino, Estación Gutiérrez Zamora



En la siguiente gráfica se muestran los resultados de la entidad de Destino de los usuarios de vehículos de carga en la Estación Gutiérrez Zamora, en el cual se observa a Veracruz como el principal destino de los vehículos de carga con 64% de los usuarios, seguido por Tamaulipas y Nuevo León con 9% respectivamente, de una muestra de 908 usuarios.

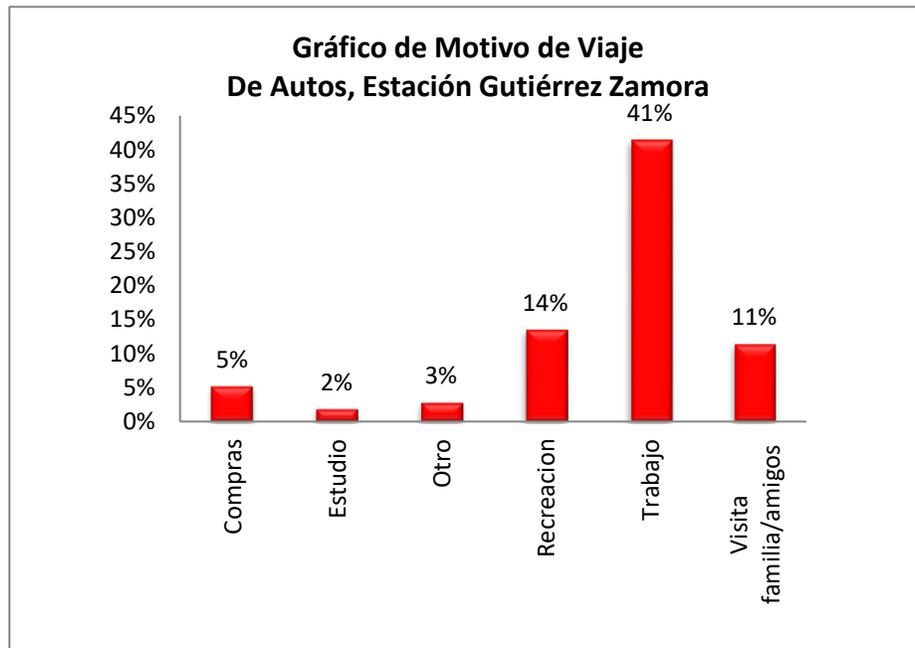
Figura 34- Caracterización de la Demanda Vehículos de Carga – Estado de Destino, Estación Gutiérrez Zamora



Encuesta de Preferencia Declarada***Motivo de Viajes***

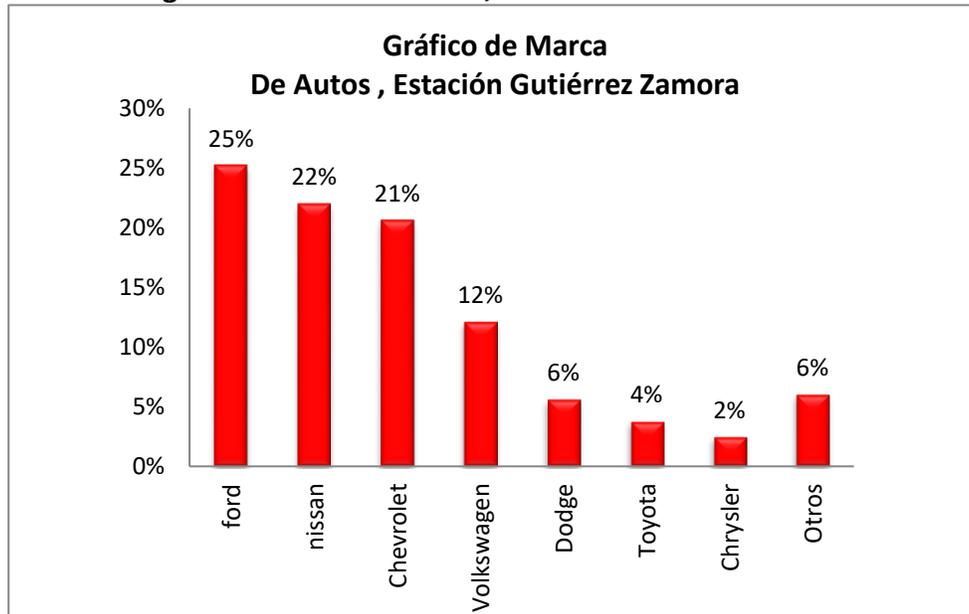
En la siguiente figura se presentan los resultados del motivo de viaje de los usuarios de la Estación Gutiérrez Zamora donde se destaca el trabajo como motivo principal, con 41%, y las actividades recreativas en segundo término con 14%, de una muestra de 1,919 usuarios.

Figura 35 - Caracterización de la Demanda Autos - Motivo de viaje, Estación Gutiérrez Zamora

***Marca y Modelo de Autos***

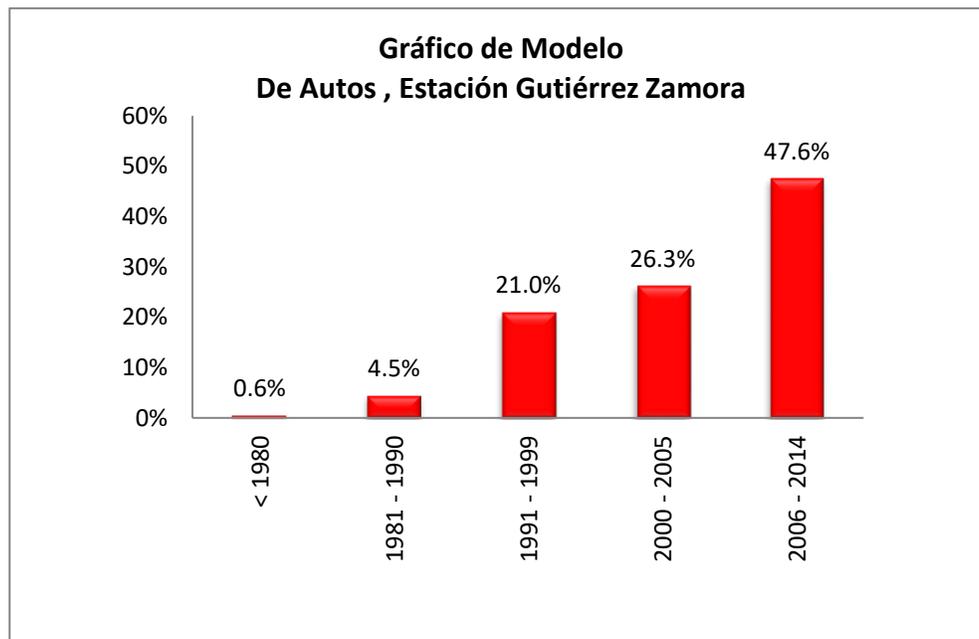
En la figura siguiente se observa la marca de los vehículos ligeros de los usuarios encuestados en la estación Gutiérrez Zamora, distinguiéndose que el 25% de los encuestados conducían vehículos Ford y 22% conducía vehículos Nissan, de una muestra total de 1,928 usuarios.

Figura 36 -Marca de Autos, Estación Gutiérrez Zamora



En cuanto al modelo de los vehículos, en la figura siguiente se observa que el 47.6% de los usuarios conducían vehículos de modelo 2006 y posteriores, mientras que el 26% de los usuarios conducían vehículos de modelos anteriores al año 2000.

Figura 37- Modelo de Autos, Estación Gutiérrez Zamora



Número de Personas a Bordo

En el gráfico siguiente se puede apreciar la ocupación de los vehículos ligeros encuestados.

En la figura siguiente se observa el número de personas a bordo en los vehículos ligeros en la estación Gutiérrez Zamora, observando que en el 30% de los encuestados el conductor era la única persona en el vehículo, de una muestra de 1,889 encuestados.

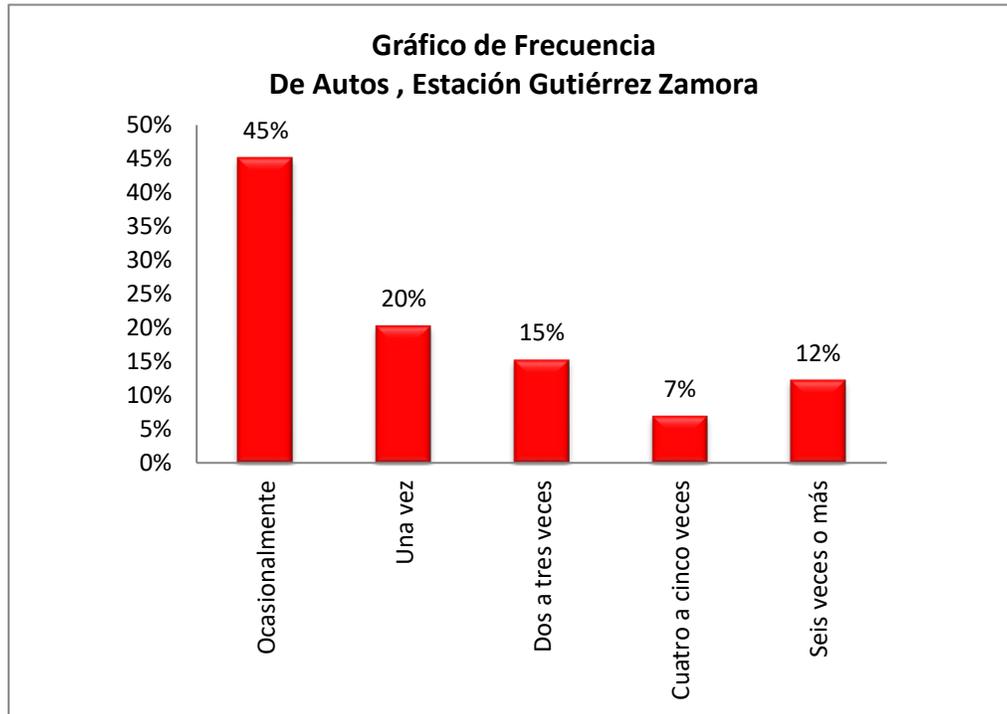
Figura 38 -Caracterización de la Demanda Autos-Personas a Bordo, Estación Gutiérrez Zamora

**Frecuencia de Viajes**

Con este dato obtenido de las encuestas podemos determinar la dinámica de los usuarios, la zona en estudio tiene una movilidad importante tanto de pasajeros como de carga, como se muestra en la siguiente gráfica.

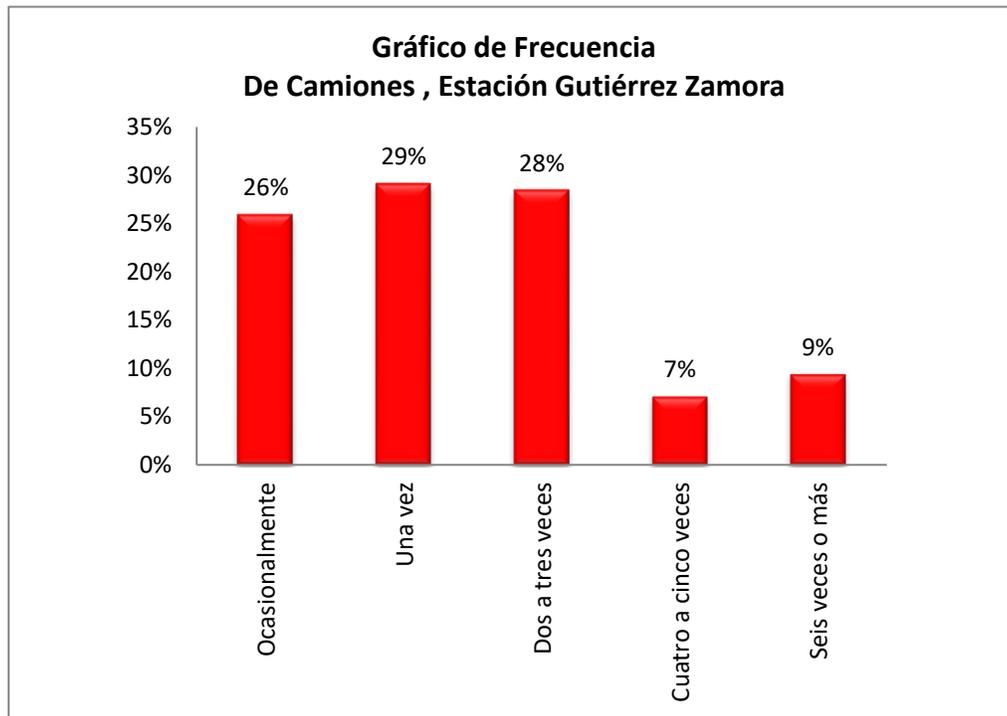
En la figura siguiente se puede apreciar la frecuencia de viajes en automóviles en la Estación Gutiérrez Zamora, destacando los viajes que se realizan ocasionalmente los cuales representan el 45%, con una muestra de 1,919; lo que permite conocer que en su mayoría son viajes de largo itinerario. Por otra parte los viajes que menos se realizan son los que se hacen cuatro a cinco veces a la semana con el 7% de los viajes.

Figura 39 -Caracterización de la Demanda Autos. Frecuencia de Viajes, Estación Gutiérrez Zamora



En la figura siguiente se puede apreciar la frecuencia de viajes en vehículos de carga en la Estación Gutiérrez Zamora, destacándose los viajes que se realizan ocasionalmente, una vez por semana y dos a tres veces por semana; con 26%, 29% y 28% respectivamente, de una muestra de 903 encuestas; mostrando también que en su mayoría son viajes de largo itinerario.

**Figura 40- Caracterización de la Demanda Vehículos de Carga.
Frecuencia de Viajes, Estación Gutiérrez Zamora**

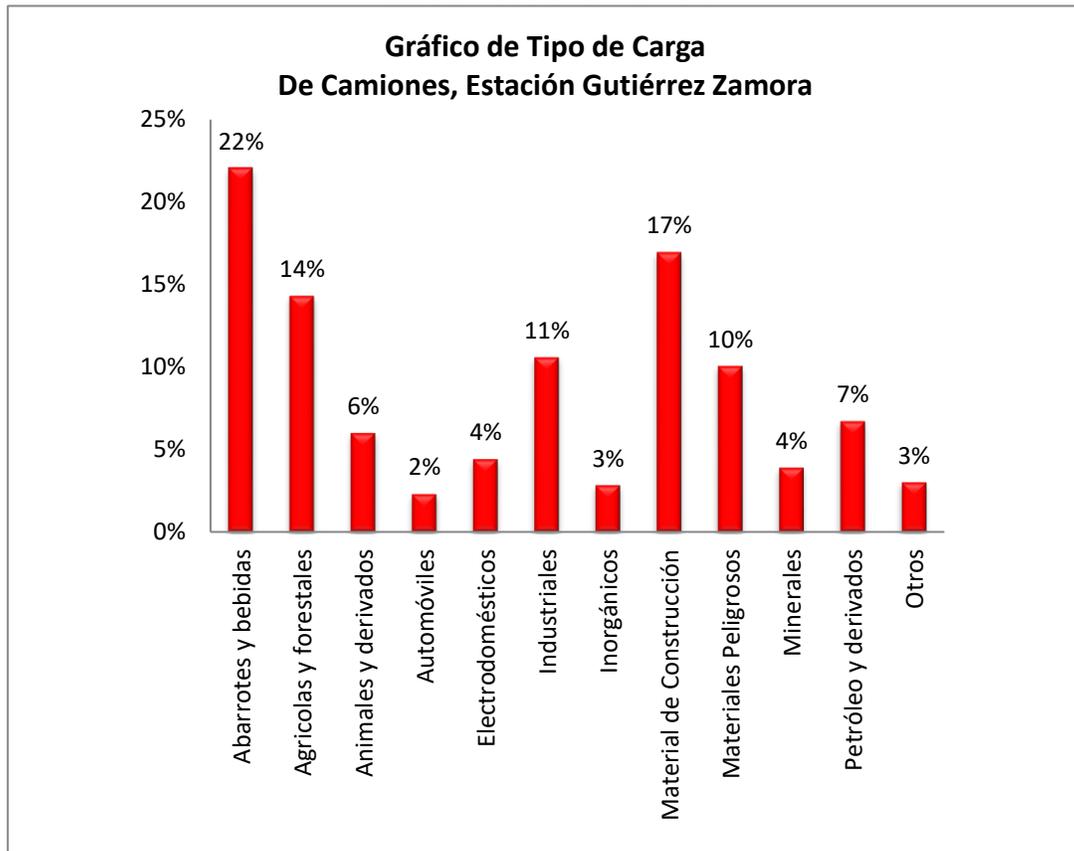


Tipo de Carga

Con este dato recopilado de las encuestas podemos determinar cuál es el tipo de carga que tiene mayor movilidad en el área de estudio, como se muestra a continuación.

En la siguiente gráfica se puede distinguir el tipo de carga de los vehículos pesados que se encuestaron en la Estación Gutiérrez Zamora. Mostrando que el mayor número de vehículos traslada Abarrotes y Bebidas con 22% seguido por Materiales para Construcción con 17% de una muestra de 567 usuarios encuestados. En tercer lugar se encuentra el transporte de Agrícolas y Forestales con 14%.

Figura 41 - Caracterización de la Demanda Camiones – Tipo de Carga, Estación Gutiérrez Zamora

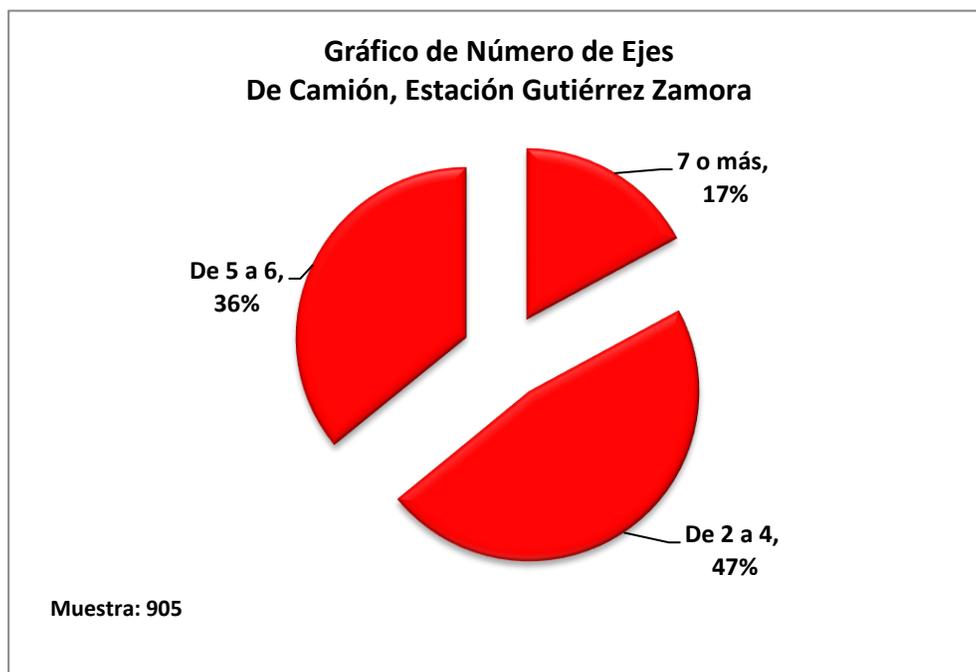


Número de Ejes

Con este dato se establece cual es el tipo de vehículo de carga que transita con mayor frecuencia dentro de la carretera en estudio.

En la figura siguiente se presentan los resultados respecto al número de ejes de los vehículos de carga en la Estación Gutiérrez Zamora, observando que el 47% de los vehículos cuentan con 2 a 4 ejes, de una muestra de 905 usuarios encuestados. Sin embargo se observa que el mayor volumen de carga se transporta por medio de camiones articulados, lo que representó el 53% de la muestra en la estación de encuesta.

Figura 42 -Caracterización de la Demanda Camiones – Número de Ejes, Estación Gutiérrez Zamora



A continuación se muestra un resumen con los resultados más representativos de la matriz origen-destino.

Tabla 24. ESTUDIO LAGUNA VERDE-GUTIERREZ ZAMORA – Condensado Encuestas Origen - Destino

Autos		
ORIGEN	DESTINO	%
Ursulo Galván	La Antigua	16.28%
Actopan	La Antigua	9.57%
Gutiérrez Zamora	Poza Rica de Hidalgo	5.16%
Gutiérrez Zamora	Papantla	4.66%
Poza Rica de Hidalgo	Veracruz	3.96%
Ursulo Galván	Zona Capital	3.59%
Ursulo Galván	Veracruz	3.44%
Poza Rica de Hidalgo	Zona Capital	3.10%
Gutiérrez Zamora	Gutiérrez Zamora	2.91%
Actopan	Zona Capital	2.44%
Actopan	Veracruz	1.95%
Ursulo Galván	Puente Nacional	1.82%
Tecolutla	Poza Rica de Hidalgo	1.65%
Zona Nautla	Poza Rica de Hidalgo	1.45%
Poza Rica de Hidalgo	La Antigua	1.09%

Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

Tecolutla	Papantla	1.06%
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	Zona Capital	1.05%
Zona Nautla	Veracruz	1.04%
Tuxpan	Veracruz	1.03%
Zona Nautla	Zona Capital	0.92%
Zona Capital	Tuxpan	0.89%
Papantla	Zona Capital	0.87%
Veracruz	Papantla	0.83%
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	La Antigua	0.65%
Vega de Alatorre	Veracruz	0.63%
Tecolutla	Gutiérrez Zamora	0.60%
Vega de Alatorre	Zona Capital	0.58%
Gutiérrez Zamora	Tuxpan	0.53%
Península de Yucatán	Poza Rica de Hidalgo	0.53%
Ursulo Galván	Actopan	0.51%
Otros	Otros	25.22%
Camiones		
ORIGEN	DESTINO	%
Zona Monterrey - Metropolitana	Península de Yucatán	4.41%
Chiapas	Zona Monterrey - Metropolitana	3.58%
Veracruz	Poza Rica de Hidalgo	3.56%
Zona Fronteriza	Península de Yucatán	3.55%
Gutiérrez Zamora	Poza Rica de Hidalgo	2.95%
Zona Capital	Poza Rica de Hidalgo	2.55%
Zona Fronteriza	Chiapas	2.45%
Zona Fronteriza	Veracruz	2.36%
Ursulo Galván	La Antigua	2.30%
Gutiérrez Zamora	Papantla	2.22%
Actopan	La Antigua	2.02%
Zona Monterrey - Metropolitana	Veracruz	2.01%
Zona Monterrey - Metropolitana	Zona Las Montañas	1.69%
Veracruz	Tuxpan	1.66%
Península de Yucatán	Poza Rica de Hidalgo	1.61%
Poza Rica de Hidalgo	La Antigua	1.41%
Poza Rica de Hidalgo	Zona Las Montañas	1.30%
Gutiérrez Zamora	Gutiérrez Zamora	1.15%
Zona Olmeca	Poza Rica de Hidalgo	1.11%
Zona Nautla	Poza Rica de Hidalgo	1.07%
Zona Capital	Zona Monterrey - Metropolitana	1.04%
Tampico - Madero	Veracruz	1.00%
Zona Nautla	Veracruz	1.00%
Altamira	Zona Olmeca	0.94%
Altamira	Chiapas	0.93%

Puente Nacional	Ursulo Galván	0.88%
Zona Nautla	Zona Papaloapan	0.88%
Zona Fronteriza	Zona Capital	0.87%
Actopan	Veracruz	0.86%
Veracruz	Ursulo Galván	0.81%
Otros	Otros	45.83%

e) Interacción de la Oferta-Demanda

Para el análisis de capacidad se utilizó la metodología y parámetros del Manual de Capacidad Vial de la SCT. Asimismo, con base a la TCMA seleccionada, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

Tabla 25. Interacción de la oferta y la demanda –Tramo 1 Laguna Verde - Nautla

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	3580	519	1090	5189	D
1	3675	533	1119	5327	
2	3772	547	1148	5467	
3	3872	561	1179	5612	
4	3975	576	1210	5761	
5	4080	591	1242	5913	E
6	4188	607	1275	6070	
7	4299	623	1308	6230	
8	4413	640	1343	6396	
9	4530	656	1379	6565	
10	4650	674	1415	6739	
11	4773	692	1453	6918	
12	4899	710	1491	7100	
13	5029	729	1530	7288	
14	5162	748	1571	7481	
15	5299	768	1613	7680	
16	5439	788	1655	7882	
17	5583	809	1699	8091	
18	5731	831	1744	8306	
19	5882	853	1790	8525	
20	6038	875	1838	8751	
21	6198	898	1886	8982	
22	6362	922	1936	9220	
23	6530	946	1988	9464	
24	6703	971	2040	9714	
25	6881	997	2094	9972	
26	7063	1024	2150	10237	

27	7250	1051	2207	10508	
28	7442	1079	2265	10786	
29	7639	1107	2325	11071	
30	7841	1136	2386	11363	

Tabla 26. Interacción de la oferta y la demanda –Tramo 2 Nautla – Gutiérrez Zamora

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	4940	573	1647	7160	E
1	5073	588	1691	7352	
2	5210	604	1737	7551	
3	5351	620	1784	7755	
4	5495	637	1832	7964	
5	5643	654	1881	8178	
6	5795	672	1932	8399	
7	5951	690	1984	8625	
8	6111	709	2037	8857	
9	6276	728	2092	9096	
10	6445	747	2148	9340	
11	6619	767	2206	9592	
12	6797	788	2266	9851	
13	6980	809	2327	10116	
14	7168	831	2389	10388	
15	7361	853	2454	10668	
16	7559	876	2520	10955	
17	7763	900	2588	11251	
18	7972	924	2657	11553	
19	8187	949	2729	11865	
20	8408	975	2803	12186	
21	8634	1001	2878	12513	
22	8867	1028	2956	12851	
23	9106	1056	3035	13197	F
24	9351	1084	3117	13552	
25	9603	1113	3201	13917	
26	9862	1143	3287	14292	
27	10127	1174	3376	14677	
28	10400	1206	3467	15073	
29	10680	1238	3560	15478	
30	10968	1272	3656	15896	

Tabla 27. Interacción de la oferta y la demanda –Tramo 3 Gutiérrez Zamora – Ent. Gutiérrez Zamora

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	6371	923	1939	9233	E
1	6542	948	1991	9481	
2	6719	974	2045	9738	
3	6900	1000	2100	10000	
4	7086	1027	2156	10269	
5	7276	1055	2215	10546	
6	7472	1083	2274	10829	
7	7674	1112	2336	11122	
8	7881	1142	2398	11421	
9	8093	1173	2463	11729	
10	8311	1204	2529	12044	
11	8535	1237	2598	12370	
12	8765	1270	2668	12703	
13	9001	1304	2739	13044	F
14	9243	1340	2813	13396	
15	9492	1376	2889	13757	
16	9748	1413	2967	14128	
17	10011	1451	3047	14509	
18	10280	1490	3129	14899	
19	10557	1530	3213	15300	
20	10842	1571	3300	15713	
21	11134	1614	3389	16137	
22	11434	1657	3480	16571	
23	11742	1702	3574	17018	
24	12058	1748	3670	17476	
25	12383	1795	3769	17947	
26	12717	1843	3870	18430	
27	13059	1893	3975	18927	
28	13411	1944	4082	19437	
29	13772	1996	4192	19960	
30	14143	2050	4305	20498	

De este análisis se observa que los tres tramos se encuentran en niveles de servicio críticos.

III. Situación sin el PPI

Como ha sido mencionado anteriormente, el tramo carretero Laguna Verde-Gutiérrez Zamora se ubica en la zona central del estado de Veracruz dentro del corredor Veracruz-Monterrey en

la carretera federal MEX 180, en el cadenamamiento que va del 15+000 al 167+700.

Figura 43 – Situación Actual sin el PPI



a) Optimizaciones

En caso de no llevarse a cabo dicho proyecto, la situación actual optimizada considera una reconstrucción general de la superficie y estructura del pavimento, retiro de topes, construcción de bahías para paradas de autobús, así como una mejora en señalamientos con la finalidad de ofrecer mejores condiciones de tránsito y con ello incrementar las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos.

Como se puede observar en la situación actual para Autos, el tiempo de recorrido para una distancia de 152.7 km es de 2 horas y 14 minutos a una velocidad promedio de 68.5 km/h, si por mejoras en las características físicas del camino se incrementa un 5% la velocidad se tendrá que el tiempo de recorrido disminuirá 7 minutos, lo que implica un ahorro marginal para los usuarios de la carretera, tanto en combustible como en tiempo.

Para el caso de los autobuses, cuyo tiempo de recorrido actual es de 2 horas 45 minutos, con las mejoras a la carretera se estaría contemplando una reducción de tiempo de 8 minutos.

Por parte de camiones unitarios, el tiempo de recorrido actual es de 2 horas 48 minutos, y con las mejoras en la condiciones de la carretera se reducirá dicho tiempo en 8 minutos.

La siguiente tabla muestra un comparativo entre la situación actual y optimizada, considerando incrementos de velocidades por mejoras en la carretera actual para cada tipo de vehículo.

Tabla 28. – Comparativo de escenarios por mejoras en el Corredor Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

Incremento de Velocidad		Situación Actual		5%	
AUTOS	Distancia de cada tramo (km)	Tiempo de Recorrido (Hrs)	VELOCIDAD (km/h)	Tiempo de Recorrido (Hrs)	VELOCIDAD (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77	1.13	68	1.08	71.4
NAUTLA - GTZ. ZAMORA	58.9	0.82	72	0.78	75.6
GTZ. ZAMORA- ENTRONQUE GTZ. ZAMORA	16.8	0.28	60	0.27	63.0
TOTALES	152.70	2.23	66.67	2.13	70.00

Incremento de Velocidad		Situación Actual		5%	
AUTOBUSES	Distancia de cada tramo (km)	Tiempo de Recorrido (Hrs)	VELOCIDAD (km/h)	Tiempo de Recorrido (Hrs)	VELOCIDAD (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77.0	1.48	52	1.41	54.6
NAUTLA - GTZ. ZAMORA	58.9	0.92	64	0.88	67.2
GTZ. ZAMORA- ENTRONQUE GTZ. ZAMORA	16.8	0.35	48	0.33	50.4
TOTALES	152.70	2.75	54.67	2.62	57.40

Incremento de Velocidad		Situación Actual		5%	
CAMIONES UNITARIOS/ARTICULADOS	Distancia de cada tramo (km)	Tiempo de Recorrido (Hrs)	VELOCIDAD (km/h)	Tiempo de Recorrido (Hrs)	VELOCIDAD (km/h)
LAGUNA VERDE – NAUTLA	77	1.51	51	1.44	53.55
NAUTLA - GTZ. ZAMORA	58.9	0.93	63	0.89	66.15

Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

GTZ. ZAMORA- ENTRONQUE GTZ. ZAMORA	16.8	0.36	47	0.34	49.35
TOTALES	152.70	2.80	53.67	2.67	56.35

Las velocidades presentadas en la Tabla anterior se estimaron mediante observaciones directas en el tramo estudiado y considerando las medidas para optimizar la operación del tramo, las dos acciones mencionadas se realizarían a lo largo del tramo en estudio. De implementarse, la velocidad promedio a lo largo del tramo aumentaría a 70 km/hr en promedio para autos, sin embargo, este aumento no comprende una mejora tan significativa que justifique la optimización como mejor alternativa.

Considerando una optimización de la ruta existente, el usuario observaría una mejora en el servicio a través de reducciones en el tiempo de recorrido.

b) Análisis de la Oferta

En caso de no hacer el proyecto, las características básicas de la carretera serían las mismas, salvo el estado superficial que cambia debido a los trabajos relacionados con la optimización y con ello ligeramente la velocidad de operación.

Tabla 29. – Características de la oferta optimizada

CARRETERA	INICIA TRAMO	TERMINA TRAMO	LONGITUD (KM)	CARRILES (ambos sentidos)	VELOCIDAD AUTOS (Km/Hr)
Cardel-Poza Rica	Laguna Verde	Entronque Nautla	77.0	2	71.4
	Entronque Nautla	Gutierrez Zamora	58.9	2	75.6
	Gutiérrez Zamora	Ent. Gutiérrez Zamora	16.8	2	63.0

c) Análisis de la demanda

Se considera que dado que los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación del tramo, además de tratarse de vialidades existentes, la demanda permanece prácticamente constante. En ese sentido, se considera la misma que fue detallada en el numeral 2 inciso c) y que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 30 –TDPA y composición vehicular por tramo. Situación Optimizada

Tramo	TDPA Total 2013	Composición		
		A - Automóviles	B - Autobuses	C - Camiones Unitarios
LAGUNA VERDE –NAUTLA	5,189	69.00%	10.00%	21.00%
NAUTLA-GUTIERREZ ZAMORA	7,160	69.00%	8.00%	23.00%
GUTIERREZ ZAMORA-ENT. GTZ. ZAMORA	9,233	69.00%	10.00%	21.00%

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

De acuerdo con la TCMA obtenida, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación de **31 años** y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda donde se concluyó utilizar el crecimiento promedio de la proyección, como se muestra en la siguiente tabla, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

Tabla 31. Interacción de la oferta y la demanda –Tramo 1 Laguna Verde - Nautla

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	3580	519	1090	5189	D
1	3675	533	1119	5327	
2	3772	547	1148	5467	
3	3872	561	1179	5612	
4	3975	576	1210	5761	
5	4080	591	1242	5913	E
6	4188	607	1275	6070	
7	4299	623	1308	6230	
8	4413	640	1343	6396	
9	4530	656	1379	6565	
10	4650	674	1415	6739	
11	4773	692	1453	6918	
12	4899	710	1491	7100	
13	5029	729	1530	7288	
14	5162	748	1571	7481	
15	5299	768	1613	7680	
16	5439	788	1655	7882	
17	5583	809	1699	8091	
18	5731	831	1744	8306	
19	5882	853	1790	8525	
20	6038	875	1838	8751	
21	6198	898	1886	8982	
22	6362	922	1936	9220	

Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

23	6530	946	1988	9464	
24	6703	971	2040	9714	
25	6881	997	2094	9972	
26	7063	1024	2150	10237	
27	7250	1051	2207	10508	
28	7442	1079	2265	10786	
29	7639	1107	2325	11071	
30	7841	1136	2386	11363	

Tabla 32. Interacción de la oferta y la demanda –Tramo 2 Nautla – Gutiérrez Zamora

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	4940	573	1647	7160	E
1	5073	588	1691	7352	
2	5210	604	1737	7551	
3	5351	620	1784	7755	
4	5495	637	1832	7964	
5	5643	654	1881	8178	
6	5795	672	1932	8399	
7	5951	690	1984	8625	
8	6111	709	2037	8857	
9	6276	728	2092	9096	
10	6445	747	2148	9340	
11	6619	767	2206	9592	
12	6797	788	2266	9851	
13	6980	809	2327	10116	
14	7168	831	2389	10388	
15	7361	853	2454	10668	
16	7559	876	2520	10955	
17	7763	900	2588	11251	
18	7972	924	2657	11553	
19	8187	949	2729	11865	
20	8408	975	2803	12186	
21	8634	1001	2878	12513	
22	8867	1028	2956	12851	
23	9106	1056	3035	13197	F
24	9351	1084	3117	13552	
25	9603	1113	3201	13917	
26	9862	1143	3287	14292	
27	10127	1174	3376	14677	
28	10400	1206	3467	15073	
29	10680	1238	3560	15478	
30	10968	1272	3656	15896	

Tabla 33. Interacción de la oferta y la demanda –Tramo 3 Gutiérrez Zamora – Ent. Gutiérrez Zamora

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	6371	923	1939	9233	E
1	6542	948	1991	9481	
2	6719	974	2045	9738	
3	6900	1000	2100	10000	
4	7086	1027	2156	10269	
5	7276	1055	2215	10546	
6	7472	1083	2274	10829	
7	7674	1112	2336	11122	
8	7881	1142	2398	11421	
9	8093	1173	2463	11729	
10	8311	1204	2529	12044	
11	8535	1237	2598	12370	
12	8765	1270	2668	12703	
13	9001	1304	2739	13044	F
14	9243	1340	2813	13396	
15	9492	1376	2889	13757	
16	9748	1413	2967	14128	
17	10011	1451	3047	14509	
18	10280	1490	3129	14899	
19	10557	1530	3213	15300	
20	10842	1571	3300	15713	
21	11134	1614	3389	16137	
22	11434	1657	3480	16571	
23	11742	1702	3574	17018	
24	12058	1748	3670	17476	
25	12383	1795	3769	17947	
26	12717	1843	3870	18430	
27	13059	1893	3975	18927	
28	13411	1944	4082	19437	
29	13772	1996	4192	19960	
30	14143	2050	4305	20498	

Este escenario nos lleva a concluir que, en la situación sin proyecto, se presentan niveles de servicio ineficientes en los 3 tramos de la carretera en estudio. La congestión, los tiempos de recorrido y los costos operativos se encuentran lejos de un nivel óptimo para cualquiera de los 3 tramos.

e) Alternativas de solución

Como posibles soluciones al problema de congestión y de altos tiempos de recorrido, en la zona se consideraron las siguientes:

1. Ampliación de la carretera MEX 180, en el tramo de Laguna Verde a Gutiérrez Zamora a 12 m, tipo A2.
2. Ampliación de la carretera MEX 180, en el tramo de Laguna Verde a Gutiérrez Zamora a cuatro carriles, tipo A4.
3. Construcción de una nueva autopista, tipo A2 (El proyecto).

Ventajas de la alternativa 1:

Es un corredor con el TDPA suficiente para justificar la ampliación de la carreta. Mejoraría, aunque marginalmente, las velocidades de operación y el nivel de servicio. Dado que esta alternativa no implica un aumento en el número de carriles, no tendría como consecuencia un aumento en la velocidad, sólo atendería parcialmente la necesidad de mayor seguridad en la vía al añadir acotamientos.

Desventajas:

Se continúa con tiempos y costos operativos elevados. La ruta actual con la ampliación, continúa siendo larga, de operación difícil y peligrosa por sus pronunciadas curvas y paso por poblados.

Tabla 34. Monto total de inversión Alternativa 1

Monto total de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión
Terracerías	482,147,827.43
Obras de drenaje	299,559,301.10
Pavimentos	1,668,973,248.81
Obras complementarias	159,764,960.58
Señalamiento	242,500,386.59
Subtotal	2,852,945,724.51
IVA 16%	456,471,315.92
TOTAL	3,309,417,040.43

El aumento marginal en la velocidad y en seguridad no justifica el monto de inversión tan elevado que se muestra en la tabla anterior, por lo que se rechaza esta alternativa.

Ventajas de la alternativa 2:

La segunda alternativa es un corredor con el TDPA suficiente para justificar la ampliación de la carretera, que resultaría en una mejora significativa de las velocidades de operación y el nivel de servicio.

Desventajas:

Esta alternativa presenta elevados costos del proyecto. Adicionalmente presenta un riesgo importante en términos de la liberación del derecho de vía.

Tabla 35. Monto total de inversión Alternativa 2

Monto total de inversión	
Componentes/Rubros	Monto de inversión
Terracerías	937,509,664.44
Obras de drenaje	582,476,418.81
Pavimentos	3,245,225,761.57
Obras complementarias	310,654,090.02
Señalamiento	471,528,529.48
Subtotal	5,547,394,464.33
IVA 16%	887,583,114.29
TOTAL	6,434,977,578.62

El elevado costo, el paso por poblados y riesgos significativos que presenta esta alternativa la eliminan frente al proyecto objeto de este reporte.

Ventajas de la alternativa 3: El proyecto

Como se puede observar en la tabla siguiente, el proyecto muestra considerables mejoras en términos de reducción de tiempos de recorrido, al aumentar las velocidades alcanzables y así, un mayor nivel de servicio en todos los tramos que comprende.

Tabla 36. Beneficios de la Alternativa 3 (El Proyecto)

Concepto	Situación optimizada (Sin Proyecto)	Situación con Proyecto
Longitud (km)	152.7	126.0
No. de carriles	2 (uno por sentido)	2 (uno por sentido)
Acotamientos	No	Si
Velocidad de operación promedio (km/hr)	70.0	100.0
Tiempo de recorrido promedio	2 horas 14 minutos	1 hora 16 minutos
Estado físico	Regular	Bueno
IRI (m/km)	4	2

Desventajas

El proyecto tiene un costo de obra equivalente a \$5,181,050,280 pesos, dividido en los siguientes componentes:

Tabla 37. Monto total de inversión Alternativa 3

Componente	Monto (mdp sin IVA)	Monto (mdp con IVA)
Tramo 1 tipo A2	1,298,428,000	1,506,176,480
Tramo 2 tipo A2	799,032,000	926,877,120
Entronques	253,241,000	293,759,560
Pasos vehiculares	392,340,000	455,114,400
Puentes	847,910,000	983,575,600
Mitgación ambiental	40,500,000	46,980,000
Equipamiento	214,282,000	248,567,120
Derecho de vía	620,689,655	720,000,000
Total	4,466,422,655	5,181,050,280

Esta opción no es la más económica, pero si la única que solucionaría la problemática presentada a largo plazo. Asimismo, es la única opción que logra reducir en 1 hora con 6 minutos el tiempo de recorrido, brindando un beneficio significativo directamente a los usuarios. Adicionalmente, el proyecto presenta una TIR de 30.0% lo cual respalda su viabilidad financiera.

Es por estas ponderaciones, que se toma, para un análisis la alternativa propuesta en este estudio: la construcción de un nuevo trazo, detallado a profundidad en la siguiente sección.

IV. Situación con el PPI

a) Descripción general

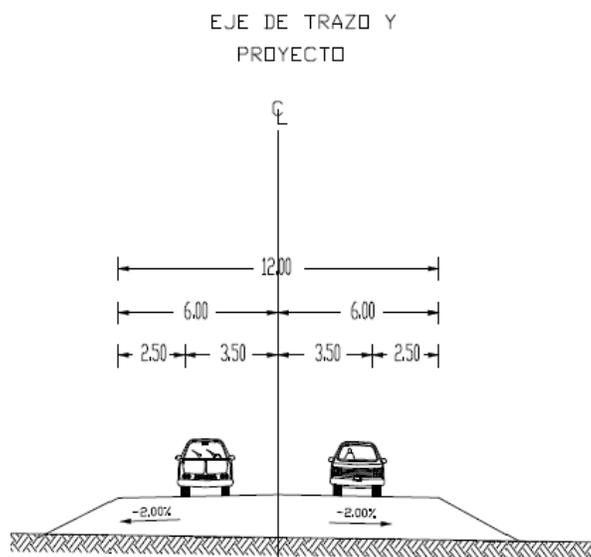
Tabla 38. Tipo de PPI

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

El proyecto consiste en la construcción de una autopista entre Laguna Verde y Gutiérrez Zamora, con una longitud total de 126 km, dividido en dos tramos: Laguna Verde y Entronque Nautla (78.0 km) y Entronque Nautla-Gutiérrez Zamora (48.0 km), ambos serán carreteras tipo A2, con una sección transversal de 12 m, que incluye un carril por sentido de 3.5 m cada uno y acotamientos de 2.5 m de cada lado. Además, incluye la construcción de cinco entronques a desnivel y 105 estructuras, tal como se indica en las tablas 39 y 40.

A continuación se muestra el ancho de carriles y acotamientos que conforman el nuevo trazo:

Figura 44- Ancho transversal del Proyecto



Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

Tabla 39. Relación de estructuras Cardel-Poza Rica Tramo Laguna Verde-Emilio Carranza

No Est.	No. Est.	Proy	tipo	Nombre	km Proyecto
	acumulado				
1	1	11789	Pte	Ent. Nucleo Eléctrica I	501+207.95
2	2	11788	Pte	Ent. Nucleo Eléctrica II	501+007.19
3	3		PSV 1V	En plantas C 6x5	
4	4		Pte	Sin Nombre	
5	5		PSV	Cruce con Carr. Fral. Ver-P. Rica	
6	6	10471	Pte	A. Palma Sola	571+920.00
7	7	10472	PIV	Palma Sola-Playas	71+405.00
8	8	10473	Pte	Arroyo Vainillas	73+770.00
9	9	10474	PIV	Rancho Boca Lomas	74+600.00
10	10	10476	Pte	El Papayal	575+180.00
11	11		PIV	carr. Fral. a ranchería	
12	12	10477	Pte	Río Platanar	75+735.00
13	13	10478	Pte	Brazo Río Platanar	575+980.00
14	14		PIV	carr. Fral. a ranchería	
15	15		PIV	carr. Fral. a ranchería El Platanar	
16	16	10480	Pte	Arroyo Coralillo	578+556.00
IGUALDAD DE CADENAMIENTO					
17	17		PSV 1V	Sin Nombre	
18	18	10481	Pte	A. Barra de Ovejas	84+387.00
19	19	10482	Ampl. Pte.	A. Boca Barra Toche	86+099.00
20	20		Pte	s/n	
21	21		PIV	s/n	
22	22		PIV	Sta. Ana-Mata Verde	
23	23	10484	Pte	Los Caballos	89+014.00
24	24	10485	Pte	Los Caballos	89+180.00
25	25			Río Los Caballos II	
26	26	11042	Pte	Pantano Santander	89+763.00
27	27	12017	Ent	Santander	90+885.00
28	28	10486	Ampl. Pte.	Arroyo San Agustín	93+379.00
29	29		PIV	a Sn Rafael	
30	30		PSV	Sin Nombre	
31	31		PIV	Rancho Nuevo-Buena Vista	
32	32		PIV	Rancho Nuevo-El Zapote	
33	33	11043	Pte	A. Florida	97+233.00
34	34		Pte	A. Corral	
35	35		Pte	Afluente de La Finca	
36	36	11162	Pte	A. La Finca	101+105.00
37	37		PIV	Cruce con Carr. Fral. Ver-P. Rica	
38	38	11167	Pte	Emiliano Carranza-Juchique	103+091.00

Tabla 40. Relación de estructuras Cardel-Poza Rica Tramo Emilio Carranza-Gutiérrez Zamora

No Est.	No. Est.	Proy	Tipo	Nombre	km
	acumulado				
1	39	11531	Ent	Emilio Carranza I	101+577.00
2	40	10487	PIMA	Sin Nombre II	102+360.00

Análisis Costo-Beneficio

3	41	11166	Pte		Emiliano Carranza	102+776.00
4	42	11167	Pte		Emiliano Carranza-Juchique	103+091.00
5	43	10494	PIV	2Vías	E. Carranza-Lechuguillas	103+640.00
IGUALDAD DE CADENAMIENTO					105+718.848 AT = 103+044 AD	
6	44	11532	Ent		Emilio Carranza II	106+000.00
7	45	10489	PIV	1Vía	Rancho Miraflores	107+122.00
8	46	11163	Pte		A. Miraflores	107+365.00
9	47	10490	PIV	1Vía	El Progreso y Reforma	108+989.00
10	48	10566	Pte	AUX	Colipa I	110+182.00
11	49	10567	Pte	AUX	Colipa II	110+320.00
12	50	10428	Pte		Río Colipa	110+490.00
13	51	10491	PIV	2Vías	Vega de La Torre y Colipa	111+062.00
14	52	11533	Ent		San Cayetano	113+428.00
15	53	11165	Pte		A. Sn. Cayetano	113+970.00
					Antes de igualdad KM	115+000.00
16	54	11161	PIV	1Vía	Rancho El polvorín	115+390.00
17	55	11157	Pte		A. El Diamante	116+426.00
18	56	11154	PIV	2Vías	El Diamanta-La Martinica	117+118.00
19	57	11159	Pte		A. El Huanal	117+393.00
20	58	11156	PIV	1Vía	Rancho El Naranjillo	118+624.00
21	59	10364	Pte		A. El Pilacones	119+230.00
					Antes de igualdad KM	120+000.00
22	60	11168	PIV	1Vía	Agostaderos	120+060.00
23	61	10492	PIV	1Vía	Pedernales	111+755.00
24	62	10441	Pte		Río Misantla	112+870.00
25	63	11160	PIV	1Vía	Misantla	113+316.00
					Después de igualdad KM	115+000.00
26	64		sin proyecto		Afluente de El Pato	116+426.00
27	65	11158	Pte		A. El Pato	116+701.00
28	66	11155	PIV	1Vía	Sn. Sebastián-El Tordo	117+977.00
					Después de igualdad KM	120+000.00
29	67	10365	Pte		A. El Colmenar	121+425.00
30	68	10365	Pte		A. El Colmenero	121+425.00
31	69	11169	PIV	1Vía	B. de Materiales	121+924.00
					Después de igualdad KM	125+000.00
32	70	11170	PIV	1Vía	Zona Agrícola	125+641.00
33	71	11171	PIV	2Vías	Nautla-La Isla	126+667.00
34	72	10370	Pte		Río Misantla	127+240.00
35	73	11172	PIV	1Vía	La Isla-El Pital	128+790.00
36	74	10371	Pte		A. Colorado I y Camino	130+020.00

Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

37	75	10372	Pte		A. Colorado II y Camino	130+560.00
38	76	10373	Pte		A. Colorado III y Camino	130+980.00
39	77	10374	Pte		Río Nautla	131+920.00
40	78	10375	Pte		A. El Chamusco	132+500.00
41	79	11173	Ent		Nautla	133+818.00
42	80	11174	PIV	1Vía	T. de Cultivo	134+530.00
					Después de igualdad KM	135+000.00
43	81	11175	PIV	1Vía	Ursulo Galván	135+904.00
44	82	10376	PIV	1Vía	Huertas I	137+100.00
45	83	10377	Pte		Vegas de Sn Marcos	137+300.00
46	84	10378	PIV	1Vía	Ranchos	138+768.00
47	85	10379	PIV	1Vía	La Pitaya	139+404.00
					Después de igualdad KM	140+000.00
48	86	10380	PIV	1Vía	Sn. Marcos-M. Ávila Camacho	142+200.00
49	87	10381	PIV	1Vía	Huertas II	143+070.00
					Después de igualdad KM	145+000.00
50	88	10382	PIV	2Vías	A.A. Camacho I-El Cabellal	145+140.00
51	89	10383	Pte		A. Blanco	147+180.00
52	90	10384	PIV	1Vía	Ranchos II	147+940.00
53	91	10385	PIMA		Sin Nombre	149+500.00
					Después de igualdad KM	150+000.00
					IGUALDAD DE CADENAMIENTO	150+949.86 AT = 151+000 AD
54	92	10386	PIV	1Vía	La Suriana	150+360.00
55	93	10387	Pte		A. Solteros	151+325.00
56	94	10388	PIV	2Vías	Huapanguillo	153+833.00
57	95	10389	Ent		Cañada Rica	158+408.00
58	96	10390	PIV	2Vías	Carr. Papantla-Mtz. De la Torre	160+400.00
59	97	10391	Pte		Chichicatzapan	162+486.00
60	98	10392	PIV	2Vías	Paso del Progreso	162+560.00
61	99	10393	PIV	1Vía	Lomas de Arena	169+740.00
					Después de igualdad KM	170+000.00
62	100	10394	Pte		A. Verde	170+938.00
					IGUALDAD DE CADENAMIENTO	171+016.74 AT = 670+680.80 AD
					IGUALDAD DE CADENAMIENTO	671+020 AT = 171+020 AD
63	101	10395	PIV	1Vía	Pozos Petroleros	171+360.00
64	102	10396	PIV	2Vías	R. Curti-Carrillo Pto I	172+850.00
65	103	10397	PIV	2Vías	R. Curti-Carrillo Pto II	174+060.00
66	104	10389	Ent		Cañada Rica	175+216.00
67	105	10398	PIV	1Vía	Sn. Andrés-Vista Hermosa	175+216.00

68	106	10495	Pte		Río Tecolutla	176+900.00
69	107	11176	PIV	1Vía	Poza Larga	177+450.00
70	108	11177	PIV	1Vía	El Chote	178+773.00
71	109	11178	PSV	2Vías	El Palmar	180+197.00
72	110	10347	Ent		Totomoxtle	181+361.00

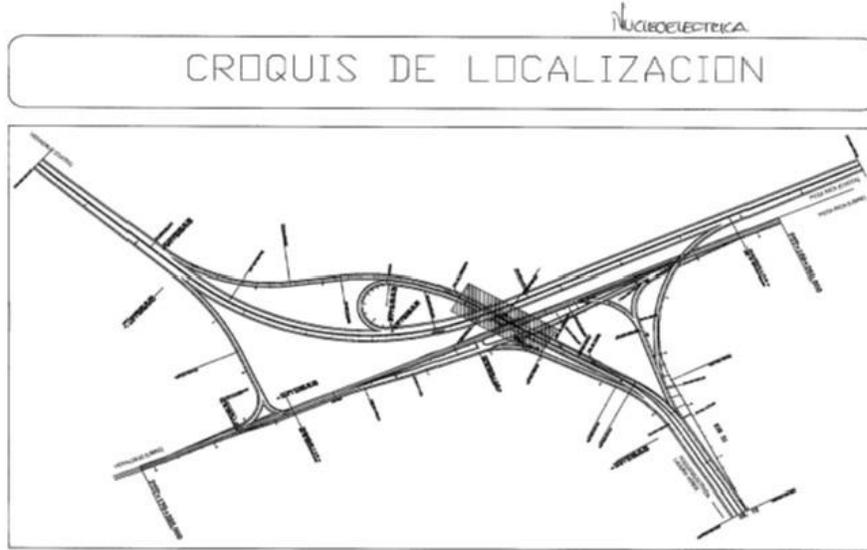
Tabla 41. Componentes del PPI

Componentes del proyecto					
Componente	Tipo	Cantidad	Principales Características		
Autopista	A2	1	78.0 kilómetros	Lomerío	2.0 IRI
	A2	1	48.0 kilómetros	Lomerío	2.0 IRI
Entronques considerados					
Entronque	Tipo	Nombre	km Proyecto	Longitud de gasas (km)	Longitud estructuras
1	Trompeta	Nucleoeléctrica	501+207.95	3.7	65
2	Trompeta	Santander	90+885.00	3.0	45
3	Trébol	Nautla	133+820.00	3.0	45
4	Trébol	Emilio Carranza	101+577.00	3.0	60
5	Medio trébol	Totomoxtle	181+361.00	3.0	45
Total				15.7	260
Derecho de vía					
Integración de expediente y deslinde de precios (avance)				50%	
Plazo estimado para pago total				1 año 3 meses	
Valor derecho de vía para los 126 km (millones de pesos)				620.7	
Propiedad privada				70%	
Propiedad ejidal				30%	

A continuación se presentan las características principales de los entronques que componen el proyecto.

Entronque Nucleoeléctrica

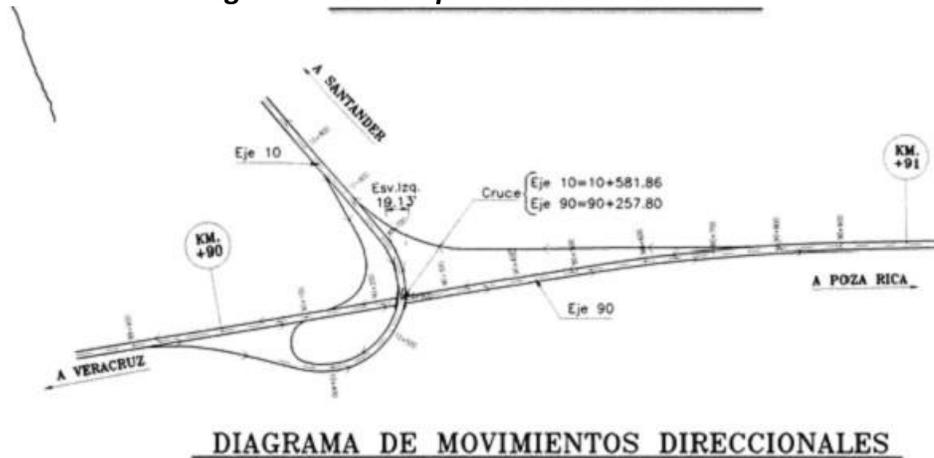
Figura 45- Entronque Nucleoeléctrica km 501+207.95



El entronque será tipo trompeta y se construirá con 5 gasas y rampas de acceso estabilizadas mecánicamente que suman 3.7 km de longitud, el ancho será de 6 m para alojar un carril de circulación de 4.0 m de ancho y dos acotamientos laterales de 1.0 m cada uno, contará con una estructuras para el cruce de calzada a desnivel de 65 m de longitud y dos carriles de circulación, cada estructura se construirá a base de traveses pretensados para librar un claro de 24 metros.

Entronque Santander

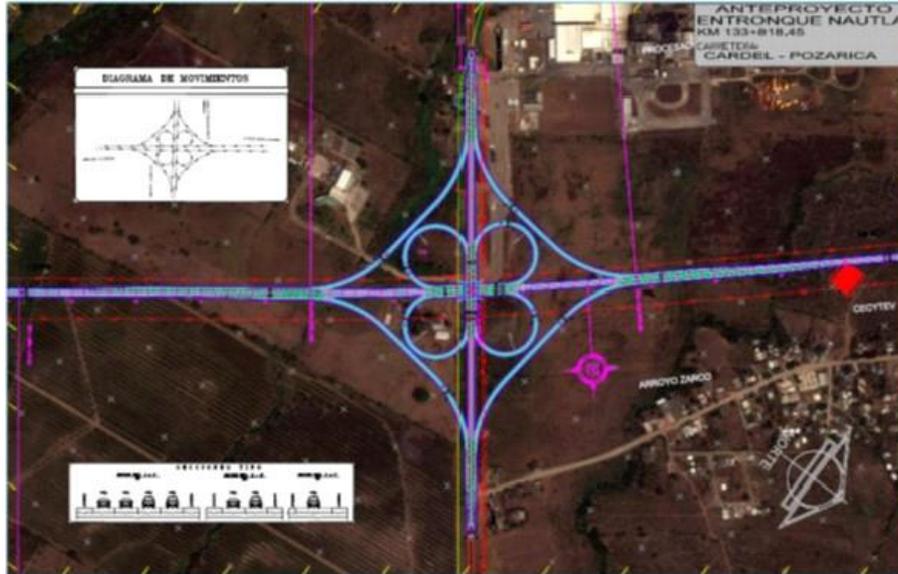
Figura 46- Entronque Santander km 90+885.00



El entronque será tipo trompeta y se construirá con 4 gasas y rampas de acceso estabilizadas mecánicamente que suman 3.0 km de longitud, el ancho será de 6 m para alojar un carril de circulación de 4.0 m de ancho y dos acotamientos laterales de 1.0 m cada uno, con una estructura para el cruce de calzada a desnivel de 45 m de longitud y dos carriles de circulación, cada estructura se construirá a base de traveses pretensados para librar un claro de 24 metros.

Entronque Nautla

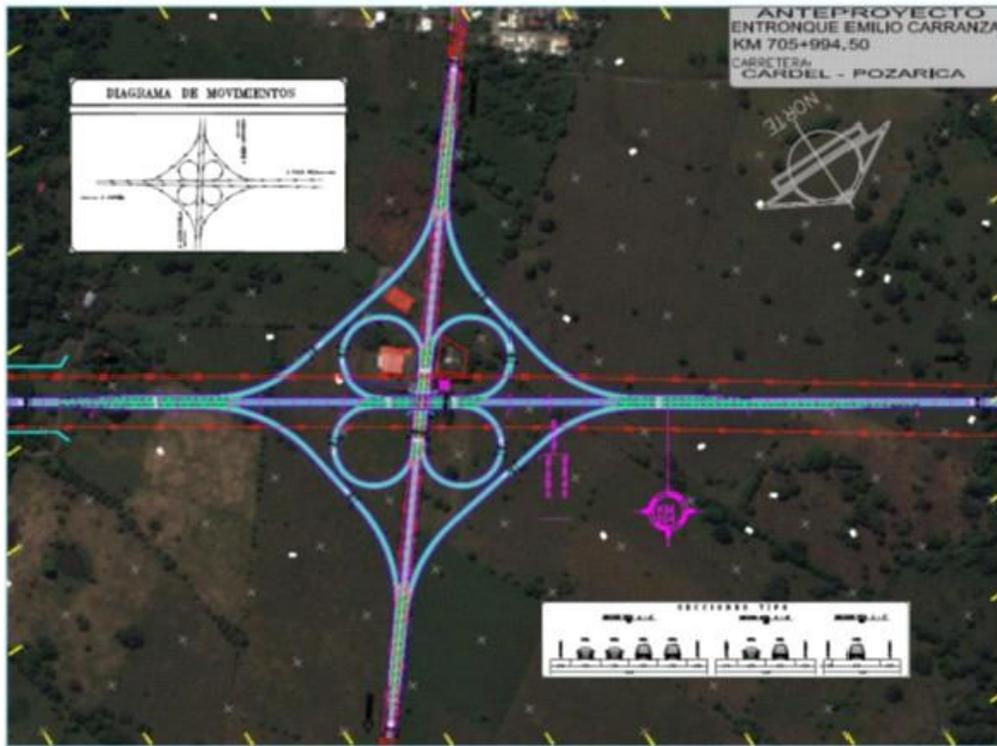
Figura 47- Entronque Nautla km 133+820.00



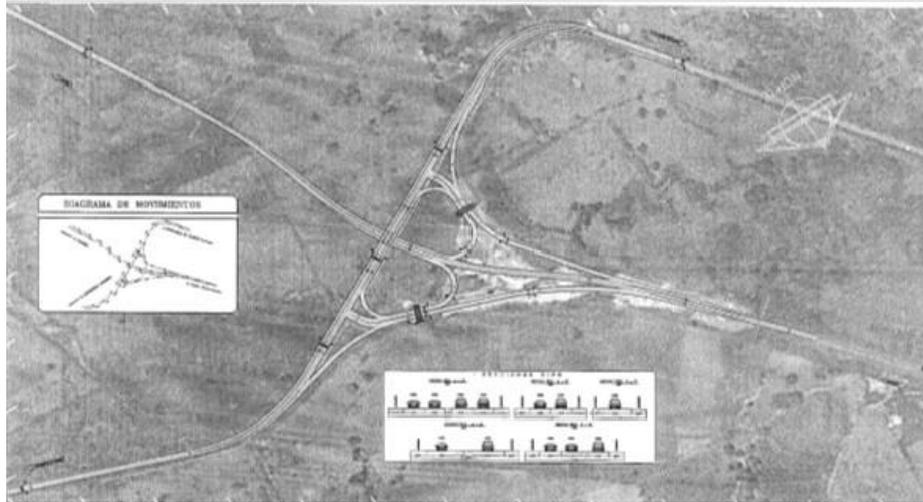
Este entronque será tipo trébol, con 8 gasas y rampas de acceso estabilizadas mecánicamente que suman 3.0 km de longitud, con un ancho de 6 m para alojar un carril de circulación de 4.0 m de ancho y dos acotamientos laterales de 1.0 m cada uno, con una estructura para el cruce de calzada a desnivel de 45 m de longitud y dos carriles de circulación, cada estructura se construirá a base de traveses pretensados para librar un claro de 24 metros.

Entronque Emilio Carranza

Figura 48- Entronque Emilio Carranza km 101+577.00



Este entronque será tipo trébol, con 8 gasas y rampas de acceso estabilizadas mecánicamente que suman 3.0 km de longitud, el ancho será de 6 m para alojar un carril de circulación de 4.0 m de ancho y dos acotamientos laterales de 1.0 m cada uno, con una estructura para el cruce de calzada a desnivel de 60 m de longitud y dos carriles de circulación, cada estructura se construirá a base de traveses pretensados para librar un claro de 24 metros.

Entronque Totomoxtle**Figura 49- Entronque Gutiérrez Zamora (Totomoxtle) km 181+361.00**

Este entronque será tipo medio trébol, con 4 gasas y rampas de acceso estabilizadas mecánicamente que suman 3.0 km de longitud, con un ancho de 6 m para alojar un carril de circulación de 4.0 m de ancho y dos acotamientos laterales de 1.0 m cada uno, con una estructura para el cruce de calzada a desnivel de 45 m de longitud y dos carriles de circulación, cada estructura se construirá a base de travesaños pretensados para librar un claro de 24 metros.

b) Alineación estratégica

El proyecto contribuye a la consecución del Objetivo 4.9 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 que dice “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”.

Para lo anterior, este proyecto se alinea al Estrategia 4.9.1 del PND “Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia”.

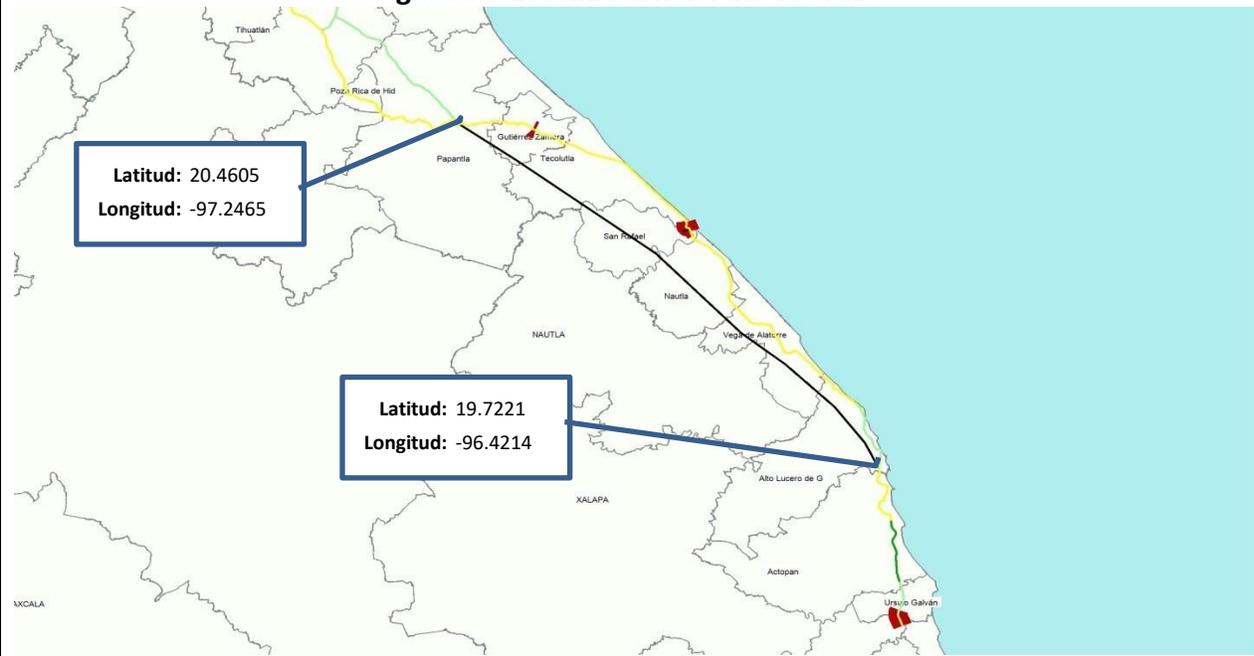
Líneas de acción:

- Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes.
- Ampliar y construir tramos carreteros mediante nuevos esquemas de financiamiento.

d) Localización geográfica

El trazo nuevo se desarrollará como se muestra a continuación:

Figura 50- Localización del nuevo trazo



El gráfico presentado, ilustra de manera general, la intención del nuevo trazo (línea negra). Como se observa, la carretera sigue un trazo relativamente paralelo a la costa pero más directo, en el estado de Veracruz, al este del país, que permitiría reducir, considerablemente los tiempos de traslado.

Cabe mencionar, que las alternativas de recorrido, se dan con un gran desvío de la dirección deseada, cuándo el destino es Papantla, Poza Rica o Tuxpan.

e) Calendario de actividades

Tabla 42. Calendario de Actividades

Actividad	2014	2014 a 2017	2018
Licitación	Enero 2014		
Construcción	Junio 2014	Diciembre 2017	
Operación			Enero 2018

g) Monto total de inversión

Tabla 43. Monto de inversión por componente

Componente	Monto (mdp sin IVA)	Monto (mdp con IVA)
Tramo 1 tipo A2	1,298,428,000	1,506,176,480
Tramo 2 tipo A2	799,032,000	926,877,120
Entronques	253,241,000	293,759,560
Pasos vehiculares	392,340,000	455,114,400
Puentes	847,910,000	983,575,600
Mitigación ambiental	40,500,000	46,980,000
Equipamiento	214,282,000	248,567,120
Derecho de vía	620,689,655	720,000,000
Total	4,466,422,655	5,181,050,280

h) Fuentes de financiamiento

Tabla 44. Financiamiento

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto con IVA	Porcentaje
1. PEF	Pública	\$720,000,000	14.3%
2. FONADIN	Pública	\$ 1,155,412,023	39.2%
3. CONCESIONARIO	Privada	\$ 3,305,638,257	46.5%
Total		\$ 5,181,050,280	100%

i) Capacidad instalada

El proyecto contará con la capacidad suficiente para atender la demanda que se presentará a lo largo del horizonte de evaluación.

j) Metas anuales y totales de producción

Tabla 45. Metas por año

Año	Obras por realizar	Longitud (km)
2014	Construcción a 2 carriles de la autopista Laguna Verde-Gutiérrez Zamora (del km 0+000 al km 10+000) y entronque Nucleoeléctrica	10.0
2015	Construcción a 2 carriles de la autopista Laguna Verde-Gutiérrez Zamora (del km 10+000 al km 39+200) y entronque Santander.	29.2
2016	Construcción a 2 carriles de la autopista Laguna Verde-Gutiérrez Zamora (del km 39+200 al km 82+600) y entronque Nautla.	43.4
2017	Construcción a 2 carriles de la autopista Laguna Verde-	43.4

		Gutiérrez Zamora (del km 82+600 al km 126+000) y entronques Emilio Carranza y Totomoxtle.		
--	--	---	--	--

k) Vida útil

Tabla 46. Vida útil del proyecto

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	27

l) Descripción de los aspectos más relevantes

Proyecto ejecutivo

El proyecto ejecutivo se encuentra terminado al 100%.

Análisis de Derecho de Vía

Se tiene un 50% de avance en la integración de expedientes y deslinde de predios, así como 25% de negociación. El plazo estimado para pagar el total del derecho de vía es de 1 año 3 meses, que incluye la troncal, los accesos, entronques y rampas. Se encuentra un 70% de propiedad privada y un 30 % de propiedad ejidal 30%.

El 60% de la liberación en tramos de construcción estará en Junio 2014 con convenios de ocupación.

Impacto Ambiental

Es factible obtener el resolutivo favorable de la Manifestación de Impacto Ambiental, se encuentra en proceso de elaboración y se espera el resolutivo en julio de 2014.

m) Análisis de la Oferta

Es importante mencionar que con la realización del proyecto de infraestructura presentado se disminuirán accidentes, se impulsará el desarrollo económico y social, y mejorará el nivel de servicio de la carretera para el volumen de tránsito que utiliza el tramo, de tal manera que la demanda será cubierta con la oferta propuesta y los costos que correspondientes a tiempos de recorrido y operación vehicular se reducirán de forma sensible, en beneficio de la comunidad.

En ese sentido, una vez que entre en operación el proyecto, la oferta de infraestructura en el tramo quedaría como sigue:

Tabla 47. Comparativo de la Oferta

Comparativo de las situaciones sin y con proyecto	Situación optimizada (Sin Proyecto)	Situación con Proyecto	
		Tramo 1	Tramo 2
Longitud (km)	152.7	78.0	48.0
No. de carriles	2 (uno por sentido)	2 (uno por sentido)	2 (uno por sentido)
Ancho de corona (m)	6.5	12	12
Acotamientos	No	Si	Si
Velocidad de operación promedio para autos (km/hr)	T1=71.4, T2=75.6, T3=63.0	100.0	100.0
Tiempo de recorrido promedio (hrs)	2.3	0.78	0.48
Estado físico	Regular	Bueno	Bueno
Nivel de servicio	T1=D, T2=E, T3=E	A	B
IRI (m/km)	4.0	2.0	2.0
Número de entronques	1	3	2

El óptimo estado físico por las altas especificaciones de diseño, bajo nivel de congestión y las características geométricas del trazo permitirán alcanzar velocidades de 100 km/h a lo largo de los dos tramos que comprenden el proyecto. Derivado de lo anterior es claro el beneficio directo que recibirán sus usuarios, dada la reducción en los tiempos de traslado.

n) Análisis de la Demanda

De acuerdo con el estudio realizado, el cual considera el desvío de la demanda hacia el proyecto, según los pares origen-destino obtenidos, se obtuvo la siguiente demanda para el proyecto:

Tabla 48. Tránsito obtenido por tramo

Tramo	TDPA 2013	Composición		
		Automóviles	Autobuses	Camiones
LAGUNA VERDE – ENT. NAUTLA	2,668	68.9%	5.1%	26.0%
ENT. NAUTLA – ENT. GUTIÉRREZ ZAMORA	3,971	71.7%	3.7%	24.6%

Las variables que se verán significativamente afectadas son: TDPA debido a las macro-rutas y a la atracción de viajeros que, en la situación sin proyecto, utilizan otras vías; Costos de Operación, IRI, Costos de mantenimiento, velocidades promedio, tiempos de recorrido, seguridad de los pasajeros.

El porcentaje de demanda desviada al proyecto se indica en la siguiente tabla:

Tabla 49a. Demanda desviada al proyecto

Inicio	Final	Long. (km)	Autos	Autobuses	Camiones Unitarios	Camiones Articulados I	Camiones Articulados II	Total
Laguna Verde	Ent. Nautla	78.0	40%	42%	39%	48%	65%	42%
Ent. Nautla	Gutiérrez Zamora	48.0	56%	57%	51%	56%	71%	57%

o) Interacción Oferta-Demanda

De acuerdo a los datos históricos de tránsito observados en el tramo, se obtuvo una tasa de crecimiento de 2.60% para el tramo 1 y 2.70% para los tramos 2 y 3, con la que se realizó un análisis de capacidad con la información de oferta y demanda para determinar la demanda al horizonte de evaluación. Se estudió su comportamiento a lo largo del horizonte de proyecto, de donde se estima que el nivel de servicio se mantiene óptimo. Es importante mencionar que el análisis sólo considera la demanda desviada, equivalente al 31% del TDPA de la ruta actual sin proyecto, y no considera ninguna demanda generada.

Tabla 50. Tramo 1 Laguna Verde – Ent. Nautla

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	1838	136	694	2668	A
1	1886	140	712	2737	
2	1935	143	730	2809	
3	1985	147	749	2882	
4	2037	151	769	2956	A
5	2090	155	789	3033	
6	2144	159	809	3112	
7	2200	163	830	3193	
8	2257	167	852	3276	
9	2316	171	874	3361	
10	2376	176	897	3449	
11	2438	180	920	3538	
12	2501	185	944	3630	
13	2566	190	968	3725	
14	2633	195	994	3822	
15	2702	200	1019	3921	
16	2772	205	1046	4023	B
17	2844	211	1073	4128	
18	2918	216	1101	4235	
19	2994	222	1130	4345	
20	3072	227	1159	4458	
21	3151	233	1189	4574	
22	3233	239	1220	4693	

23	3317	246	1252	4815	
24	3404	252	1284	4940	
25	3492	258	1318	5068	
26	3583	265	1352	5200	
27	3676	272	1387	5335	
28	3772	279	1423	5474	
29	3870	286	1460	5616	
30	3970	294	1498	5762	

Tabla 51. Tramo 2 Ent. Nautla –Ent. Gutiérrez Zamora

Año	Tránsito (Veh/Día)				Nivel de servicio
	A	B	C	Total	
0	2847	147	977	3971	B
1	2924	151	1003	4078	
2	3003	155	1030	4188	
3	3084	159	1058	4301	
4	3167	163	1087	4418	B
5	3253	168	1116	4537	
6	3341	172	1146	4659	
7	3431	177	1177	4785	
8	3524	182	1209	4914	
9	3619	187	1242	5047	
10	3716	192	1275	5183	
11	3817	197	1310	5323	
12	3920	202	1345	5467	
13	4026	208	1381	5615	
14	4134	213	1418	5766	
15	4246	219	1457	5922	
16	4361	225	1496	6082	
17	4478	231	1536	6246	
18	4599	237	1578	6415	
19	4723	244	1621	6588	
20	4851	250	1664	6766	
21	4982	257	1709	6948	
22	5116	264	1755	7136	C
23	5255	271	1803	7329	
24	5396	278	1852	7526	
25	5542	286	1901	7730	
26	5692	294	1953	7938	
27	5845	302	2006	8153	
28	6003	310	2060	8373	
29	6165	318	2115	8599	
30	6332	327	2172	8831	

VI. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Los costos del proyecto se refieren a los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes a la situación con y sin proyecto. Los costos de operación vehicular se refieren a los de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros, en las condiciones con y sin proyecto. Aun cuando es posible considerar otros costos exógenos asociados con los accidentes, con el ruido y con la degradación del medio ambiente, no existen datos cuantitativos confiables para hacerlo, por lo que no se han incluido en la evaluación que se presenta en este documento.

Por lo que se refiere a montos de inversión, en el cálculo intervienen la inversión en obra física, sea construcción o modernización, y el mantenimiento de la infraestructura en las dos condiciones indicadas anteriormente. Los montos de inversión en la situación con proyecto están compuestos por la inversión inicial y los gastos programados para el futuro mantenimiento de la autopista nueva, así como de la ruta actual que seguirá operando y se seguirá manteniendo.

Para el caso de la situación sin proyecto, los constituyen aquellos relacionados con la situación actual optimizada, que en la mayoría de los casos están integrados por los montos de inversión para la conservación y mantenimiento.

Tabla 52. Costos Totales – Situación sin proyecto

AÑO	SITUACION SIN PROYECTO (Costos totales)			TOTAL
	COV	Tiempo	Conservación	
0	3,026,244	845,183	9,163	3,880,590
1	3,116,559	874,628	9,163	4,000,349
2	3,209,586	905,099	9,163	4,123,848
3	3,305,408	936,632	53,452	4,295,492
4	3,404,109	969,263	9,163	4,382,536
5	3,505,777	1,003,032	9,163	4,517,972
6	3,610,501	1,037,977	9,163	4,657,641
7	3,718,372	1,074,141	253,515	5,046,028
8	3,829,487	1,111,564	9,163	4,950,215
9	3,943,944	1,150,292	9,163	5,103,398
10	4,061,842	1,190,369	9,163	5,261,374
11	4,183,287	1,231,842	53,452	5,468,581
12	4,308,385	1,274,761	9,163	5,592,310
13	4,437,247	1,319,176	9,163	5,765,586
14	4,569,987	1,365,138	9,163	5,944,289
15	4,706,722	1,412,703	9,163	6,128,588

16	4,847,572	1,461,924	681,131	6,990,628
17	4,992,663	1,512,861	9,163	6,514,688
18	5,142,122	1,565,574	9,163	6,716,859
19	5,296,082	1,620,123	53,452	6,969,657
20	5,454,679	1,676,573	9,163	7,140,415
21	5,618,052	1,734,991	9,163	7,362,207
22	5,786,348	1,795,444	9,163	7,590,955
23	5,959,714	1,858,005	253,515	8,071,234
24	6,138,303	1,922,746	9,163	8,070,212
25	6,322,275	1,989,743	9,163	8,321,181
26	6,511,792	2,059,074	9,163	8,580,030
27	6,707,022	2,130,823	53,452	8,891,297
28	6,908,138	2,205,072	9,163	9,122,373
29	7,115,318	2,281,908	9,163	9,406,389
30	7,328,746	2,361,423	253,515	9,943,684

Tabla 53. Costos Totales – Situación con proyecto

AÑO	SITUACION CON PROYECTO (Costos totales)			
	COV	Tiempo	Conservación	TOTAL
0	2,581,804	612,308	18,235	3,212,346
1	2,646,994	631,954	18,235	3,297,183
2	2,713,871	652,239	18,235	3,384,345
3	2,782,478	673,184	99,064	3,554,727
4	2,852,862	694,811	18,235	3,565,908
5	2,925,070	717,141	18,235	3,660,446
6	2,999,150	740,198	18,235	3,757,583
7	3,075,153	764,006	464,187	4,303,346
8	3,153,128	788,589	18,235	3,959,953
9	3,233,129	813,974	18,235	4,065,338
10	3,315,210	840,186	18,235	4,173,631
11	3,399,426	867,253	99,064	4,365,743
12	3,485,833	895,204	18,235	4,399,272
13	3,574,491	924,066	18,235	4,516,793
14	3,665,460	953,871	18,235	4,637,566
15	3,758,800	984,649	18,235	4,761,685
16	3,854,577	1,016,433	1,244,603	6,115,613

Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

17	3,952,853	1,049,256	18,235	5,020,345
18	4,053,698	1,083,152	18,235	5,155,085
19	4,157,179	1,118,156	99,064	5,374,399
20	4,263,367	1,154,306	18,235	5,435,908
21	4,372,334	1,191,639	18,235	5,582,209
22	4,484,156	1,230,194	18,235	5,732,586
23	4,598,908	1,270,013	464,187	6,333,108
24	4,716,670	1,311,135	18,235	6,046,040
25	4,837,522	1,353,606	18,235	6,209,363
26	4,961,548	1,397,469	18,235	6,377,252
27	5,088,832	1,442,770	99,064	6,630,667
28	5,219,463	1,489,558	18,235	6,727,257
29	5,353,531	1,537,882	18,235	6,909,648
30	5,491,128	1,587,792	464,187	7,543,107

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del PPI

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

Tabla 54. Beneficios del Proyecto

AÑO	AHORROS TOTALES			TOTAL
	COV	Tiempo	Conservación	
0	1,590,107	455,817	(9,072)	2,036,852
1	1,644,370	471,778	(9,072)	2,107,076
2	1,700,423	488,298	(9,072)	2,179,649
3	1,758,326	505,396	(45,612)	2,218,110
4	1,367,091	526,616	(9,072)	1,884,635
5	1,417,654	546,803	(9,072)	1,955,384
6	1,469,964	567,743	(9,072)	2,028,635
7	1,524,080	589,466	(210,672)	1,902,874
8	1,580,062	612,000	(9,072)	2,182,990
9	1,637,971	635,374	(9,072)	2,264,274
10	1,697,873	659,620	(9,072)	2,348,421
11	1,759,831	684,770	(45,612)	2,398,989
12	1,823,916	710,856	(9,072)	2,525,700
13	1,890,197	737,913	(9,072)	2,619,038

14	1,958,747	765,976	(9,072)	2,715,651
15	2,029,640	795,083	(9,072)	2,815,652
16	2,102,956	825,272	(563,472)	2,364,755
17	2,178,772	856,581	(9,072)	3,026,282
18	2,257,173	889,053	(9,072)	3,137,154
19	2,338,242	922,729	(45,612)	3,215,360
20	2,422,069	957,654	(9,072)	3,370,651
21	2,508,744	993,873	(9,072)	3,493,545
22	2,598,360	1,031,434	(9,072)	3,620,722
23	2,691,014	1,070,385	(210,672)	3,550,728
24	2,786,807	1,110,778	(9,072)	3,888,513
25	2,885,841	1,152,664	(9,072)	4,029,433
26	2,988,223	1,196,098	(9,072)	4,175,250
27	3,094,063	1,241,138	(45,612)	4,289,588
28	3,203,473	1,287,840	(9,072)	4,482,241
29	3,316,571	1,336,267	(9,072)	4,643,766
30	3,433,479	1,386,480	(210,672)	4,609,286

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Tabla 55 Indicadores de Rendimiento

Indicadores de Rentabilidad	
Indicador	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	2,747,595,652.4 pesos
Tasa interna de retorno (TIR)	18.0%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	15.3%

d) Análisis de sensibilidad

A continuación se muestra el análisis de sensibilidad realizado:

Tabla 56- Sensibilidad a la Inversión

Porcentaje	VPN	TIR	TRI
130%	1,609,123.68	14.9%	14.1%
120%	1,988,614.33	15.8%	14.5%
110%	2,368,104.99	16.8%	14.9%
100%	2,747,595.65	18.0%	15.3%
90%	3,127,086.31	19.4%	15.8%
80%	3,506,576.97	21.0%	16.3%
70%	3,886,067.63	22.9%	16.8%

La tabla de sensibilidad a los costos de inversión refleja que aun cuando el total de costos de inversión del proyecto aumentaran un 40%, el proyecto seguiría siendo rentable.

Tabla 57- Sensibilidad a los costos de mantenimiento y conservación

Porcentaje	VPN	TIR	TRI
130%	2,686,974.72	17.9%	15.3%
120%	2,707,181.70	17.9%	15.3%
110%	2,727,388.68	18.0%	15.3%
100%	2,747,595.65	18.0%	15.3%
90%	2,767,802.63	18.0%	15.3%
80%	2,788,009.61	18.1%	15.4%
70%	2,808,216.58	18.1%	15.4%

La tabla de sensibilidad a los costos de mantenimiento y conservación refleja que aun cuando el total de costos de mantenimiento y conservación del proyecto aumentaran un 40%, el proyecto seguiría siendo rentable.

Tabla 56.a- Sensibilidad a la demanda

Porcentaje	VPN	TIR	TRI
130%	4,770,967.26	21.6%	20.0%
120%	4,096,510.06	20.5%	18.4%
110%	3,422,052.85	19.3%	16.9%
100%	2,747,595.65	18.0%	15.3%
90%	2,073,138.45	16.7%	13.8%
80%	1,398,681.25	15.3%	12.2%
70%	724,224.05	13.8%	10.7%

La tabla de sensibilidad a la demanda refleja que aun cuando la demanda del proyecto disminuyera un 20%, el proyecto seguiría siendo rentable.

e) Análisis de riesgos

Tabla 58- Análisis de Riesgos

Descripción	Impacto
El principal riesgo que presenta este proyecto es el de la disponibilidad de la totalidad de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto.	La obra no podrá ser concluida si no se cuenta con la totalidad de los recursos.
Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios.	Los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución.

VII. Conclusiones y Recomendaciones

La evaluación del proyecto de construcción del tramo carretero Veracruz-Poza Rica en su tramo Laguna Verde-Gutiérrez Zamora indica que es una obra de infraestructura económicamente rentable.

Este proyecto presenta ahorros significativos en tiempos de recorrido y en costos de operación en comparación con la inversión requerida. Esta obra mejorará sustancialmente el nivel de servicio ofrecido a los usuarios locales y de largo itinerario, al garantizar una circulación rápida, fluida y segura. Además, se podrá contar con una vía de comunicación más eficiente y segura, con lo cual se disminuirá el riesgo de la ocurrencia de accidentes.

En síntesis, con el proyecto de construcción del tramo Laguna Verde-Gutiérrez Zamora la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Aumento en las velocidades de operación de los diferentes tipos de usuarios.
- Reducción de los tiempos de recorrido.
- Reducción en los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Ofrecer una vía alterna a la actual de la costa.
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios.
- Mejorar los niveles de servicio.
- Mejora de conexión en la red carretera del este y noreste del país al centro del país, así como viajes regionales.
- Aumento de capacidad para transportar carga general de los puertos comerciales hacia el centro del país.
- Mejor conectividad para el tránsito de largo recorrido del corredor transversal Veracruz-Poza Rica
- Promoción del desarrollo económico en la zona.
- Mayor fluidez del transporte de carga de importaciones y exportaciones a nivel nacional.
- Operación más segura para los usuarios al eliminarse la posibilidad de accidentes por maniobras de rebase.

De acuerdo con la información presentada y con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se recomienda la realización de este proyecto.

VIII. Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Análisis de la Oferta y la Demanda	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación actual, sin proyecto y con proyecto.
Anexo B	Metodología para el cálculo de velocidades, costo generalizado de viaje y nivel de servicio	Página 90
Anexo C	Estudios Legales	
Anexo D	Estudios Ambientales	
Anexo E	Estudios de Mercado	
Anexo F	Estudios Específicos	
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	En la página 100 se incluye la explicación de la memoria de cálculo. Se adjunta el Excel por separado.
Anexo H	Matriz origen-destino	Adjunto en Excel

IX. Bibliografía

1. Avanti Engineering Group, “Estudio de demanda y factibilidad económica del proyecto Tuxpan-Tampico”, Junio 2013.
2. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Costos de Operación Vehicular y Conservación”, Noviembre 2013.
3. Dirección general de Planeación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Carpeta de indicadores”, Agosto 2013.
4. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “1er Informe de Labores”, Septiembre 2013.
5. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Programa de inversiones en infraestructura de transporte y comunicaciones 2013-2018”, Julio 2013.
6. Gobierno del Estado de Veracruz, “Segundo Informe de Gobierno | Veracruz 2011 - 2012”, Noviembre 2012
7. Sistema Nacional de Información Municipal – Secretaría de Gobernación (“SEGOB”), “Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México”, Consultado en Noviembre 2013.
8. Instituto Mexicano del Transporte – Secretaría de Comunicaciones y Transportes (“SCT”), “Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2013”, Enero/Febrero 2013.
9. Consejo Nacional de Población (“CONAPO”) – Secretaría de Gobernación (“SEGOB”), “Proyecciones de la Población / De los Municipios de México 2010 - 2030”, http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/De_los_municipios_de_Mexico_2010_-_2030, Última Modificación: Lunes 22 de julio de 2013 a las 16:00:54 por Auralet Ojeda Lavin.

Responsables de la Información

Ramo: Comunicaciones y Transportes

Entidad: Centro SCT Veracruz

Área Responsable: Dirección General de Desarrollo Carretero

Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:

Nombre	Cargo*	Firma	Fecha
Ing. Carlos Bussey Sarmiento	Director General		10/03/2014

Versión	Fecha
8	10 de marzo de 2014

*El administrador del programa y/o proyecto de inversión, deberá tener como mínimo el nivel de Director de Área o su equivalente en la dependencia o entidad correspondiente, apegándose a lo establecido en el artículo 43 del Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

Anexo B

Metodología para determinar las velocidades.

El estado físico, el nivel de congestión y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado y congestionado. Este incremento en la velocidad de operación permite una reducción considerable en los tiempos de recorrido. En consecuencia, uno de los aspectos más importantes en la determinación del ahorro en tiempo de recorrido es el cálculo de la velocidad.

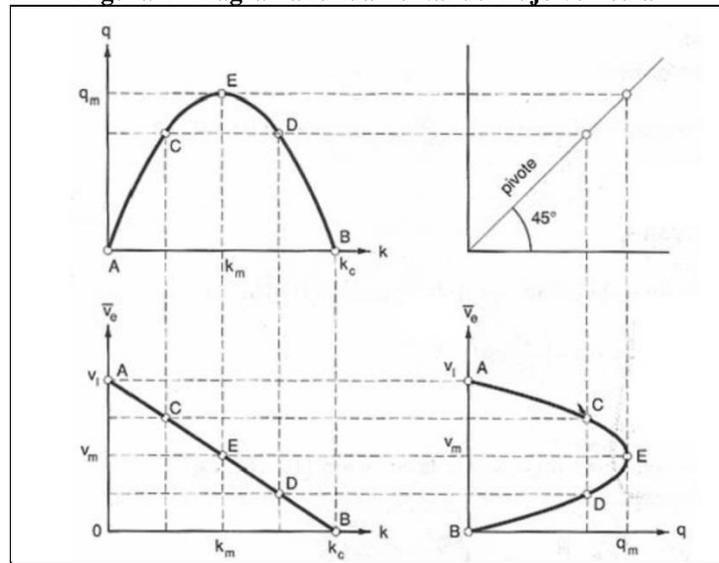
Existen distintos métodos para determinar la velocidad de operación promedio de una carretera existente, tales como “vehículo flotante”, “velocidad de punto”, “método de placas”, (registrar placas de vehículos y horario de registro en 2 puntos de una misma carretera, se detectan las placas coincidentes y la diferencia en horario nos dará el tiempo en recorrer la distancia entre los 2 puntos). Sin embargo, dichos métodos determinan la velocidad en el momento, de tal manera que para estimar el comportamiento a futuro de la velocidad en el camino, o para una carretera nueva, es necesario trabajar con algún modelo matemático o de simulación, para ello, las variables más importantes son el tránsito para todo el horizonte de planeación y la capacidad de la vía.

Con estas variables se puede determinar el nivel de congestión de la carretera y con ello, la velocidad a lo largo del período de análisis. Existen varios modelos que calculan la velocidad como el del Highway Capacity Manual (HCM) de los Estados Unidos de Norteamérica, el del Manual COBA de Inglaterra, el incluido en el modelo de gestión HDM, etc.

La siguiente gráfica³ presenta a manera de ejemplo el comportamiento de la velocidad con relación al volumen horario de tránsito, para carreteras de carriles múltiples en condiciones ideales.

³ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991

Figura 1- Diagrama fundamental del flujo vehicular



La relación volumen-velocidad se obtiene despejando la densidad k de la siguiente manera:

$$k = k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) \bar{v}_e$$

Reemplazando en la Ecuación :

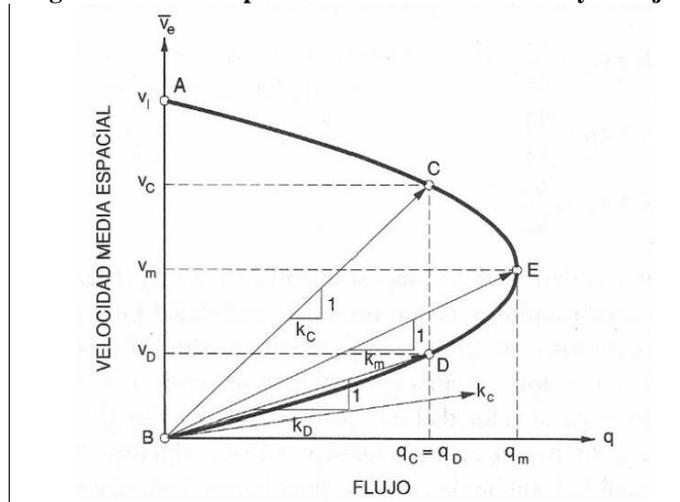
$$\begin{aligned} q &= \bar{v}_e k = \bar{v}_e \left[k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) \bar{v}_e \right] \\ &= \bar{v}_e k_c - \left(\frac{k_c}{v_l}\right) (\bar{v}_e)^2 \end{aligned}$$

De donde:

$$\bar{v}_e = \frac{v_l}{2} \pm \frac{\sqrt{v_l^2 - 4 \left(\frac{v_l}{k_c}\right) q}}{2}$$

Esta última expresión, representada en la Figura 2, indica que entre la velocidad y el flujo existe una relación parabólica, donde para un valor determinado del flujo ($q=q_c=q_D$), hay asociados dos valores de la velocidad (v_C y v_D). En la medida que el flujo q aumenta, desde el punto A a velocidad a flujo libre, la velocidad v progresivamente disminuye. De manera que si para una determinada vialidad, el flujo de entrada q (demanda) se aproxima a la Capacidad q_m (máxima oferta o Servicio), la dinámica del flujo vehicular puede causar que éste se reduzca por debajo de la Capacidad, con velocidades correspondientes a la porción inferior de la curva desde el punto E hasta el punto B, indicando que la operación ocurre a Nivel de congestión.

Figura 2- Relación parabólica entre la velocidad y el flujo



Tal como se observa, la velocidad depende de la relación volumen-capacidad (v/c) del tramo en análisis, considerando que la capacidad del tramo es una constante, en ese sentido la variación del tránsito debido a su crecimiento natural genera un cambio en esa relación es decir cada año se cuenta con una relación v/c diferente, por lo que la velocidad cambia, dicha relación v/c se podría interpretar como un nivel de congestión de la vía.

Velocidades y tiempos de recorrido

Con el objetivo de conocer las condiciones actuales de operación de la red de influencia, se realizaron estudios de velocidades y tiempos de recorrido. Estos tiempos de viaje se obtuvieron mediante el método del vehículo flotante, en el que se utilizan tecnologías de sistemas de geoposicionamiento global (GPS) que permiten resultados precisos y garantizan calidad y veracidad en los resultados. Se realizaron estudios de tiempos de recorrido por cada tipo de vehículo (automóvil, autobús, camión unitario y camión articulado) a lo largo de la carretera federal MEX-180 en su tramo Cardel-Papantla, en periodos pico y valle.

Esta información también fue introducida al modelo de oferta, permitiendo conocer la velocidad promedio existente en la red por tipo de vehículo y para distintos días de la semana y periodos en el día.

Características Operativas. Automóvil

AUTOMÓVIL	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
CARDEL - LAGUNA VERDE	41.8	27.1	92.6
LAGUNA VERDE - NAUTLA	77.0	70.0	66.0
NAUTLA - PAPANTLA	58.9	50.9	69.4

Análisis Costo-Beneficio Laguna Verde-Gutiérrez Zamora

TOTAL	177.7	2 horas 28 minutos
--------------	--------------	---------------------------

Características Operativas. Autobús

AUTOBÚS	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
CARDEL - LAGUNA VERDE	41.8	33.4	75.2
LAGUNA VERDE - NAUTLA	77.0	75.6	61.1
NAUTLA - PAPANTLA	58.9	58.4	60.5
TOTAL	177.7	2 horas 48 minutos	

Características Operativas. Camión Unitario

CAMIÓN UNITARIO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
CARDEL - LAGUNA VERDE	41.8	33.6	74.6
LAGUNA VERDE - NAUTLA	77.0	75.9	60.9
NAUTLA - PAPANTLA	58.9	56.0	63.1
TOTAL	177.7	2 horas 46 minutos	

Características Operativas. Camión Articulado

CAMIÓN ARTICULADO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)
CARDEL - LAGUNA VERDE	41.8	73.8	71.7
LAGUNA VERDE - NAUTLA	77.0	57.0	56.8
NAUTLA - PAPANTLA	58.9	64.4	63.9
TOTAL	177.7	3 horas 15 minutos	

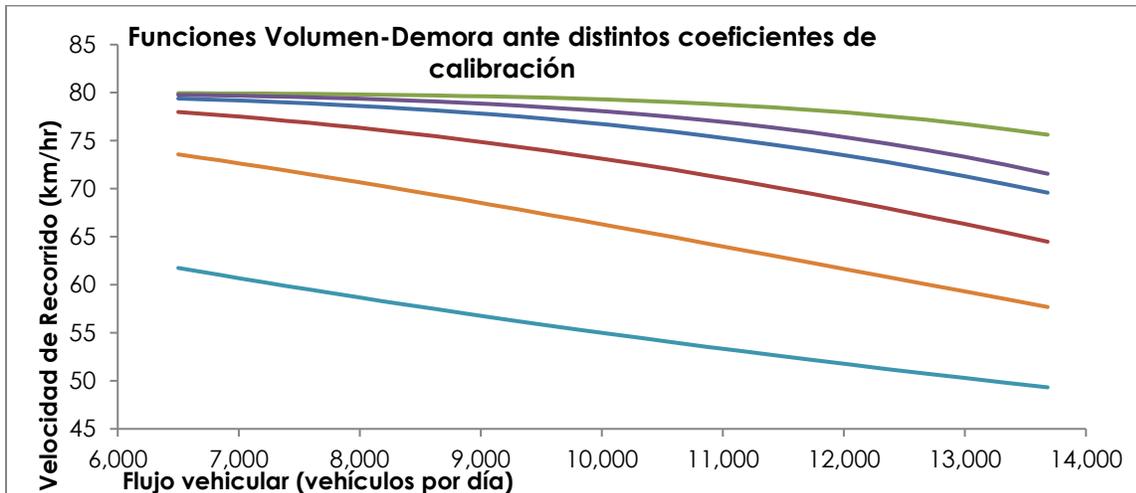
El pronóstico de la velocidad y tiempos de recorrido en la red de influencia es estima a partir de la aplicación de modelos que representan la velocidad o el tiempo de recorrido ante distintos niveles de saturación de la vialidad analizada. Estos modelos se denominan funciones volumen-demora. Las funciones volumen-demora tienen la siguiente forma:

$$tiempo_i = tiempo_0 \left(1 + a \left(\frac{flujo_i}{capacidad_i} \right)^b \right)$$

Donde:

- $tiempo_i$ Tiempo de viaje estimado (minutos)
- $tiempo_0$ Tiempo de viaje en condiciones de flujo libre (minutos)
- $flujo$ Número de vehículos que transitan en un periodo de tiempo específico (vehículos por hora)
- $capacidad$ Límite del número de vehículos que pueden transitar en un periodo de tiempo específico (vehículos por hora)
- a, b Parámetros de calibración

Una aplicación genérica de las funciones volumen-demora se muestra en el siguiente gráfico. El ejemplo asume una capacidad diaria de 22,000 vehículos. También considera una constante (a) de calibración de 1.0 y una constante de calibración (b) variable. La curva superior indica una constante de calibración (b) mayor que la curva inferior, se asumió además una velocidad de flujo libre de 80 km/hr.



Nótese como a medida que el flujo vehicular se incrementa, la velocidad de recorrido disminuye. También nótese cómo la pendiente de cada curva cambia según la constante de calibración utilizada. Para el caso de las funciones volumen-demora utilizadas en el modelo de la Autopista Laguna Verde-Gutiérrez Zamora, las constantes de calibración se obtienen a partir del procesamiento y análisis de los datos obtenidos en los aforos automáticos, los cuales ofrecen el flujo vehicular en distintos periodos de tiempo y además proveen información sobre la velocidad existente. A partir de modelos de regresión lineal o no lineal se obtienen los coeficientes de las funciones volumen-demora que después se utilizan para estimar la velocidad de recorrido ante distintos niveles de flujo vehicular.

Metodología para calcular el CGV (costo de operación vehicular y valor del tiempo)

Costos de operación vehicular

El “Costo de Operación Vehicular” (COV) mide en términos monetarios, el consumo que le representa al usuario circular por una carretera determinada. La unidad con que se expresa es “\$/km”. Para su cálculo se incluye el consumo de combustibles y lubricantes, desgaste de llantas y elementos de frenado, deterioro del sistema de suspensión y de embrague, así como los costos de refacciones, mantenimiento y depreciación del vehículo.

Considerando que estos insumos varían su nivel de precios con el transcurso del tiempo se decidió efectuar su actualización en el modelo. Para ello se tomó como fuente de información la Publicación Técnica 368⁴ del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Para tal fin se hizo uso del modelo de gestión vial HDM-4 versión 2.0, en el cual se capturó la información incluida en el cuadro 1, se estimó el COV por tipo de vehículo.

CUADRO 1- Variables para el cálculo del COV

CONCEPTO	UNIDAD	Automóvil	Autobús	Camión
Características de la carretera				
Tipo de superficie	Km	20,000.00	240,000.00	180,000.00
Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2 a 6	2 a 6	2 a 6
Pendiente media ascendente	%	0 a 5*	0 a 5*	0 a 5*
Pendiente media descendente	%	0 a 5*	0 a 5*	0 a 5*
Proporción de viaje ascendente	%	50.000	50.000	50.000
Curvatura horizontal promedio	grados/km	0 a 700**	0 a 700**	0 a 700**
Altitud sobre nivel del mar	m	1 000.000	1 000.000	1 000.000
Utilización del vehículo				
1 No. kilómetros conducidos por año		Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada
2 No. horas conducidas por año	Horas	1,716.00	2,860.00	2,860.00
3 Índice de utilización horaria	Fracción	0.60	0.80	0.85
4 Vida útil promedio de servicio	Años	6.00	8.00	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	1=Si 0=No	1.00	1.00	1.00
6 Edad del vehículo en kilómetros	Km	70,000.00	750,000.00	600,000.00
7 Número de pasajeros por vehículo	#	2.2	23.00	0.00
Costos unitarios				
1 Precio del vehículo nuevo	\$	212,152.00	2,080,852.00	1,085,955.00
2 Costo del combustible	\$/litro	10.09	10.45	10.45
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	25.50	25.12	25.12
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	883.10	2,653.02	2,475.25
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	22.97	65.78	52.73
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00

⁴ Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2012; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368.

7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	21.70	56.42	37.43
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00
9 Tasa de interés anual real	%	1.33	1.33	1.33
10 Costos indirectos por vehículo-km	\$	0.33	1.02	1.13

** (1 para plano, 3 lomerío y 5 montaña)

** (100 para plano, 300 lomerío y 700 montaña)

Tal como se puede apreciar en el cuadro, no se consideraron el valor del tiempo de los pasajeros ni de la carga, mientras que el sueldo del operador se tomó en cuenta para el caso del autobús y el camión. La lógica seguida para tal decisión es que el modelo de evaluación económica considera solamente el valor de la retención de carga para el análisis de beneficios por tiempos de recorrido. Por otro lado en el cálculo de beneficios en autobús solamente se consideran pasajeros, de tal manera que siguiendo el mismo criterio se incluyó el salario del operador en el COV.

El caso del automóvil es distinto, ya que en los análisis de los estudios origen y destino se cuentan los ocupantes, es decir que el promedio de 2.2 considera tanto al que conduce el automóvil como a pasajeros, por lo tanto no se incluye en el cálculo del COV, debido a ello el modelo lo incluye en la estimación de beneficios por tiempo de recorrido.

La variación del costo de operación a través del horizonte de evaluación se efectúa bajo los siguientes supuestos:

- La condición de la superficie de rodamiento se considera constante debido a las políticas de conservación (valor del IRI).
- La velocidad de operación es variable como consecuencia de la congestión.

En ese sentido, para el cálculo del COV en el horizonte de evaluación sólo se considera la variación de velocidad. Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto.

Valor del tiempo

Para la estimación de los beneficios por este concepto 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 con y sin proyecto. En ambos casos, sin y con proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito y la variación.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Cuadro 2 del Boletín Notas 140⁵, Artículo 2, Enero-febrero de

⁵ Boletín del Instituto Mexicano del Transporte, Nota 140 Artículo 2 “Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2013 “. Enero-febrero de 2013.

2013, del IMT. De acuerdo con estudios realizados por el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$31.58 y por motivo de placer de \$18.95 pesos por hora, actualizado a 2013. Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen-destino, se considera que en promedio un 41% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo, tanto para automóvil como para autobús. La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla 2.

Tabla 2– Configuración del valor del tiempo

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	31.58	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	18.95	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	41.0%	%
Número de pasajeros auto	2.00	pas/veh
Número de pasajeros autobús	23.00	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	18.15	ton/veh

Contando con la velocidad y longitudes de los tramos se está en condición de determinar los tiempos de recorrido y mediante los valores de la tabla anterior se puede determinar una valorización de dichos tiempos.

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. 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, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto.

Metodología para estimar en Nivel de Servicio

El conocimiento del nivel de servicio en el que operan las carreteras permite establecer una comparación entre la oferta y la demanda de servicio, reflejando su grado de eficiencia. En ese sentido, para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen de tránsito y su composición, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

Los niveles de servicio del A al D se definen a partir de unos ciertos valores de la velocidad o tiempo de recorrido y del i/c. El nivel E corresponde a situaciones próximas a la saturación, y el F, se produce cuando por haberse rebasado la capacidad de la vía, las condiciones son inestables y tanto la velocidad como la intensidad pueden fluctuar considerablemente.

La información presentada en este documento se generó mediante la metodología presentada en la publicación “Manual de Capacidad Vial”, editado por esta Secretaría en 1991, a partir de consideraciones de índole general, de las que se pueden citar las siguientes:

Para carreteras de dos carriles, la capacidad en condiciones ideales se consideró de 2,800 vph en ambos sentidos de circulación; para carretera multicarril se empleó la de 2,000 vph (terreno plano y lomerío).

- Para carreteras de dos carriles, el factor de distribución direccional se consideró como 1.00, tomando una distribución del 50% en cada sentido.
- El factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales se determinó a partir de los anchos de carril y acotamiento observados y/o de proyecto.
- El factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente del tránsito se calculó por medio de la ecuación:

$$f_{vp} = (PP + PB EB + PC EC)^{-1}$$

En donde:

PP, PB, PC = Porcentaje de automóviles, autobuses y camiones en la corriente del tránsito.

EB, EC = Automóviles ligeros equivalentes por autobuses y por camiones.

Para conocer la capacidad y los niveles de servicio que prevalecen en cada tramo de la red carretera, se consideraron:

- Las condiciones establecidas por las características físicas del camino.
- Las condiciones que dependen de la naturaleza del tránsito vehicular en cuanto a su magnitud y tipo de vehículos.

Por capacidad se entiende como el número máximo de vehículos que pueden circular por un camino durante un lapso de una hora; de esta forma, los niveles de servicio son una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones al movimiento continuo del tránsito, la libertad de manejo y la comodidad.

La expresión básica para calcular el flujo de servicio en análisis de la operación de segmentos generalizados fue la siguiente:

$$FS_i = c_j (v/c)_i (N)(f_A)(f_{VP})(f_C)$$

En donde:

FS_i = Flujo de servicio al nivel i, bajo las condiciones prevalecientes del camino y tránsito en vehículos equivalentes.

C_j = Capacidad por carril en condiciones ideales.

$(v/c)_i$ = Máxima relación volumen/capacidad asociada al nivel de servicio i.

N = Número de carriles por sentido.

f_A = Factor de ajuste por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales.

f_{VP} = Factor de ajuste por vehículos pesados (autobuses y camiones).

f_C = Factor de ajuste por el tipo de conductor (relacionado con el conocimiento de la carretera en que circula).

Anexo G

La memoria de cálculo se integra por 4 grupos de hojas, la primera “Datos de Evaluación” señala las principales características y variables de cada uno de los tramos en sus situaciones con y sin proyecto, tales como nombre del tramo, longitud, TPDA y su composición, tipo de terreno, IRI, TCMA, número de carriles, tipo de superficie de rodamiento.

El segundo grupo lo conforman las hojas llamadas “Tramo 1 S-P”, “Tramo 2 S-P”, “Tramo 3 S-P”.... “Tramo N S-P”, en las cuales con base a las variables señaladas en la hoja “Datos de Evaluación” se calcula el TPDA desagrupado por tipo de vehículo a lo largo del horizonte de evaluación. En esa misma hoja y con base a la longitud y velocidades de operación estima el tiempo de recorrido mediante la fórmula $t=d/v$, este tiempo calculado por tipo de vehículo es valorizado al multiplicarlo por el valor del tiempo por trabajo (\$/h), número de usuarios por vehículo y la proporción de viajes de trabajo, haciéndose del mismo modo para los viajes de placer, dado que es tránsito diario se multiplica por 365 para obtener los costos anuales.

Para el cálculo del valor del COV la hoja implemente multiplica el COV unitario por la longitud y el TPDA y por 365 para anualizarlo. En lo que respecta a la conservación la hoja multiplica la longitud, por el número de carriles por el costo unitario del tipo de trabajo del que se trate.

El tercer grupo lo conforman las hojas llamadas “Tramo 1 C-P”, “Tramo 2 C-P”, “Tramo 3 C-P”.... “Tramo N C-P”, efectúa los mismos cálculos que el grupo anterior pero para la situación con proyecto de la ruta actual, la única diferencia es que para el caso del TPDA la hoja hace una verificación de si hay inversión en el año respectivo, y en caso positivo mantiene el mismo tránsito y velocidad de la situación sin proyecto, lo anterior partiendo del supuesto que aún no opera el proyecto en cuestión.

El cuarto grupo lo conforman las hojas llamadas “Proyecto Tramo1”, “Proyecto Tramo2”, “Proyecto Tramo3”.... “Proyecto TramoN”, efectúa los mismos cálculos que el grupo anterior pero para los tramos que componen proyecto, la única diferencia es que para el caso del TPDA la hoja hace una verificación de si hay inversión en el año respectivo, y en caso positivo asigna un TPDA de cero, lo anterior partiendo del supuesto que aún no opera el proyecto en cuestión.

La hoja llamada “Costos Totales s-p” en esta hoja se suman el COV y valor del tiempo de todos los tramos de la situación sin proyecto (Tramo N S-P) por tipo de vehículo, así como los costos de conservación de cada tramo. Al igual que la hoja anterior la hoja llamada “Costos Totales c-p” efectúa la sumatoria de costos de operación, valor del tiempo y conservación de los tramos en la situación con proyecto (Tramo N C-P y Proyecto TramoN).

En la hoja “Ahorros” se calcula la diferencia anual y por tipo de vehículo de los costos de operación vehicular y valor del tiempo de los acumulados calculados en las hojas Costos “Totales s-p” y “Costos Totales c-p”, así como de los costos de conservación. En otras palabras se calcula el diferencial de costos de operación vehicular, valor del tiempo y conservación entre las situaciones sin y con proyecto a fin de determinar los ahorros derivados del proyecto.

La hoja beneficios efectúa el flujo de efectivo mediante los ahorros calculados en la hoja anterior y la inversión realizada, mediante estos valores calcula el vector de beneficios netos y con ello estima los indicadores de rentabilidad y análisis de sensibilidad.