



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**PROYECTO DE UN PARADOR INTEGRAL DE SERVICIOS EN
LA AUTOPISTA PEROTE-BANDERILLA**

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN INGENIERÍA
EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE**

Presenta:

JOSÉ ANTONIO TAPIA CARAZA

Asesor de tesis:

M.I. Raúl David González Padilla

Coasesor de tesis:

M.I. Rafael Zavaleta Guerrero

Puebla, Pue.

Septiembre 2014



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

PROYECTO DE UN PARADOR INTEGRAL DE SERVICIOS EN LA AUTOPISTA PEROTE-BANDERILLA

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN INGENIERÍA
EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE**

Presenta:

JOSÉ ANTONIO TAPIA CARAZA

Asesor de tesis:

M.I. Raúl David González Padilla

Coasesor de tesis:

M.I. Rafael Zavaleta Guerrero

Puebla, Pue.

Septiembre 2014



Oficio No. 1621/2014

C. JOSÉ ANTONIO TAPIA CARAZA

Pasante de la Mtría. de Ing. en Tránsito y Transporte
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Proyecto de un parador integral de servicios en la autopista Perote-Banderilla**. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Tránsito y Transporte. Asignándose como Asesor al M.I. Raúl David González Padilla y Co-asesor Rafael Zavaleta Guerrero.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"

H. Puebla de Zaragoza, a 19 de mayo de 2014.

M.I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO
DIRECTOR



C.c.p. M.I. Raúl D. González Padilla, Asesor del Tema de Tesis
C.c.p. M.I. Rafael Zavaleta Guerrero, Asesor del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

GJS/JACI/sco*

H. Puebla de Zaragoza, a 30 de Mayo de 2014

M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo
Director de la Facultad de Ingeniería de la BUAP
Presente

Por medio del presente informo a usted que el **Ing. José Antonio Tapia Caraza**, egresado de la Maestría en Ingeniería de Tránsito y Transporte ha elaborado el trabajo titulado:

**“PROPUESTA TÉCNICA DE UN PARADOR INTEGRAL DE SERVICIOS
EN LA AUTOPISTA PEROTE - BANDERILLA”**

Como tema de tesina, el cual ha sido revisado y no existe inconveniente alguno en autorizar su impresión. Lo anterior para los efectos académicos a que haya lugar.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente



M.I. Rafael Zavaleta Guerrero
Asesor de la Tesina

C.c.p.- Dr. Gabriel Jiménez Suárez.-Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado.-BUAP
Interesado

Dedicatorias

A mis padres por el apoyo, aliento y comprensión lo cual hizo posible la culminación de mis estudios en maestría.

Índice

Introducción	
1.- Antecedentes	04
2.- Características	07
2.1.- Socioeconómicas	12
3.- Condiciones Autopista	15
3.1.- Alineamiento	17
3.2.- Volumen de tránsito	18
4.- Análisis operacional	21
4.1.- Velocidad a flujo libre	21
4.2.- Factor de la hora de máxima demanda	23
4.3.- Tasa de flujo equivalente	24
4.4.- Nivel de servicio	25
5.- Propuesta técnica	28
5.1.- Ubicación	29
5.2.- Cálculo de los carriles de cambio de velocidad	33
5.2.1.- Longitud y transición	34
5.2.2.- Factor por pendiente	35
5.2.3.- Geometría	37
Conclusiones	43
Bibliografía	45

INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Comunicaciones Transportes regula el aprovechamiento del derecho de vía en las carreteras federales libres y de cuota en diversas modalidades, como son accesos, instalaciones marginales, cruzamientos, anuncios y paradores.

Estos últimos son instalaciones y construcciones adyacentes al derecho de vía de una carretera federal en las que se prestan los servicios de alojamiento, alimentación, sanitarios, servicios a vehículos y comunicaciones.

La conexión de los paradores con la autopista se realizan a través de accesos controlados que deben cumplir con lo que establece el Reglamento del Aprovechamiento del Derecho Vía en Carreteras Federales y Zonas Aledañas, bajo los lineamientos que indica la Comisión Federal de Mejora Regulatoria y dando cumplimiento a las Normas y Manuales de la SCT.

Actualmente para comunicarse con el centro del país, por la vía “Xalapa”, existe en la ruta federal libre, la carretera San Hipólito – Xalapa, donde en el km 130+000 se ubican diversos establecimientos que subsisten con la vendimia; dicha actividad económica ha disminuido considerablemente con la reciente apertura de la autopista Perote – Banderilla, como parte de la ruta federal de cuota hacia la capital del país, lo que ha ocasionado la disminución del número de vehículos que transitan por la ruta libre y por consecuencia de las ventas en la zona.

Por lo anterior, los comerciantes se han unido con el fin de solicitar apoyo a instancias gubernamentales con el fin de obtener recursos para la construcción de un Parador Integral de Servicios (PIS) en ambos lados de la autopista; solicitando a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el permiso para la construcción de un parador, que además de los servicios antes descritos permita el desarrollo comercial de la zona a través de la venta de productos locales.

Sin embargo, por la topografía en la zona y el subsecuente trazo geométrico de la autopista, ocasiona que la ubicación de un parador tradicional en el lugar requiera de estudios especializados, ya que no resulta fácil dar cumplimiento a los requerimientos técnicos establecidos para tal fin.

A través del análisis de las características geométricas y operación actual de la autopista, se propone la mejor ubicación de un PIS con características atípicas pero que cumpla normativamente y que además propicie el desarrollo económico de la zona, así como los servicios de la vía.

Por lo anterior, el presente trabajo se desarrolla en cinco capítulos que se describen de forma breve a continuación:

El en capítulo 1 se describe el desarrollo de la red carretera nacional y la importancia de los Paradores Integrales de servicios.

Los impactos en materia de economías locales que generan la construcción de nuevas carreteras, como es el caso Corredor del Altiplano en el estado de Veracruz se detallan en el capítulo 2.

En el capítulo 3 se especifican las condiciones técnicas que presenta la autopista, desde alineamiento hasta volumen de tránsito que circula por ella.

Para evaluar el efecto de una medida a corto o mediano alcance, es importante analizar las condiciones existentes de la infraestructura vial, el tránsito y los dispositivos de control, resultados que se detallan en el capítulo 4.

En el capítulo 5 y último, se realiza el análisis y aplicación de toda la Normativa de proyecto geométrico de carreteras.

1. ANTECEDENTES

La red carretera nacional desarrollada a lo largo de varias décadas, comunica casi todas las regiones y comunidades del país.

Algunas de éstas carreteras están a cargo del gobierno federal y constituyen corredores carreteros, los cuales que proporcionan acceso y comunicación a las principales ciudades, fronteras y puertos marítimos del país y, por lo tanto, registran la mayor parte del transporte de pasajeros y carga. Algunos de éstos tramos son libres, es decir que circular por ellas no tiene costo, otras son de cuota, en las que se debe pagar un peaje para utilizarlas.

México cuenta con 355,796 km de carreteras, de los cuales casi el 5.4% corresponde a los corredores troncales¹.

El sistema de transporte de pasajeros y carga depende de las carreteras de forma significativa, en 2006, alrededor del 98% de las personas que efectúan recorridos entre ciudades lo hacen por carretera. En el caso de la carga, el autotransporte mueve casi el 60% de los flujos totales que se desplazan en el país².

Como consecuencia, México requiere un sistema carretero eficiente, con una amplia cobertura, que asegure una comunicación permanente y económica entre los principales centros de producción y de consumo, puertos marítimos, fronterizos y polos de atracción distribuidos en todo el territorio.

En el caso de construcción y modernización de carreteras, se ha priorizado a los corredores carreteros troncales, que constituyen la columna vertebral del sistema carretero nacional, y en conjunto atienden una parte mayoritaria de los movimientos carreteros entre ciudades.

¹ <http://cuéntame.inegi.org.mx/economía/terciario/transporte/carreteras.aspx?tema=E>

² Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dirección General de Desarrollo Carretero.

Es tal la demanda de transporte por carretera como reflejo de un crecimiento sostenido de la economía, que por primera vez en la historia, el Gobierno ha establecido formas de participación y concertación en materia de construcción de carreteras. Esto, con objeto de cubrir la creciente demanda.

Acorde a las leyes en la materia, se establece el esquema de construcción de autopistas y puentes de cuota concesionados.

El esquema de concesiones se aplica fundamentalmente para desarrollar proyectos carreteros que cuentan con una fuente de pago propia, es decir, autopistas de cuota. Las concesiones se otorgan por medio de procesos de licitación pública, donde los participantes deben cumplir con capacidad y experiencia necesarias para materializar estos proyectos. Las licitaciones se desarrollan a iniciativa y bajo control de la SCT, quien entrega a los concursantes proyecto ejecutivo y derecho de vía liberado, fija las tarifas medias máximas y la regla para su actualización por inflación, así como el plazo de duración de la concesión que puede ser hasta de treinta años, el máximo permitido por la ley³.

Esta dinámica trae consigo una serie de proyectos complementarios, dentro de los que cabe destacar los paradores integrales de servicios en autopistas.

Aprovechando esta coyuntura de nuevas autopistas y servicios, más el importante impulso del turismo que gobierno e iniciativa privada están propiciando y ante los indicadores de un crecimiento sostenido del país, es necesario establecer paradores integrales de servicio en autopistas.

En otros países los paradores se han constituido en elementos complementarios de las autopistas, conformando una red con altas especificaciones en su proyecto

³ Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Asociaciones Público-Privadas para el desarrollo carretero de México.

y servicios, además de ser una parada acostumbrada, lo mismo para automovilistas, camiones de carga, autobuses de pasajeros y/o turistas.

En Europa, sin excepciones, cuentan con al menos gasolinera, restaurant, tienda de conveniencia, separando la vialidad de los automóviles de la de autobuses y camiones. Ocasionalmente cuentan con motel. Son manejados por cadenas especializadas con coberturas nacional o incluso multinacional, su capacidad y extensión van en proporción directa a los aforos de las autopistas.

Sus especificaciones de proyecto geométrico, estacionamiento y señalamiento van acordes a normas internacionales al respecto, en un alto porcentaje están establecidos en mancuernas, en ambos lados de la autopista y en un 10% de los casos, el restaurant y área de servicios están localizados en puente, por arriba de la autopista.

Las experiencias en otros países y las necesidades en las actuales autopistas, hacen concluir que el parador es un elemento indispensable para fortalecer el transporte y turismo por carretera, brindando diversidad de servicios y seguridad al pasajero. Asimismo contribuyen a fortalecer las economías locales, mediante la creación de fuentes de trabajo, venta de productos regionales y promoción de atractivos turísticos del entorno.

2. CARACTERÍSTICAS

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes realizó un esquema de asociación pública y privada, para desarrollar sus programas carreteros, es decir, a través de concesiones, proyectos de prestación de servicios y aprovechamiento de activos; los cuales son necesarios explotar ya que la asignación de recursos presupuestales para el desarrollo carretero nacional, no dispone de montos de inversión pública suficientes para atender la totalidad de la demanda carretera.

Por ello es vital atraer inversiones al sector carretero, logrando proyectos de mayor dimensionamiento, que cumplan con todas las necesidades, incluyendo obras de beneficio directo para las poblaciones aledañas a los sitios de la Obras⁴.

Para aminorar tiempos de recorrido y beneficiar a la población, el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, propone proyectos carreteros en regiones marginadas y en desarrollo como es el caso del proyecto carretero de la construcción del “Corredor Carretero del Altiplano”, esto tiene como objetivo general la construcción de una carretera, que al integrarse a la red nacional de carreteras, permita comunicar el territorio mediante el uso de vehículos automotores con mayor seguridad, permitiendo el transporte seguro de personas y mercancías en distintas regiones, así como la comercialización de las mismas permitiendo el desarrollo del país y potencializando la economía nacional e internacional.

El Corredor Carretero del Altiplano conecta la región central de México con el puerto de Veracruz, enlazando a los Estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Veracruz, detonando de forma importante la economía nacional e internacional ante el creciente mercado globalizado.

⁴ Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Asociaciones Público-Privadas para el desarrollo carretero de México.

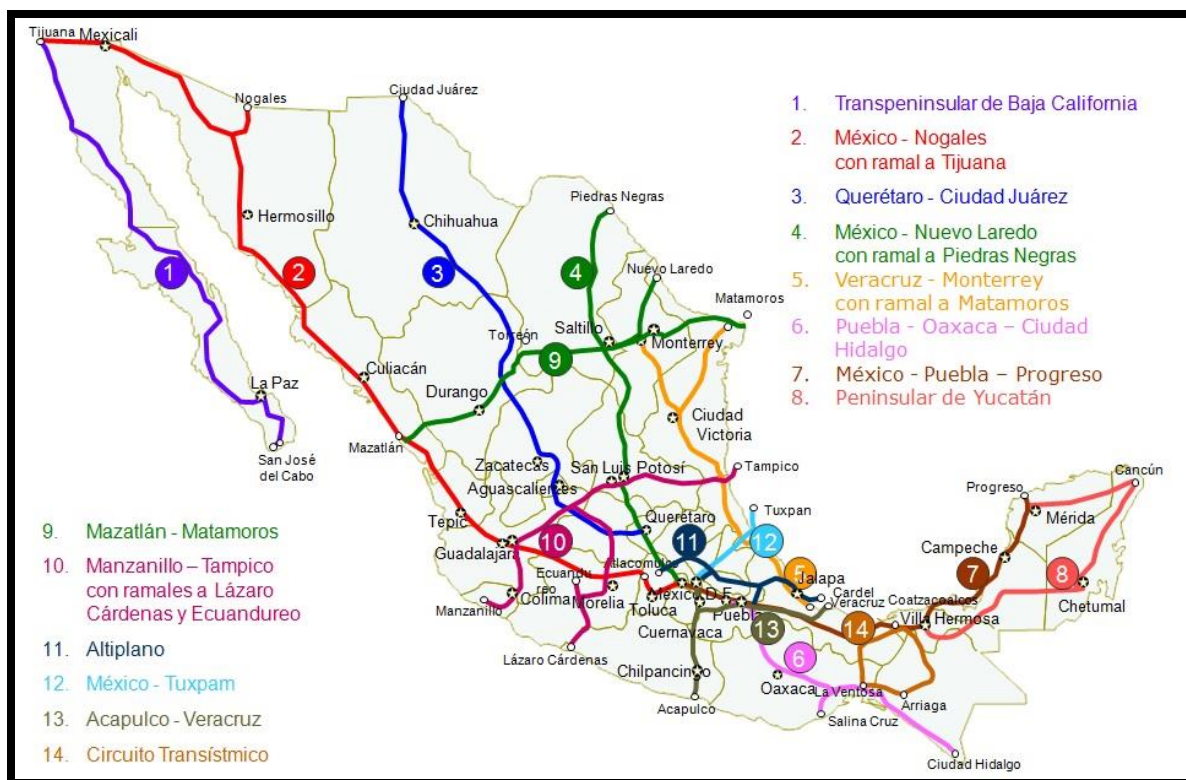


Figura 1.- Croquis de Corredores Troncales en al país. Fuente CT.

A su paso por el Estado de Veracruz, recorre en su mayoría autopistas concesionados de cuota.

- Amozoc – Perote
- Libramiento Perote
- Perote – Banderilla
- Libramiento Xalapa
- Libramiento Xalapa - Libramiento Plan del Río
- Libramiento Plan del Río
- Libramiento Plan del Río – Tamarindo
- Tamarindo – Cardel
- Cardel – Veracruz

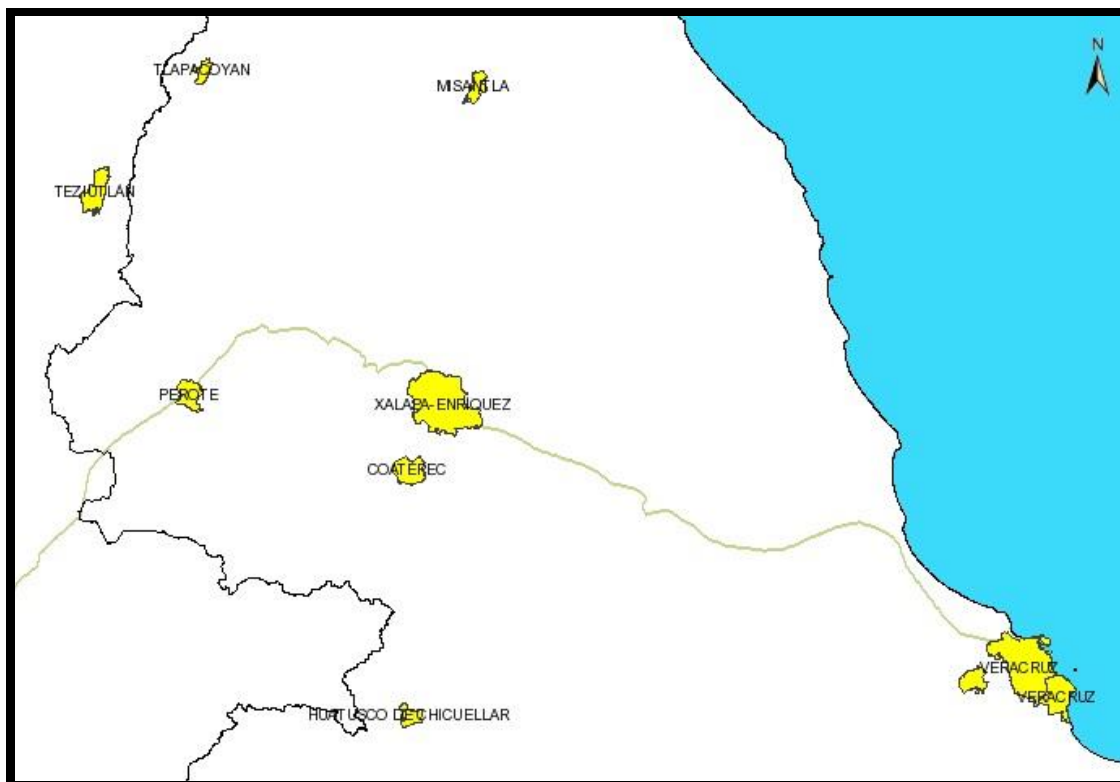


Figura 2.- Corredor Troncal del Altiplano en el Estado de Veracruz. Fuente INEGI.

Los municipios en la entidad que cruza el Corredor Carretero del Altiplano son:

- Perote
- Villa Aldama
- Acajete
- Las Vigas de Ramírez
- Tlacolulan
- Jilotepec
- Banderilla
- Xalapa
- Emiliano Zapata
- Puente Nacional
- La Antigua
- Veracruz

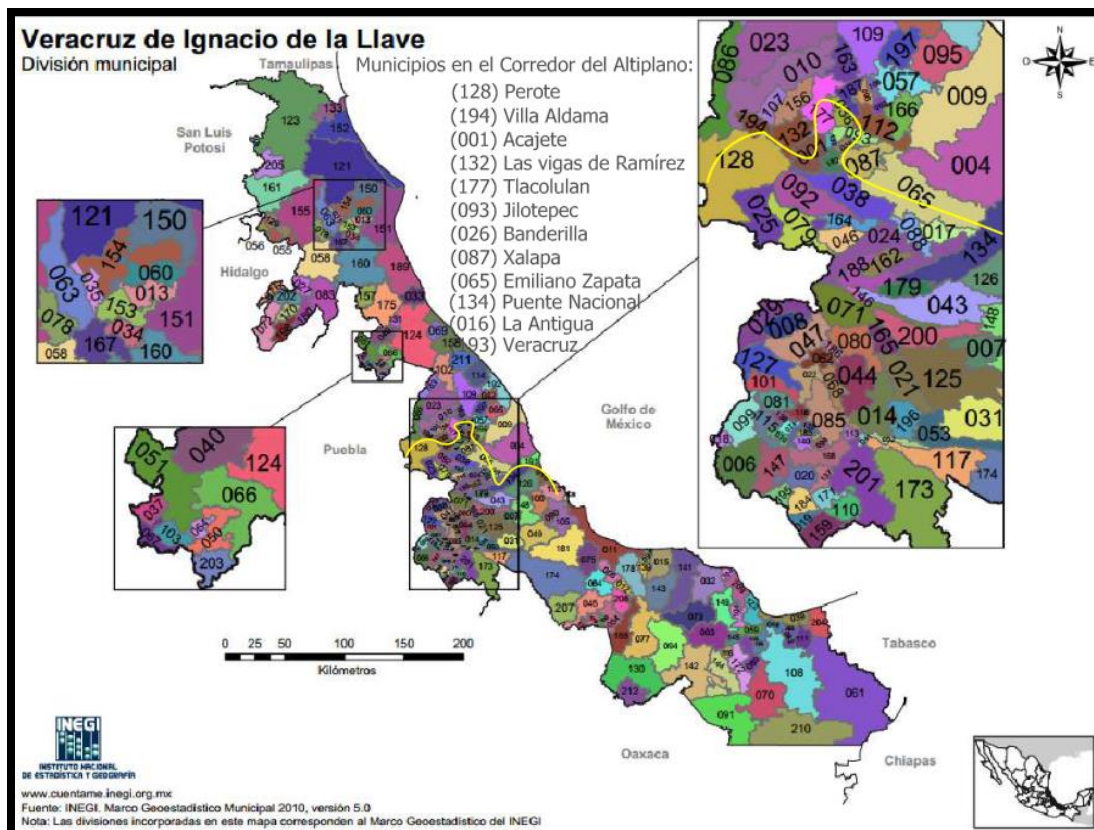


Figura 3.- Municipios en el Estado de Veracruz. Fuente INEGI.

Las autopistas Perote – Banderilla y el Libramiento de Xalapa son obras que recientemente se incorporaron al Corredor Carretero del Altiplano, el primer tramo inicia en el entronque del Libramiento de Perote y termina al norte de Xalapa, en la población de Banderilla, en el Estado de Veracruz, el segundo inicia en Banderilla (en el entronque con la autopista Perote – Banderilla), se desarrolla al norte de la mancha urbana y concluye a la altura de Corral Falso, al suroriente de Xalapa, sobre la carretera federal MEX 140 México-Veracruz.

Éstas autopistas forman parte de la conexión logística más importante del país, al conectar a la ciudad de México, Puebla y Veracruz, benefician a un millón 200 mil habitantes, se genera un ahorro en tiempo de recorrido de 1 hora 20 minutos, se incrementa la seguridad vial de los usuarios de largo itinerario y local.

Adicionalmente el Libramiento de Xalapa contribuye a un importante desahogo vehicular para la ciudad de Xalapa, sobre todo tráfico pesado, con lo que se ha mejorado sustancialmente la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Dichas autopistas sin duda, representan la conclusión de un importante corredor carretero entre la Ciudad de México y el Puerto de Veracruz, que beneficiará puntos intermedios y flujos con origen en el centro del país y destino en Veracruz.

Sin embargo el inicio de operaciones de la autopista Perote – Banderilla, generó que poblaciones que se ubican sobre la carretera libre se vieran afectadas de forma muy significativa, en su economía local, ya que derivado de las mejores condiciones de seguridad, transitabilidad, confort y menor costo de transporte que ofrecen las autopistas, propiciaron la disminución del TDPA y con ello las ventas.

La antigua ruta entre Perote y Xalapa tiene una longitud de 43.30 kilómetros⁵, se desarrolla en terreno de lomerío y montañoso y se clasifica de forma general como una carretera tipo C de bajas especificaciones, en algunos tramos, su grado de curvatura es para tipo D, lo cual hace que la carretera sea poca segura.

El nivel de servicio es de C a D, cruzando a lo largo del recorrido por varias poblaciones donde el tráfico de largo itinerario se mezcla con el local, ocasionando frecuentes interrupciones al flujo vehicular.

El paso sobre las poblaciones genera inseguridad y altos sobrecostos de operación y tiempos de recorrido para los usuarios. La mezcla del tránsito local con el de largo itinerario provoca accidentes en forma cotidiana y demoras en el recorrido, así como daños en la infraestructura.

⁵ Dirección General de Servicios Técnicos. Datos viales 2014.



Figura 4.- Autopistas Perote – Banderilla y Libramiento Xalapa. Fuente SCT.

Las localidades que directamente que se vieron afectadas en su economía en general son: La Joya, Rincón de La Joya, La Joya Chica, Cruz Verde, todas pertenecientes al municipio de Acajete; y hacia el norte, Encino Gacho, Aguasuelas, Úrsulo Galván, Tepetates, Toxtlacuaya y Las Vigas de Ramírez, pertenecientes al municipio de Las Vigas de Ramírez.

2.1 Socioeconómicas

Estos sitios de economía local son de gran importancia, ya que la fuente de trabajo es la crianza de animales de corral, ganado, cultivo y producción y comercialización de productos lácteos y embutidos, lo que genera ingreso para las familias.

La Joya perteneciente al municipio de Acajete, Veracruz, es una atractiva zona turística para la región, debido al impacto económico que tenían los lugareños al comercializar sus productos a los automovilistas que circulaban por esa ruta y su ubicación geográfica privilegiada de altas montañas⁶ muy cercana a la capital del Estado de Veracruz.

⁶ Vive México. Gobierno Federal.

LOCALIDADES	MUNICIPIOS	POBLACIÓN PROMEDIO	ACTIVIDAD ECONOMICA
LA JOYA	ACAJETE	1122	PRODUCCION Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS
RINCÓN DE LA JOYA	ACAJETE	73	CRianza DE ANIMALES DE CORRAL
LA JOYA CHICA	ACAJETE	466	COMERCIALIZACIÓN DE ABARROTES Y CRIanza DE ANIMALES DE CORRAL
CRUZ VERDE	ACAJETE	90	CRianza DE ANIMALES DE CORRAL Y AGRICULTURA
ENCINO GACHO	LAS VIGAS DE RAMÍREZ	209	CRianza DE ANIMALES DE CORRAL
AGUASUELAS	LAS VIGAS DE RAMÍREZ	249	EMPLEOS EN CIUDADES ALEDAÑAS
URSULO GALVÁN	LAS VIGAS DE RAMÍREZ	135	EMPLEOS EN CIUDADES ALEDAÑAS
TEPETATES	LAS VIGAS DE RAMÍREZ	160	CRianza DE GANADO
TOXTLACUAYA	LAS VIGAS DE RAMÍREZ	443	PRODUCCION Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS
LAS VIGAS DE RAMÍREZ	LAS VIGAS DE RAMÍREZ	7,866	PRODUCCION Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS Y EMBUTIDOS

Tabla 1.- Censo poblacional 2010. Fuente INEGI.

Durante varios años dicha localidad se convirtió en paso obligado de todo tipo de vehículos, tanto por movimientos locales como por los que transitaban entre las zonas industriales y productivas de la planicie costera del Golfo de México y el centro del país.

Actualmente la localidad de La Joya cuenta con una población de 1,122 personas de los cuales 531 son hombres y 591 mujeres, en cuanto a las edades los ciudadanos se dividen en 465 menores de edad y 657 adultos, de cuales 107 tienen más de 60 años.

La mayor parte de la población es de bajos recursos y su situación económica depende directamente de la venta de la producción considerada como artesanal, tales como los métodos de elaboración de queso de varios tipos principalmente.

Estas son las principales actividades que desarrollan los pobladores de La Joya, las cuales fueron tomadas en consideración para diseñar a través de un estudio de mercado, los principales productos de mayor consumo para viajeros de largo itinerario; bajo este esquema, es necesario abastecer espacios que sean fuente de trabajo para personas de dichas poblaciones.

Independientemente de los factores que originan el establecimiento de un Parador Integral de Servicios, éste además de servir a los usuarios de la autopista, será detonante de la economía regional, ya que adicionalmente se tiene la oportunidad de complementar con un desarrollo eco turístico, que propicie el crecimiento sustentable de la zona y por lo tanto, no solamente sea un parador de paso, sino que además impulse el turismo.

3. CONDICIONES AUTOPISTA

La autopista proporciona una comunicación más expedita, a través de los enlaces con las autopistas Amozoc – Perote hacia el centro del país y Libramiento Xalapa al sureste del país.

Las principales características técnicas de las autopistas son:

LONGITUD DE LA OBRA	59.80 KM
TIPO DE CARRETERA	TIPO A4
VELOCIDAD DE PROYECTO	110 KM/H
ANCHO DE CORONA	21.00 M
ESTRUCTURAS TIPO PIV, PSV Y PSF	61
ENTRONQUES	4
TÚNELES	1
PUENTES Y VIADUCTOS	16
OBRAS DE DRENAJE	222

Tabla 2.- Características técnicas Autopistas Perote – Banderilla y Libramiento de Xalapa. Fuente SCT.

Los beneficios que tiene ésta autopista son:

- Conformar una de las conexiones logísticas más importantes del país, al conectar a la ciudad de México, Puebla y Veracruz.
- Beneficiar a un millón 200 mil habitantes.
- Ahorro en tiempo de recorrido de 1 hora 20 minutos.
- Reforzar la seguridad vial de los usuarios de largo itinerario y local.
- Impulsar el desarrollo económico de la región, al contar con una comunicación que eleve la competitividad y haga más eficiente el transporte de personas y mercancías.

- Este corredor constituye uno de los corredores logísticos más importantes del país, tanto para su mercado interno, el comercio exterior y para el movimiento de pasajeros y turismo.

El 14 de Febrero de 2008, a través del esquema de concesiones, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes otorgó a la empresa Concesionaria Autopista Perote Xalapa, S.A de C.V. (COPEXA) la concesión para construir explotar, operar, conservar y mantener la Autopista Perote – Banderilla y Libramiento Xalapa.

Su construcción inicio el 15 de agosto del 2008, poniéndose en operación la Autopista Perote – Banderilla el 04 de julio del 2012 y el Libramiento de Xalapa el 26 de noviembre de ese mismo año.

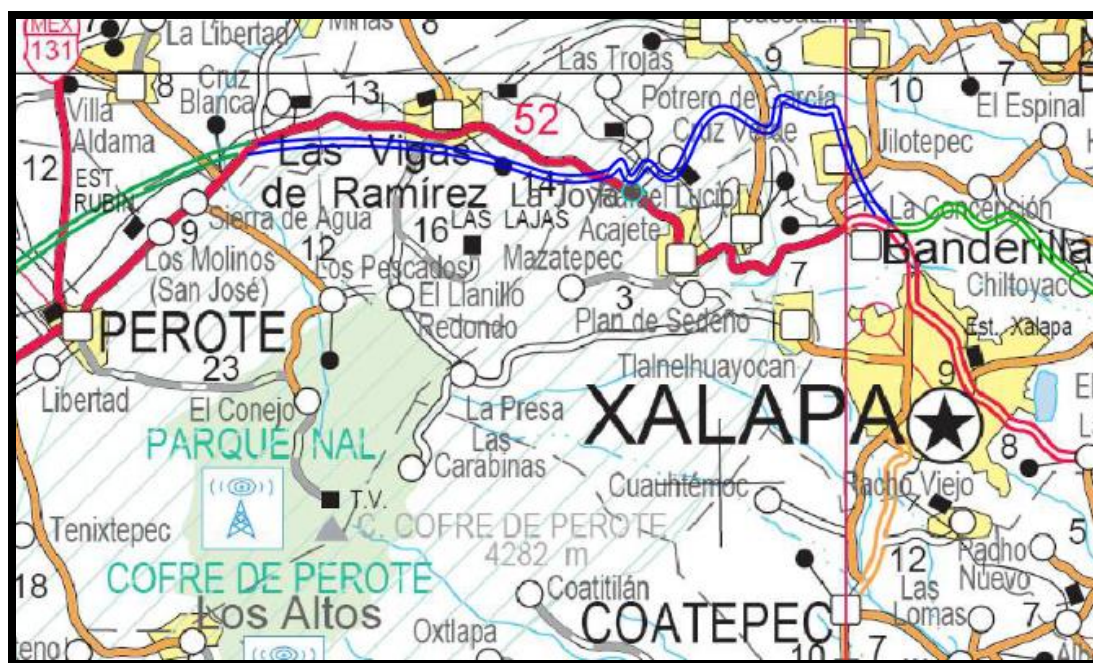


Figura 5.- Croquis de localización autopista Perote-Banderilla. Fuente atlas “Veracruz”.

3.1 Alineamiento

En el diseño geométrico de caminos, la curvatura horizontal es el factor principal que afecta la velocidad de los vehículos en carreteras, particularmente a velocidades por debajo de 100 km/h⁷.

Por lo tanto, deben ser proyectadas de tal forma que puedan ser transitadas seguramente. Las curvas verticales y pendientes también afectan la seguridad vial, por lo que al proyectar, se debe cuidar primordialmente el requerimiento de integrar los detalles de los alineamientos vertical y horizontal, así como mantener un proyecto homogéneo a lo largo de toda la carretera.

Respecto a los alineamientos horizontal y vertical, el trazo de la autopista Perote – Banderilla obedece a las condiciones topográficas del lugar conocido como de altas montañas, por lo que las características que se presentan en el trazo se encuentran en algunos tramos sobre los límites que permite la Normativa, en lo que respecta a pendientes y grados de curvatura.

A lo largo se observan pendientes del orden del 4% y grados de curvatura de 6°, con tramos tangentes muy cortos, lo anterior dificulta de sobremanera la ubicación de accesos controlados que cumplan con los requerimientos que señalan los reglamentos, manuales y normas en esta materia.

Por destacar algunos, el Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Carreteras Federales y Zonas Aledañas, en su Artículo 13 establece que en la zona de cruceros, entronques de caminos, pasos superiores y pasos inferiores, las obras relativas a accesos deberán establecerse fuera de un radio de 100 metros, y en zona de curvas a 150 metros; entre otras más disposiciones.

⁷ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. SCT.

El Manual para la Ubicación y Proyecto Geométrico de Paradores, recomienda, que con base en las distancias de visibilidad, las longitudes de deceleración y de aceleración y las longitudes de transición se cuente con un tramo tangente de por lo menos 600 m para ubicar el parador.

El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras define claramente las longitudes y transiciones de los carriles de cambio de velocidad.

La autopista presenta una sección transversal de proyecto que incluye carriles de circulación, acotamientos, bordillos, elementos del drenaje, así como cortes y terraplenes.

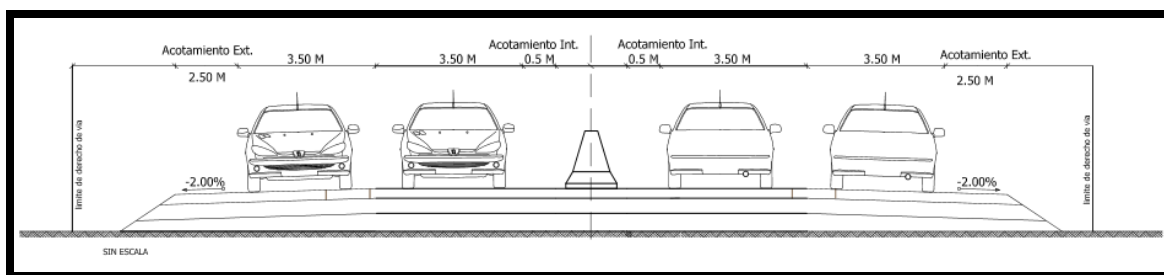


Figura 6.- Sección tipo autopista Perote-Banderilla. Fuente SCT.

De forma general la autopista presenta las siguientes características:

Tipo de camino:	A4
Carriles de circulación:	2 por sentido.
Ancho de corona:	21.00 m
Ancho de calzada:	7.00 m por sentido

Ancho de acotamiento exterior:	2.50 m
Ancho de acotamiento interno:	0.50 m
Velocidad de operación:	80 km/h
Grado de curvatura máximo:	5.5°
Pendiente máxima:	5%
Longitud:	30 km

3.2 Volumen de tránsito

Se refiere al número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico, para el análisis el volumen de tránsito diario promedio anual (TDPA) representa el número de vehículos que pasan durante 365 días.

Para éste caso, la información se tomó de los de Datos Viales registrados por COPEXA, en el cual se detallan los volúmenes de tránsito registrados desde que inició operaciones la autopista en julio de 2012, con su respectiva clasificación vehicular, sin embargo para este periodo de análisis se consideró un año (2013).

AUT: PEROTE - BANDERILLA			AÑO: 2013		
ESTACIÓN	KM	TDPA	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		
			A	B	C
CASETA LAS VIGAS	122.0	5187	79.4%	6.8%	13.8%

Tabla 3.- TDPA en la autopista. Fuente COPEXA.

Con los volúmenes de tránsito, junto con los demás parámetros que se detallarán en el capítulo 4, se realizaron análisis para definir el nivel de servicio, con ello se pretende definir las variables que influyen directamente en la operación de la autopista en estudio.

4. ANÁLISIS OPERACIONAL

Está orientado a las condiciones existentes de la infraestructura vial, el tránsito y los dispositivos de control. Permite evaluar el efecto de una medida de corto o mediano alcance, o una mejora de bajo costo.

Los segmentos básicos de autopistas, son secciones de dos o más carriles por sentido con control total de accesos, que no son afectados ni por los movimientos de convergencia o divergencia en rampas de enlace cercanas.

Estos segmentos básicos de autopista pueden ser caracterizados por tres medidas de eficiencia: la densidad (vehículos livianos/km/carril), la velocidad media de los vehículos livianos y la relación volumen a capacidad (v/c). Cada una de estas medidas, es un indicador de cómo el flujo vehicular es acomodado por la autopista.

En este caso se realizará el análisis de los 30 km de la autopista considerándola como un segmento del Corredor del Altiplano.

4.1 Velocidad a flujo libre

La velocidad a flujo libre (FFS, por sus siglas en ingles free flow speed) ⁸, es la velocidad media de los vehículos livianos medida durante los flujos bajos a moderados.

Esta velocidad se puede determinar por medición directa en campo, o por estimación directa a partir de una velocidad a flujo libre base (BFFS, base free flow speed) ⁹, para este análisis se considera la velocidad de 120 km/h por ubicarse en zona rural.

⁸ TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000

⁹ Ídem

La determinación de los ajustes de velocidad a flujo libre base, dados en unidades de velocidad (km/h), se detalla en los anexos.

$$\mathbf{FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID}} \quad (\text{Velocidad a flujo libre estimada km/h})$$

Donde:

BFFS	=	120 km/h	Velocidad a flujo libre base
f_{LW}	=	1	Ajuste por ancho de carril. (Véase anexo Tabla 8).
f_{LC}	=	0	Ajuste por distancia libre lateral a la derecha. (Véase anexo Tabla 9).
f_N	=	0	Ajuste por número de carriles. (Véase anexo Tabla 10).
f_{ID}	=	0	Ajuste por densidad de intercambiadores. (Véase anexo Tabla 11).

Sustituyendo en la fórmula, se tiene:

$$\mathbf{FFS = 120 - 1 - 0 - 0 - 0}$$

$$\mathbf{FFS = 119 \text{ km/h}}$$

Después de aplicar la fórmula, se obtiene un valor para la velocidad de flujo libre, ligeramente menor a la velocidad de flujo libre base, ya que solamente incide el ajuste por ancho de carril.

Cuando las anchuras de los carriles son inferiores a 3.50 m, los conductores se ven forzados a viajar guardando entre ellos una distancia lateral inferior a la deseada, por lo que la velocidad a flujo libre base se reduce. Los conductores

tienden a compensar esto, manteniendo mayores espaciamientos entre los vehículos del mismo carril.

4.2 Factor de la hora de máxima demanda

Es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma en cómo están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

Para determinar este factor se realizó un aforo el día 15 de enero de 2014 en horario de 13:00 a 14:00 horas, en cuatro intervalos de 15 minutos, por considerarse como un periodo de máxima demanda, obteniéndose los siguientes datos.

N	PERIODO DE TIEMPO	VOLUMEN	VOLUMEN DE DEMANDA
1	13:00 A 13:15	51	204
2	13:15 A 13:30	46	184
3	13:30 A 13:45	59	236
4	13:45 A 14:00	51	204
$\Sigma =$			828

Tabla 4.- Resumen de aforo.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{M\acute{a}x})} \quad (\text{Factor de la hora de máxima demanda})$$

Donde:

$$VHMD = 828 \quad \text{Volumen horario de máxima demanda.}$$

N = 4 Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

Q_{Máx} = 236 Volumen máximo.

Sustituyendo en la fórmula, se tiene:

$$\text{FHMD} = \frac{828}{4(236)}$$

$$\text{FHMD} = 0.88$$

Los valores típicos del factor de la hora de máxima demanda varían entre 0.80 y 0.95. Valores bajos son característicos de autopistas rurales como en este caso.

4.3 Tasa de flujo equivalente

Refleja la variación temporal del flujo vehicular dentro de la hora, la influencia de los vehículos pesados y las características de la población de conductores o usuarios. Estos factores se reflejan ajustando el volumen horario dado en vehículos mixtos, para así llegar a una tasa de flujo horaria expresada en vehículos equivalentes o livianos. Está expresada en vehículos livianos/h/carril.

$$V_p = \frac{V}{(\text{FHMD})(N)(f_{HV})(f_P)} \quad (\text{Tasa de flujo equivalente})$$

V = Volumen horario por sentido.

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda.

N = Número de carriles por sentido.

f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.

f_p = Factor de ajuste por tipo de conductores.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

P_T = 7 Porcentaje de camiones en la corriente vehicular.

P_B = 14 Porcentaje de autobuses en la corriente vehicular.

P_R = 0 Porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular.

E_T = 4.5 Automóviles equivalentes a un camión.
(Véase anexo Tabla 12).

E_B = 1.5 Automóviles equivalentes a un autobús.
(Véase anexo Tabla 13).

E_R = 0 Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.
(Véase anexo Tabla 14).

Sustituyendo en la fórmula, se tiene:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 0.07(4.5 - 1) + 0.14(2.0 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$f_{HV} = 0.99$$

$$V_p = \frac{828}{(0.88)(2)(0.99)(1)}$$

$$V_p = 475 \text{ Vehículos livianos/h/carril}$$

4.4 Nivel de servicio

Es una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario, esta calidad está asociada con los siguientes factores:

- Velocidad
- Tiempo de recorrido
- Comodidad
- Seguridad
- Costos de operación.

$$D = \frac{V_p}{FFS} \quad (\text{Densidad de vehículos})$$

$$V_p = 475 \text{ Tasa de flujo equivalente}$$

$$FFS = 119 \text{ Velocidad a flujo libre}$$

Sustituyendo en la fórmula, se tiene:

$$D = \frac{475}{119}$$

$$D = 4.00 \text{ Autos/Km/Carril}$$

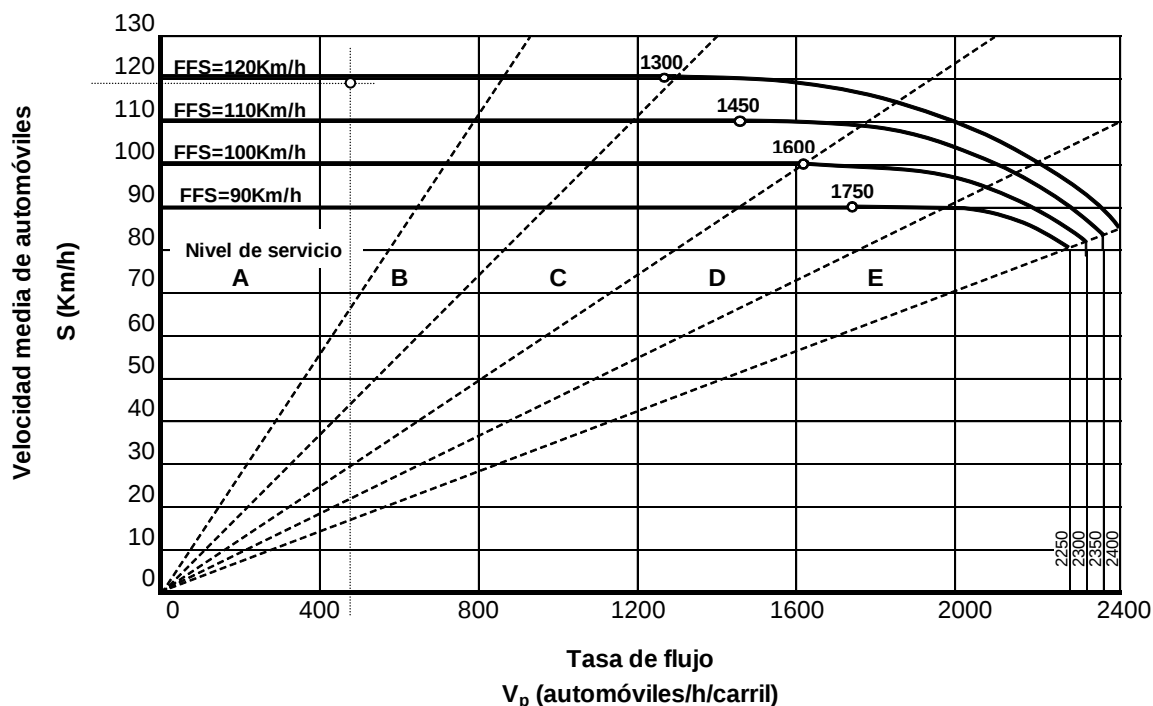


Figura 7.- Curvas velocidad-flujo y niveles de servicio en segmentos básicos de autopistas¹⁰.

Derivado del análisis de todos los componentes que intervienen en la operación de la autopista en el segmento de influencia estudiado, se puede observar que actualmente opera con un nivel de servicio A.

Lo anterior indica que se encuentra dentro del rango de circulación a flujo libre; si consideramos a los usuarios individualmente, están virtualmente exentos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es buena, con ciertas restricciones por los grados de curvatura que se presentan y además por la pendiente sostenida.

¹⁰ Ingeniería de Tránsito, Aplicaciones y Fundamentos. Cal y Mayor

5. PROPUESTA TÉCNICA

Los proyectos geométricos de carreteras se basan fundamentalmente en tres características principales:

- Usuario del camino.
- Vehículo.
- Camino.

Respecto al usuario, como conductor es el elemento crítico en la determinación de muchas características, condiciones del medio ambiente como son: 1) suelo: uso y actividades; 2) ambiente atmosférico: estado del tiempo y visibilidad; 3) obras viales: carreteras, ferrocarriles, puentes y terminales; y 4) flujo del tránsito y sus características; todo esto puede afectar el comportamiento del usuario.

Además, el usuario puede afectar por su propio sistema orgánico, por ejemplo con alcohol, deficiencias físicas y problemas emocionales, influyen en el ser humano afectando su conducta en el manejo.

La motivación, inteligencia, aprendizaje y estado emocional del usuario son elementos profundamente significativos en la conducción.

La distancia mínima recomendable para que el conductor descanse, coma y cargue gasolina será el equivalente a 1 hora de manejo ó 80 km entre parador y parador¹¹. Este criterio de espacio, para permitir un descanso a cada hora de manejo se combina con lo atractivo del lugar.

En lo que respecta a los casi 160 km que el Corredor del Altiplano cruza el estado de Veracruz, no se cuenta con una instalación de este tipo, por lo que se hace muy necesario su establecimiento.

¹¹ Manual para la Ubicación y Proyecto Geométrico de Paradores. SCT.

Con relación a los vehículos, después de analizar la configuración del volumen que circula por el segmento en estudio, se puede observar que en su mayoría corresponde a automóviles (79.4%), seguido de camiones (13.8%) que realizan recorridos de largo itinerario y en menor escala autobuses (6.8%)¹².

La autopista se trata de una vía rápida con características de tipo A4, con ciertas restricciones por los grados de curvatura que se presentan y además por la pendiente sostenida.

Para estar en posibilidad de proyectar un parador integral de servicios deben considerarse todas las características geométricas que actualmente tiene la autopista, ya que se ubicará en una vialidad en operación con restricciones geométricas.

5.1 Ubicación

Las características del alineamiento horizontal, con diversas curvas a lo largo del eje de trazo, dificulta la ubicación de los carriles de cambio de velocidad para realizar el acceso al Parador Integral de Servicios.

Sin embargo lo que da origen a la ubicación del Parador Integral de Servicios es la solicitud de los comerciantes de La Joya, que se vieron afectados con la puesta en operación de la Autopista Perote – Banderilla y por consiguiente la disminución del TDPA.

Es importante considerar las recomendaciones que hace la Normativa¹³ para un proyecto geométrico de acceso:

- Las entradas y salidas deben ser claramente señaladas.

¹² TDPA en la autopista. Fuente COPEXA.

¹³ Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. SCT.

- Para las entradas y salidas debe cumplirse con los requisitos de visibilidad, tanto para los conductores de los vehículos que las utilizan, como para los conductores de los otros vehículos que circulan por la carretera sin hacer uso del acceso.
- El diseño geométrico debe ser tal, que no presente problemas de confusión a los usuarios.
- En las entradas y salidas debe existir un tramo al mismo nivel que la carretera con la cual conecta y con dimensiones que permitan el estacionamiento en él. A partir de este tramo, la pendiente no excederá a la que sea factible para los vehículos de los usuarios del acceso..
- Es necesario que las entradas y salidas cuenten con la iluminación necesaria.
- Para un servicio determinado no deben existir más de dos accesos a una carretera.
- El ancho máximo de cualquier vía de acceso debe ser de 12.00 m a 15.25 m, con la siguiente excepción: que las salidas a caminos de un sentido no deben exceder de 9.15 a 10.70 m.
- Estas dimensiones son paralelas al eje del camino en la guarnición o línea de acotamiento.
- Las isletas para bombas de combustible deben estar alejadas lo más posible del límite de derecho de vía.
- Con el objeto de disminuir el número de accesos, se procurará siempre que sea posible que cada acceso dé servicio al mayor número de zonas colindantes con el derecho de vía.
- Todos los elementos que constituyan el acceso, deben estar delineados por guarniciones, fantasmas, defensas o plantas, cuando menos en el área de derecho de vía.
- No debe permitirse el estacionamiento, las maniobras de carga y descarga y cualquier otro servicio a los vehículos en los accesos dentro del derecho de vía.

- Ninguno de los elementos constitutivos del acceso, incluyendo el señalamiento, deben representar obstáculos que afecten la visibilidad o pasen a ser un riesgo.

Los predios que se tienen destinados para los paradores se ubican a la altura del km 137+300 y km 136+230 en sentido 1 y 2 de circulación respectivamente.

Después de analizar el alineamiento horizontal de forma detallada se observa lo siguiente:

DESCRIPCIÓN	CURVA 1	CURVA 2	CURVA 3
PUNTO DONDE COMIENZA LA CURVA	134+664.40	135+887.25	137+046.77
PUNTO DONDE TERMINA LA CURVA	135+338.86	136+451.90	137+725.72
ANGULO DE DEFLEXION DE LAS TANGENTES	47°59'9.71" DER	31°23'29.74" DER	54°5'23.15 DER
SUBTANGENTE	358.428	289.608	367.1570
PUNTO DE INTERSECCIÓN DE LA PROLONGACIÓN DE LAS	135+022.83	136+176.86	137+413.93
GRADO DE CURVATURA	1°25'22.64"	1°6'42.79"	1°35'36.00"
LONGITUD DE LA CURVA	674.456	564.655	678.951
RADIO DE LA CURVA	805.307	1,030.605	719.194
ANGULO CENTRAL DE LA CURVA CIRCULAR	0.90	0.80	0.80

Tabla 5.- Alineamiento horizontal.

Las curvas indicadas se encuentran unidas entre sí por dos tramos tangentes ubicados entre los km 135+338.86 al 135+887.25 con una longitud de 548.39 m y del km 136+451.90 al 137+046.77 con una longitud de 594.87 m.



Figura 8.- Imagen de satélite que representa la geometría de la autopista del km 135 al km 138.

Adicionalmente como parte de la infraestructura existente en la zona, se localiza un Paso Inferior Vehicular (PIV) en el km 136+700, un Paso Inferior Ganadero (PIG) en el km 137+200, además de una rampa de emergencia en el sentido 1 a la altura del km 136+900, todos en operación; esto complica aún más la definición de los accesos.

La complicación de las condiciones geométricas existentes propicia que la ubicación del parador no pueda ser uno enfrente de otro y un análisis especial para lograr su ubicación y validez.

Es importante además considerar que, el parador integral de servicios estará ubicado en ambos sentidos de la autopista, lo que se conoce como doble o de mancuerna, a la altura del km 137+300 en el sentido 1 y km 136+230 en el sentido 2; para su análisis se nombrarán como PIS 1 y PIS 2 respectivamente.

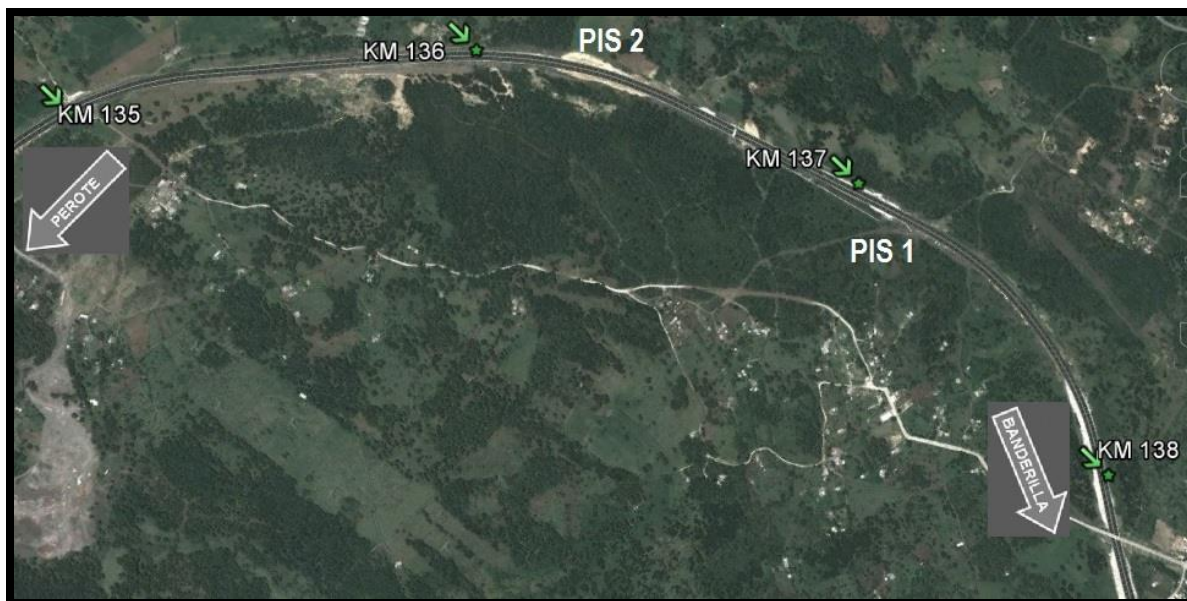


Figura 9.- Imagen de satélite que representa la propuesta de ubicación de los Paradores Integrales de Servicios km 137+300 sentido 1 y 136+230 sentido 2.

5.2 Cálculo de los carriles de cambio de velocidad.

Los accesos a los paradores se realizarán controladamente a través de carriles de cambio de velocidad, añadidos a la sección normal de la calzada, con el objeto de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito y en caso contrario puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la misma al aproximarse a los paradores.

Primordialmente, se busca con el desarrollo de los carriles proporcionar a los usuarios seguridad en las maniobras de convergencia y divergencia de la autopista.

Los carriles de cambio de velocidad pueden tomar diferentes formas, dependiendo del alineamiento del camino la cual define las distancias requeridas para efectuar el cambio de velocidad.

Los carriles de deceleración deben proyectarse de tal manera que den al conductor una indicación clara del lugar en donde se separa del flujo principal y los carriles de aceleración, permitir además aumentar su velocidad antes de entrar a carriles principales.

5.2.1 Longitud y transición

Es muy importante definir la longitud y transición en los carriles de cambio de velocidad; la SCT a través del Manual de Proyecto Geométrico determina los valores que se deben utilizar para proyectos de este tipo.

Velocidad de proyecto en el enlace, km/h	Radio mínimo de curva, m	Condición de parada	25	30	40	50	60	70	80
			15	24	45	75	113	154	209
Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de transición, m	Longitud total del carril de DECELERACIÓN, incluyendo la transición, m							
50	45	64	45	-	-	-	-	-	-
60	54	100	85	80	70	-	-	-	-
70	61	110	105	100	90	75	-	-	-
80	69	130	125	120	110	95	85	-	-
90	77	150	145	140	130	115	105	80	-
100	84	170	160	160	145	135	125	100	-
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de transición, m	Longitud total del carril de ACELERACIÓN, incluyendo la transición, m							
50	45	170	45	-	-	-	-	-	-
60	54	110	85	75	-	-	-	-	-
70	61	160	135	125	100	-	-	-	-
80	69	230	125	190	170	125	-	-	-
90	77	315	300	285	255	205	160	-	-
100	84	405	395	380	350	295	240	160	-
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180

Tabla 6.- Longitud de los carriles de cambio de velocidad.

5.2.3 Factor por pendiente

Existen factores que afectan la longitud de los carriles de cambio de velocidad, por ejemplo cuando se tienen pendientes mayores al 3%, las distancias de deceleración son mayores en pendientes descendentes y más cortas en pendientes ascendentes, mientras que las distancias de aceleración son mayores en pendientes ascendentes y más cortas en pendientes descendentes, lo cual se puede observar en la siguiente tabla:

CARRILES DE DECELERACIÓN								
VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA, EN KM/H	RELACIÓN DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA:							
TODAS	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 3 AL 4% 0.9				EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 3 AL 4% 1.2			
TODAS	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 5 AL 6% 0.8				EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 5 AL 6% 1.35			
CARRILES DE ACCELERACIÓN								
VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA CARRETERA, EN KM/H	RELACIÓN DE LA LONGITUD EN PENDIENTE A LA LONGITUD A NIVEL PARA VELOCIDAD DE PROYECTO EN EL ENLACE, EN KM/H							
	25	30	40	50	60	70	80	PARA TODAS LAS VELOCIDADES
50	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 3 AL 4%							EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 3 AL 4%
	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	0.70
60	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	0.70
70	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	0.70
80	1.30	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40	1.50	0.70
90	1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50	1.60	0.60
100	1.40	1.40	1.50	1.50	1.50	1.60	1.60	0.60
110	1.40	1.50	1.50	1.60	1.60	1.70	1.80	0.60
50	EN PENDIENTE ASCENDENTE DEL 5 AL 6%							EN PENDIENTE DESCENDENTE DEL 5 AL 6%
	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	0.60
60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	0.60
70	1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	0.60
80	1.50	1.50	1.60	1.70	1.90	2.00	2.10	0.60
90	1.50	1.60	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40	0.50
100	1.70	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40	2.60	0.50
110	1.90	1.90	2.00	2.20	2.40	2.60	2.90	0.50

Tabla 7.- Relación de la longitud en pendiente a la longitud a nivel
para carriles de cambio de velocidad

Es muy importante tomar en cuenta la siguiente información:

- Se tienen dos tramos tangentes con longitudes de 548.39 m y 594.87 m.
- Curvas con longitudes de 674.456 m, 564.655 m y 678.951m
- Una pendiente del orden de +/- 4%, sentido 1 y 2 respectivamente.
- Velocidad de proyecto 110 km/h.
- PIV km 136+700.
- PIG km 137+200.
- Rampa de emergencia km 136+900 sentido 1.
- Cumplir lo que establece el Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Carreteras Federales y Zonas Aledañas que en su Artículo 13 señala que en la zona de cruceros, entronques de caminos, pasos superiores y pasos inferiores, las obras relativas a accesos deberán establecerse fuera de un radio de 100 metros y en zona de curvas a 150 metros.

Se proponen también las siguientes consideraciones:

- Que la velocidad de proyecto en el enlace sea de 50 km/hr.
- La sección en los carriles de cambio de velocidad deberán conservar la geometría de la autopista, es decir 3.50 m de ancho de carril y 2.50 m de ancho de acotamiento.
- Mantener las condiciones de drenaje actuales.
- Por la cercanía de las curvas horizontales será utilizado un radio mínimo de curva con 75 m considerado como valor intermedio según el rango que establece el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT.
- El Paso Inferior Vehicular (PIV) en el km 136+700 y el Paso Inferior Ganadero (PIG) en el km 137+200 continúen operando sin modificaciones.
- La rampa de emergencia en el sentido 1 a la altura del km 136+900, debe continuar en servicio.

5.2.3 Geometría

Analizando el carril de deceleración se tiene lo siguiente:

Velocidad de proyecto en la carretera	80 km/h
Velocidad de proyecto en el enlace	50 km/h
Radio mínimo de curvatura	75 m
Longitud de transición	69 m
Longitud total del carril	95 m

Analizando el carril de aceleración se tiene lo siguiente:

Velocidad de proyecto en la carretera	80 km/h
Velocidad de proyecto en el enlace	50 km/h
Radio mínimo de curvatura	75 m
Longitud de transición	69 m
Longitud total del carril	125 m

Sin embargo, por la pendiente que se presenta en el tramo analizado debemos aplicar los factores correspondientes, es decir:

Para una pendiente de 4% se deben considerar:

- Carriles deceleración:
 - En sentido ascendente corresponde un factor de 0.90.
 - En sentido descendente corresponde un factor de 1.20.
- Carriles aceleración:
 - En sentido ascendente corresponde un factor de 1.40.
 - En sentido descendente corresponde un factor de 0.70.

Por lo anterior las longitudes finales para los carriles resultando de la siguiente manera:

- Carril deceleración:

En sentido ascendente corresponde un factor de 0.90.

Longitud de transición $69 \times 0.90 = 62.10 \text{ m}$

Longitud total del carril $95 \times 0.90 = 85.50 \text{ m}$

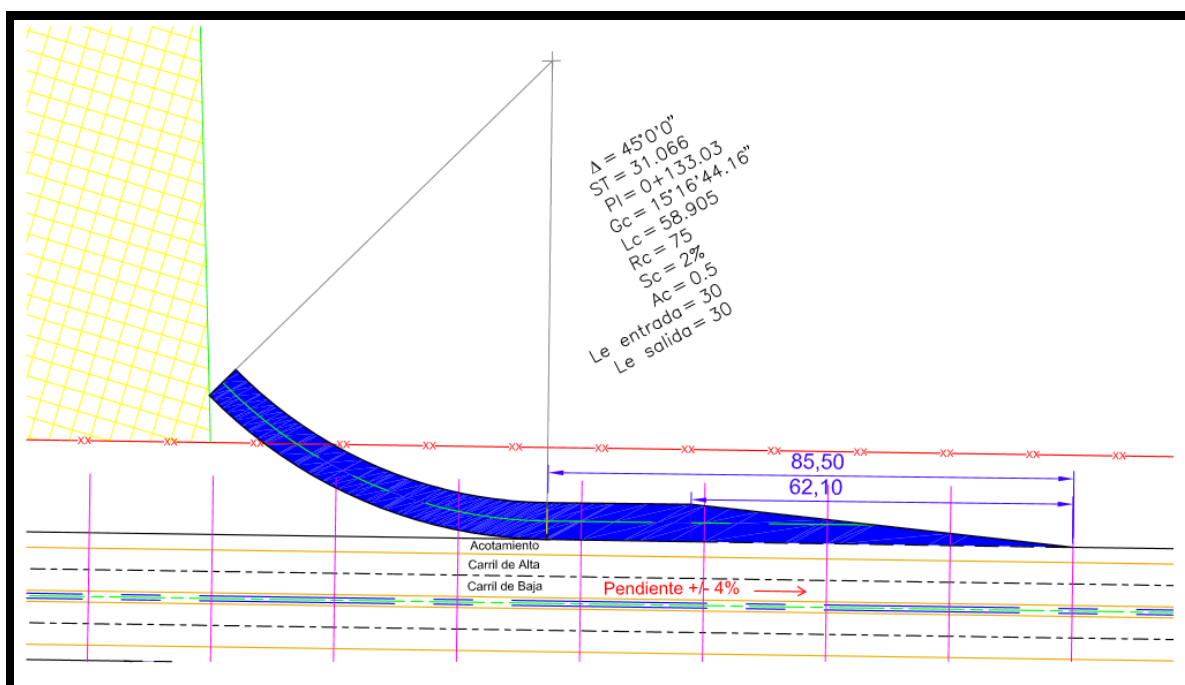


Figura 10.- Geometría del carril de deceleración en sentido ascendente

En sentido descendente corresponde un factor de 1.20.

Longitud de transición $69 \times 1.20 = 82.10 \text{ m}$

Longitud total del carril $95 \times 1.20 = 114.00 \text{ m}$

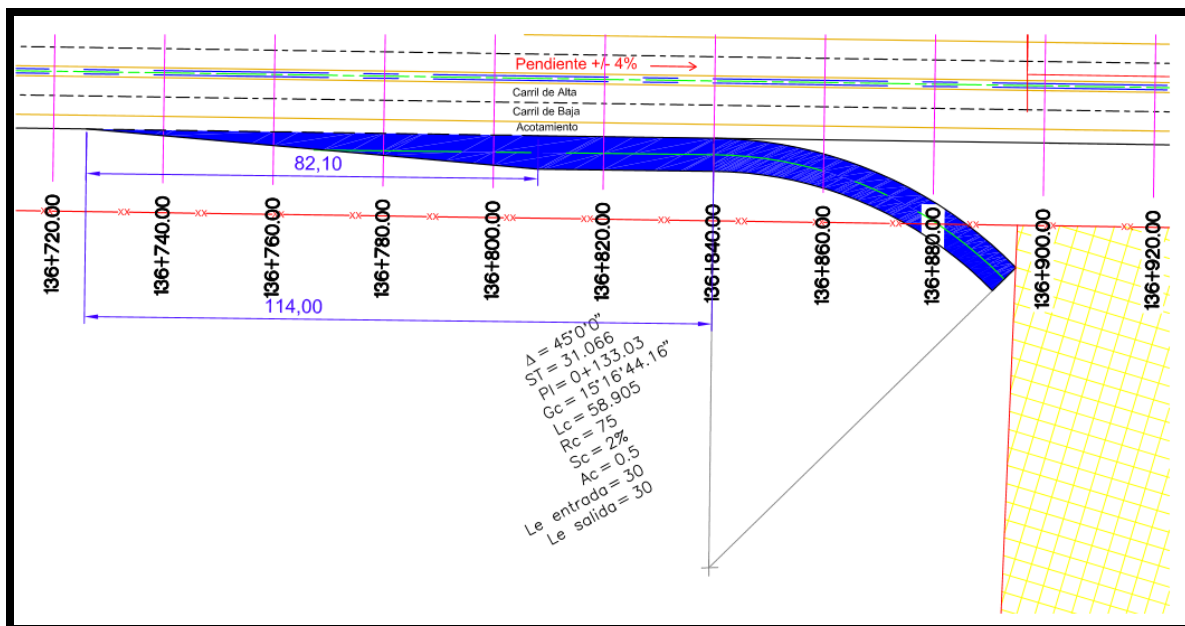


Figura 11.- Geometría del carril de deceleración en sentido descendente

- Carril de aceleración:

En sentido ascendente corresponde un factor de 1.40.

Longitud de transición $69 \times 1.40 = 96.60 \text{ m}$

Longitud total del carril $125 \times 1.40 = 175.00 \text{ m}$

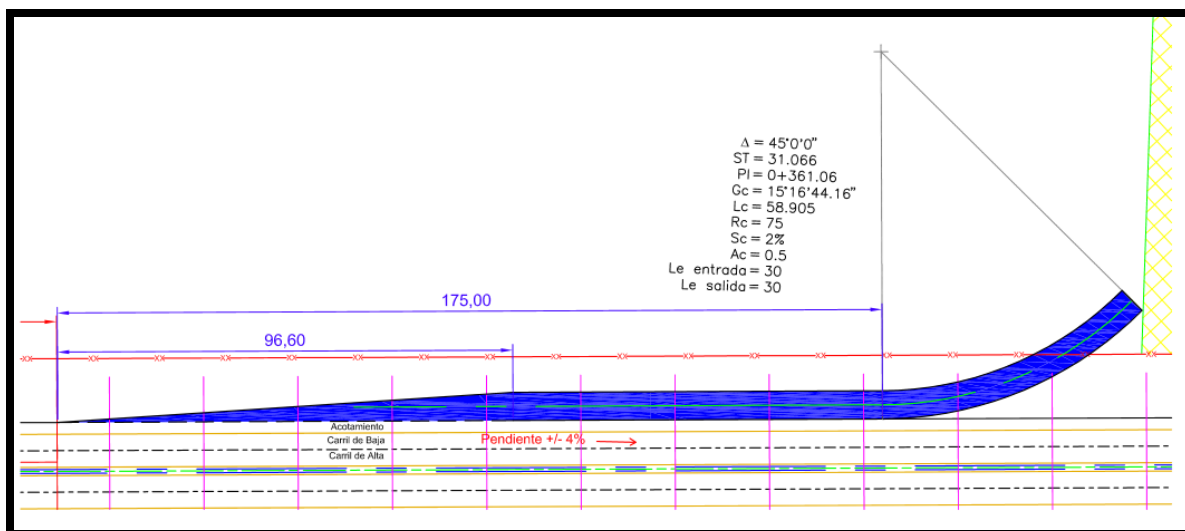


Figura 12.- Geometría del carril de aceleración en sentido ascendente

En sentido descendente corresponde un factor de 0.70.

Longitud de transición $69 \times 0.70 = 48.30 \text{ m}$

Longitud total del carril $125 \times 0.70 = 87.50 \text{ m}$

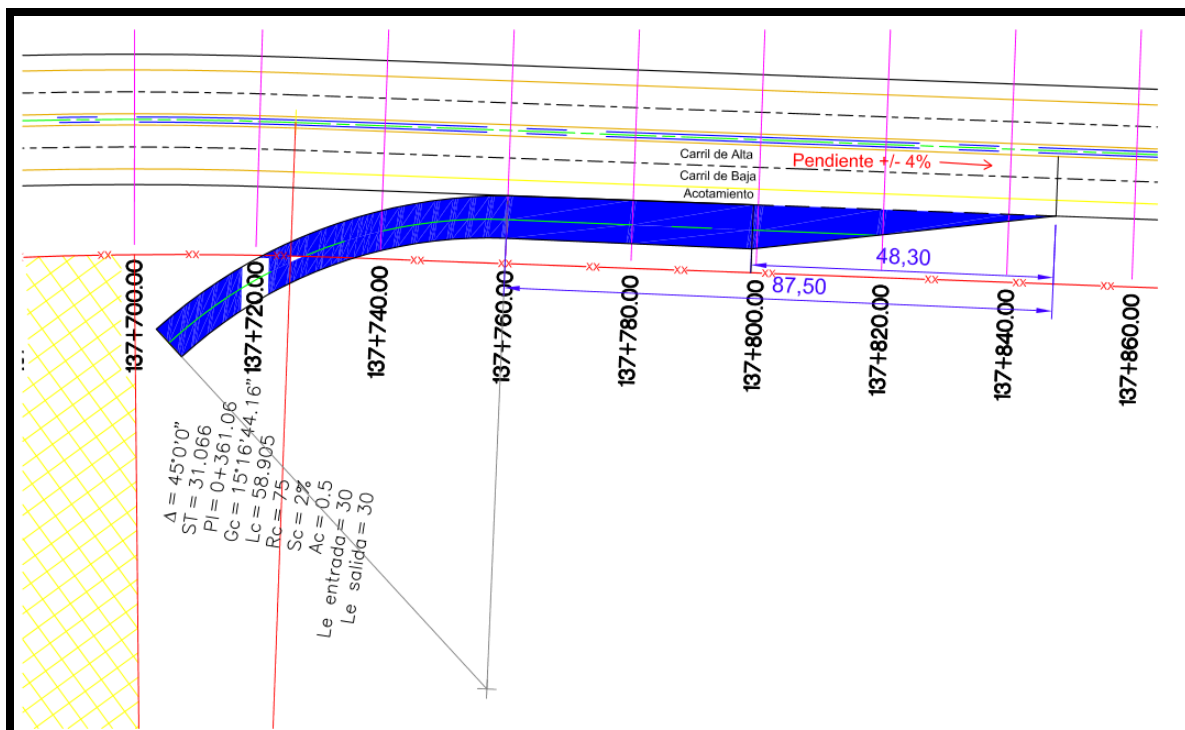


Figura 13.- Geometría del carril de aceleración en sentido ascendente

La propuesta geométrica resultante de los carriles genera que el PIS 1 se realice sobre una superficie de 8 hectáreas entre los kilómetros 136+900 al 137+700 y el PIS 2 sobre una superficie de 10 hectáreas entre los kilómetros 136+740 al 135+720, ya que es necesario cumplir con lo que establece el Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Carreteras Federales y Zonas Aledañas en lo referente a su Artículo 13, sobre la distancia mínima que se debe dejar libre de la zona de influencia de una curva que son 150m.

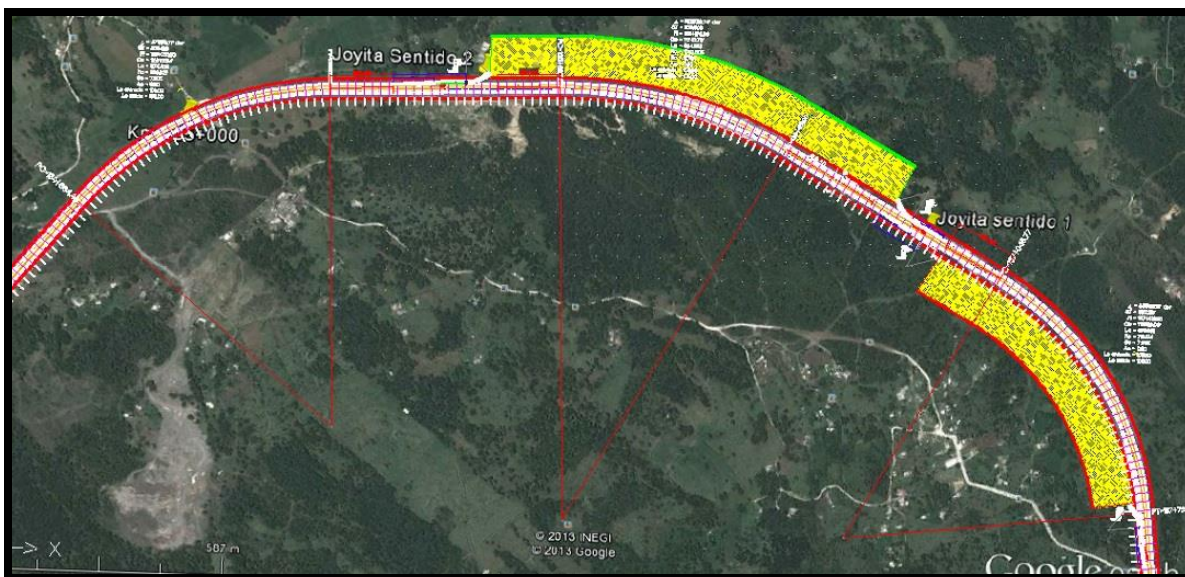


Figura 16.- Planta General de ubicación de los PIS1 y PSI 2

Después de realizar un análisis detallado de las condiciones adversas que presenta el trazo geométrico de la autopista, queda claro lo complicado de ubicar un acceso, sin embargo se logra una propuesta que cumple con todos los requerimientos establecidos.

La propuesta consiste en un gran desarrollo que permitirá alojar diversos servicios básicos en un Parador Integral de Servicios como son: sanitarios, tienda de conveniencia, taller mecánico de emergencias, información turística, área de descanso, motel, tráiler park, base de la PFP, base de Ángeles Verdes, primeros auxilios, oficinas administrativas, servicio telefónico de larga distancia, radio de emergencia, cajero automático y juegos infantiles.

Adicionalmente la privilegiada ubicación en zona de alta montaña con elevado potencial turístico propicia realizar la combinación de brindar servicios a los usuarios de largo itinerario del Corredor del Altiplano y además promover el lugar como destino turístico no tan solo a nivel regional, también de relevancia nacional.

CONCLUSIONES

La coyuntura de nuevas autopistas y estaciones de servicio, más el importante impulso al turismo que gobierno e iniciativa privada le están dando y ante los indicadores de un crecimiento sostenido del país, se establece la necesidad de contar con un Parador Integral de Servicios que resuelva, por un lado la necesidad de los pobladores de La Joya de establecerse de forma ordenada en una vía de comunicación con el fin de recuperar su economía, y por el otro, elevar la seguridad y confort de los usuarios de largo itinerario de esta vía rápida.

Una vez analizada la problemática, características y posibles soluciones, se concluye lo siguiente:

- La Autopista Perote – Banderilla forma parte del Corredor Carretero del Altiplano entre la Ciudad de México y el Puerto de Veracruz, su beneficio a la economía nacional es muy grande y aumentar la oferta de servicios sobre la misma eleva la calidad de operación.
- El alineamiento horizontal y vertical que presenta la autopista dificulta la proyección de accesos que cumplan con lo establecido en la Normativa, sin embargo después de estudiar y analizar la posible ubicación del mismo, se logra establecer la mejor ubicación de los paradores con un diseño geométrico adecuado proporcionando seguridad a los usuarios de esta autopista.
- Analizados los volúmenes, su clasificación y análisis operacional, se observa que la carretera tiene un nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la excelente circulación que prevalece.
- La infraestructura complementaria como el Paso Inferior Vehicular (PIV) en el km 136+700, un Paso Inferior Ganadero (PIG) en el km 137+200,

además de una rampa de emergencia en el sentido 1 a la altura del km 136+900, no resultan afectados y pueden continuar operando de forma normal, por lo que no serán necesarias obras de ampliación ni modificación al proyecto original.

- La propuesta geométrica se apega al marco legal y técnico establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- La presente propuesta resuelve el desarrollo de los paradores en zona de curva, con desarrollos sobre superficies de 8 y 10 hectáreas, para el sentido 1 y 2 respectivamente, áreas muy grandes que permitirán más y mejores servicios sobre el Corredor del Altiplano.
- Los movimientos de incorporación y salida de la autopista se realizan a través de accesos controlados que fueron diseñados de acuerdo al Manual de Proyecto Geométrico de la SCT.

Cabe destacar que el valor agregado del proyecto, es la privilegiada ubicación de los predios donde se pretenden desarrollar los Paradores Integrales de Servicios, eleva las posibilidades de la oferta de los servicios, ya que se puede realizar adicionalmente un desarrollo eco turístico que genere no tan solo la recuperación de la economía, sino propiciar que esta se eleve a través de la explotación de la naturaleza de forma sustentable.

Es importante impulsar este tipo de proyectos que buscan integrarse a la infraestructura carretera del país, de forma ordenada, en apego a los lineamientos establecidos, con la finalidad de elevar la economía de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Página WEB
Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018.
http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGP/PDF/PS_SCT_2013-2018.pdf
- Página WEB
INEGI
<http://cuéntame.inegi.org.mx/economía/terciario/transporte/carreteras.aspx?tema=E>
- Página WEB
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/publicaciones/>
- Página WEB
Concesionaria Autopista Perote Xalapa, S.A. de C.V.
<http://www.copexa.com/copexa.html>
- Manual para la Ubicación y Proyecto Geométrico de Paradores
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
2000.
- Datos viales
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
2014.
- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
Secretaría de Comunicaciones y Transportes

1991

- Manual de Procedimientos para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
1997
- Normas de Servicios Técnicos. Proyecto Geométrico
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
1984
- Cal y Mayor Reyes Spíndola Rafael, Cárdenas Grisales James
Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones
Alfaomega Grupo Editor S. A. de C.V.
Edición 2007, Pitágoras 1139, Col. Del Valle, 03100, México, D.F.
Pág. 597
- Highway Capacity Manual 2000
Transportation Research Board
National Research Council
- Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Carreteras Federales y Zonas Aledañas
Diario Oficial de la Federación
2000

ANEXO

Skinner, Jr. Robert E., HIGHWAY CAPACITY MANUAL, Transportation Research Board, National Research Council, TRB, HCM 2000, Constitution Avenue, NM, Washington, DC 20418.

TABLA 8

EXHIBIT 23-4. ADJUSTMENTS FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduccion in Free - Flow Speed, f_{LW} (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

TABLA 9

EXHIBIT 23-5. ADJUSTMENTS FOR RIGHT - SHOULDER LATERAL CLEARANCE

Right - Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduccion in Free - Flow Speed f_{LC} (km/h)			
	Lanes in One Direccction			
	2	3	4	≥5
≥ 1.8	0	0	0	0
1.5	1	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0	5.8	3.9	1.9	1.3

TABLA 10

EXHIBIT 23-6 ADJUSTMENTS FOR NUMBER OF LANES

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free - Flow Speed, f_N (km/h)
≥ 5	0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

Note: For all rural freeway segments f_N is 0.0

TABLA 11

EXHIBIT 23-7. ADJUSTMENTS FOR INTERCHANGE DENSITY

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free - Flow Speed, f_{ID} (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1

TABLA 12

EXHIBIT 23-8. PASSENGER - CAR EQUIVALENTS ON EXTENDED FREEWAY SEGMENTS

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountain
E_T (truck and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

TABLA 13

EXHIBIT 23-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND BUSES ON UPGRADES

Upgrade (%)	Length (km)	E _r								
		Percentage of Trucks and Buses								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
<2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
≥2-3	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.4-0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.8-1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.2-1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.6-2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>2.4	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.4-0.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.8-1.2	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.2-1.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.6-2.4	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>2.4	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
>4-5	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.4-0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.8-1.2	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	>1.2-1.6	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	>1.6	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
>5-6	0.0-0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.4-0.5	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.5-0.8	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	>0.8-1.2	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	>1.2-1.6	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	>1.6	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
>6	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>0.4-0.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	>0.5-0.8	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	>0.8-1.2	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	>1.2-1.6	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	>1.6	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0

TABLA 14

EXHIBIT 23-10. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR RVs ON UPGRADES

Upgrade (%)	Legth (km)	E R								
		Percentage of RVs								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
< 2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥ 2 - 3	0.0 - 0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.8	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
> 3 - 4	0.0 - 0.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.4 - 0.8	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
> 4 - 5	0.0 - 0.4	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4 - 0.8	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.8	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
> 5	0.0 - 0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5
	> 0.4 - 0.8	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	> 0.8	6.0	4.5	4.0	4.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0