

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

I. Resumen Ejecutivo

Antecedentes

El proyecto denominado “Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca” quedó registrado en la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UI-SHCP) en el año 2012 con la clave de cartera 12096330030. Asimismo, la última actualización del estudio costo – beneficio del proyecto de referencia corresponde al 8 de noviembre del año 2016.

La última versión del proyecto registrado consistió en la en la modernización de la carretera Pachuca - Tempoal, mediante la construcción del tramo Mineral del Monte - Ent. Huasca de 9.6 kilómetros de longitud. La sección transversal cuenta con un ancho de 21.0 metros, con dos cuerpos separados de 10.5 metros, para alojar cuatro carriles (dos por sentido) de 3.5 metros de ancho, acotamientos internos de 1.0 metro, acotamientos externos de 2.5 metros y faja separadora central de 2.0 metros. La obra incluye la construcción de cuatro túneles, cinco viaductos, dos entronques a desnivel, un puente y un paso inferior vehicular. El costo total de las obras se estimó en **2,740,706,239** que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA), a pesos de 2021.

Justificación General de la elaboración de la actualización del estudio costo – beneficio:

El presente estudio tiene como finalidad actualizar el análisis costo beneficio del proyecto denominado “Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca”, conforme a la Sección X, numeral 26 de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos por la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes conforme a lo siguiente:

a) Modificación en el tipo de inversión:

El numeral 26, inciso c) de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, establece que una de las causales para actualizar la evaluación socioeconómica es “...cuando el programa o proyecto de inversión presente un cambio, en su totalidad, en la fuente o esquema de financiamiento”, en ese orden de ideas, el análisis costo – beneficio registrado en 2016 estableció que el 100% de la fuente de financiamiento provendrían del Presupuestos de Egreso de la Federación (PEF).

En la presente actualización del análisis costo – beneficio, la construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca se desarrollará a través de un esquema de Asociación Público Privada de los cuales el 44.04% es el apoyo de una subvención con cargo al Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y 55.906% son recursos privados, el restante 0.054% corresponden a recursos Federales ejercidos en el año 2018 con cargo al Presupuesto de Egresos de la Federación por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por concepto de Gastos de operación.

Problemática, objetivo y descripción del PPI

Objetivo del PPI

La Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, tiene como objetivo mejorar la conectividad del Estado de Hidalgo de sur a norte, de manera rápida, segura y con menores costos de operación al tránsito que circula en la carretera en cuestión, además, permitirá continuar con la modernización del corredor intertronal denominado: Pachuca – Tampico.

Desde una perspectiva económica, Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, permitirá que los minerales explotados en el estado de Hidalgo -uno de los principales productores de manganeso a nivel mundial-, puedan ser transportados de manera eficiente hacia diversas regiones del país.

En materia turística, permitirá incrementar el número de viajeros, que tienen como destino los sitios que integran el corredor de la Sierra Huasteca, conformado por los municipios de Metztlán, Metzquitlán, Zacualtipán, Molango y Huejutla.

Uno de los objetivos más relevantes para el proyecto, es brindar una vía que permita comunicar a la población de la Sierra Alta del Estado de Hidalgo -que actualmente sufre índices de marginación que van de medio a alto-, con otros centros poblacionales más grandes que cuenten con servicios de salud, educación, y otros productos y servicios necesarios para el bienestar social de la población en general.

El presente proyecto se encuentra alineado con el *Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024*, a través de la Directriz 3. Desarrollo económico incluyente, y se vincula con el objetivo 3.6. *Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo*.

Conforme al *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024*, el presente proyecto se alinea con el Objetivo Prioritario 1: “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a través de las siguiente Estrategia prioritaria 1.4 Incrementar la cobertura y accesibilidad de las vías de comunicación para impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.

**Problemática
Identificada**

El tramo Real del Monte – Entr. Huasca, forma parte del proyecto para la modernización de la carretera federal MEX-105, Pachuca – Huejutla, la cual es un compromiso por parte de la actual administración.

De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo Hidalgo 2016 – 2022, el proyecto de referencia de alinea con el Eje 5. Hidalgo con Desarrollo Sostenible, numeral 5.4. Movilidad sostenible y eficiente. A través del objetivo: Contar con la infraestructura vial adecuada, suficiente, flexible y sostenible para las necesidades de desplazamiento de la población, bienes y mercancías, en todos los medios y formas de transporte, incluida la movilidad no motorizada.

Así también, el presente proyecto forma parte del *Programa Nacional Estratégico de Infraestructura Carretera 2030 (ProNEIC 2030)*, el cual es un documento rector para la planeación a largo plazo de infraestructura carretera orientado a impulsar el desarrollo económico y la competitividad nacional; en referencia al tramo: Real del Monte – Ent. Huasca, a su vez se forma parte del corredor intertronal denominado Pachuca – Tampico.

La problemática que se presenta en la carretera federal Pachuca-Tempoal, tramo: Mineral del Monte-Entr. Huasca, principalmente se refiere a las bajas velocidades causado por su capacidad limitada y, del igual forma, los elevados tiempos de recorrido que experimentan los usuarios de largo itinerario que circulan por esta vía, entre los elementos causantes es la circulación de camiones articulados, que originan largas filas de vehículos, así como el incremento de altos costos generalizados de viaje y las condiciones del tipo de terreno que aumenten la probabilidad de ocurrencia de accidentes, en los que se pueden involucrar tanto vehículos que transportan materiales peligrosos como vehículos ligeros, lo que significa un gran riesgo para la población.

El nivel de servicio del tramo en estudio se ha deteriorado sustancialmente en los últimos años debido a la intensa actividad entre Atotonilco, Omitlán, Mineral del Monte y Pachuca, lo que aunado al tránsito de largo itinerario que se circula hacia las poblaciones ubicadas al norte del estado como Meztlán,

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Breve descripción del PPI

Zacualtipán, Molango, Tlanchinol, Huejutla, Tempoal y Tampico provoca saturación de la vía actual.

Esta situación se agudiza aún más en fines de semana y en época de vacaciones debido a que este tramo forma parte del Corredor Turístico de la Montaña que comunica a diversos centros turísticos como el Parque Nacional El Chico, Mineral del Monte, Huasca, los Prismas Basálticos, San Miguel Regla, entre otros.

El proyecto consiste en la en la modernización de la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, mediante la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca de 9.4 km de longitud, con 4 carriles de circulación (2 por sentido y un 3er carril de ascenso en 7.3 km).

El trazo en la zona de la vía principal se considera como carretera de tipo A4 con velocidad de proyecto de 80 km/h hasta la zona de cuota y de 70 km/h desde la salida de ésta hasta el final del tramo.

Incluye seis viaductos, dos túneles, dos rampas de emergencia para frenado, una plaza de cobro troncal y dos entronques a desnivel denominados Real del Monte y Huasca

Horizonte de evaluación, costos y beneficios del PPI

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 26 años, debido a que los primeros 5 años implican una asignación de recursos (2018-2022).

Descripción de los principales costos del PPI

Costo de inversión. El monto total de inversión se estima en 2,553.36 mdp que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA). A continuación, se desglosa el monto correspondiente.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Monto total de inversión para llevar a cabo la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca.

| Concepto | Monto sin IVA | IVA | Monto con IVA |
|---------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Terracerías | 792,033,920.0 | 126,725,427.2 | 918,759,347.2 |
| Drenaje | 97,182,840.2 | 15,549,254.4 | 112,732,094.6 |
| Pavimentos | 147,206,074.0 | 23,552,971.8 | 170,759,045.8 |
| Señalamiento | 3,180,559.8 | 508,889.6 | 3,689,449.4 |
| Dispositivos de seguridad | 29,723,639.3 | 4,755,782.3 | 34,479,421.6 |
| Estructuras | 509,090,079.2 | 81,454,412.7 | 590,544,491.9 |
| Túneles | 167,688,711.5 | 26,830,193.8 | 194,518,905.3 |
| PIV's | 26,555,954.1 | 4,248,952.7 | 30,804,906.8 |
| PSV | 9,752,595.2 | 1,560,415.2 | 11,313,010.4 |
| PIPE | 4,198,785.8 | 671,805.7 | 4,870,591.5 |
| Muros | 60,687,887.6 | 9,710,062.0 | 70,397,949.6 |
| ITS | 25,000,000.0 | 4,000,000.0 | 29,000,000.0 |
| Caseta de cobro | 22,000,000.0 | 3,520,000.0 | 25,520,000.0 |
| Entronques | 305,698,953.3 | 48,911,832.5 | 354,610,785.8 |
| Gastos de operación* | 1,177,720.7 | 188,435.3 | 1,366,156.0 |
| Total | 2,201,177,720.7 | 352,188,435.3 | 2,553,366,156.0 |

Fuente: Proyecto.

Nota* 1.177 mdp sin IVA fue el recurso ejercido con cargo al Presupuesto de Egresos de la Federación por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por concepto de Gastos de operación en el año 2018, sin embargo, 2,200 mdp sin IVA son para la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca a través del esquema de Asociación Público Privada

Costos de conservación. El costo de mantenimiento y operación es lo que se destina a la conservación de la infraestructura con el fin de mantener en niveles óptimos de operación. Para el caso del pavimento asfáltico existen cuatro tipos de mantenimiento, según su periodicidad, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Costos de conservación para pavimento asfáltico.

| Concepto | Periodicidad | Costo unitario |
|------------------------|--------------|----------------|
| | años | \$/km/c |
| Conservación rutinaria | 1 | 35,200 |
| Riego de sello | 4 | 266,000 |
| Sobrecarpeta | 8 | 1,043,000 |
| Reconstrucción | 16 | 2,500,000 |

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras, 2021.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con la construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, se mejorarán las condiciones de circulación de largo itinerario, por lo que se ofrecerán varias ventajas para el usuario. Entre otros se tendrán los siguientes beneficios:

- Contribuye a la modernización del corredor intertronal Pachuca – Tampico.
- Reducción en los Costos Generalizados de Viaje de los diferentes tipos de vehículos.
- Mejoran significativamente los niveles de servicio, los cuales corresponden entre “A” y “B”.
- El tiempo de recorrido pasa de 21 minutos a 8 minutos, es decir, un ahorro en tiempo de 13 minutos aproximadamente.
- Incremento de las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Se atiende de manera adecuada al tránsito actual e incrementos de tránsito.
- Se detonará el crecimiento turístico de la zona que comprende el corredor de la Sierra Huasteca.
- Reducción del aislamiento y marginación de la región de la Sierra Alta del estado de Hidalgo, ya que el proyecto, al mejorar la accesibilidad de las comunidades, se vuelve un detonante del potencial de desarrollo económico y social.
- Reducción de accidentes relacionados con peligrosas maniobras de rebase.
- Se generarán 600 empleos directos y 1,500 empleos indirectos.

Monto total de inversión (con IVA)

\$ 2,553,366,156.0

Riesgos asociados al PPI

- Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y el tiempo de ejecución.
- Demanda social de obras adicionales al momento de la construcción.
- El proyecto deja de ser rentable si el TDPA es 45.0 % menor al esperado.

Indicadores de Rentabilidad del PPI

Valor Presente Neto (VPN)

9,940,481,339

Tasa Interna de Retorno (TIR)

39.51%

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)

24.46%

Conclusión

Conclusión del Análisis del PPI

La construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, cumple con el propósito de hacer más seguro y eficiente el movimiento de bienes y personas en el estado de Hidalgo. Esto se debe a que, con la construcción de este tramo, además de mejorar el nivel de servicio de esa vialidad, se evitarán accidentes motivados por el alto número de vehículos que circulan sobre la vía. Además, permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo cual se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero. De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

Se recomienda iniciar la construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, debido a que el momento óptimo para operar es en el año 2022, cuando el valor de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 24.46%, el cual es mayor a la tasa social de descuento.

Uno de los criterios de inversión para determinar el costo – beneficio de tomar una decisión, es el Valor Presente Neto (VPN), en el caso del presente proyecto, debido a que el valor del VPN resulta mayor a cero, éste se acepta; además, representa beneficios adicionales por 9,940,481,339.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es una tasa que resume toda la información de un proyecto y que vuelve cero al VPN, es decir, depende propiamente del proyecto y de los flujos de éste. En relación al presente proyecto, el resultado del valor de la TIR 39.51% es mayor que la tasa social de descuento (la cual corresponde al 10.0%), por lo anterior, el presente proyecto es socioeconómicamente factible.

II. Situación Actual del PPI

a) Diagnóstico de la Situación Actual

ANTECEDENTES.

El desarrollo de una sociedad implica que se incremente la necesidad de movilidad, por lo que la demanda de transporte aumenta. Esta necesidad de transporte se atiende en un mayor porcentaje por infraestructura carretera. En el ámbito carretero circula el 56.27% (552.318 millones de toneladas) del transporte de carga y el 95.45% (3,749.0 millones de pasajeros al año) de los pasajeros que transitan por las diversas regiones del país según el Anuario estadístico Sector Comunicaciones y Transporte (SCT, 2019), de ahí la importancia de que México cuente con una Red Nacional de Carretera que atienda las necesidades de transporte actuales y futuras.

Asimismo, la Red Nacional de Carreteras en su conjunto tiene la finalidad de enlazar en forma rápida, segura, y con menores costos de operación vehicular a las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como a los centros poblacionales y turísticos.

Durante los últimos años la Red Nacional de Carretera se ha desarrollado de manera gradual permitiendo la comunicación directa con casi todas las regiones y comunidades del país; actualmente se estima que existen 397,312 kilómetros de carreteras, de los cuales 12.94% corresponde a la Red Federal, 32.56% a la Red Alimentadora, y 54.50% a la Red Rural, conforme a lo siguiente:

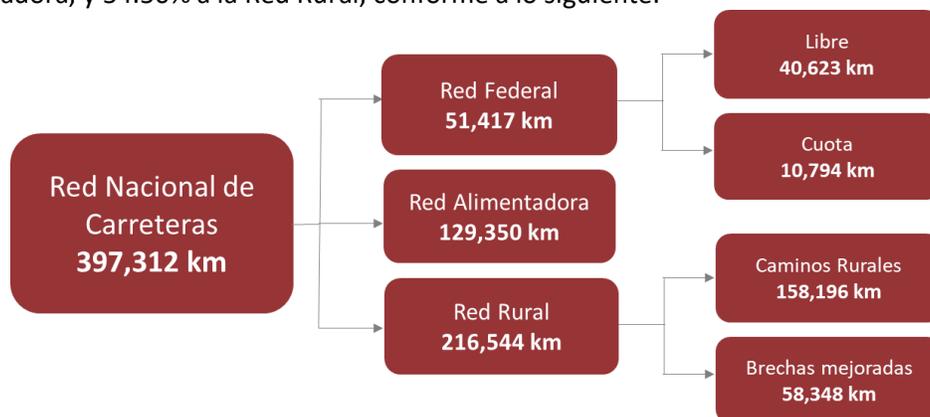


Figura 1. Composición de la Red Nacional de Carreteras.

Fuente: Elaboración propia con base en información de “Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2019”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2019.

De los 32 estados considerados en el Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 2019, 16 de estos se encuentran por debajo del promedio de la densidad carretera en comparación con la media nacional (0.290). Como se puede observar en la tabla siguiente, de los estados con una menor superficie tienden a tener una alta densidad, como es el caso de Tlaxcala, Morelos y Colima, mientras que estados con una alta superficie tienen una mayor cantidad de kilómetros de carreteras, pero su densidad es muy baja como, lo es Baja California Sur, Coahuila y Chihuahua.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Figura 2. Densidad carretera a nivel Estatal.

| No. | Estado | Superficie (km ²) | Carreteras (km) | Densidad (km/km ²) | Pavimentada (Km) | Revestida (km) |
|-----|---------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|----------------|
| 1 | Tlaxcala | 3,997 | 3,021 | 0.756 | 1,793 | 1,227 |
| 2 | México | 22,333 | 15,069 | 0.675 | 7,209 | 7,860 |
| 3 | Morelos | 4,892 | 3,093 | 0.632 | 1,860 | 324 |
| 4 | Hidalgo | 20,856 | 11,981 | 0.574 | 4,812 | 5,901 |
| 6 | Guanajuato | 30,621 | 13,746 | 0.449 | 7,642 | 6,104 |
| 7 | Jalisco | 78,630 | 34,064 | 0.433 | 14,608 | 7,288 |
| 5 | Colima | 5,627 | 2,379 | 0.423 | 1,230 | 1,101 |
| 8 | Aguascalientes | 5,625 | 2,376 | 0.422 | 1,423 | 593 |
| 10 | Tabasco | 24,747 | 9,757 | 0.394 | 6,454 | 2,720 |
| 9 | Veracruz | 71,856 | 28,056 | 0.390 | 10,321 | 12,840 |
| 12 | Oaxaca | 93,343 | 30,716 | 0.329 | 7,253 | 0 |
| 14 | Chiapas | 73,681 | 23,163 | 0.314 | 7,356 | 14,747 |
| 13 | Yucatán | 39,671 | 12,424 | 0.313 | 6,294 | 2,511 |
| 15 | Puebla | 34,251 | 10,348 | 0.302 | 5,742 | 4,400 |
| 17 | Guerrero | 63,618 | 18,981 | 0.298 | 6,725 | 6,264 |
| 16 | Sinaloa | 57,331 | 17,008 | 0.297 | 5,373 | 3,564 |
| 18 | Querétaro | 11,658 | 3,362 | 0.288 | 2,481 | 881 |
| 20 | San Luis Potosí | 61,165 | 14,551 | 0.238 | 8,234 | 5,938 |
| 11 | Nayarit | 27,862 | 5,407 | 0.194 | 2,816 | 2,266 |
| 21 | Tamaulipas | 80,148 | 14,054 | 0.175 | 5,388 | 8,544 |
| 22 | Baja California | 71,546 | 12,141 | 0.170 | 2,966 | 4,179 |
| 19 | Michoacán | 58,667 | 9,832 | 0.168 | 8,209 | 1,366 |
| 23 | Zacatecas | 75,416 | 12,268 | 0.163 | 6,516 | 4,456 |
| 24 | Sonora | 179,516 | 25,322 | 0.141 | 7,474 | 4,376 |
| 25 | Quintana Roo | 42,535 | 5,869 | 0.138 | 3,320 | 2,549 |
| 26 | Durango | 123,367 | 16,422 | 0.133 | 5,550 | 7,741 |
| 27 | Nuevo León | 64,203 | 7,400 | 0.115 | 4,962 | 2,426 |
| 28 | Campeche | 57,727 | 5,621 | 0.097 | 4,132 | 264 |
| 29 | Baja California Sur | 73,943 | 5,979 | 0.081 | 1,853 | 1,655 |
| 30 | CDMX | 1,485 | 105 | 0.071 | 105 | 0 |
| 31 | Coahuila | 151,445 | 8,811 | 0.058 | 4,999 | 3,812 |
| 32 | Chihuahua | 247,487 | 13,985 | 0.057 | 10,021 | 3,370 |

Fuente: Elaboración propia con base en información de “Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2019”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2019.

En el caso particular del estado de Hidalgo, se encuentra ubicado en una cuarta posición de densidad carretera con un valor de 0.574 km/ km², es decir, es uno de los estados que tienen un mayor número de kilómetros de carreteras por kilómetro cuadrado de extensión territorial.

Actualmente, la Red Carretera del estado de Hidalgo se encuentra constituida por 11,981 km, de los cuales 7.4% corresponde a la Red Federal, 32.8% a la Red Alimentadora, y 59.8% a la Red Rural.

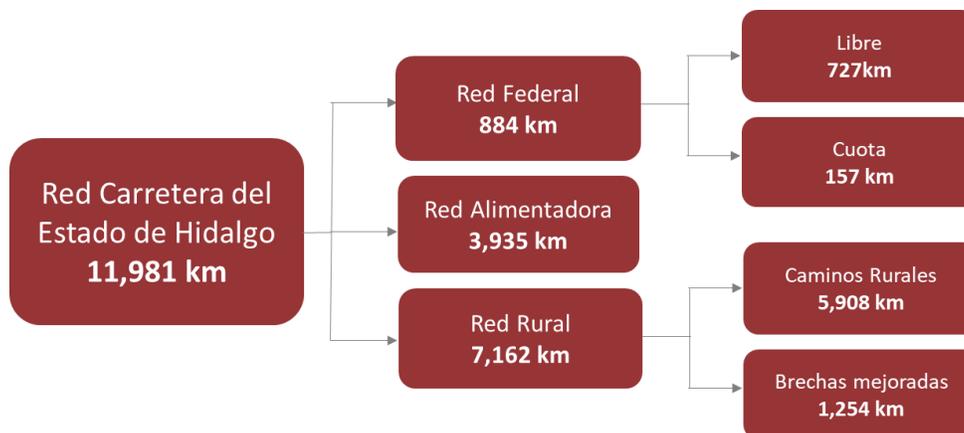


Figura 3. Composición de la Red Estatal de Carreteras de Hidalgo.

Fuente: Elaboración propia con base en información de “Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2019”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2019.

Con base en lo anterior, se puede mencionar que la Red Carretera del Estado de Hidalgo es bastante robusta en comparación con otras entidades federativas.

Sin embargo, la mayor parte de la infraestructura carretera del estado de Hidalgo, se encuentra alojada en la parte sur, debido a que ahí se localiza la capital del estado (Pachuca), así como las principales zonas comerciales e industriales, mientras que en la parte norte sólo existen dos carreteras federales que permiten conectar la Sierra Huasteca, la carretera federal MEX-085 Portezuelo – Ciudad Valles y la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal.

Análisis Costo-Beneficio Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

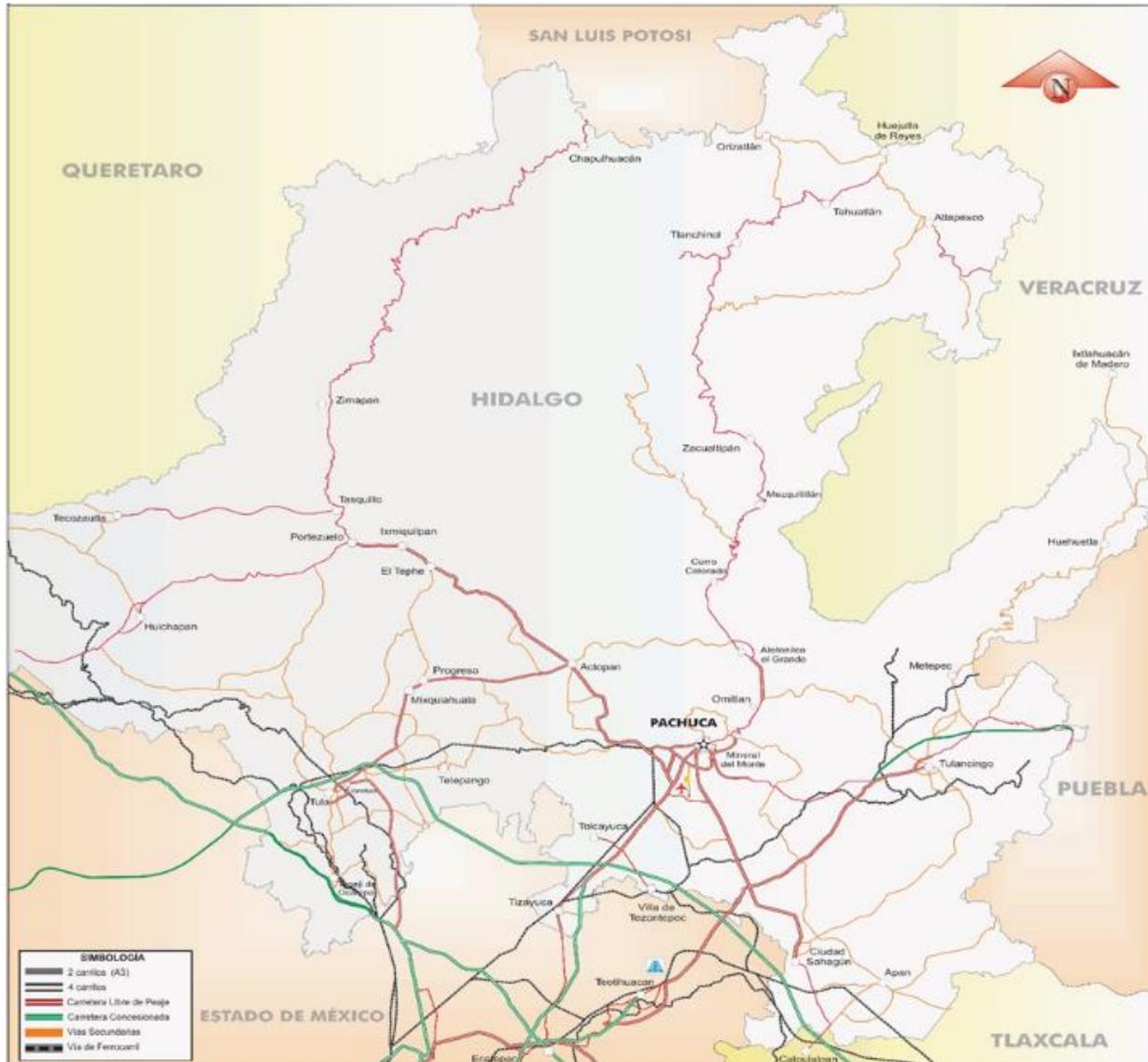


Figura 4. Red Carretera del Estado de Hidalgo.
Fuente: Elaboración propia.

Otro atributo que permite identificar el grado de calidad de servicio que prevalece en cada tramo de la red carretera, es el nivel de servicio. De acuerdo al último informe de Capacidad y niveles de servicio en la Red Federal de Carreteras (2017) emitido por la Dirección General de Servicio Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sólo el 58.46% de las vías que integran la Red Libre y la Red de Cuota del estado de Hidalgo presenta un nivel de servicio adecuado (A, B o C), mientras que para un 41.54% el nivel de servicio es deficiente (D, E o F).

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 1. Niveles de servicio de la Red Libre y Red de Cuota en el Estado de Hidalgo.

| Nivel de servicio | Red libre | | Red Cuota | | Ambas redes | |
|-------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | Longitud (km) | % | Longitud (km) | % | Longitud (km) | % |
| A | 186.51 | 22.76% | | | 186.51 | 19.10% |
| B | 96.51 | 11.78% | 87.67 | 55.80% | 184.18 | 18.86% |
| C | 172.33 | 21.03% | 27.75 | 17.66% | 200.08 | 20.49% |
| D | 126.09 | 15.39% | 7.80 | 4.96% | 133.89 | 13.71% |
| E | 221.37 | 27.02% | 14.00 | 8.91% | 235.37 | 24.11% |
| F | 16.48 | 2.01% | 19.90 | 12.67% | 36.38 | 3.73% |
| Total | 819.29 | 100.00% | 157.12 | 100.00% | 976.41 | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia con base en información de “Capacidad y Niveles de Servicio de la Red Federal de Carreteras”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017.

De las carreteras que conforman la Red Libre, una es de especial relevancia debido a que en la mayoría de su longitud presenta niveles de servicio deficientes, esta es la carretera federal MEX- Pachuca – Tempoal.

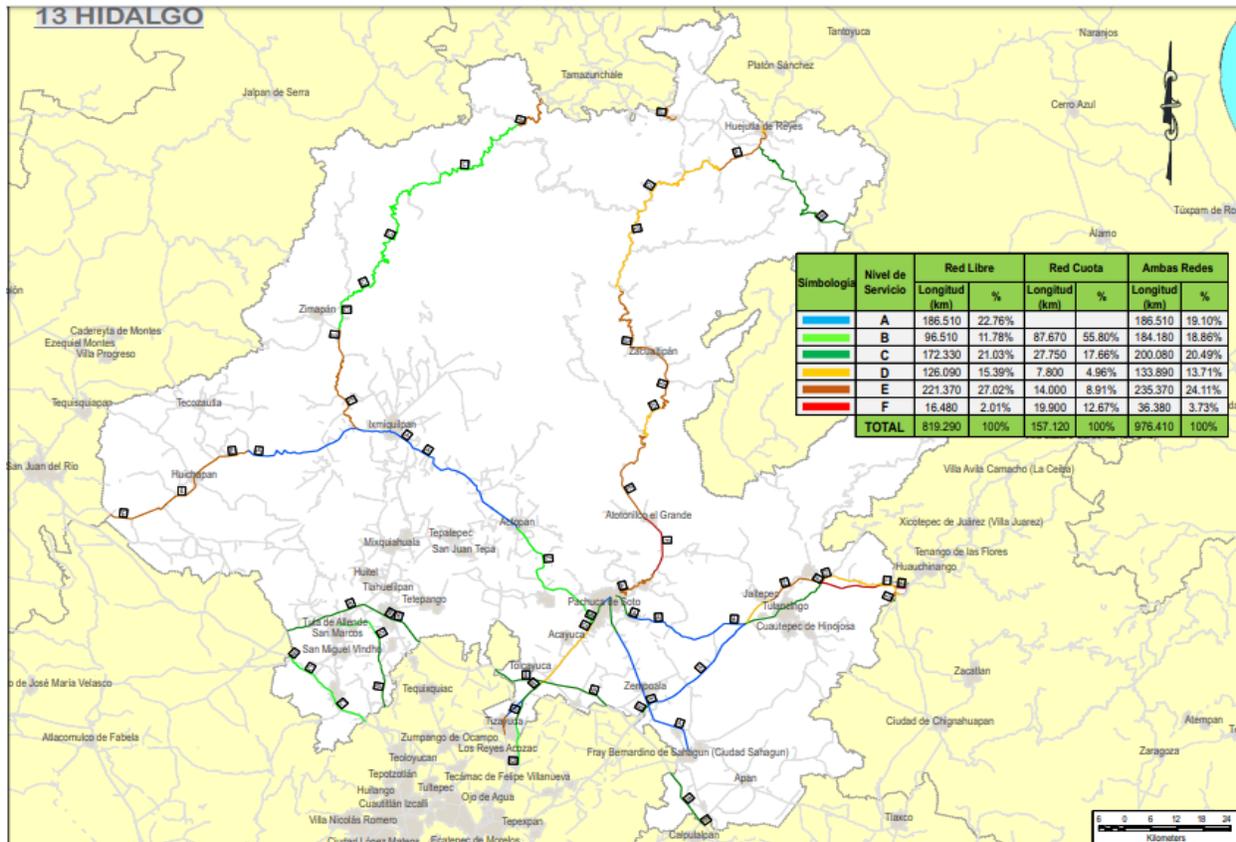


Figura 5. Niveles de servicio de la Red Libre y Red de Cuota en el Estado de Hidalgo.

Fuente: Capacidad y Niveles de Servicio de la Red Federal de Carreteras”, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017.

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

En esencia, la red carretera del estado de Hidalgo tiene la finalidad de enlazar en forma rápida, segura, y con menores costos de operación vehicular a las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como a los centros poblacionales y turísticos, sin embargo, en la zona norte del estado no se cuenta con la infraestructura suficiente para atender las necesidades del tránsito actual y futura, y las únicas dos vías de comunicación que enlazan el centro del estado con la Sierra Huasteca no ofrecen las condiciones adecuadas para el desplazamiento de bienes y personas.

Un ejemplo de esta situación es la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, la cual articula la conectividad del Estado de Hidalgo de sur a norte, integrando a las regiones del Altiplano, Sierra y Huasteca, sin embargo, presenta diversas situaciones problemáticas: condiciones topográficas adversas, bajas velocidades de operación, presencia de reductores de velocidad, alto volumen de tránsito, situaciones que impiden mantener un flujo continuo, lo que se traduce en mayores Costos de Operación Vehicular y una Costos por Tiempo de Recorrido, así como presencia de accidentes.

Derivado de lo anterior, el Gobierno Federal en coordinación con el Gobierno del estado de Hidalgo, tiene como prioridad continuar con la modernización de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, en su tramo: Pachuca – Huejutla. En la siguiente tabla se presenta una relación de las obras que se encuentran concluidas, en proceso y por iniciar.

Tabla 2. Obras concluidas, en proceso y por iniciar en la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Pachuca – Huejutla.

| No. | Tramo | Longitud (km) | Descripción | Estatus |
|----------|--|---------------|--|-----------------------------|
| 1 | Pachuca – Real del Monte | 8.4 | Modernización a 4 carriles | Concluida y en operación |
| 2 | Real del Monte – Entronque Huasca | 9.4 | Construcción de una autopista a 4 carriles con tercer carril de ascenso | Por construir |
| 3 | Entronque Huasca - Atotonilco | 10.4 | Modernización a 4 carriles | Concluida y en operación |
| 4 | Libramiento de Atotonilco | 6.0 | Modernización a 4 carriles | Concluida y en operación |
| 5 | Atotonilco – Cerro Colorado | 12.9 | Modernización a 4 carriles | Concluida y en operación |
| 6 | Cerro Colorado - Zacualtipán | 46.3 | En proceso de análisis | Por modernizar |
| 7 | Zacualtipán - Tehuetlán | 100.0 | En proceso de análisis | En planeación |
| 8 | Tehuetlán - Huejutla | 15.0 | Modernización a 4 carriles | En proceso de construcción. |

Fuente: Elaboración propia con base en información propia y de SCT.

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

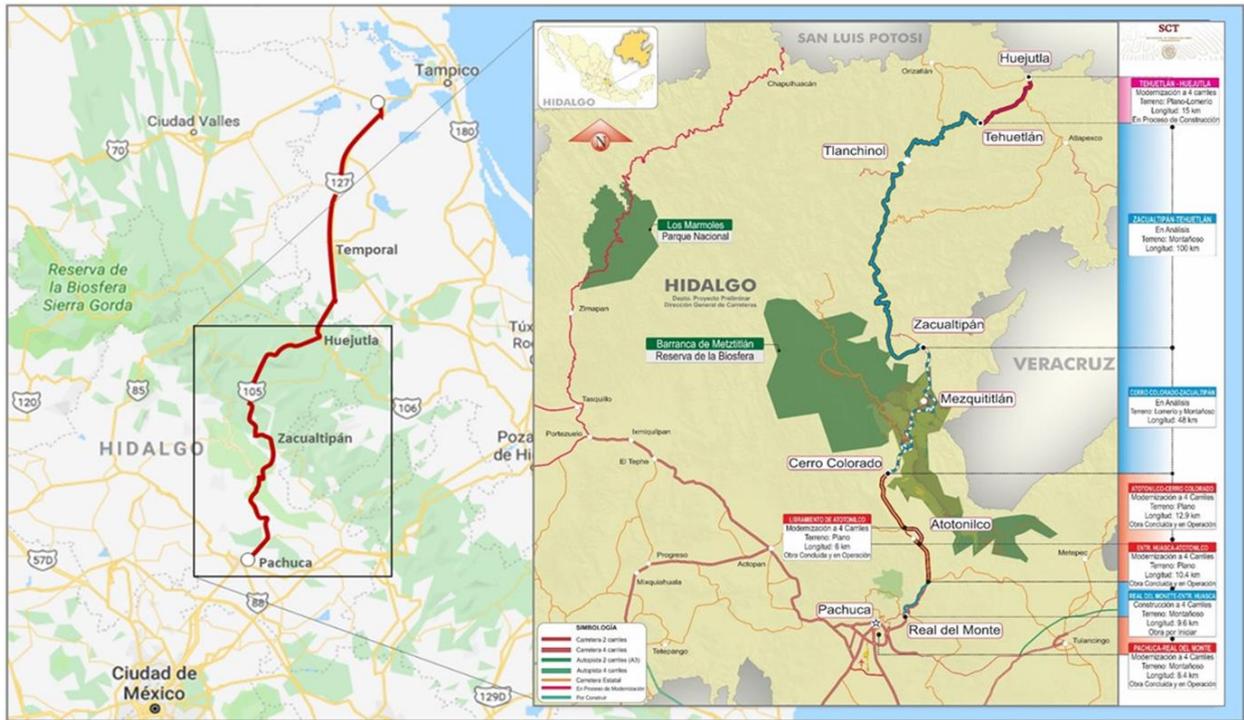


Figura 6. Obras concluidas, en proceso y por iniciar en la carretera Pachuca – Temporal, tramo: Pachuca – Huejutla.
Fuente: Elaboración propia con base en información propia y de SCT.

Para lograr el objetivo planteado, se requiere continuar con la construcción del tramo 9.4 kilómetros de longitud, denominado **Real del Monte – Entr. Huasca**, a efecto de brindar a los usuarios una vía de mejores especificaciones técnicas a efecto de brindar ahorros en Costos Generalizados de Viaje para los diferentes tipos de vehículos.

CARRETERA PACHUCA – TEMPOAL, TRAMO: REAL DEL MONTE – ENTR. HUASCA.

La carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca presenta una longitud de 12.0 kilómetros. Actualmente, esta vía aloja dos carriles, uno por sentido de circulación sin acotamientos, la cual se desarrolla en su mayoría en un terreno bastante accidentado, además, ésta carretera presenta un TDPA que va de los 12,200, hasta casi los 13,400 veh/día, esta situación implica que la carretera en cuestión presente altos Costos Generalizados de Viaje (CGV's), y opere con un nivel de servicio entre "E" a "F", lo que implica velocidad reducida de circulación. Lo anterior, con poca libertad de maniobra, formación de filas, dificultad de rebase y condiciones inestables en la circulación, lo que se traduce en altos costos de operación vehicular, tiempos de recorrido elevados y accidentes ocasionados principalmente por maniobras de rebase y salidas del camino.

Asimismo, la carretera cruza por zonas urbanas de poblaciones en las que se ubican cruces a nivel, reductores de velocidad, donde se mezcla el tránsito de largo itinerario con el tránsito local, lo que genera un alto riesgo de accidentes.

Las velocidades de operación oscilan entre 32 y 40 km/h, con saturaciones importantes en periodos de máxima demanda, en los cuales se detiene frecuentemente el flujo vehicular.

Esta situación se agudiza en fines de semana y en época de vacaciones, debido a que este tramo forma parte del Corredor Turístico de la Montaña que comunica diversos centros turísticos como el Parque Nacional El Chico, los pueblos mágicos de Real del Monte y Huasca, los Prismas Basálticos, la Hacienda de San Miguel Regla, entre otros. Principales problemas de la carretera existente:

- Carretera angosta con curva y pendiente pronunciada.
- Malas condiciones de la superficie de rodamiento.
- Tránsito alto para el tipo de carretera.
- Bajas velocidades por las condiciones del terreno montañoso (en su mayoría) y la presencia de vehículos de carga.
- La geometría del camino origina constantes situaciones de peligro, dificultando las maniobras de rebase y por ende un incremento en el índice de accidentes.
- En los carriles angostos en curva y pendiente se dificulta la conducción de camiones de carga.
- Formación de filas de automóviles por la presencia de camiones de carga, condiciones topográficas de la vía, inexistencia de zonas seguras de rebase y aumento del flujo vehicular en fines de semana.
- Cruces a nivel por zona urbana sin el diseño geométrico adecuado tanto para incorporarse como para desincorporarse de la carretera con reductores de velocidad y donde se mezcla el tránsito de largo itinerario con el tránsito local, lo que genera un alto riesgo de accidentes.

En las siguientes imágenes se puede observar el número importante de vehículos que circulan actualmente en la carretera MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Entr. Huasca, lo cual implica que las maniobras por parte de los conductores resultan complicadas.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca



Formación de colas por presencia de vehículos de carga



Peligro de accidentes por maniobras de rebase



Peligro de accidentes por vehículos descompuestos



Congestionamiento vial en zona de curvas



Entrada a Real del Monte Inadecuada



Entrada a Omitlán de Juárez Inadecuada

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Como se mencionó anteriormente, uno de los problemas que existen en la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca, es la presencia de accidentes. Para representar esta situación se recurrió al documento técnico No. 80, “Anuario estadístico de accidentes en carreteras federal (2019)” editado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

Con base en el anuario, se identificó que en la carretera de referencia (que en el anuario le denominaron Pachuca - Tempoal), en el año 2019, se registraron un total de 13 colisiones con un saldo de 1 muerto, 8 lesionados, y daños materiales por 39.5 (miles de dólares).

Tabla 3. Accidentes registrados en el año 2017 en la carretera federal MEX 105, Pachuca – Tempoal.

| N° de ruta | Clave de carretera | Nombre de la carretera | Longitud (km) | Colisiones | Colisiones con víctimas | Muertos en el sitio | Lesionados | Daños materiales (miles de dólares) |
|------------|--------------------|---|---------------|------------|-------------------------|---------------------|------------|--|
| MEX-051 | 00107 | Dolores Hidalgo - Ojuelos | 110.0 | 21 | 16 | 11 | 30 | 94.8 |
| MEX-182 | 00108 | Teotitlán - Tuxtepec | 160.7 | 6 | 3 | 3 | 4 | 44.1 |
| MEX-135D | 00109 | Cuacnopalan - Oaxaca (cuota) | 242.7 | 74 | 44 | 24 | 87 | 505.7 |
| MEX-111 | 00111 | Tanque Blanco - San Miguel de Allende | 31.3 | 29 | 13 | 7 | 16 | 128.7 |
| MEX-071 | 00112 | Providencia - Luis Moya | 43.5 | 27 | 18 | 4 | 21 | 53.6 |
| MEX-105 | 00113 | Pachuca - Tempoal | 251.8 | 13 | 6 | 1 | 8 | 39.5 |
| MEX-090 | 00114 | Irapuato - Zapotlanejo | 199.9 | 63 | 33 | 20 | 38 | 190.7 |
| MEX-057D | 00115 | Libramiento Oriente de Saltillo (cuota) | 21.0 | 4 | 1 | 0 | 1 | 15.6 |

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, 2019.

Con base en la problemática anteriormente descrita, se necesita de un nuevo tramo entre Mineral del Monte y el Entronque Huasca que permita la conexión entre ambas poblaciones con una autopista de altas especificaciones.

b) Análisis de la Oferta Existente

Definición de Red de Análisis.

Para definir la Red de Análisis, primeramente, conviene determinar que significa. Con base en la Metodología para la Evaluación de Proyectos de Carreteras emitida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), se define a la Red de Análisis como: “La red relevante está formada por todas las carreteras por las que en la actualidad se puede viajar de un extremo a otro o a un punto intermedio de la carretera que es motivo del proyecto. Para definirla es necesario identificar todas las vialidades donde la cantidad de vehículos que transitan por ellas puede incrementarse o reducirse como consecuencia de la realización del proyecto”.

Con base en lo descrito en el párrafo anterior, se puede precisar que la definición de la Red de Análisis es de suma importancia, debido a que a partir de ésta se llevará a cabo el análisis posterior.

En conclusión, la Red de Análisis, estará acotada a la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, desde el entronque Mineral del Monte (km 9+640) hasta el entronque Huasca (km 21+640).

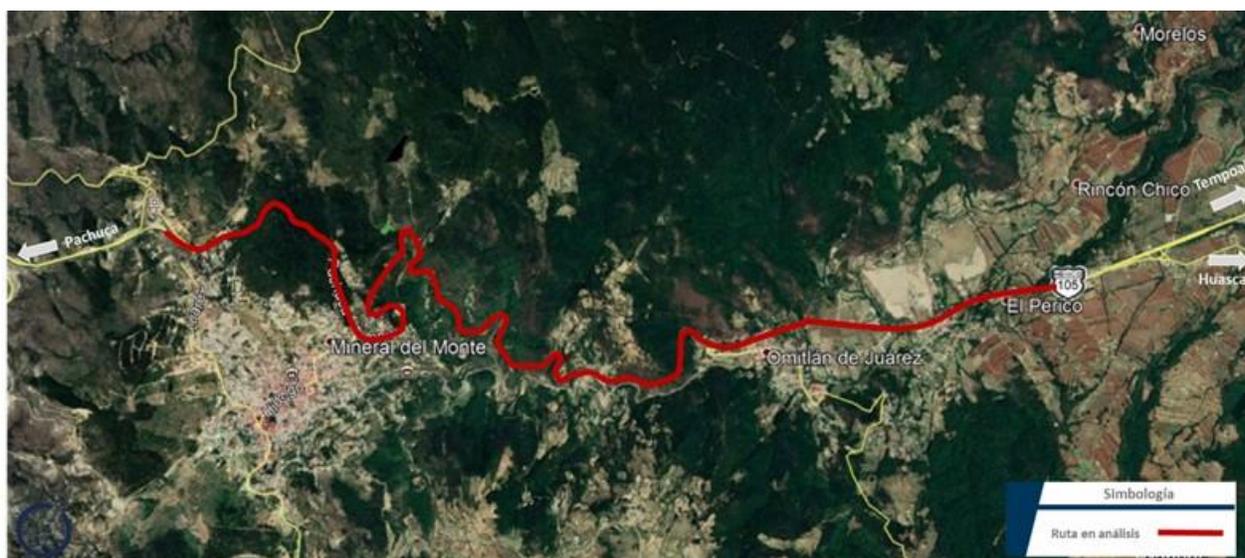


Figura 7. Definición de la red relevante.
Fuente: Elaboración propia.

Caracterización de la oferta.

El levantamiento de las características físicas permite establecer las condiciones geométricas y operativas de la red. Para conocer los rasgos significativos de las vialidades en estudio, se recabo información documental y se realizaron diversos recorridos sobre la zona de influencia para obtener la siguiente información:

- Tipo de terreno (plano, lomerío o montañoso).
- Sección transversal (ancho de corona, número de carriles, acotamientos).
- Tipo de pavimento (asfalto).
- Estado del pavimento (IRI).
- Velocidades.

a) Tipo de terreno: El tipo de terreno es un factor que puede influir significativamente en las características geométricas de una carretera, por tal motivo la Secretaria de Comunicaciones y Transportes a través de las Normas de Servicios Técnicos para proyecto geométrico, establece tres tipos de terreno de acuerdo con las características topográficas del terreno: plano, lomerío y montañoso. Según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , $2.0 <$ Lomerío ≤ 4.0 , Montañoso >4.0

En la siguiente figura se observa que del entronque Mineral del Monte (km 9+640) hasta el entronque de acceso a Omitlán (km 18+440) se encuentra en un tipo de terreno montañoso, mientras que el tramo entre Omitlán (km 18+440) al entronque Huasca (km 21+640) corresponde a un tipo de terreno lomerío.

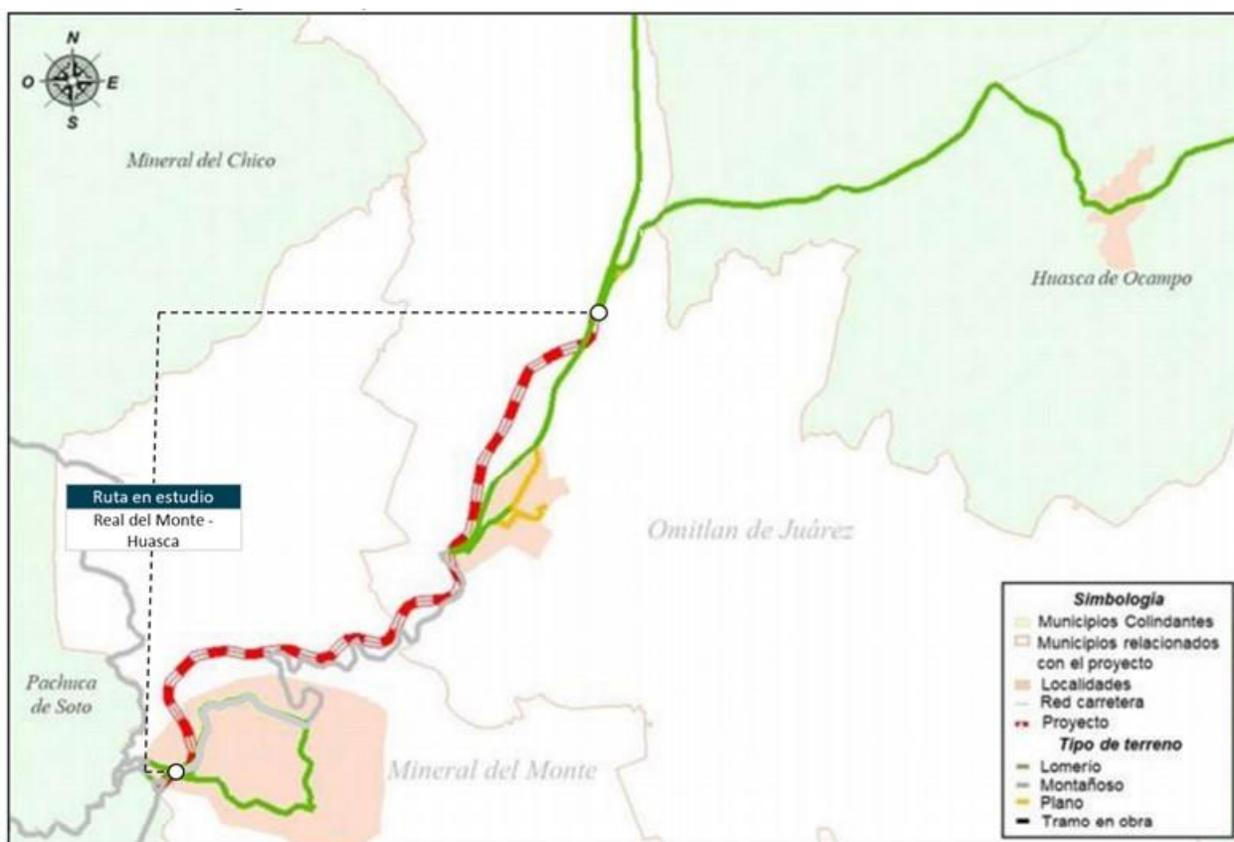


Figura 8. Tipo de terreno de la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Huasca.
Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

b) Sección transversal. Se identificó el ancho de cada uno de los componentes que integran la sección de la carretera, ancho de corona, ancho y número de carriles, acotamientos, faja separadora, etc, de cada uno de los tramos que integran la Red de Análisis.

En el tramo comprendido desde el entronque Mineral de la Reforma (km 9+640) hasta el entronque con la localidad de Omitlán (km 18+440) cuenta con una sección de 6.8 metros, la cual aloja dos carriles, uno por sentido de circulación sin acotamientos laterales.

En el tramo comprendido desde el entronque con Omitlán (km 18+440) hasta el entronque Huasca (km 21+640), cuenta con una sección de 7.0 metros, el cual aloja dos carriles, uno por sentido de circulación sin acotamientos.

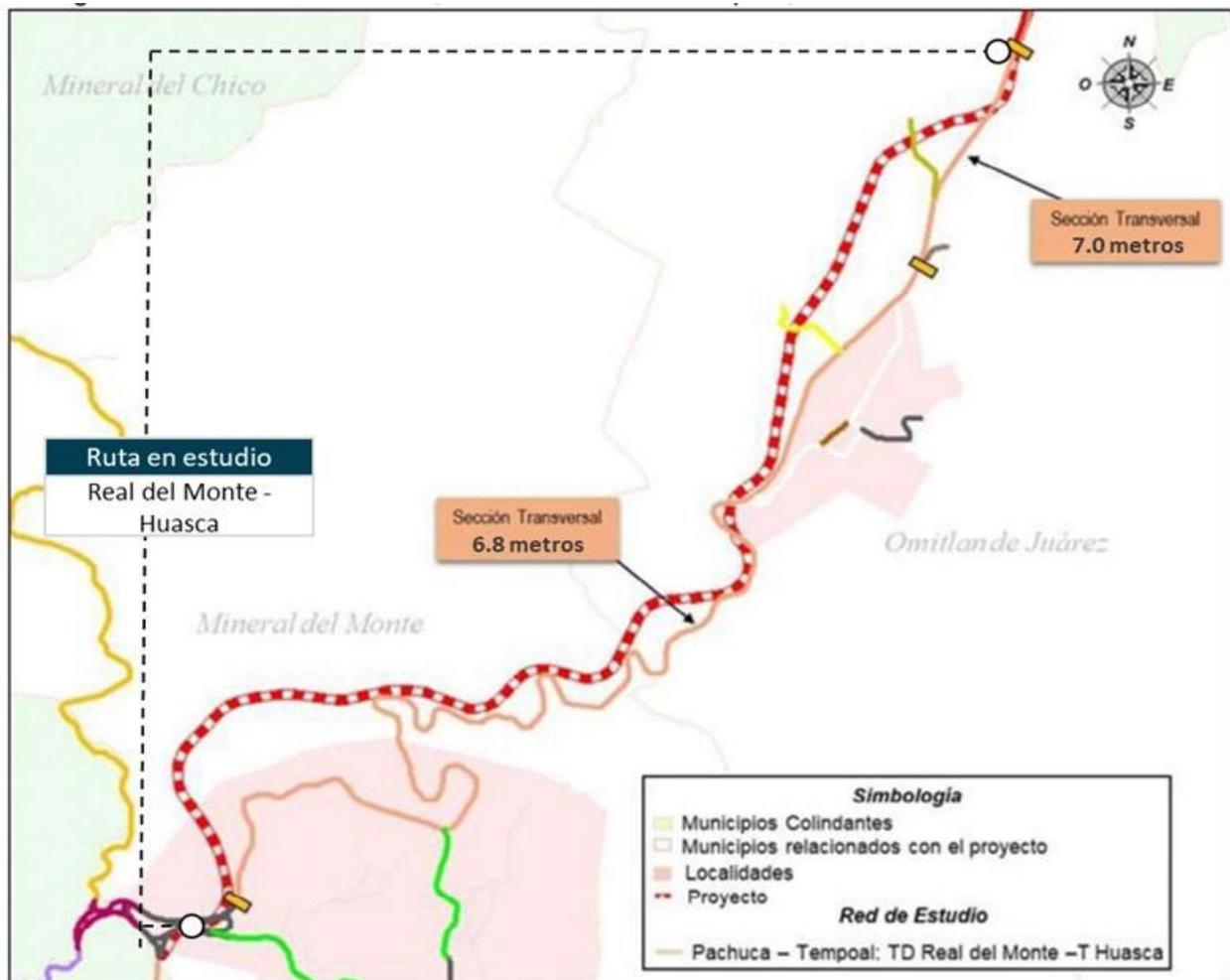


Figura 9. Sección transversal de la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Huasca.
Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

c) Tipo de pavimento: La carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca se encuentra totalmente constituida por **pavimento de tipo asfáltico**.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

d) Estado del pavimento: El estado del pavimento representa una importante característica física y operativa de una vía, ya que interviene como un factor en la toma de decisión de un usuario, pues está directamente asociado a la seguridad y velocidad que se puede desarrollar, es decir, un pavimento en buen estado permite a los usuarios conducir a una velocidad constante, sin contratiempos, y ofrece mayor seguridad en caso de requerir detener un vehículo por un imprevisto.

Para establecer criterios de calidad y comportamiento de los pavimentos que indican las condiciones actuales del estado superficial de un camino, se hizo uso del Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (por sus siglas en inglés, International Roughness Index), el cual nos permite medir la calidad de la superficie de rodamiento de un camino.

En el Banco de datos de Auscultación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se presentan indicadores de evaluación en el pavimento de las Autopistas y Corredores Carreteros, los indicadores de condición estructural y funcional que se analizan son los siguientes:

- IRI. Índice Internacional de Rugosidad.
- PR. Profundidad de Rodera.
- Det. Deterioros.
- MAC. Macrotextura.

| KM INICIO | KM FIN | CARRIL 1 | | | |
|-----------|--------|----------|------|--------|------|
| | | PR | IRI | Det | MAC |
| 4+500 | 5+000 | 9.61 | 3.94 | 3.82% | 1.07 |
| 5+000 | 6+000 | 13.44 | 4.19 | 6.59% | 1.05 |
| 6+000 | 7+000 | 7.78 | 3.42 | 0.05% | 0.72 |
| 7+000 | 8+000 | 7.87 | 2.97 | 0.08% | 0.76 |
| 8+000 | 9+000 | 8.29 | 3.42 | 3.75% | 0.89 |
| 9+000 | 10+000 | 14.94 | 4.91 | 11.77% | 1.37 |
| 10+000 | 11+000 | 6.87 | 3.19 | 0.04% | 0.68 |
| 11+000 | 12+000 | 6.67 | 2.31 | 0.07% | 0.67 |
| 12+000 | 13+000 | 9.49 | 3.50 | 1.14% | 0.73 |
| 13+000 | 14+000 | 10.06 | 3.84 | 0.44% | 0.68 |
| 14+000 | 15+000 | 10.65 | 3.55 | 1.58% | 0.84 |
| 15+000 | 16+000 | 10.80 | 4.34 | 1.48% | 0.65 |
| 16+000 | 17+000 | 10.95 | 3.88 | 1.42% | 0.82 |
| 17+000 | 18+000 | 9.13 | 2.70 | 0.42% | 0.80 |
| 18+000 | 19+000 | 8.84 | 2.87 | 1.41% | 1.28 |
| 19+000 | 20+000 | 10.69 | 3.03 | 2.77% | 1.72 |
| 20+000 | 21+000 | 8.08 | 2.36 | 1.72% | 1.71 |
| 21+000 | 22+000 | 7.31 | 2.43 | 1.65% | 1.70 |
| 22+000 | 22+460 | 16.56 | 3.49 | 8.34% | 1.86 |

----- Entronque Mineral del Monte

----- Entronque Omitlán

----- Entronque Huasca

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Con base en la tabla anterior, se puede observar que el tramo comprendido entre el entronque Mineral del Monte (km 9+640) al entronque Omitlán (km 18+440) presenta un valor del IRI promedio de **3.58 m/km**; en el caso del tramo que comprende desde el entronque Omitlán (km 18+440) al entronque Huasca (km 21+640) presenta un IRI promedio de **2.67 m/km**.

e) Velocidades: Para determinar las velocidades promedio en la situación actual en la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Entr- Huasca, se consideraron por un lado las velocidades máximas permitidas de acuerdo al señalamiento que se encuentra alojado a lo largo de la carretera en cuestión; por otro lado, se consideraron los resultados de diversas mediciones de tiempo de recorrido realizadas a través del método de vehículo flotante.

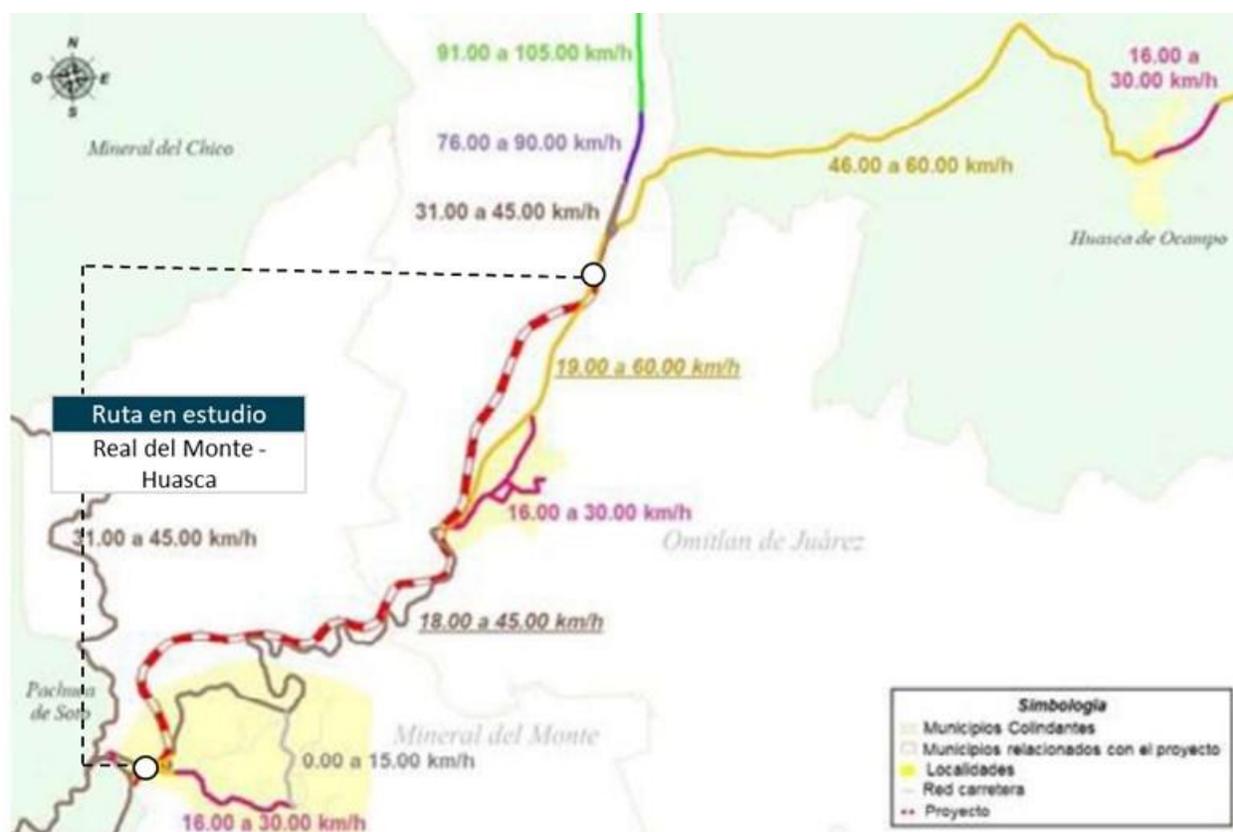


Figura 10. Velocidad de operación de la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Huasca.
Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

Con base en lo anterior, se pudo identificar que la velocidad promedio de operación en el tramo comprendido entre el entronque Mineral del Monte y el entronque de acceso a Omitlán es de **32 km/hr**, mientras que en el tramo comprendido desde el entronque Omitlán al entronque Huasca corresponde a **40 km/hr**.

Tramificación de la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca.

La metodología utilizada para llevar a cabo la selección de los tramos considerados se realizó con base en Guía General para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos Carreteros, elaborado por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), en su edición de noviembre de 2004.

Los criterios utilizados para llevar a cabo la tramificación del proyecto se basan en la oferta (tipo de terreno, sección transversal, estado del pavimento y velocidad de operación) y demanda (TDPA).

De acuerdo con los criterios indicados anteriormente planteados, se identificaron un total de 2 tramos conforme a lo siguiente:



Figura 11. Tramificación de la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Huasca.
 Fuente: Elaboración propia con base en recorridos en campo.

A continuación, se presenta se hace una descripción de los tramos que conforman el proyecto en la situación actual, así como sus principales características:

1. **Mineral del Monte – Omitlán de Juárez:** El tramo 1 inicia en el kilómetro 9+640 de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, en el entronque a desnivel Mineral del Monte, y finaliza en el kilómetro 18+440 de la carretera en mención, en el entronque que da acceso a la localidad de Omitlán.

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

El tramo corresponde a una carretera tipo C2, con una corona de 6.8 metros, la cual aloja dos carriles, uno por sentido de circulación de 3.4 metros de ancho sin acotamientos, en una longitud de 8.8 kilómetros; en este tramo las pendientes son mayores al 4.0%, por lo anterior, el tipo de terreno se clasifica como montañoso; el tipo de pavimento es asfáltico con un IRI de 3.58 m/km, por lo que se encuentra en condiciones no satisfactorias; la velocidad promedio de operación asciende a 32.0 km/hr.

2. **Omitlán de Juárez – Ent. Huasca:** El tramo 2 inicia en el kilómetro 18+440 de la carretera en mención, en el entronque que da acceso a la localidad de Omitlán, y finaliza en el kilómetro 21+640, antes de llegar al entronque con la vía de acceso a la localidad de Huasca.

El tramo corresponde a una carretera tipo C2, con una corona de 7.0 metros, la cual aloja dos carriles, uno por sentido de circulación de 3.5 metros de ancho sin acotamientos, en una longitud de 3.2 kilómetros; en este tramo las pendientes son menores al 4.0%, por lo anterior, el tipo de terreno se clasifica como lomerío; el tipo de pavimento es asfáltico con un IRI de 2.67 m/km, por lo que se encuentra en condiciones satisfactorias; la velocidad promedio de operación asciende a 40.0 km/hr.

3.

A continuación, se presenta una figura y una tabla resumen de los subtramos que conforman la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, tramo Real del Monte – Ent. Huasca.

Tabla 4. Datos de la oferta en la situación actual de la carretera Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca.

| Concepto | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca |
|---|---|---|
| No de tramo | 1 | 2 |
| Coordenadas del tramo | Inicio: 20.139698, -98.688294 Fin: 20.165004, -98.655326 | Inicio: 20.165004, -98.655326 Fin: 20.188124, -98.639945 |
| Longitud, km | 8.8 | 3.2 |
| Carriles | 2 | 2 |
| Ancho de corona, metros | 6.8 | 7.0 |
| Tipo de carretera | Asfalto | Asfalto |
| Ancho de carriles, metros | 3.4 | 3.5 |
| Ancho de acotamiento exterior, metros | 0.0 | 0.0 |
| Ancho de acotamiento interior, metros | 0.0 | 0.0 |
| Velocidad, km/hr | 32.0 | 40.0 |
| Tipo de terreno ^{a/} | Montañoso | Lomerío |
| Estado físico | No satisfactorio | Satisfactorio |
| Índice internacional de rugosidad (IRI) ^{b/} | 3.58 | 2.67 |
| Tiempo de recorrido (min) | 16.5 | 4.8 |

Nota:

^{a/} Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , 2.0 < Lomerío ≤ 4.0 , Montañoso > 4.0

^{b/} En referencia al estado físico de la carretera observado, y dados los parámetros siguientes: IRI > 3.5 : No satisfactorio; 2.5 < IRI ≤ 3.5 : Satisfactorio; IRI ≤ 2.5 : Bueno.

c) Análisis de la Demanda Actual

METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO DE DEMANDA.

La metodología del estudio considera cuatro etapas, cada una involucra diferentes actividades, la siguiente figura ilustra cada etapa y las actividades que las integran.



Figura 12. Metodología del estudio de demanda.
Fuente: Estudio de demanda.

La identificación de las condiciones generales de la red, la ubicación de los trabajos de campo y la visita de reconocimiento constituyen algunas de las actividades de la primera etapa del estudio.

Subsecuentemente, se realiza el levantamiento de información de campo con el fin de conocer el estado actual de la red a través de la descripción física de cada uno de los tramos y la demanda actual en la zona de influencia.

Una vez establecido lo anterior, es importante determinar el perfil del usuario potencial que utilizará alguno de los componentes que conforman el proyecto, identificando los principales centros que originan y generan estos flujos.

Analizada y procesada la información; se alimentan y calibran los modelos de asignación y pronóstico de tránsito.

a) Recopilación de información

Esta actividad establece el advenimiento de la información documental y de campo, con las siguientes características:

- Estudios anteriores.

- Aforos históricos.
- Variables socioeconómicas.
- Datos de accidentes.

La información documental compilada se obtuvo de fuentes confiables con registros concretos, veraces y de calidad. Asimismo, se cuenta con archivos históricos alusivos al proyecto, anexando la información a los análisis correspondientes.

La información de campo se obtuvo con levantamientos directos en la zona de estudio y el conjunto de encuestas origen destino como principales indicadores. Los resultados de estos trabajos fueron la base para la caracterización de la red de influencia por describir el comportamiento vehicular en los tramos analizados.

El análisis de la capacidad de un sistema vial depende de los datos obtenidos en campo, el resultado de los trabajos dictamina la cantidad y calidad del servicio ofrecido por el sistema. Las características geométricas, físicas y de operación fueron el principal objetivo del levantamiento de información, ya que permiten conocer las condiciones ofrecidas por las vialidades en la red de estudio. Las actividades descritas se realizaron con base en los alcances del estudio que definen la cantidad y tipo de trabajo a ejecutar.

La oferta considera la información relacionada con las características físicas y operativas de la infraestructura carretera en la zona de estudio; así como la red futura de transporte (nuevos proyectos y mejoras en la red carretera existente).

La demanda caracteriza los viajes en la zona de estudio, a través de las encuestas origen-destino y preferencia declarada. Se involucró la investigación de datos históricos y actuales sobre características socioeconómicas y de desarrollo regional.

b) Análisis y homogeneización de la información

Existen dos procesos fundamentales para esta metodología y se exponen a continuación:

- Homogeneización de las bases de datos.
- Análisis de la información.

La homogeneización de las bases de datos organiza, agrupa y converge toda la información obtenida en una sola base, permitiendo el uso y consulta de datos eficientemente.

El análisis de la información considera todos los procesos intermedios y finales de preparación de la información y obtención de resultados. En esta etapa se considera la homogeneización de las bases de datos para usarse en el modelo de transporte, algunos análisis se describen a continuación:

- Características actuales del tránsito: Para establecer los días de mayor aforo y las horas de máxima demanda se examinan los aforos automáticos y los aforos manuales. Los aforos automáticos personifican el comportamiento diario del tránsito, mientras que los aforos manuales el horario.
- Factores de expansión de la muestra: Con base a la muestra y a los aforos automáticos y manuales se estiman los factores de expansión para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).
- Características físicas y operativas de la red: Se analizaron aspectos tales como número de carriles, ancho de carril, longitud, características del pavimento, velocidades de recorrido y niveles de servicio.
- Homogeneización de las bases de datos: Se revisaron y homogenizaron las bases de datos con los números de zonas y la parte de estratificación del mercado seleccionada para este estudio.
- Características de los viajes: Se analizaron las encuestas origen-destino y preferencia declarada para establecer las principales líneas de deseo, motivos de viaje, características de la carga en el caso de camiones y la ocupación por tipo de vehículo.
- Zonificación: El sistema de zonas congrega sitios que comparten características geográficas y socioeconómicas similares, centros de atracción y generación de viajes, para obtener una mejor representación del mundo real en el proceso de modelación.

Procesamiento de la información. El proceso de codificación y captura consiste en utilizar claves definidas por CITRAN que agrupen y organicen información de las encuestas origen destino y preferencia declarada. Codificada la información, se analiza la muestra en función de los días laborales y no laborales, por sentido de circulación y por tipo de vehículo.

Para garantizar la calidad de la información se utiliza la metodología establecida en el siguiente diagrama.

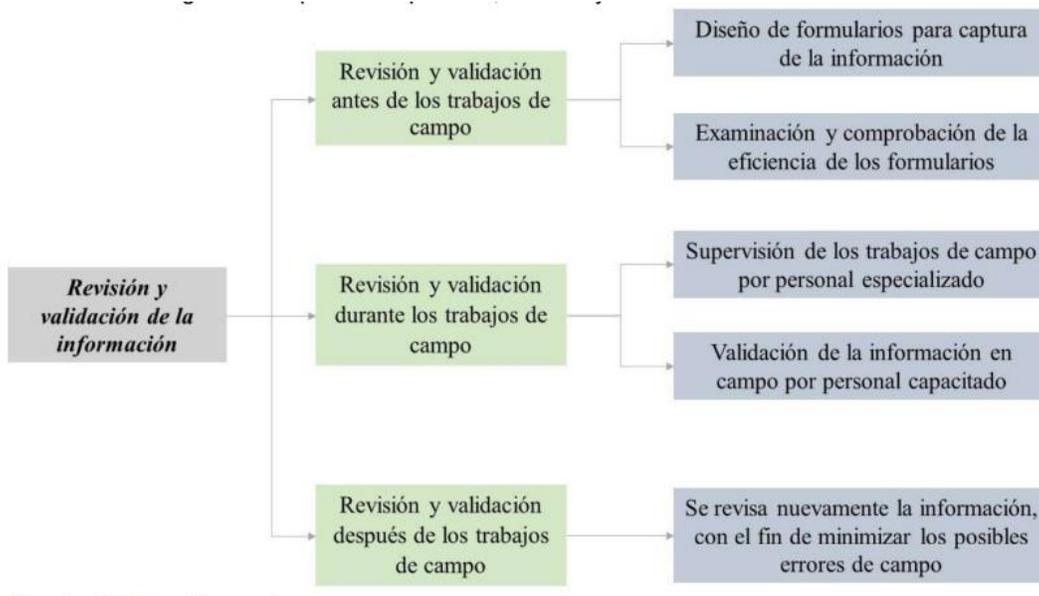


Figura 13. Esquema del proceso, revisión y validación de la información
Fuente: Estudio de demanda.

La información se procesó con hojas de cálculo de Excel®, con el fin de obtener bases de datos con los principales indicadores de movilidad:

- Tipo de vehículo.
- Frecuencia de viaje.
- Motivo de viaje.
- Características de la carga.
- Origen. Destino.

Desarrollo de modelo. Los componentes de la infraestructura y sus patrones de viaje son modelados con el fin de obtener la composición del tránsito existente. Los resultados sirven como punto de comparación entre el modelo y el comportamiento actual de la zona en estudio. Esta actividad proporciona los criterios necesarios del estudio costo beneficio.

La proyección de la demanda sobre las vialidades de interés se obtiene considerando las tasas de crecimiento de las variables socioeconómicas que mejor representen el crecimiento de la demanda en el periodo de evaluación del proyecto, así como el crecimiento histórico del tránsito. Para el pronóstico de viajes se consideraron los volúmenes de tránsito actual más el incremento del tránsito en un horizonte de planeación de 30 años, tomando como año base el año 2018.

TRABAJOS DE CAMPO.

Aforos automáticos

Los aforos automáticos cuentan y clasifican vehículos mediante impulsos de presión en periodos de veinticuatro horas, regularmente por una semana. El objetivo es conocer el comportamiento horario y diario de la demanda sobre el sistema.

Los aforos manuales de flujo se realizaron en el mismo lugar donde se llevan a cabo las encuestas, para comparar la muestra de las encuestas con el flujo vehicular; de igual forma sirven para calibrar los equipos de las estaciones de aforo automático.

A continuación, se muestra la ubicación de las estaciones de aforo automático, manual y direccional.

Tabla 5. Ubicación de las estaciones de aforo automático

| Estación | Nombre | Carretera | Kilometraje |
|----------|-------------------|--------------------------------------|-------------|
| 01 | Mineral del Monte | Pachuca - Tempoal | 11 + 700 |
| 02 | Omitlán | Pachuca - Tempoal | 18 + 000 |
| 03 | Rincón Chico | Pachuca - Tempoal | 21 + 500 |
| 04 | San José | Pachuca - Tempoal | 24 + 400 |
| 05 | Atotonilco | Libramiento Atotonilco | 3 + 000 |
| 06 | Huasca | Tulancingo – carr. Pachuca - Tempoal | 1 + 000 |
| 07 | San Miguel Regla | Tulancingo – carr. Pachuca - Tempoal | 24 + 800 |

Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

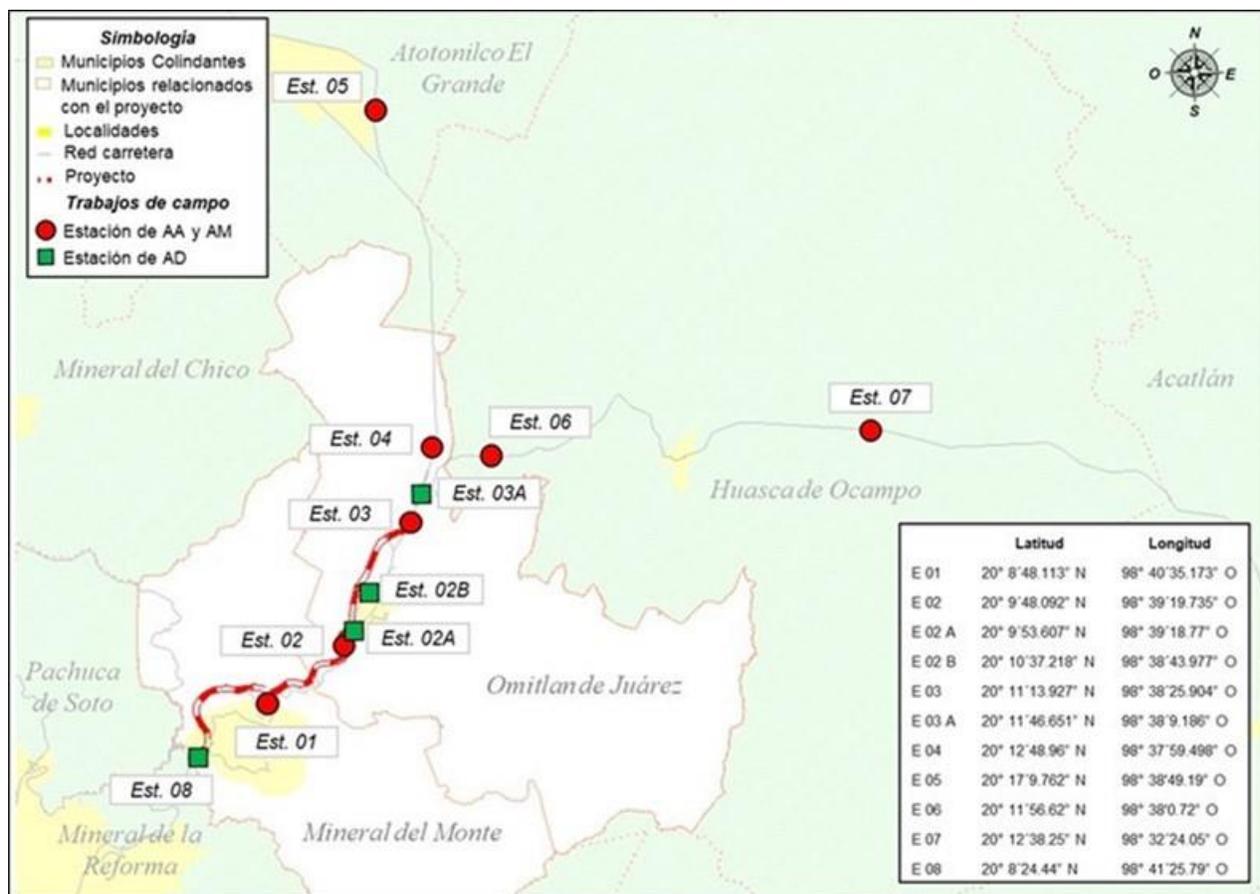


Figura 14. Ubicación de los Aforos Automáticos, Manuales y Direccionales
Fuente: Estudio de demanda

Las siguientes figuras exponen los resultados para cada estación de aforo automático.

Tabla 6. Resultados de la Estación 01 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A HUEJUTLA | | | | | | | SENTIDO 2: A PACHUCA | | | | | | |
|--------------------------|---------------|------------|---------------|------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|------------|---------------|------------|----------|---------------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | |
| DIA | A | B | CLASIFICACION | | | TOTAL | DIA | A | B | CLASIFICACION | | | TOTAL |
| | | | CU | CAI | CAII | | | | | CU | CAI | CAII | |
| MARTES | 4,852 | 30 | 281 | 94 | 0 | 5,257 | MARTES | 5,097 | 41 | 268 | 78 | 0 | 5,484 |
| MIÉRCOLES | 4,979 | 31 | 286 | 89 | 1 | 5,386 | MIÉRCOLES | 5,098 | 38 | 278 | 84 | 1 | 5,499 |
| JUEVES | 4,933 | 32 | 303 | 90 | 2 | 5,360 | JUEVES | 5,310 | 37 | 279 | 89 | 2 | 5,717 |
| VIERNES | 6,051 | 35 | 331 | 112 | 0 | 6,529 | VIERNES | 6,171 | 46 | 325 | 97 | 0 | 6,639 |
| SÁBADO | 8,145 | 35 | 146 | 18 | 0 | 8,344 | SÁBADO | 6,790 | 22 | 103 | 17 | 0 | 6,932 |
| DOMINGO | 6,532 | 30 | 114 | 14 | 0 | 6,690 | DOMINGO | 8,306 | 26 | 101 | 23 | 0 | 8,456 |
| LLUNES | 5,376 | 35 | 309 | 100 | 0 | 5,820 | LUNES | 5,744 | 41 | 307 | 95 | 0 | 6,187 |
| TOTAL | 40,868 | 228 | 1,770 | 517 | 3 | 43,388 | TOTAL | 42,516 | 251 | 1,661 | 483 | 3 | 44,914 |
| TES | 28,191 | 163 | 1,510 | 485 | 3 | 28,352 | TES | 27,420 | 203 | 1,457 | 443 | 3 | 29,526 |
| TFS | 14,677 | 65 | 260 | 32 | 0 | 15,034 | TFS | 15,096 | 48 | 204 | 40 | 0 | 15,388 |
| TDPS-ES | 5,238 | 33 | 302 | 97 | 1 | 5,670 | TDPS-ES | 5,484 | 41 | 291 | 89 | 1 | 5,905 |
| TDPS-FS | 7,339 | 33 | 130 | 16 | 0 | 7,517 | TDPS-FS | 7,548 | 24 | 102 | 20 | 0 | 7,694 |

Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 7. Resultados de la Estación 02 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A HUEJUTLA | | | | | | | SENTIDO 2: A PACHUCA | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|------------|--------------|------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|---------------|--------------|------------|----------|---------------|--|-------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | | |
| DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL | DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL |
| | A | B | CU | CAI | CAII | | | | A | B | CU | CAI | CAII | | |
| MARTES | 4,745 | 39 | 277 | 90 | 0 | 5,151 | MARTES | 4,905 | 32 | 298 | 79 | 0 | 5,314 | | |
| MIÉRCOLES | 4,868 | 36 | 280 | 91 | 1 | 5,276 | MIÉRCOLES | 4,874 | 33 | 289 | 82 | 1 | 5,279 | | |
| JUEVES | 5,020 | 38 | 303 | 93 | 2 | 5,456 | JUEVES | 5,204 | 33 | 316 | 83 | 2 | 5,638 | | |
| VIERNES | 5,925 | 46 | 335 | 115 | 0 | 6,421 | VIERNES | 5,967 | 38 | 343 | 95 | 0 | 6,443 | | |
| SÁBADO | 7,567 | 29 | 256 | 66 | 0 | 7,908 | SÁBADO | 6,044 | 36 | 231 | 61 | 0 | 6,372 | | |
| DOMINGO | 6,101 | 26 | 206 | 53 | 0 | 6,386 | DOMINGO | 7,833 | 52 | 293 | 77 | 0 | 8,256 | | |
| LUNES | 5,353 | 41 | 335 | 99 | 0 | 5,828 | LUNES | 5,935 | 39 | 365 | 95 | 0 | 6,434 | | |
| TOTAL | 39,569 | 255 | 1,992 | 607 | 3 | 42,426 | TOTAL | 40,762 | 263 | 2,135 | 572 | 3 | 43,735 | | |
| TES | 25,911 | 200 | 1,530 | 488 | 3 | 28,132 | TES | 26,885 | 175 | 1,611 | 434 | 3 | 29,108 | | |
| TFS | 13,658 | 55 | 462 | 119 | 0 | 14,294 | TFS | 13,877 | 88 | 524 | 138 | 0 | 14,627 | | |
| TDPS-ES | 5,182 | 40 | 306 | 98 | 1 | 5,626 | TDPS-ES | 5,377 | 35 | 322 | 87 | 1 | 5,822 | | |
| TDPS-FS | 6,829 | 28 | 231 | 60 | 0 | 7,147 | TDPS-FS | 6,939 | 44 | 282 | 69 | 0 | 7,314 | | |

Fuente: Estudio de demanda

Tabla 8. Resultados de la Estación 03 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A HUEJUTLA | | | | | | | SENTIDO 2: A PACHUCA | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|------------|--------------|------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|---------------|--------------|------------|----------|---------------|--|-------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | | |
| DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL | DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL |
| | A | B | CU | CAI | CAII | | | | A | B | CU | CAI | CAII | | |
| MARTES | 4,586 | 37 | 285 | 85 | 0 | 4,993 | MARTES | 4,334 | 34 | 259 | 78 | 0 | 4,705 | | |
| MIÉRCOLES | 4,638 | 35 | 294 | 85 | 1 | 5,053 | MIÉRCOLES | 4,305 | 37 | 266 | 83 | 2 | 4,693 | | |
| JUEVES | 4,905 | 36 | 310 | 90 | 2 | 5,243 | JUEVES | 4,662 | 35 | 284 | 80 | 1 | 5,082 | | |
| VIERNES | 5,577 | 38 | 334 | 108 | 0 | 6,057 | VIERNES | 5,113 | 37 | 300 | 89 | 0 | 5,539 | | |
| SÁBADO | 6,936 | 28 | 255 | 73 | 0 | 7,292 | SÁBADO | 5,919 | 36 | 218 | 63 | 0 | 6,236 | | |
| DOMINGO | 5,551 | 20 | 191 | 50 | 0 | 5,812 | DOMINGO | 7,376 | 48 | 263 | 68 | 0 | 7,755 | | |
| LUNES | 5,160 | 38 | 320 | 102 | 0 | 5,620 | LUNES | 5,118 | 41 | 313 | 84 | 0 | 5,558 | | |
| TOTAL | 37,353 | 232 | 1,989 | 593 | 3 | 40,170 | TOTAL | 36,827 | 268 | 1,903 | 545 | 3 | 39,546 | | |
| TES | 24,866 | 184 | 1,543 | 470 | 3 | 27,066 | TES | 23,532 | 184 | 1,422 | 414 | 3 | 25,555 | | |
| TFS | 12,487 | 48 | 446 | 123 | 0 | 13,104 | TFS | 13,295 | 84 | 481 | 131 | 0 | 13,991 | | |
| TDPS-ES | 4,973 | 37 | 309 | 94 | 1 | 5,413 | TDPS-ES | 4,706 | 37 | 284 | 83 | 1 | 5,111 | | |
| TDPS-FS | 6,244 | 24 | 223 | 62 | 0 | 6,552 | TDPS-FS | 6,648 | 42 | 241 | 66 | 0 | 6,996 | | |

Fuente: Estudio de demanda

Tabla 9. Resultados de la Estación 04 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A HUEJUTLA | | | | | | | SENTIDO 2: A PACHUCA | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|------------|--------------|------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|---------------|--------------|------------|----------|---------------|--|-------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | | |
| DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL | DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL |
| | A | B | CU | CAI | CAII | | | | A | B | CU | CAI | CAII | | |
| MARTES | 4,523 | 34 | 296 | 85 | 0 | 4,937 | MARTES | 4,495 | 29 | 233 | 74 | 0 | 4,831 | | |
| MIÉRCOLES | 4,613 | 34 | 301 | 89 | 1 | 5,038 | MIÉRCOLES | 4,490 | 30 | 243 | 69 | 2 | 4,834 | | |
| JUEVES | 4,883 | 33 | 326 | 94 | 2 | 5,338 | JUEVES | 4,883 | 29 | 255 | 74 | 1 | 5,242 | | |
| VIERNES | 5,405 | 34 | 338 | 104 | 0 | 5,881 | VIERNES | 5,347 | 35 | 273 | 78 | 0 | 5,733 | | |
| SÁBADO | 6,310 | 25 | 262 | 60 | 0 | 6,657 | SÁBADO | 5,154 | 32 | 200 | 54 | 0 | 5,440 | | |
| DOMINGO | 4,858 | 26 | 190 | 51 | 0 | 5,125 | DOMINGO | 5,881 | 42 | 220 | 58 | 0 | 6,201 | | |
| LUNES | 5,062 | 36 | 330 | 92 | 0 | 5,520 | LUNES | 5,242 | 35 | 300 | 70 | 0 | 5,647 | | |
| TOTAL | 35,654 | 222 | 2,042 | 575 | 3 | 38,496 | TOTAL | 35,492 | 232 | 1,724 | 477 | 3 | 37,928 | | |
| TES | 24,488 | 171 | 1,590 | 484 | 3 | 26,714 | TES | 24,457 | 158 | 1,304 | 365 | 3 | 26,287 | | |
| TFS | 11,168 | 51 | 452 | 111 | 0 | 11,782 | TFS | 11,035 | 74 | 420 | 112 | 0 | 11,641 | | |
| TDPS-ES | 4,897 | 34 | 318 | 93 | 1 | 5,343 | TDPS-ES | 4,891 | 32 | 261 | 73 | 1 | 5,257 | | |
| TDPS-FS | 5,684 | 26 | 226 | 66 | 0 | 5,891 | TDPS-FS | 5,618 | 37 | 210 | 66 | 0 | 5,821 | | |

Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 10. Resultados de la Estación 05 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A HUEJUTLA | | | | | | | SENTIDO 2: A PACHUCA | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|------------|--------------|------------|----------|---------------|--------------------------|---------------|---------------|--------------|------------|----------|---------------|--|-------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | | |
| DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL | DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL |
| | A | B | CU | CAI | CAII | | | | A | B | CU | CAI | CAII | | |
| MARTES | 2,021 | 18 | 334 | 88 | 0 | 2,461 | MARTES | 2,144 | 23 | 367 | 70 | 0 | 2,604 | | |
| MIÉRCOLES | 2,159 | 17 | 343 | 76 | 1 | 2,596 | MIÉRCOLES | 2,199 | 22 | 365 | 74 | 2 | 2,662 | | |
| JUEVES | 2,268 | 20 | 357 | 77 | 2 | 2,724 | JUEVES | 2,434 | 25 | 405 | 76 | 1 | 2,941 | | |
| VIERNES | 2,627 | 20 | 421 | 102 | 0 | 3,170 | VIERNES | 2,778 | 29 | 453 | 85 | 0 | 3,343 | | |
| SÁBADO | 3,425 | 19 | 286 | 59 | 0 | 3,789 | SÁBADO | 2,530 | 21 | 241 | 49 | 0 | 2,841 | | |
| DOMINGO | 2,597 | 22 | 220 | 48 | 0 | 2,887 | DOMINGO | 2,907 | 24 | 233 | 60 | 0 | 3,224 | | |
| LUNES | 2,517 | 21 | 400 | 97 | 0 | 3,035 | LUNES | 2,681 | 29 | 467 | 91 | 0 | 3,268 | | |
| TOTAL | 17,614 | 137 | 2,361 | 547 | 3 | 20,662 | TOTAL | 17,671 | 173 | 2,531 | 605 | 3 | 20,883 | | |
| TES | 11,592 | 96 | 1,855 | 440 | 3 | 13,986 | TES | 12,234 | 128 | 2,057 | 396 | 3 | 14,818 | | |
| TFS | 6,022 | 41 | 506 | 107 | 0 | 6,676 | TFS | 5,437 | 45 | 474 | 109 | 0 | 6,065 | | |
| TDPS-ES | 2,318 | 19 | 371 | 88 | 1 | 2,797 | TDPS-ES | 2,447 | 26 | 411 | 79 | 1 | 2,964 | | |
| TDPS-FS | 3,011 | 21 | 253 | 54 | 0 | 3,338 | TDPS-FS | 2,719 | 23 | 237 | 55 | 0 | 3,033 | | |

Fuente: Estudio de demanda

Tabla 11. Resultados de la Estación 06 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A ATOTONILCO | | | | | | | SENTIDO 2: A TULANCINGO | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|-----------|------------|-----------|----------|---------------|--------------------------|---------------|---------------|------------|-----------|----------|---------------|--|-------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | | |
| DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL | DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL |
| | A | B | CU | CAI | CAII | | | | A | B | CU | CAI | CAII | | |
| MARTES | 1,532 | 2 | 95 | 11 | 0 | 1,640 | MARTES | 1,636 | 1 | 93 | 11 | 0 | 1,741 | | |
| MIÉRCOLES | 1,535 | 2 | 87 | 11 | 0 | 1,635 | MIÉRCOLES | 1,680 | 1 | 96 | 14 | 0 | 1,791 | | |
| JUEVES | 1,656 | 2 | 100 | 10 | 0 | 1,768 | JUEVES | 1,622 | 1 | 90 | 14 | 0 | 1,727 | | |
| VIERNES | 1,673 | 2 | 94 | 11 | 0 | 1,780 | VIERNES | 1,898 | 2 | 104 | 14 | 0 | 2,018 | | |
| SÁBADO | 2,160 | 1 | 16 | 1 | 0 | 2,178 | SÁBADO | 2,699 | 3 | 19 | 4 | 0 | 2,925 | | |
| DOMINGO | 2,853 | 2 | 17 | 4 | 0 | 2,876 | DOMINGO | 2,783 | 4 | 15 | 5 | 0 | 2,807 | | |
| LUNES | 1,756 | 2 | 107 | 12 | 0 | 1,877 | LUNES | 1,810 | 2 | 97 | 14 | 0 | 1,923 | | |
| TOTAL | 13,165 | 13 | 516 | 60 | 0 | 13,754 | TOTAL | 14,328 | 14 | 514 | 76 | 0 | 14,932 | | |
| TES | 8,152 | 10 | 483 | 55 | 0 | 8,700 | TES | 8,646 | 7 | 480 | 67 | 0 | 9,200 | | |
| IFS | 5,013 | 3 | 33 | 5 | 0 | 5,054 | IFS | 5,682 | 7 | 34 | 9 | 0 | 5,732 | | |
| TDPS-ES | 1,630 | 2 | 97 | 11 | 0 | 1,740 | TDPS-ES | 1,729 | 1 | 96 | 13 | 0 | 1,840 | | |
| TDPS-FS | 2,507 | 2 | 17 | 3 | 0 | 2,527 | TDPS-FS | 2,841 | 4 | 17 | 5 | 0 | 2,866 | | |

Fuente: Estudio de demanda

Tabla 12. Resultados de la Estación 07 de Aforos Automáticos

| SENTIDO 1: A ATOTONILCO | | | | | | | SENTIDO 2: A TULANCINGO | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|-----------|------------|-----------|----------|---------------|--------------------------|--------------|---------------|------------|-----------|----------|---------------|--|-------|
| RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | RESUMEN DE AFORO SEMANAL | | | | | | | | |
| DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL | DIA | CLASIFICACION | | | | | | TOTAL |
| | A | B | CU | CAI | CAII | | | | A | B | CU | CAI | CAII | | |
| MARTES | 1,198 | 2 | 142 | 7 | 0 | 1,349 | MARTES | 1,121 | 3 | 128 | 7 | 0 | 1,259 | | |
| MIÉRCOLES | 1,178 | 1 | 129 | 8 | 0 | 1,316 | MIÉRCOLES | 1,119 | 4 | 128 | 7 | 0 | 1,258 | | |
| JUEVES | 1,397 | 3 | 162 | 10 | 0 | 1,572 | JUEVES | 1,262 | 4 | 151 | 8 | 0 | 1,425 | | |
| VIERNES | 1,284 | 3 | 145 | 8 | 0 | 1,440 | VIERNES | 1,172 | 3 | 138 | 8 | 0 | 1,321 | | |
| SÁBADO | 1,616 | 1 | 76 | 1 | 0 | 1,694 | SÁBADO | 1,517 | 1 | 72 | 1 | 0 | 1,591 | | |
| DOMINGO | 1,814 | 1 | 76 | 1 | 0 | 1,892 | DOMINGO | 1,784 | 2 | 73 | 1 | 0 | 1,860 | | |
| LUNES | 1,398 | 3 | 164 | 10 | 0 | 1,575 | LUNES | 1,223 | 3 | 148 | 7 | 0 | 1,381 | | |
| TOTAL | 9,885 | 14 | 894 | 45 | 0 | 10,838 | TOTAL | 9,198 | 20 | 838 | 39 | 0 | 10,095 | | |
| TES | 6,455 | 12 | 742 | 43 | 0 | 7,252 | TES | 5,897 | 17 | 693 | 37 | 0 | 6,644 | | |
| TFS | 3,430 | 2 | 152 | 2 | 0 | 3,586 | TFS | 3,301 | 3 | 145 | 2 | 0 | 3,451 | | |
| TDPS-ES | 1,291 | 2 | 148 | 9 | 0 | 1,450 | TDPS-ES | 1,179 | 3 | 139 | 7 | 0 | 1,329 | | |
| TDPS-FS | 1,715 | 1 | 76 | 1 | 0 | 1,793 | TDPS-FS | 1,661 | 2 | 73 | 1 | 0 | 1,736 | | |

Fuente: Estudio de demanda

Aforos manuales

Los aforos manuales muestran el comportamiento horario, durante el periodo de 12 horas para cada día de ejecución; los aforos manuales se realizaron un día entre semana y otro en fin de semana.

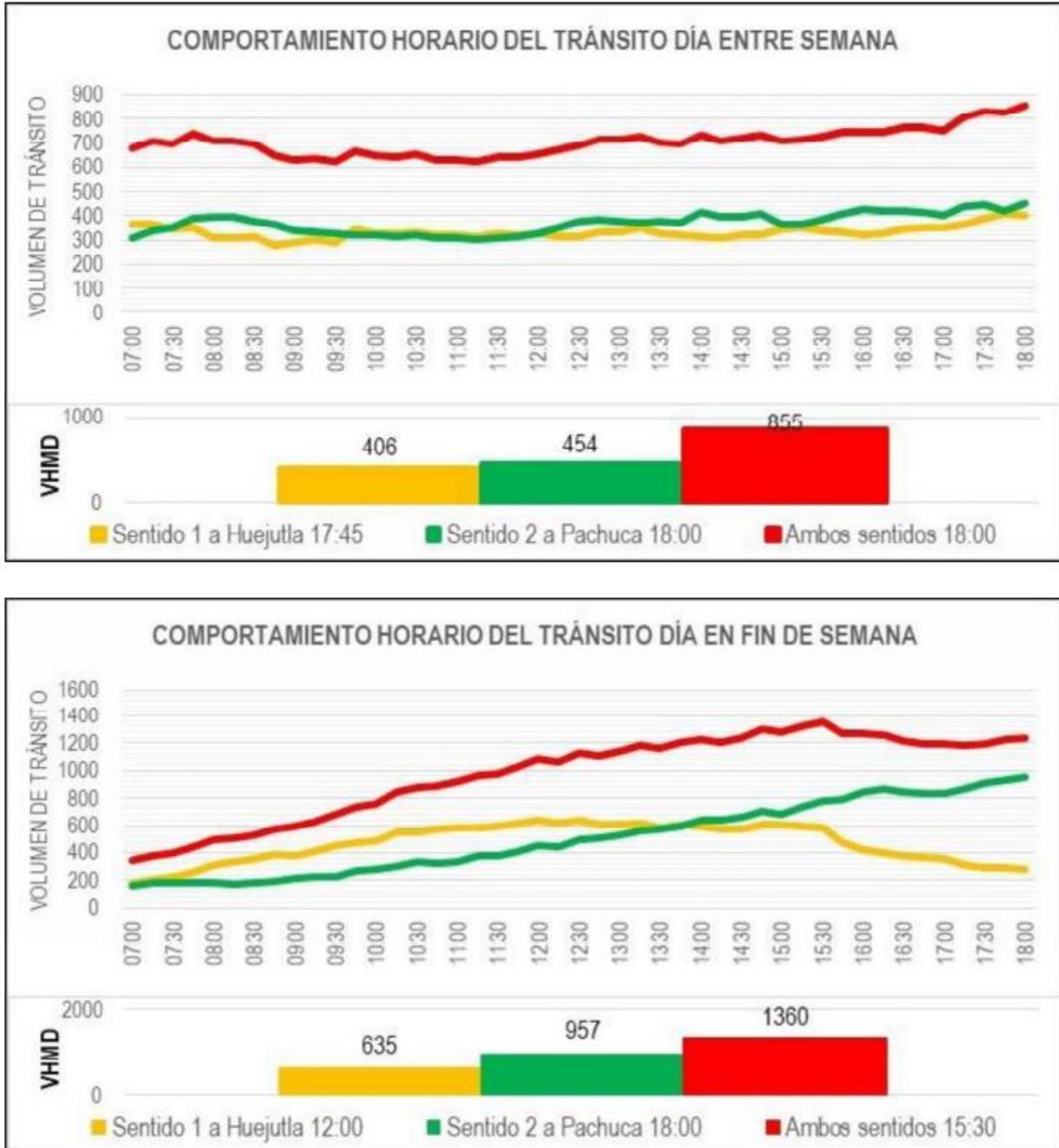


Figura 15. Aforo Manual Estación 01
 Fuente: Estudio de demanda

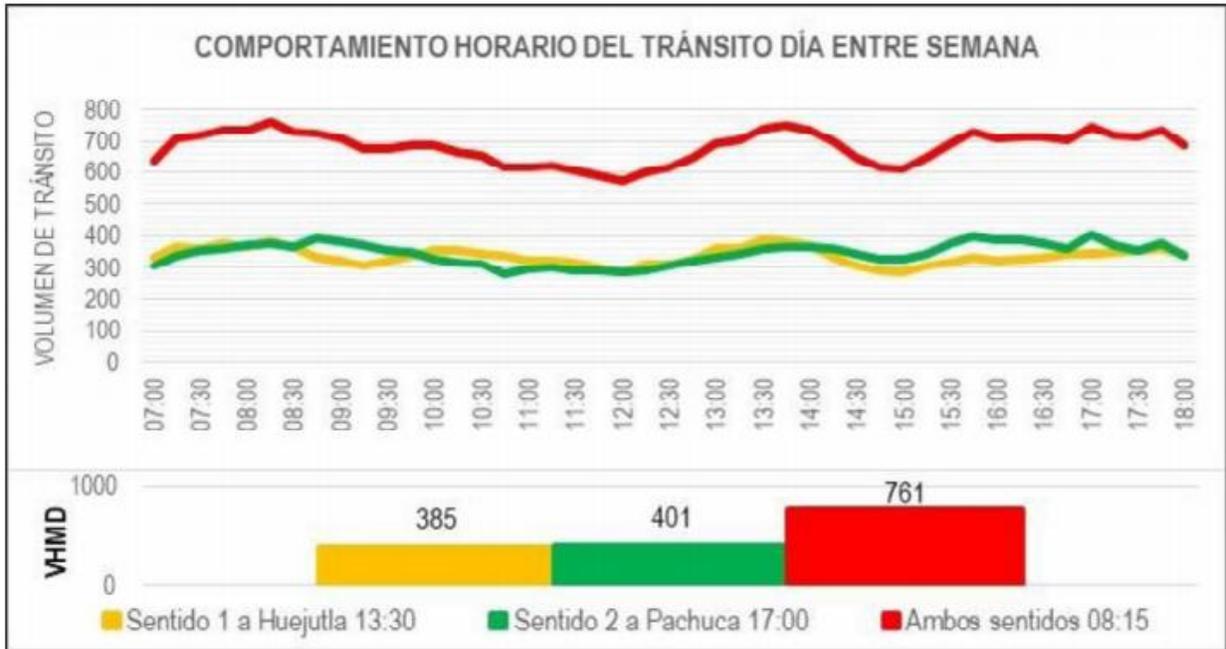


Figura 16. Aforo Manual Estación 02
 Fuente: Estudio de demanda

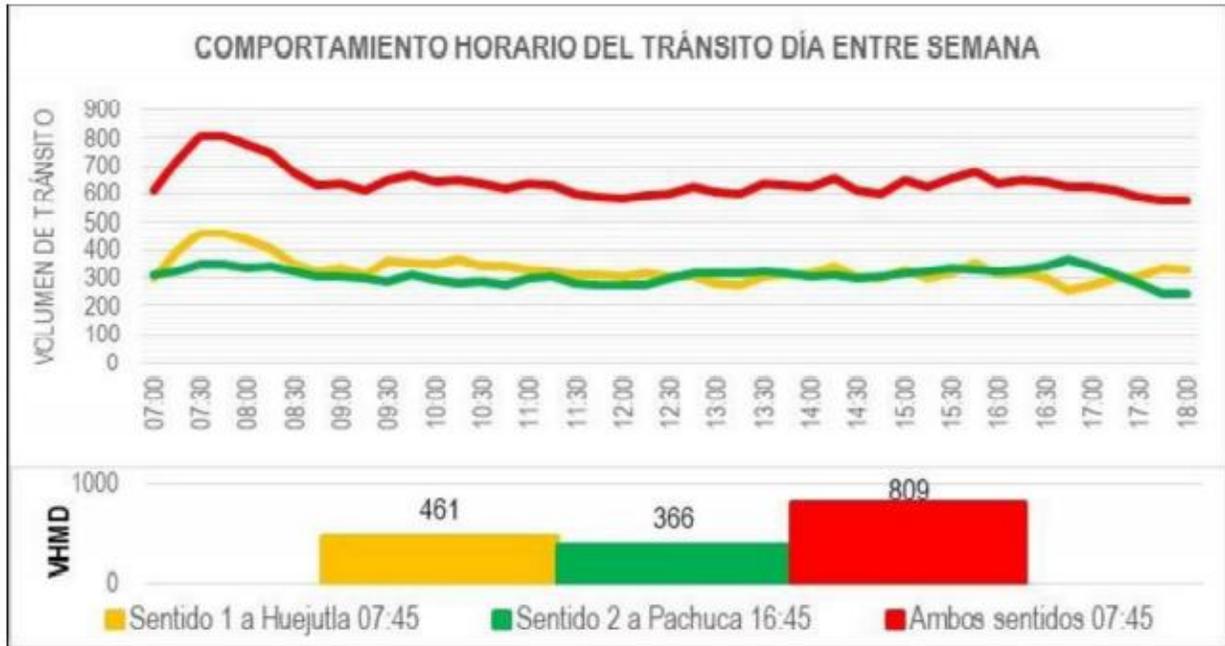


Figura 17. Aforo Manual Estación 03
 Fuente: Estudio de demanda

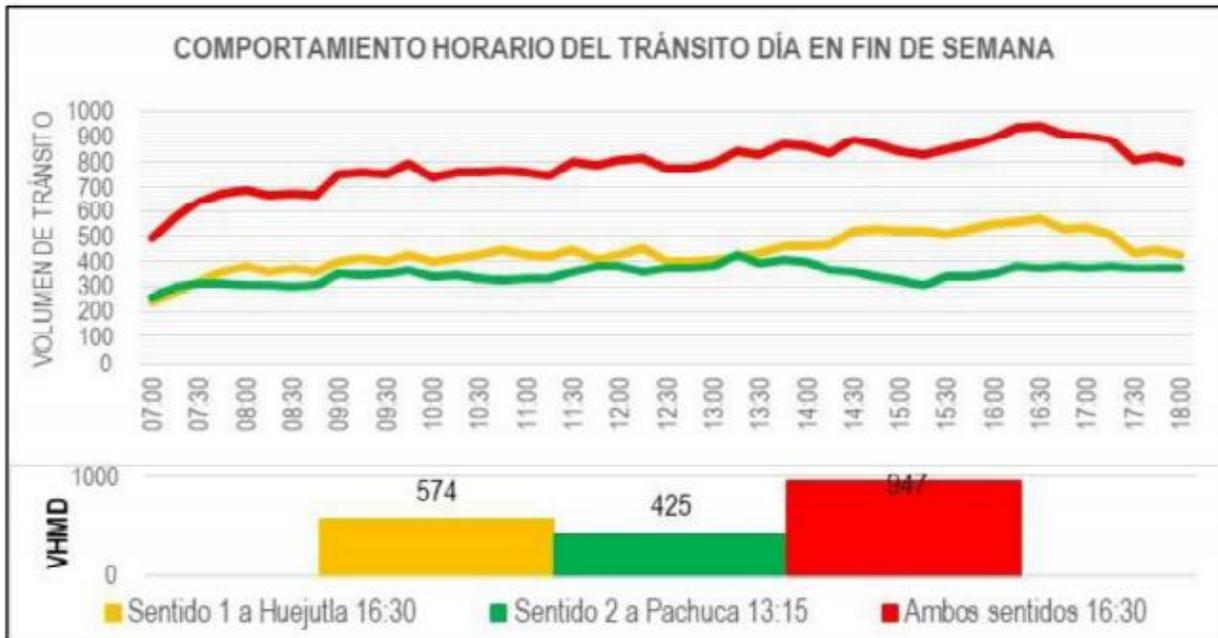


Figura 18. Aforo Manual Estación 04
 Fuente: Estudio de demanda

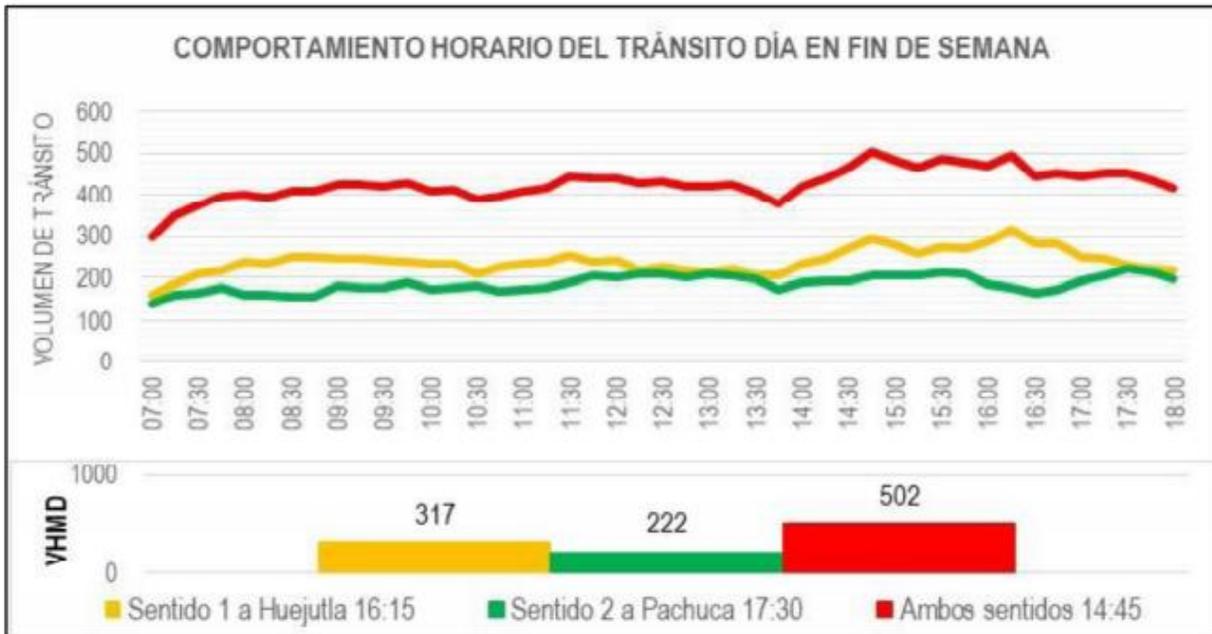


Figura 19. Aforo Manual Estación 05
 Fuente: Estudio de demanda



Figura 20. Aforo Manual Estación 06
 Fuente: Estudio de demanda

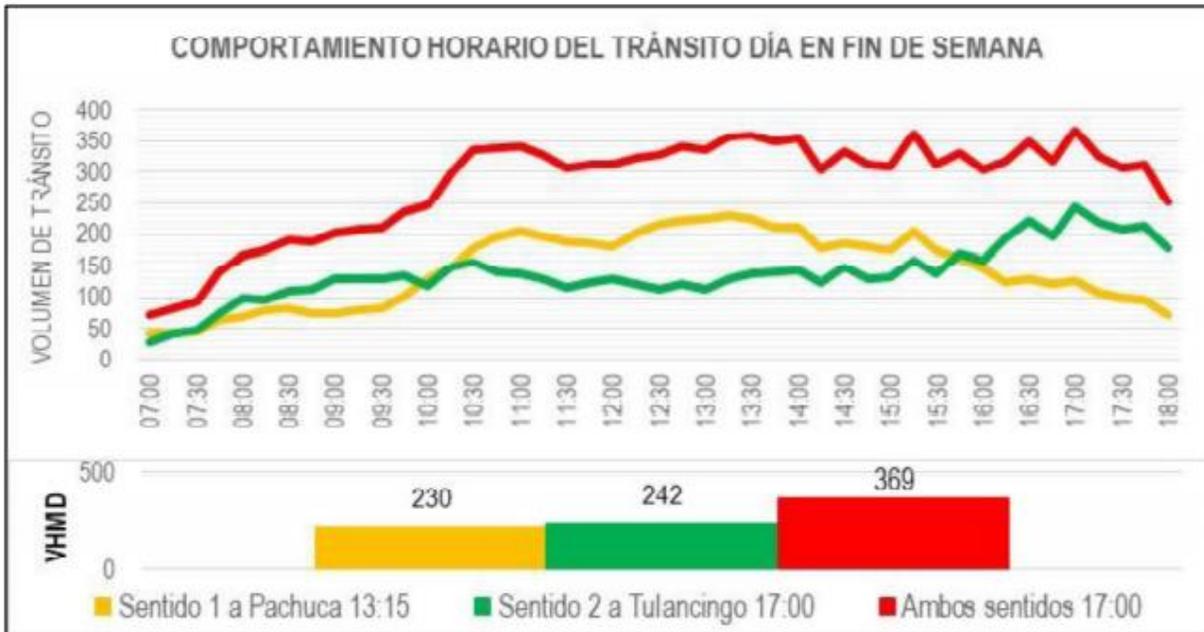


Figura 21. Aforo Manual Estación 07
 Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

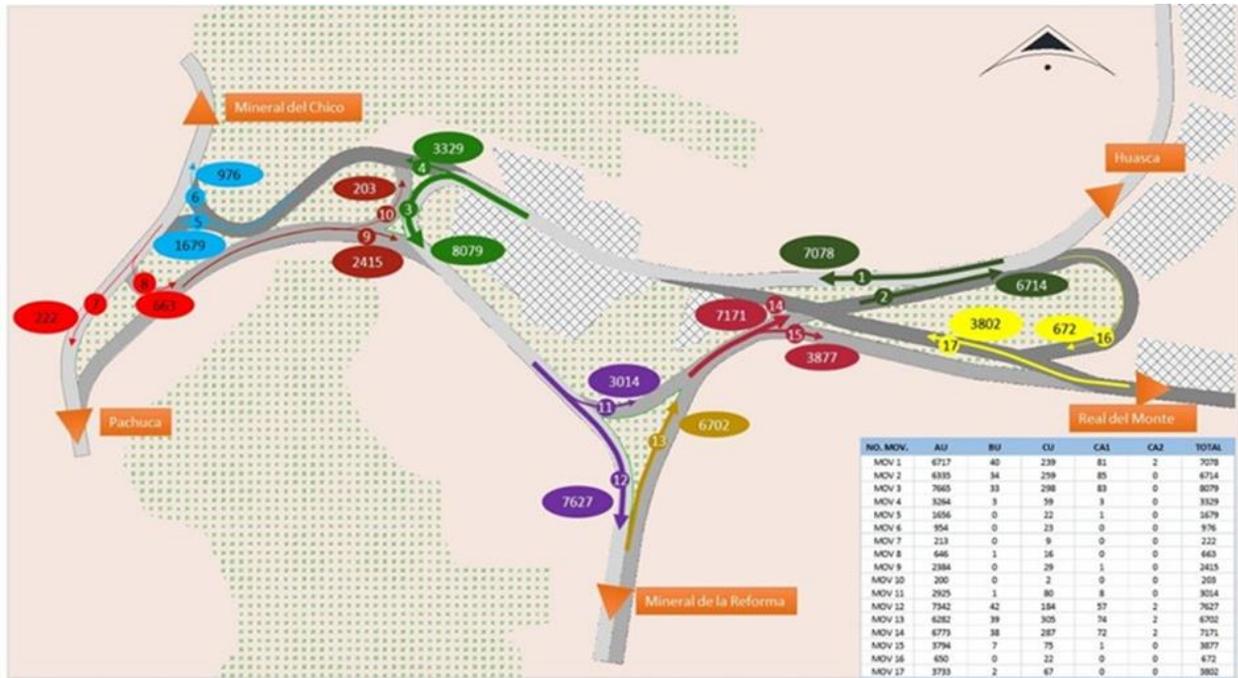


Figura 22. Aforo Manual Estación 08. Entronque Mineral del Monte.
 Fuente: Estudio de demanda



Figura 23. Aforo Manual Estación 03A. Entronque Huasca.
 Fuente: Estudio de demanda

Análisis de encuestas Origen – Destino y Preferencia Declarada.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de las estaciones de encuestas Origen Destino y Preferencia Declarada.

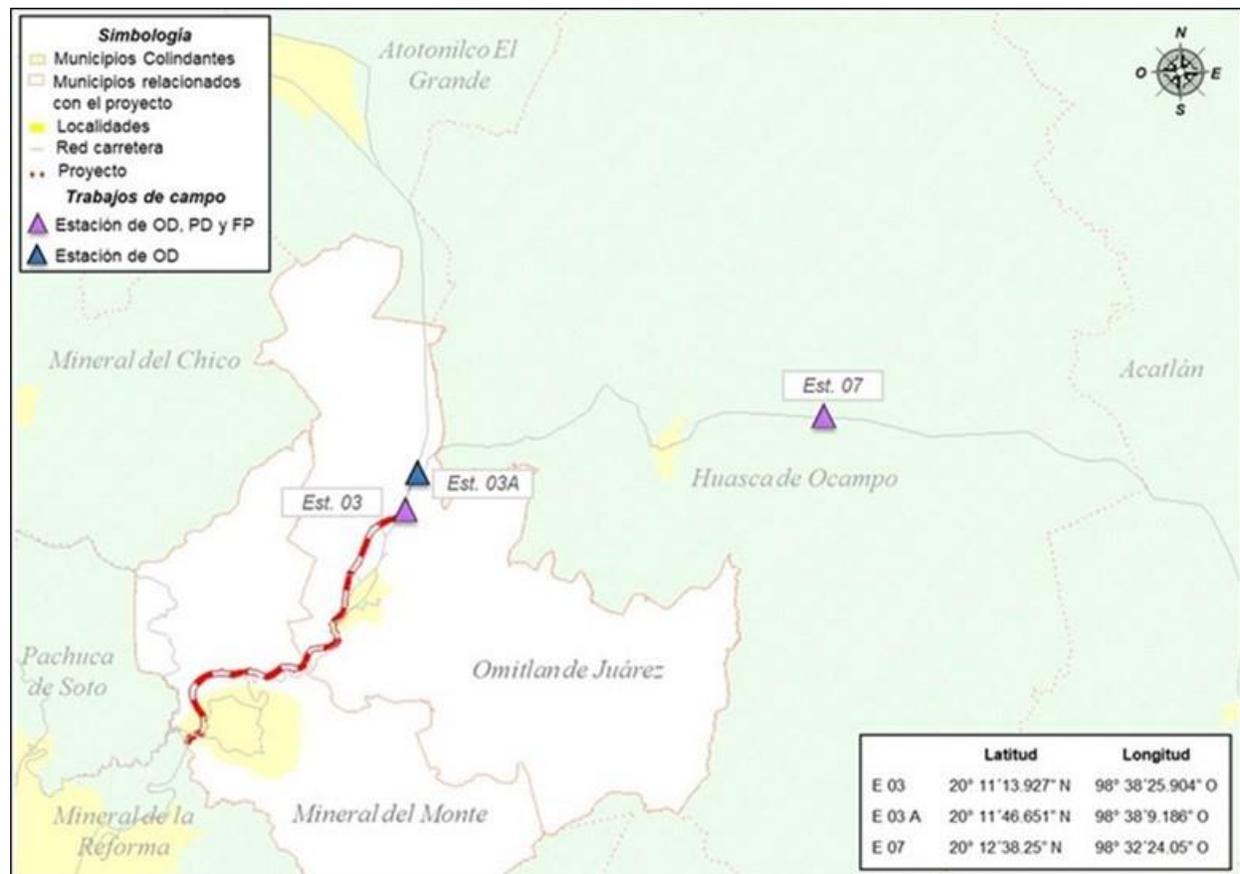


Figura 24. Ubicación de las Estaciones de encuestas Origen – Destino.
 Fuente: Estudio de demanda

La muestra obtenida para cada estación de encuestas se observa en la siguiente tabla:

Tabla 13. Muestra obtenida en las estaciones de encuesta Origen - Destino

| Estación | Ubicación | Tramo | Muestra Obtenida | |
|---------------|-----------------------------|------------------|------------------|--------------|
| | | | ES | FS |
| Es 03 | Mex – 105 Pachuca – Tempoal | | 1,195 | 1,307 |
| Es 03A | Mex – 105 Pachuca – Tempoal | Entronque Huasca | 411 | 433 |
| Es 07 | Camino a Huasca | Rio Seco | 994 | 1,121 |
| Total | | | 2,600 | 2,861 |

Fuente: Estudio de demanda

Motivo de viaje. El principal motivo de viaje para los días entre semana siempre es trabajo, mientras que para el fin de semana la estación 03 y 07 cambia el motivo de viajes por trabajo a viajes por motivos recreacionales.

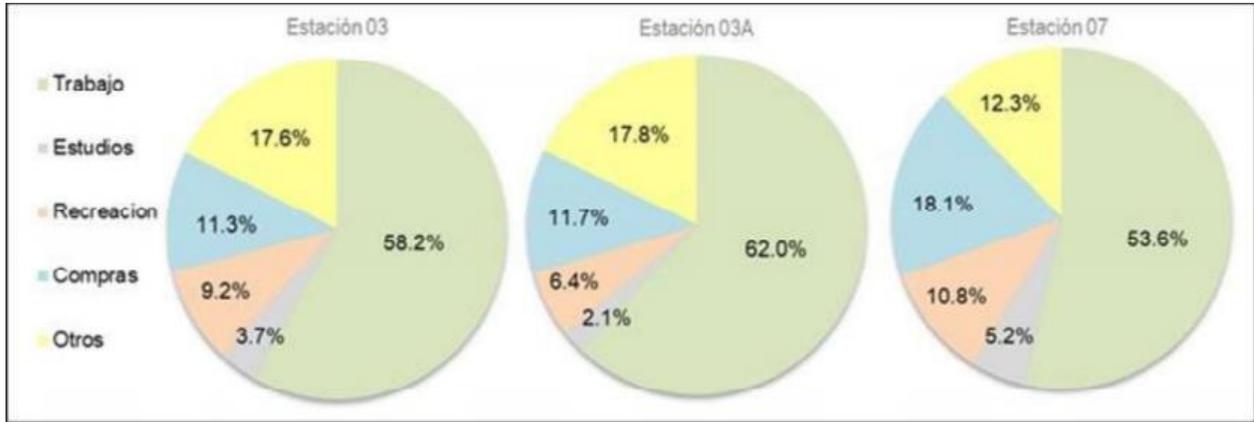


Figura 25. Motivo de viaje para automóviles que circulan entre semana
 Fuente: Estudio de demanda

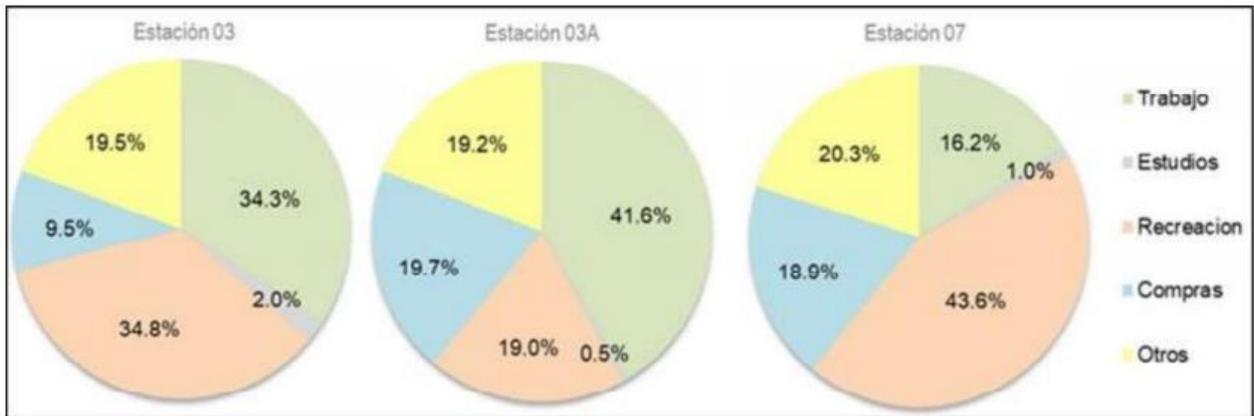


Figura 26. Motivo de viaje para automóviles que circulan en fin de semana
 Fuente: Estudio de demanda

Frecuencia de viaje para automóviles. La frecuencia de los viajes está relacionada íntimamente con el motivo de viaje, el porcentaje de los viajes que se realizan semanalmente oscilan entre el 37.1% y el 43.5%; permaneciendo así para los días entre semana y en fin de semana.

Después de incorporar los datos de demanda al modelo de transporte, se obtuvieron los siguientes resultados:

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

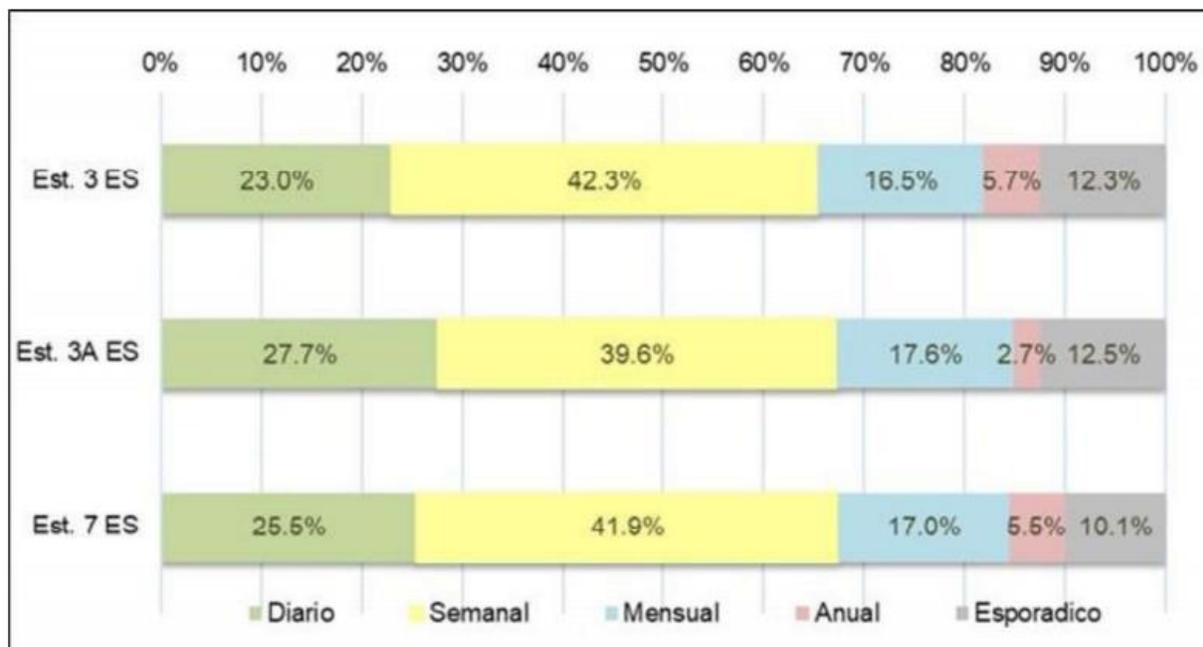


Figura 27. Frecuencia de viaje para automóviles que circulan entre semana
Fuente: Estudio de demanda

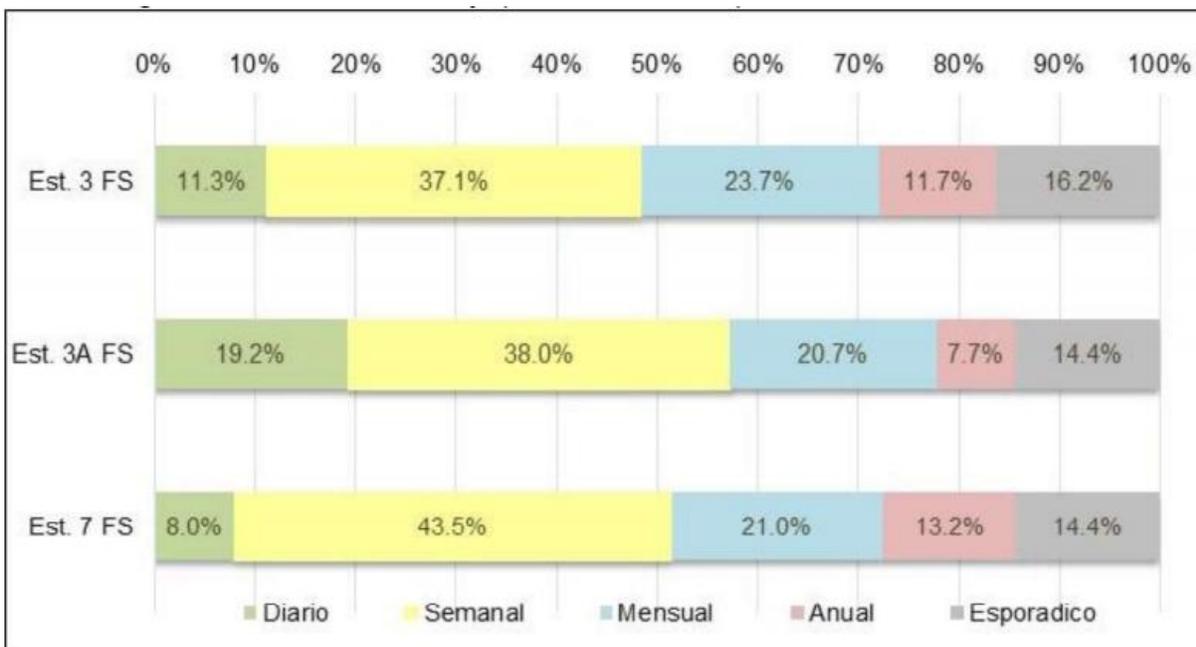


Figura 28. Frecuencia de viaje para automóviles que circulan en fin de semana
Fuente: Estudio de demanda

Frecuencia de viaje para camiones. Para los días entre semana y en fin de semana los viajes que se realizan semanalmente representan el mayor porcentaje.



Figura 29. Frecuencia de viajes para camiones que circulan entre semana.
 Fuente: Estudio de demanda



Figura 30. Frecuencia de viajes para camiones que circulan en fin de semana.
 Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Principales pares Origen – destino. Cerca del 40% de los viajes se realizan entre los municipios de Atotonilco el Grande, Pachuca de Soto, Huasca de Ocampo, Tulancingo de Bravo y Omitlán de Juárez. Las siguientes tablas muestran los principales pares origen destino para cada estación.

Tabla 14. Principales pares origen destino

Estación 03

| Origen | Destino | A% | CU% | CAI% | CAII% | SUBTOTAL | TOTAL |
|--|--|-------|------|------|-------|----------|--------|
| Atotonilco El Grande - Pachuca | Pachuca - Atotonilco El Grande | 16.0% | 1.0% | 0.2% | 0.0% | 17.2% | 17.2% |
| Pachuca - Huasca | Huasca - Pachuca | 10.8% | 0.4% | 0.1% | 0.0% | 11.3% | 28.6% |
| Zacualtipan - Pachuca | Pachuca - Zacualtipan | 5.4% | 0.4% | 0.2% | 0.0% | 6.0% | 34.6% |
| Omitlan - Atotonilco El Grande | Atotonilco El Grande - Omitlan | 6.0% | 0.2% | 0.0% | 0.0% | 6.2% | 40.7% |
| Omitlan de Juarez | Omitlan de Juarez | 4.3% | 0.2% | 0.0% | 0.0% | 4.5% | 45.3% |
| Omitlan - Huasca | Huasca - Omitlan | 4.5% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 4.7% | 49.9% |
| San Agustin Metzquititlan - Pachuca | Pachuca - San Agustin Metzquititlan | 4.1% | 0.1% | 0.1% | 0.0% | 4.3% | 54.2% |
| Huejutla - Pachuca | Pachuca - Huejutla | 2.2% | 0.1% | 0.1% | 0.0% | 2.4% | 56.7% |
| Omitlan - Pachuca | Pachuca - Omitlan | 2.2% | 0.1% | 0.1% | 0.0% | 2.4% | 59.1% |
| Mineral del Monte - Huasca | Huasca - Mineral del Monte | 1.8% | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 1.8% | 60.9% |
| Atotonilco El Grande - Mineral de la R. | Mineral de la R. - Atotonilco El Grande | 1.9% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 2.0% | 62.9% |
| Mineral de la R. - Huasca | Huasca - Mineral de la R. | 2.0% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 2.2% | 65.1% |
| Atotonilco El Grande - Mineral del Monte | Mineral del Monte - Atotonilco El Grande | 1.4% | 0.1% | 0.0% | 0.0% | 1.5% | 66.6% |
| Molango - Pachuca | Pachuca - Molango | 0.8% | 0.1% | 0.1% | 0.0% | 1.0% | 67.6% |
| Otros | Otros | 27.6% | 3.7% | 1.1% | 0.1% | 32.4% | 100.0% |

Estación 03A

| Origen | Destino | A% | CU% | CAI% | SUBTOTAL | TOTAL |
|---|---|-------|------|------|----------|--------|
| Huasca - Atotonilco El Grande | Atotonilco El Grande - Huasca | 26.2% | 1.2% | 0.0% | 27.4% | 27.4% |
| Tulancingo - Atotonilco El Grande | Atotonilco El Grande - Tulancingo | 9.1% | 1.1% | 0.2% | 10.4% | 37.8% |
| Omitlan de Juarez | Omitlan de Juarez | 4.4% | 0.0% | 0.0% | 4.4% | 42.2% |
| Omitlan - Huasca | Huasca - Omitlan | 7.2% | 0.0% | 0.0% | 7.2% | 49.4% |
| Zacualtipan - Tulancingo | Tulancingo - Zacualtipan | 5.0% | 0.4% | 0.0% | 5.3% | 54.7% |
| Omitlan - Atotonilco El Grande | Atotonilco El Grande - Omitlan | 6.2% | 0.1% | 0.0% | 6.3% | 61.0% |
| Pachuca - Huasca | Huasca - Pachuca | 4.3% | 0.2% | 0.0% | 4.5% | 65.5% |
| Huasca de Ocampo | Huasca de Ocampo | 3.0% | 0.0% | 0.0% | 3.0% | 68.5% |
| Tulancingo - San Agustin Metzquititlan | San Agustin Metzquititlan - Tulancingo | 2.3% | 0.7% | 0.0% | 3.0% | 71.4% |
| Atotonilco El Grande - Acatlan | Acatlan - Atotonilco El Grande | 2.3% | 0.0% | 0.0% | 2.3% | 73.7% |
| Tulancingo de Bravo - Huejutla de Reyes | Huejutla de Reyes - Tulancingo de Bravo | 2.1% | 0.4% | 0.0% | 2.5% | 76.2% |
| Pachuca - Atotonilco El Grande | Atotonilco El Grande - Pachuca | 1.9% | 0.0% | 0.0% | 1.9% | 78.1% |
| Huasca - Zacualtipan | Zacualtipan - Huasca | 1.3% | 0.0% | 0.0% | 1.3% | 79.4% |
| Pachuca - Omitlan | Omitlan - Pachuca | 0.7% | 0.0% | 0.0% | 0.7% | 80.1% |
| Otros | Otros | 18.0% | 1.7% | 0.2% | 19.9% | 100.0% |

Estación 07

| Origen | Destino | A% | CU% | CAI% | SUBTOTAL | TOTAL |
|--|--|-------|------|------|----------|--------|
| Huasca de Ocampo | Huasca de Ocampo | 34.8% | 0.6% | 0.0% | 35.5% | 35.5% |
| Tulancingo - Huasca | Huasca - Tulancingo | 18.7% | 0.3% | 0.0% | 19.0% | 54.5% |
| Huasca - Acatlan | Acatlan - Huasca | 7.1% | 0.3% | 0.0% | 7.4% | 61.9% |
| Atotonilco El Grande - Tulancingo | Tulancingo - Atotonilco El Grande | 5.9% | 0.5% | 0.1% | 6.6% | 68.5% |
| Pachuca - Huasca | Huasca - Pachuca | 2.3% | 0.1% | 0.0% | 2.4% | 70.9% |
| Zacualtipan - Tulancingo | Tulancingo - Zacualtipan | 2.0% | 0.3% | 0.0% | 2.2% | 73.1% |
| Atotonilco El Grande - Huasca | Huasca - Atotonilco El Grande | 1.8% | 0.1% | 0.0% | 1.9% | 75.0% |
| San Agustin Metzquititlan - Tulancingo | Tulancingo - San Agustin Metzquititlan | 1.3% | 0.1% | 0.0% | 1.4% | 76.4% |
| Tulancingo - Omitlan | Omitlan - Tulancingo | 1.2% | 0.0% | 0.0% | 1.2% | 77.6% |
| Acatlan - Atotonilco El Grande | Atotonilco El Grande - Acatlan | 1.1% | 0.0% | 0.0% | 1.2% | 78.8% |
| Omitlan - Huasca | Huasca - Omitlan | 1.1% | 0.1% | 0.0% | 1.2% | 79.9% |
| Pachuca - Acatlan | Acatlan - Pachuca | 0.8% | 0.0% | 0.0% | 0.8% | 80.8% |
| Pachuca - Tulancingo | Tulancingo - Pachuca | 0.8% | 0.1% | 0.0% | 0.8% | 81.6% |
| Huejutla - Tulancingo | Tulancingo - Huejutla | 0.7% | 0.1% | 0.0% | 0.8% | 82.4% |
| Otros | Otros | 17.0% | 0.6% | 0.1% | 17.7% | 100.1% |

Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Líneas de deseo. Las líneas de deseo representan los principales viajes que se realizan dentro de la zona de estudio. Las siguientes imágenes muestran las principales líneas de deseo para los días entre semana y fin de semana.

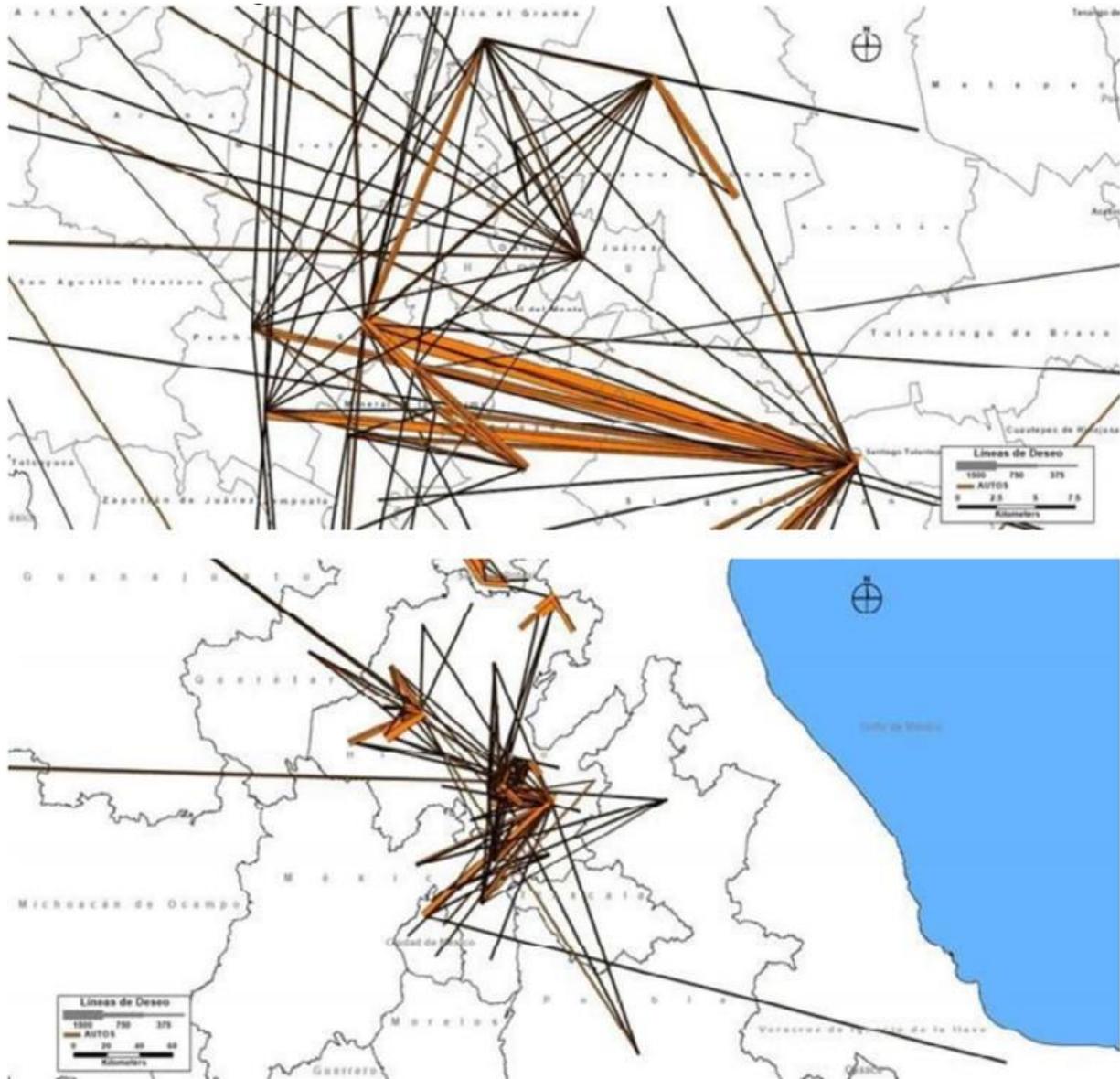


Figura 31. Líneas de Deseo día entre semana automóviles.
Fuente: Estudio de demanda

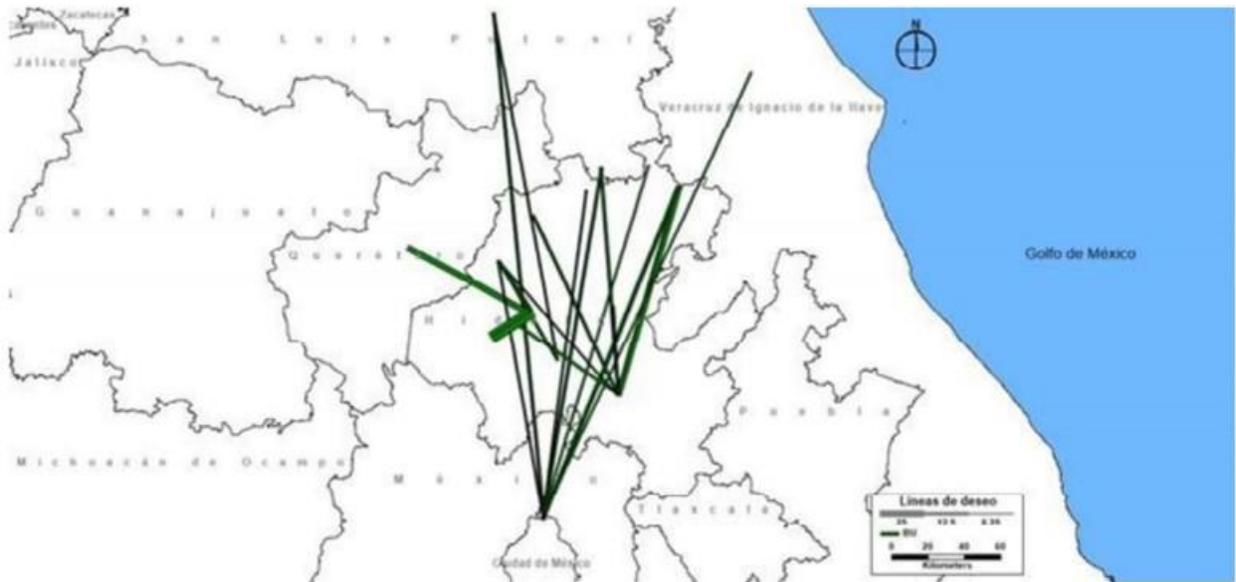


Figura 32. Líneas de Deseo día entre semana autobuses.
Fuente: Estudio de demanda



Figura 33. Líneas de Deseo día entre semana camiones de carga
Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

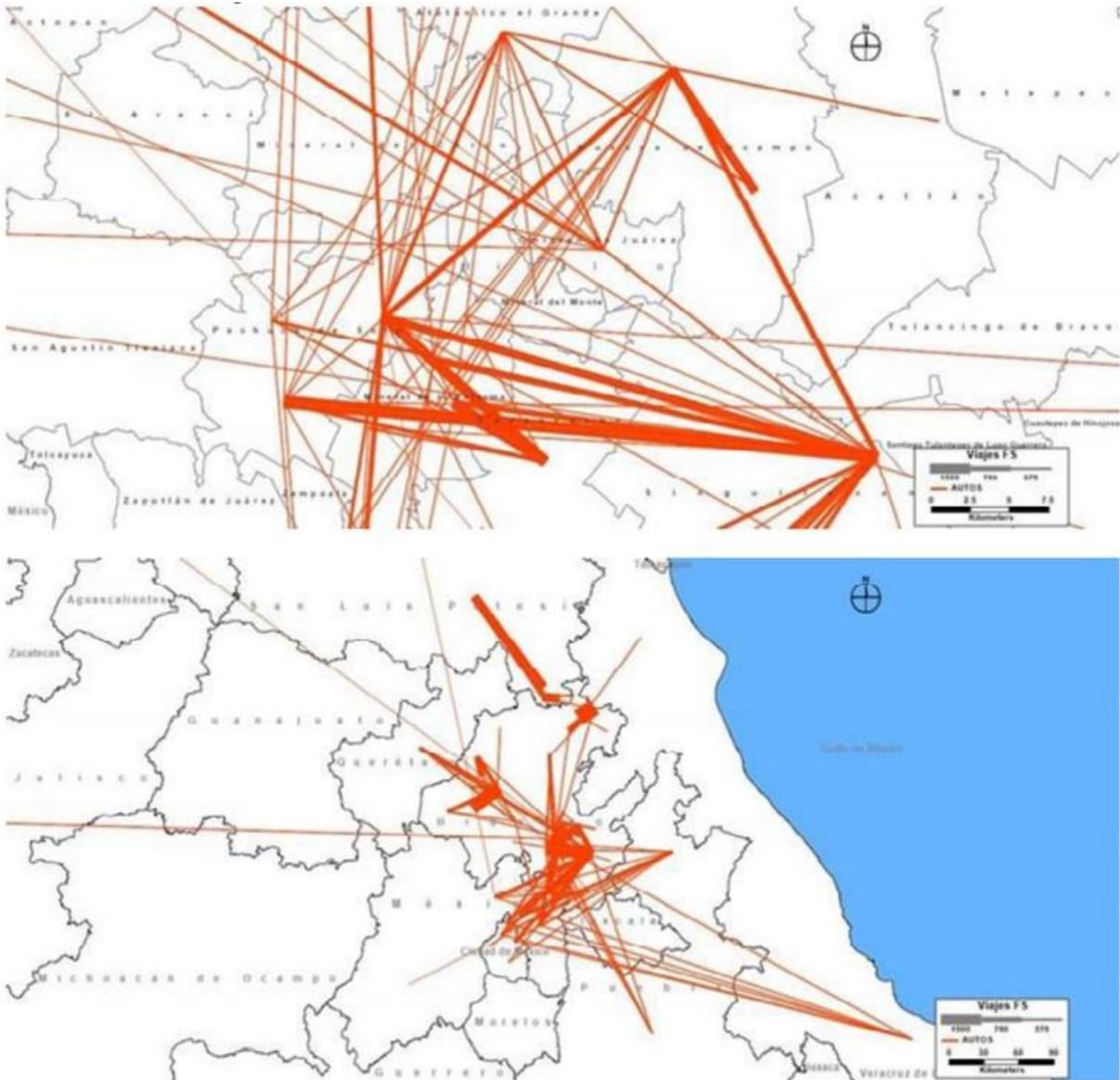


Figura 34. Líneas de Deseo día en fin de semana automóviles.
Fuente: Estudio de demanda

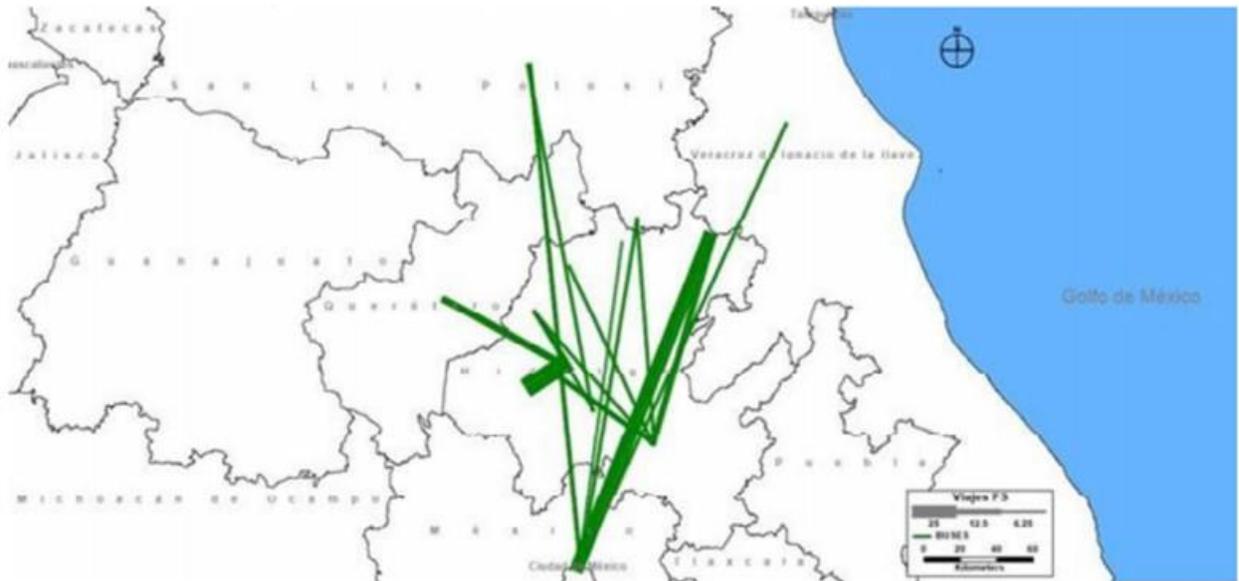


Figura 35. Líneas de Deseo día en fin de semana autobuses.
Fuente: Estudio de demanda

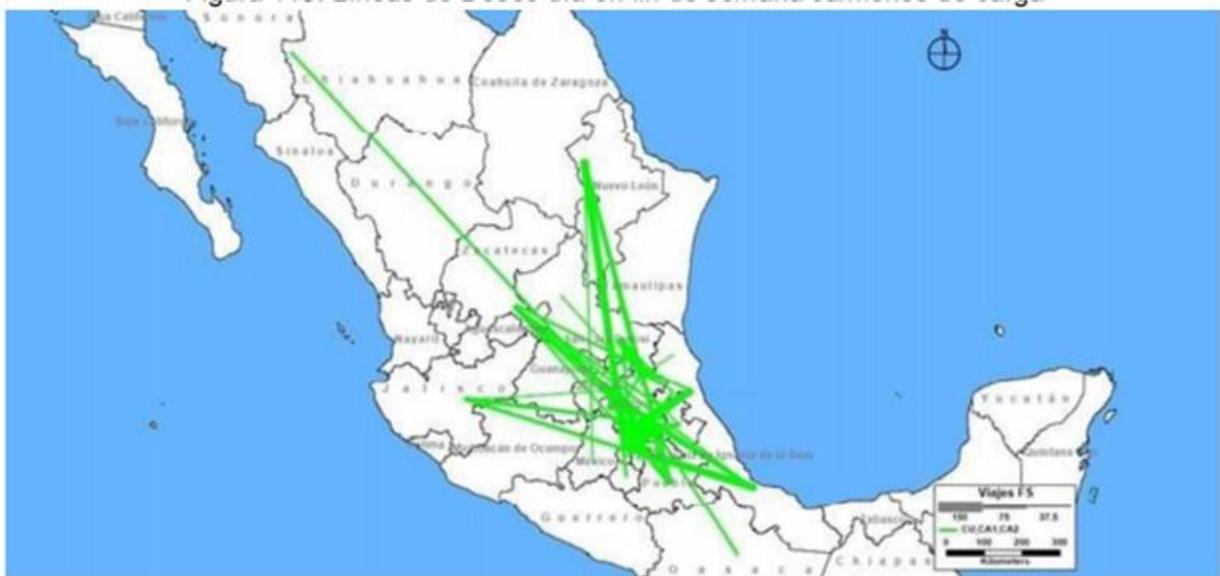


Figura 36. Líneas de Deseo día en fin de semana camiones de carga.
Fuente: Estudio de demanda

Asignación del tránsito actual.

Una vez integrado el modelo de transporte, se llevó a cabo la asignación de tránsito para el año base.

Para cuantificar el tránsito potencial se incluirá los siguientes componentes del tránsito.

- Tránsito atraído a la nueva vía, proveniente de otros modos de transporte (inducido).
- Tránsito derivado de otras rutas carreteras existentes (normales o desviadas).
- Tránsito generado, que antes no viajaba y que previsiblemente lo hará al mejorar las condiciones de comunicación.

Se tomaron en cuenta los proyectos de modernización y construcción de infraestructura en el área de influencia, terminales intermodales y puertos interiores, programas de desarrollo industrial y turístico, programas de desarrollos urbanos estatales y municipales, programas de modernización y construcción de carreteras estatales y federales; así como otros proyectos que, pudieran impactar al proyecto.

Las siguientes imágenes muestra la asignación de la demanda para la situación actual entre semana y fin de semana.

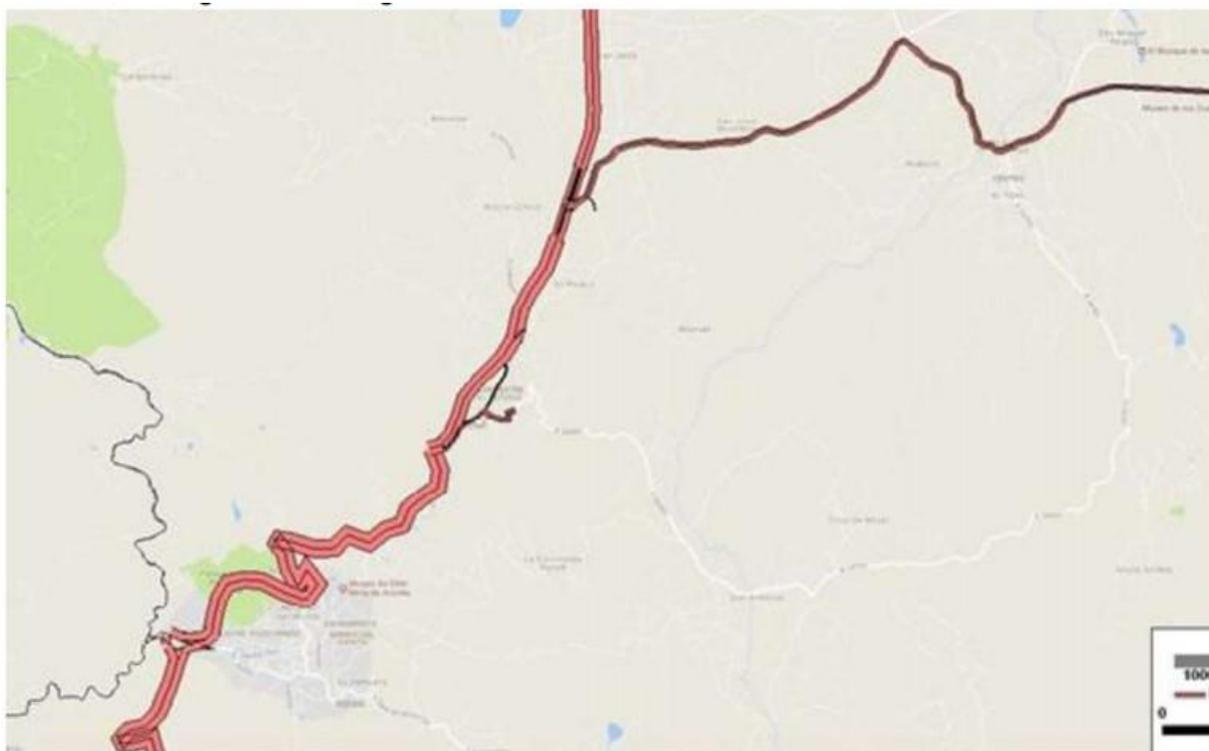


Figura 37. Asignación del tránsito situación actual entre semana.
Fuente: Estudio de demanda

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

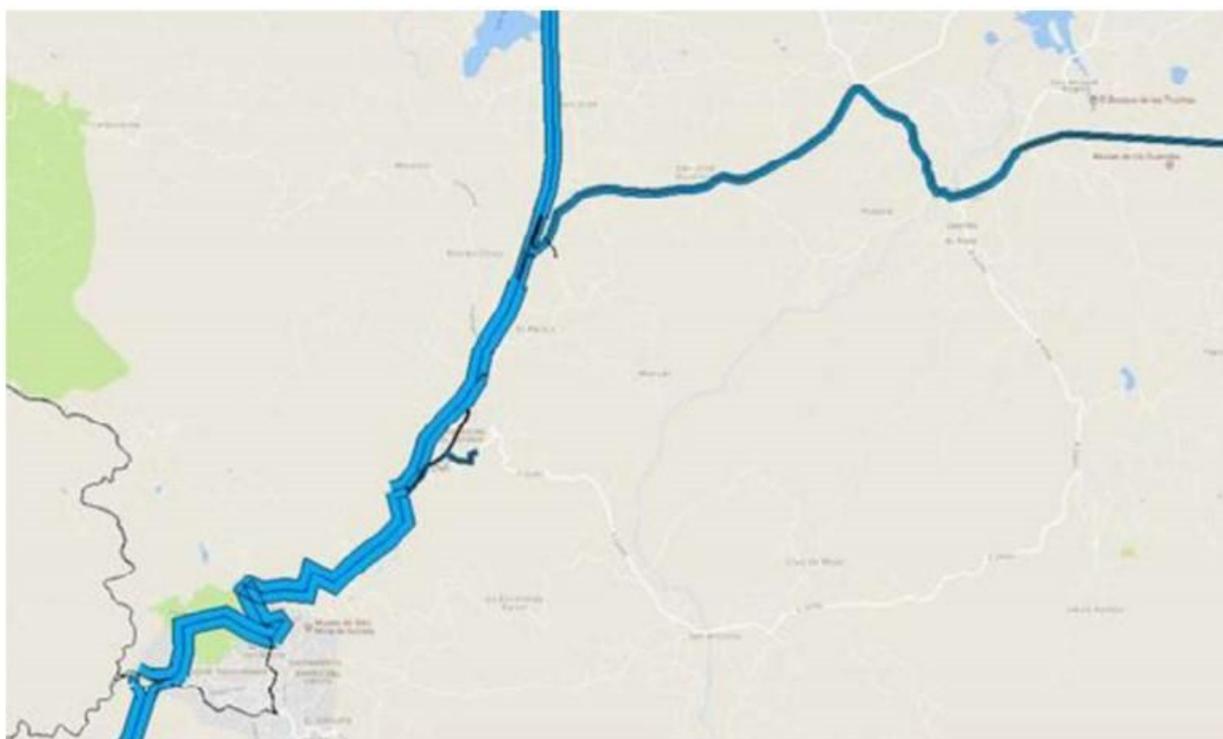


Figura 38. Asignación del tránsito situación actual en fin de semana.
 Fuente: Estudio de demanda

A continuación, se presenta una tabla resumen con los valores del TDPA para cada uno de los tramos que conforman la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Entr. Huasca:

Tabla 15. Tránsito Diario Promedio Anual y composición vehicular de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Entr. Huasca

| Tramo | TDPA | Composición vehicular | | |
|--|--------|-----------------------|-------|-------|
| | | A | B | C |
| 1. Mineral del Monte - Omitlán de Juárez | 13,368 | 93.36% | 0.84% | 5.80% |
| 2. Omitlán de Juárez – Entr. Huasca | 12,243 | 92.75% | 0.91% | 6.34% |

Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de demanda.

MODELO DE PRONÓSTICO.

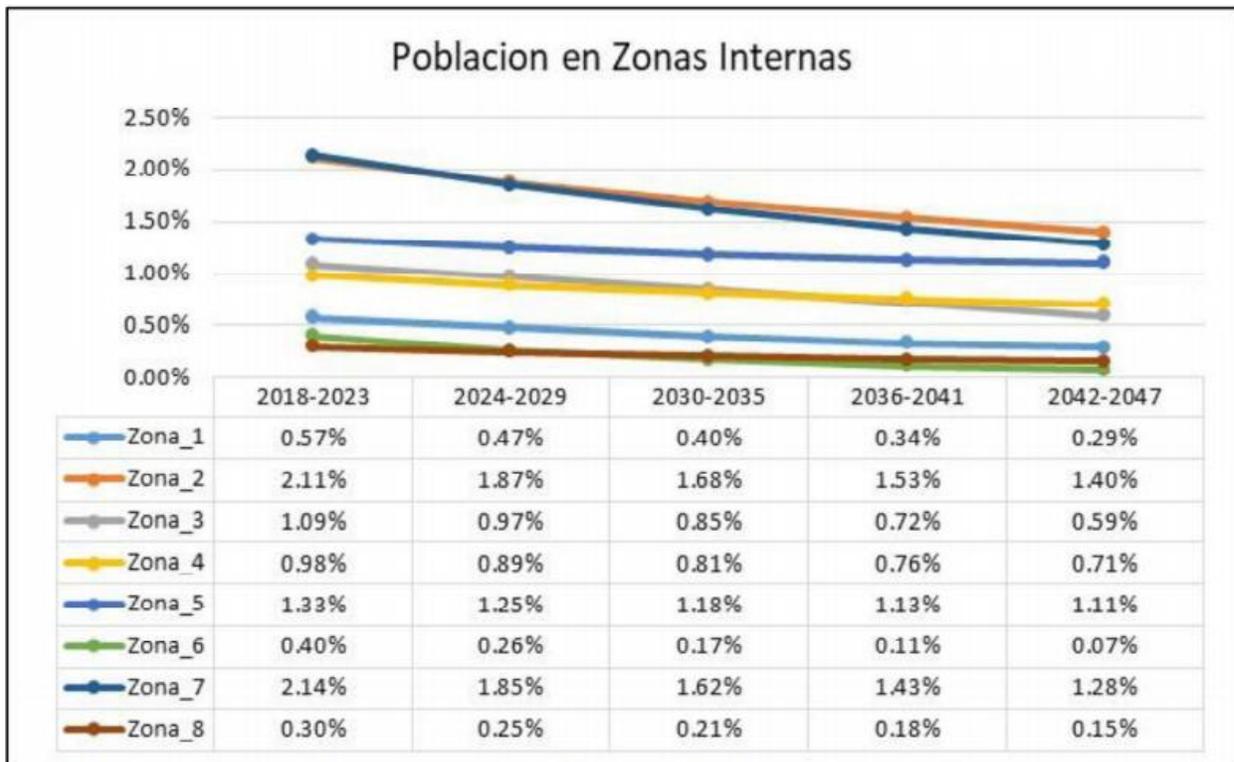
Metodología del pronóstico de las variables socioeconómicas.

Las variables socioeconómicas relevantes para ser consideradas como factibles y para explicar los viajes generados en la zona de estudio, así como en su interacción regional con el resto de los Estados son:

- La Población.
- La Población Económicamente Activa (PEA).
- El Empleo Formal.
- El Parque Vehicular de Autos y Camiones.
- El Producto Interno Bruto (PIB) Estatal y Nacional.

Población.

Los municipios de Hidalgo registraron una serie de altibajos en su población durante el periodo de 1970-2015, donde las Tasas de Crecimiento Media (TCM) de Mineral de la Reforma representaron el mayor crecimiento. La siguiente figura muestra la proyección de las TCMA para los municipios de la zona interna para el periodo 2018-2047.



*Zona_1 Pachuca de Soto, Zona_2 Mineral de la Reforma, Zona_3 Epazoyucan, Zona_4 Mineral del Monte, Zona_5 Omitlán de Juárez, Zona_6 Huasca de Ocampo, Zona_7 Mineral del Chico, Zona_8 Atotonilco el Grande.

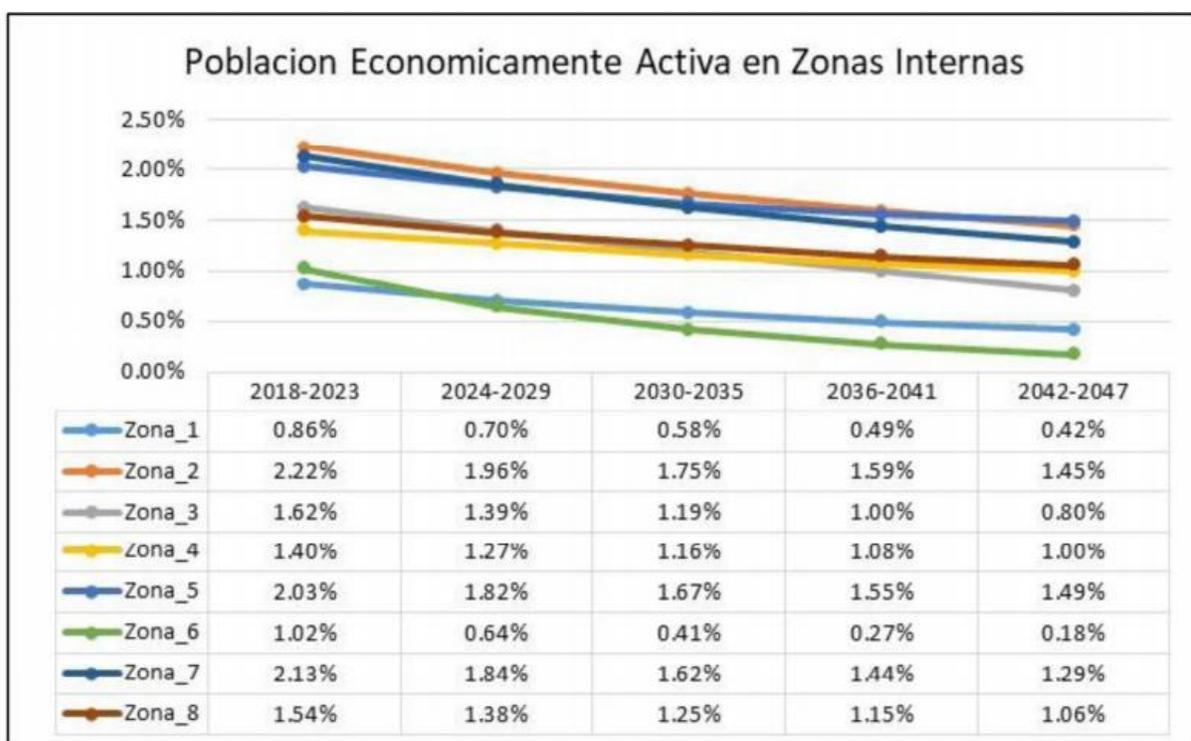
Figura 39. TCMA para la Población en zonas internas
 Fuente: Estudio de demanda

Población Económicamente Activa (PEA).

La participación en la Población Económicamente Activa (PEA) de 1970-2010 presentó altibajos en sus Tasas de Crecimiento, teniendo al municipio de Mineral de la Reforma como el de mayor crecimiento.

En la década 1980 1990 se registraron las Tasas de Crecimiento más bajas, siendo Mineral de la Reforma la única que tuvo un crecimiento positivo, caso contrario del resto de los municipios que mostraron tendencias impositivas como Mineral del Chico.

La proyección de las TCMA para la Población Económicamente Activa (periodo 2018-2047) en las zonas internas se muestra en la siguiente imagen



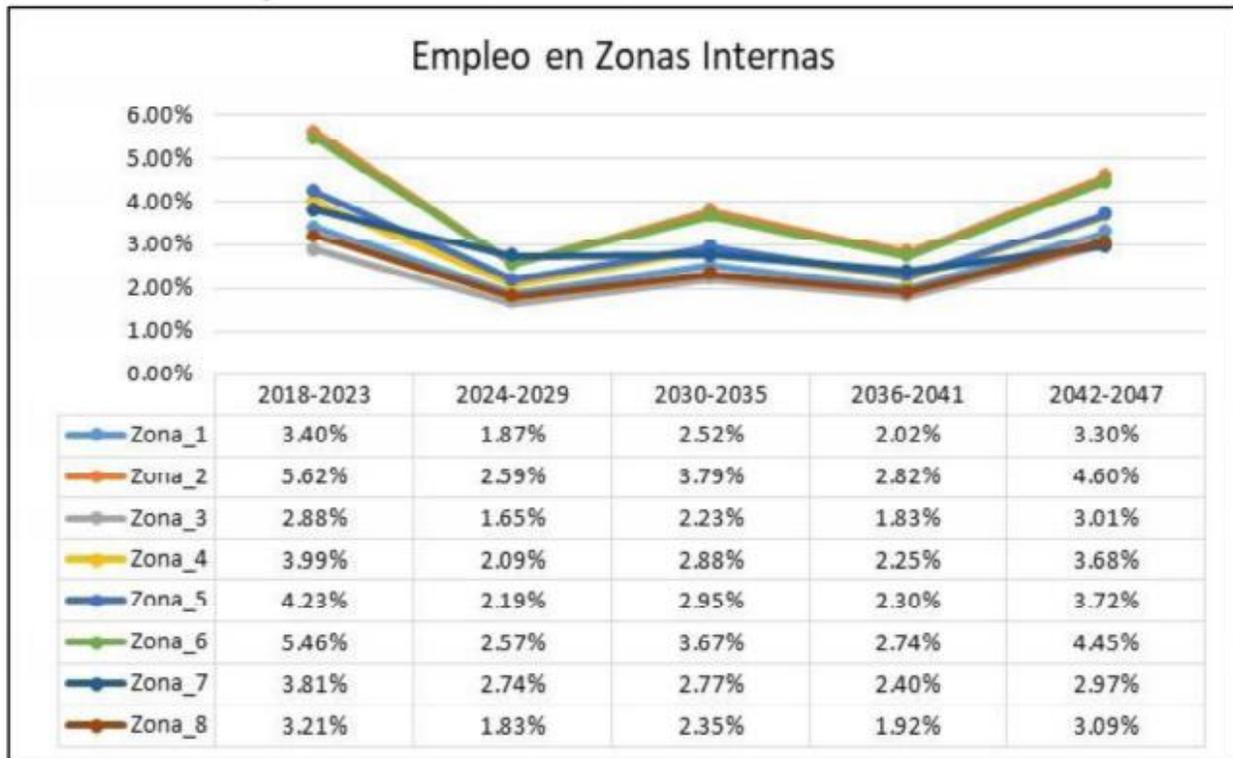
***Zona_1** Pachuca de Soto, **Zona_2** Mineral de la Reforma, **Zona_3** Epazoyucan, **Zona_4** Mineral del Monte, **Zona_5** Omitlán de Juárez, **Zona_6** Huasca de Ocampo, **Zona_7** Mineral del Chico, **Zona_8** Atotonilco el Grande.

Figura 40. TCMA para la Población Económicamente Activa en zonas internas.
 Fuente: Estudio de demanda

Empleo.

En los municipios del estado de Hidalgo se registró una recuperación notable en las TCMA para el empleo formal de 1989-2014, encontrando que Mineral de la Reforma tuvo la mayor participación y Epazoyucan el menor registro.

La siguiente figura muestra la proyección de las TCMA para el Empleo formal en el periodo 2018-2047 para los municipios relacionados con el proyecto.



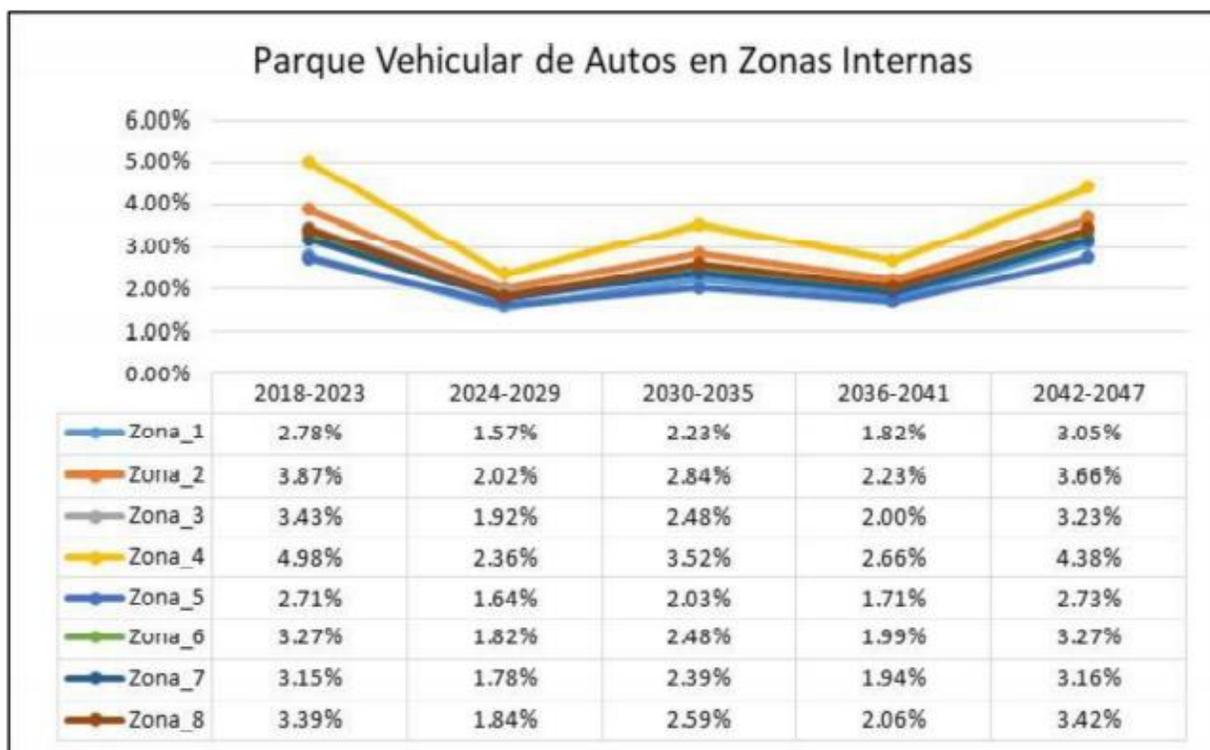
Zona_1 Pachuca de Soto, **Zona_2** Mineral de la Reforma, **Zona_3** Epazoyucan, **Zona_4** Mineral del Monte, **Zona_5** Omitlán de Juárez, **Zona_6** Huasca de Ocampo, **Zona_7** Mineral del Chico, **Zona_8** Atotonilco el Grande.

Figura 41. TCMA para el Empleo Formal en zonas internas.
Fuente: Estudio de demanda

Autos.

En base a datos del Parque Vehicular de Autos publicados por INEGI, el Estado de Hidalgo registra tasas crecientes y decrecientes; en los últimos años todos los municipios marcaron tendencias a la baja, siendo Pachuca la de menor crecimiento con 2.93% y la de mayor participación fue Mineral de la Reforma con el 12.68%.

En la siguiente figura se muestran las proyecciones de las TCMA para el Parque Vehicular de Autos en la zona interna del proyecto.



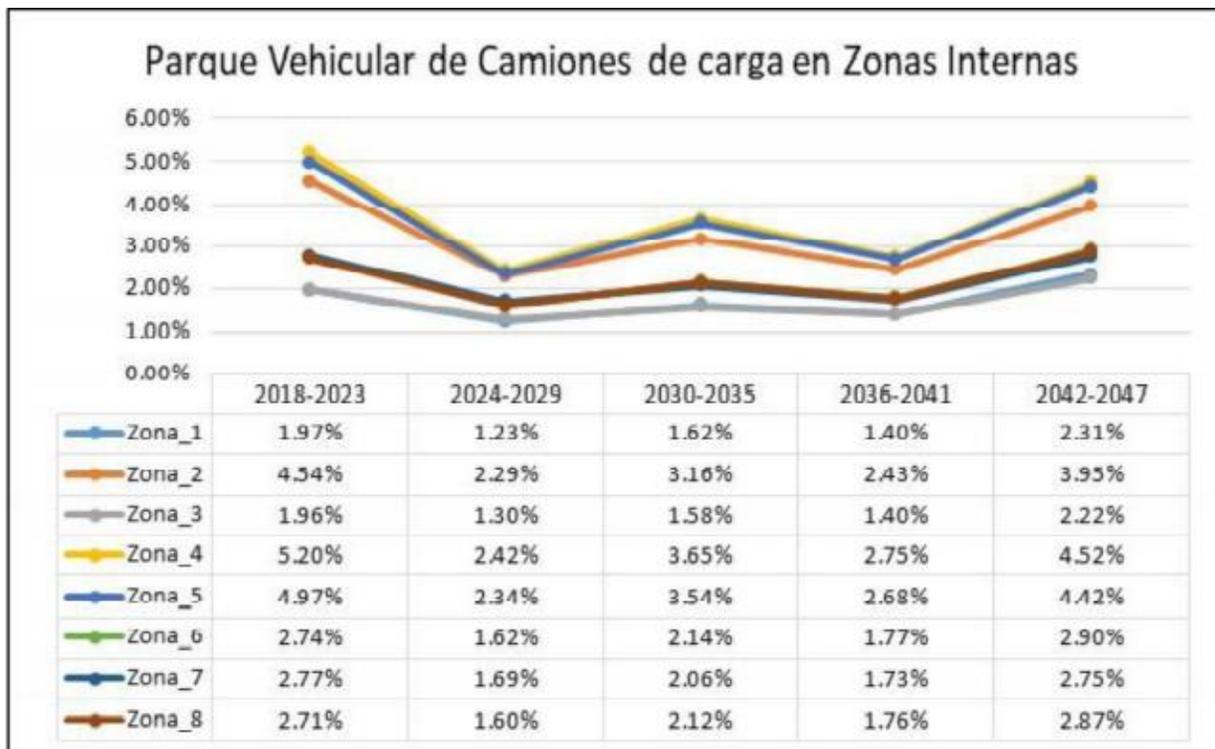
*Zona_1 Pachuca de Soto, Zona_2 Mineral de la Reforma, Zona_3 Epazoyucan, Zona_4 Mineral del Monte, Zona_5 Omitlán de Juárez, Zona_6 Huasca de Ocampo, Zona_7 Mineral del Chico, Zona_8 Atotonilco el Grande.

Figura 42. TCMA para el Parque Vehicular de Autos en zonas internas
 Fuente: Estudio de demanda

Camiones de Carga.

Los camiones de carga al igual que el de autos en los últimos años todos los municipios marcaron tendencias a la baja, siendo Huasca la de menor participación con el 1.70%, mientras que Mineral de la Reforma marco el mayor crecimiento con el 8.41%.

Para los municipios relacionados directamente al proyecto se obtuvieron las siguientes proyecciones de las TCMA para un periodo de estudio del 2018-2047.



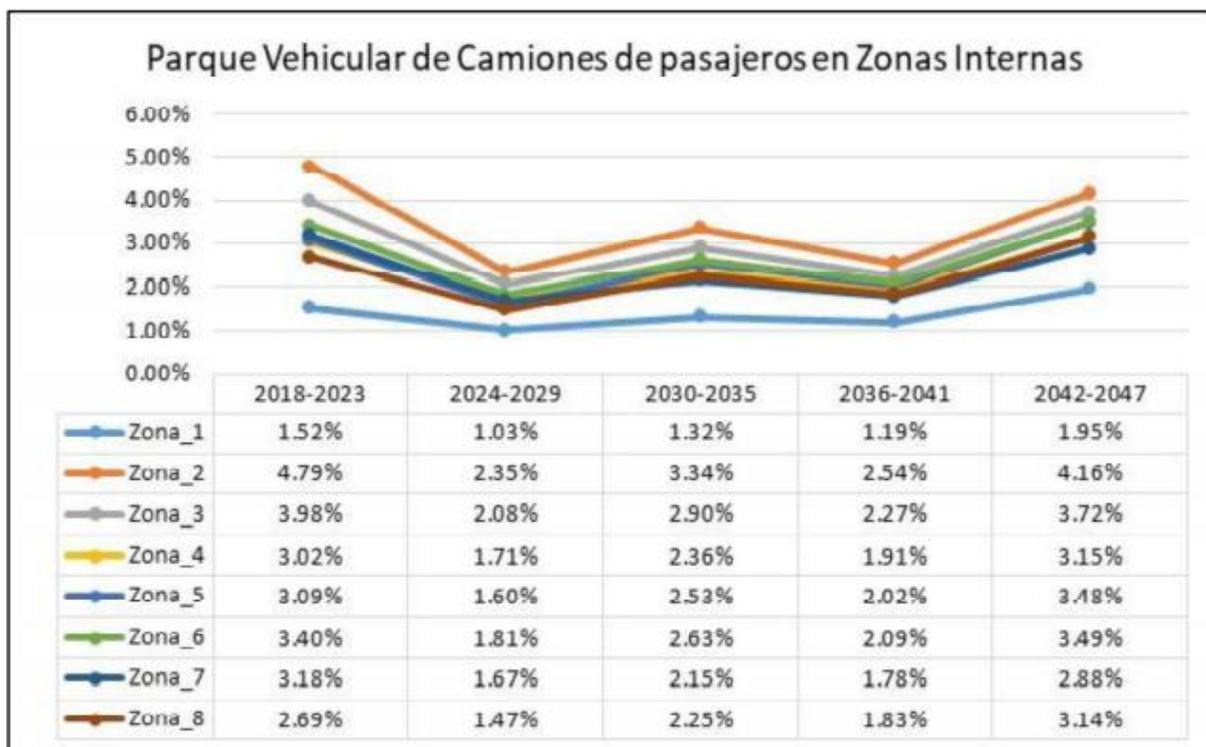
***Zona_1** Pachuca de Soto, **Zona_2** Mineral de la Reforma, **Zona_3** Epazoyucan, **Zona_4** Mineral del Monte, **Zona_5** Omitlán de Juárez, **Zona_6** Huasca de Ocampo, **Zona_7** Mineral del Chico, **Zona_8** Atotonilco el Grande.

Figura 43. TCMA para el Parque Vehicular de Camiones de carga en zonas internas
 Fuente: Estudio de demanda

Camiones de pasajeros.

Para los últimos periodos, se registró que todos los municipios tienen tasas de crecimiento a la baja, siendo el municipio de Epazoyucan la de mayor crecimiento con el 6.58 y con un menor crecimiento Omitlán con una tasa impositiva del -5.59.

La siguiente figura muestra la proyección de las TCMA para el Parque Vehicular de Camiones de pasajeros para el periodo 2018-2047.



***Zona_1** Pachuca de Soto, **Zona_2** Mineral de la Reforma, **Zona_3** Epazoyucan, **Zona_4** Mineral del Monte, **Zona_5** Omitlán de Juárez, **Zona_6** Huasca de Ocampo, **Zona_7** Mineral del Chico, **Zona_8** Atotonilco el Grande.

Figura 44. TCMA para el Parque Vehicular de Camiones de pasajeros en zonas internas.
 Fuente: Estudio de demanda

Producto Interno Bruto.

Para el periodo 2018 2023 se ha proyectado una tasa Promedio a Nivel Nacional de 3.38% y del Estado de Hidalgo del 3.33 por ciento; en los dos siguientes periodos se estima que el crecimiento de Hidalgo se contraiga para recuperarse en el cuarto periodo y estimar un Crecimiento del 3.68%, mientras que la media Nacional caerá en el segundo periodo para posteriormente crecer en los dos siguientes quinquenios y pronosticar una TCM del 3.18%.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

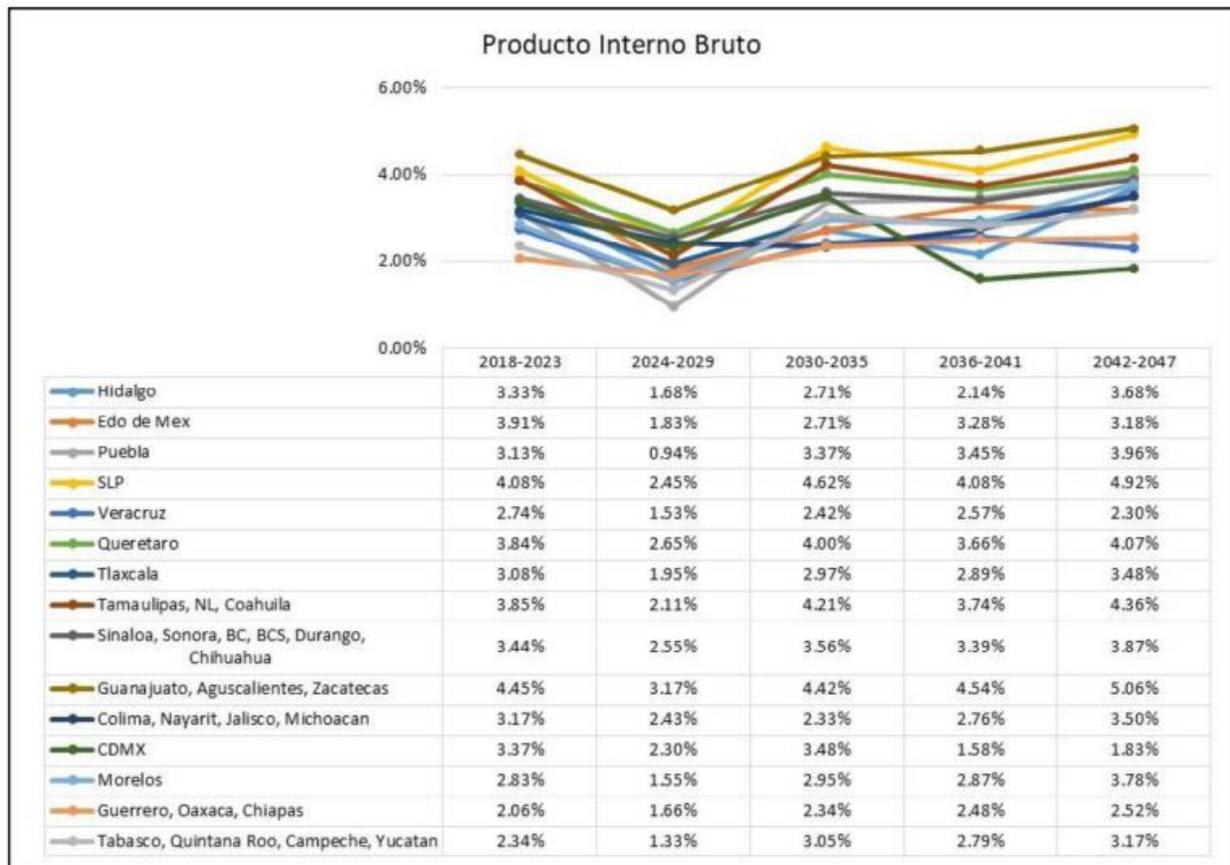


Figura 45. Tasa de crecimiento media anual para el Producto Interno Bruto.
Fuente: Estudio de demanda

PROYECCIÓN DE MATRICES DE VIAJES

Para la proyección de cada una de las matrices de viajes, se realizó un proceso analítico y gráfico del crecimiento de cada una de las variables socioeconómicas en el periodo de 30 años, con la finalidad de identificar la variable adecuada para cada estrato de la demanda

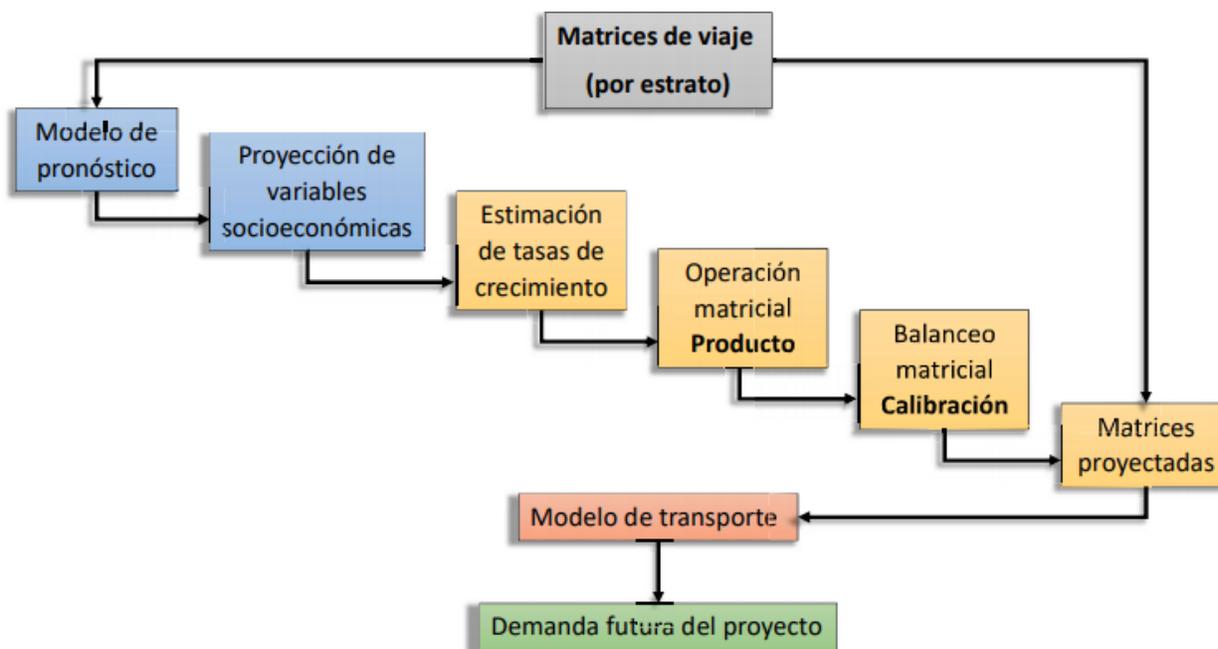


Figura 46. Metodología de proyección de viajes.
Fuente: Estudio de demanda.

Resultados obtenidos.

Con base en la tasa de crecimiento obtenidas de las variables socioeconómicas y de datos viales, se obtiene la proyección de la demanda para el horizonte de evaluación del proyecto de 30 años, utilizando para este caso tasas de crecimiento variables en todo el horizonte teniendo un TCMA inicial de 3.7% para el primer año, 3.50% para el periodo 2020-2023, 3.72% para el periodo 2024-2028, 3.65% para el periodo 2029-2038, 3.25% para el periodo 2039-2043 y 3.20% para el último periodo 2044-2049.

Tabla 16. Pronóstico del tránsito y Niveles de servicio situación actual.

| Subtramo | Longitud (km) | Tipo de vía | TDPA 2018 | NS | TDPA 2023 | NS | TDPA 2028 | NS | TDPA 2033 | NS | TDPA 2038 | NS | TDPA 2043 | NS | TDPA 2048 | NS |
|------------|---------------|-------------|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|-----------|----|
| Subtramo 1 | 9.6 | C | 13,368 | F | 15,908 | F | 19,095 | F | 22,844 | F | 27,328 | F | 32,067 | F | 37,537 | F |
| Subtramo 2 | 3.5 | C | 12,243 | E | 14,569 | F | 17,488 | F | 20,921 | F | 25,028 | F | 29,369 | F | 34,378 | F |

Fuente: Estudio de demanda.

Obtención de la tasa de crecimiento para la evaluación socioeconómica.

Como se mencionó anteriormente, el estudio de demanda consideró tasas de crecimiento variables a lo largo del horizonte de planeación, sin embargo, para efecto de la presente evaluación socioeconómica se utilizará una tasa de crecimiento constante, para su obtención, se utilizarán los valores Final (37,537 / 34,378) e Inicial (13,368 / 12,243), y se aplicará la siguiente fórmula:

$$i = \left[\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] 100$$

Donde:

- i = Tasa de crecimiento en el periodo $t_i - t_{i+1}$
- Pf = Valor en el año final
- Po = Valor en el año inicial
- t = Número de años entre el valor Po y el valor Pf

Con base en esta ecuación, se obtuvo una tasa de crecimiento constante del **3.5% anual**, misma que será utilizada para la presente evaluación socioeconómica.

d) Interacción de la Oferta-Demanda

Los niveles de servicio sirven para medir la calidad del flujo vehicular, esta medida se considera una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo, y de la percepción por los usuarios que se encuentran en ese momento en la red. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia, la seguridad vial y las demoras.⁶ 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, en la composición del tránsito, etc. Entre los externos están las características fijas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, acotamientos, pendientes, etc. Existen diferentes niveles de análisis, para el presente estudio se realizó un análisis semiurbano que considera carretera libre, autopistas y calles dentro de una población considerando diferentes características como número básico de carriles, sentidos, anchos de carril, acotamientos, volúmenes de tránsito, flujos en hora de máxima demanda, porcentaje de vehículos pesados, etc. Estos datos están basados en los atributos operacionales, por lo que la precisión de esta aplicación es intermedia, más aún por la incertidumbre que existe en pronósticos de la demanda futura de tránsito. El manual de capacidad vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera o calle, al cual se le denomina flujo de servicio. Este flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel E, o capacidad del tramo de carretera o calle. Tradicionalmente se ha considerado la velocidad el principal indicador para identificar el nivel de servicio, sin embargo, se introducen otros factores como densidad y demora. La descripción de los servicios es:

Nivel de servicio A: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en circulación. Con alta libertad para seleccionar la velocidad deseada y maniobrar dentro del tránsito. La comodidad y conveniencia proporcionada por la circulación es excelente. Adicionalmente, los conductores pueden viajar a la velocidad deseada. La frecuencia de rebase es alta.

Nivel de servicio B: Está aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye la capacidad de maniobra. La presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno. La demanda por rebase es más significativa. Por encima de esta tasa de flujo, el número de grupos vehiculares se incrementa significativamente.

Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida, la comodidad y conveniencia desciende notablemente. Aumenta notablemente la

formación de grupos de vehículos. Existen más zonas de no rebase, por lo que la capacidad de rebase disminuye. El flujo es estable, pero se presenta congestión debido a vehículos que realizan maniobras de vuelta o a la circulación de vehículos lentos.

Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, la comodidad y conveniencia son bajas, los incrementos de flujo ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas. El Flujo vehicular es inestable. Los volúmenes de tránsito son altos y las maniobras de rebase se tornan difíciles.

Nivel de servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad, la velocidad es baja y uniforme, a maniobra es difícil y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”, hay frustración en los conductores, la circulación es inestable debido a aumentos de tráfico o perturbaciones del tránsito que producen colapsos. El rebase es prácticamente imposible y los grupos vehiculares son intensos a medida que se encuentran vehículos lentos u otras interrupciones.

Nivel de servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella. Representa flujo congestionado con demandas vehiculares que exceden la capacidad. Las velocidades son muy variables.

Supuestos: Para llevar a cabo el análisis de capacidad, la vía en cuestión se analizó como una carretera de dos carriles Clase I, que son definidas como *“aquellas carreteras donde los conductores esperan viajar a velocidades relativamente altas. Generalmente son rutas interurbanas mayores, arterias primarias que conectan grandes generadores de tránsito, o tramos de la red primaria de carreteras nacionales; que sirven más a menudo a los viajes de larga distancia”* (Cal y Mayor, 2007).

Parámetros: Con base a la metodología del HCM 2000 para el análisis del tránsito en Carreteras de dos carriles Clase I, en la siguiente tabla se presentan los parámetros para la determinación de los niveles de servicio correspondientes:

Tabla 17. Niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase I.

| Nivel de servicio | Clase I | |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| | % de tiempo consumido en seguimiento | Velocidad media de viaje (km/h) |
| A | ≤35 | >90 |
| B | >35-50 | >80-90 |
| C | >50-65 | >70-80 |
| D | >65-80 | >60-70 |
| E | >80 | ≤60 |

Fuente: TRB. Highway Capacity Manual HCM 2000.

Metodología: La metodología para el análisis bidireccional en carreteras de dos carriles, estima las medidas de operación del tránsito a lo largo de una sección de carretera, con base en el tipo de terreno, el diseño geométrico y las condiciones del tránsito. El terreno se clasifica como plano y lomerío. El terreno montañoso se aborda mediante el análisis operacional en pendientes específicas de ascenso y descenso.

En la figura siguiente, se ilustra la **metodología** de análisis para carreteras de dos carriles, desde los datos de entrada y el orden de cómputo, hasta la determinación del nivel de servicio. Estos pasos se describen a continuación:

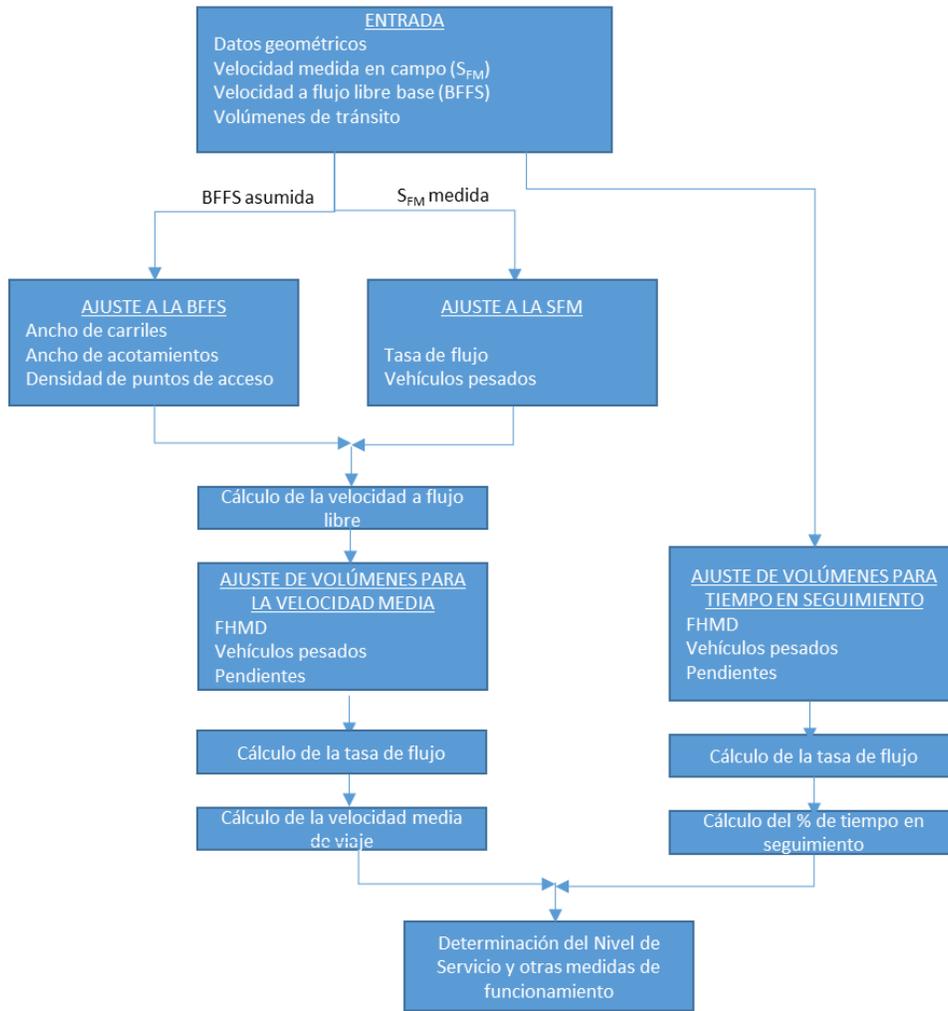


Figura 47. Esquema metodológico para el análisis de carreteras de dos carriles.
 Fuente: TRB. Highway Capacity Manual. HCM 2000.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 18. Interacción oferta-demanda de la carretera MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Entr. Huasca, en la situación actual.

| Año | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca | |
|-----|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | TDPA | Nivel de Servicio | TDPA | Nivel de Servicio |
| 0 | 13,368 | F | 12,243 | E |
| 1 | 13,836 | | 12,672 | |
| 2 | 14,321 | | 13,115 | |
| 3 | 14,822 | | 13,575 | |
| 4 | 15,341 | | 14,050 | |
| 5 | 15,878 | | 14,542 | F |
| 6 | 16,434 | | 15,051 | |
| 7 | 17,009 | | 15,578 | |
| 8 | 17,605 | | 16,123 | |
| 9 | 18,222 | | 16,688 | |
| 10 | 18,860 | | 17,272 | |
| 11 | 19,520 | | 17,877 | |
| 12 | 20,203 | | 18,503 | |
| 13 | 20,911 | | 19,151 | |
| 14 | 21,643 | | 19,822 | |
| 15 | 22,401 | | 20,516 | |
| 16 | 23,185 | | 21,234 | |
| 17 | 23,997 | | 21,977 | |
| 18 | 24,837 | | 22,747 | |
| 19 | 25,707 | | 23,543 | |
| 20 | 26,607 | | 24,368 | |
| 21 | 27,539 | | 25,221 | |
| 22 | 28,503 | | 26,104 | |
| 23 | 29,501 | | 27,018 | |
| 24 | 30,534 | | 27,964 | |
| 25 | 31,603 | | 28,943 | |
| 26 | 32,709 | | 29,957 | |
| 27 | 33,855 | | 31,006 | |
| 28 | 35,040 | | 32,091 | |
| 29 | 36,267 | | 33,215 | |
| 30 | 37,537 | F | 34,378 | F |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se puede concluir que en el tramo: Omitlán de Juárez – Ent. Huasca actualmente opera en un nivel de servicio “E”, sin embargo, la situación empeora conforme avanza el horizonte de evaluación. Para el tramo el Mineral del Monte – Omitlán de Juárez el nivel de servicio ya es “F”, lo cual representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella. Representa flujo congestionado con demandas vehiculares que exceden la capacidad. Las velocidades son muy variables.

Costos Generalizados de Viaje (CGV).

La interacción de la oferta y la demanda se refleja en Costo Generalizado de Viaje (CGV), el cual se define como el costo en el que incurren los usuarios del camino. Éste incluye la valoración del tiempo empleado en el viaje o el costo del tiempo de recorrido (CTR), y el costo de operación de los vehículos (COV) en que se realizan dichos viajes (incluyendo combustibles, neumáticos, lubricantes, etc).

El CGV de la situación sin proyecto debe calcularse por tipo de vehículo para cada tramo, en el periodo de congestión de acuerdo con la expresión:

$$CGV_{i,j,k} = COV_{i,j,k} + CTR_{i,j,k}$$

Donde:

- i puede ser vehículo ligero (A), autobús (B), camión (C).
- j se refiere a cada tramo de la carretera.
- K es el periodo de congestión.
- $CGV_{i,j,k}$ es el Costo Generalizado de Viaje calculado para el tipo de vehículo i en el tramo j , y periodo de congestión k
- $COV_{i,j,k}$ es el Costo de Operación Vehicular o costo variable medio de utilizar un tipo de vehículo i en el tramo j , en el periodo de congestión k .
- $CTR_{i,j,k}$ es el Costo por Tiempo de Recorrido de los pasajeros que viajan en el tipo de vehículo i en el tramo j , en el periodo de congestión k .

El COV mide en términos monetarios el costo que le representa al usuario circular por una carretera. La unidad con que se expresa es pesos por kilómetro recorrido (\$/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. El COV es sensible a las características geométricas del camino, tales como pendientes, grados de curvatura, así como a la altitud sobre el nivel del mar.

El CTR representa el valor, en términos monetarios, del tiempo de viaje de las personas que viajan en cada tipo de vehículo i . Está dado por el valor unitario del tiempo de las personas (pesos/hora) multiplicado por el tiempo de recorrido en horas y por el número de pasajeros.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

El CGV de la situación actual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 19. Costos Generalizados de Viaje en la situación actual.

| Año | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | | | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca | | |
|-----|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------------------------|-------------|---------------|
| | COV | CTR | CGV's | COV | CTR | CGV's |
| 0 | 429,210,068 | 251,985,234 | 681,195,302 | 122,781,456 | 68,089,291 | 190,870,748 |
| 1 | 458,620,665 | 277,132,793 | 735,753,458 | 129,318,604 | 74,133,176 | 203,451,780 |
| 2 | 492,910,887 | 306,668,260 | 799,579,147 | 136,900,242 | 81,081,982 | 217,982,224 |
| 3 | 533,142,507 | 341,821,193 | 874,963,700 | 145,792,666 | 89,149,266 | 234,941,932 |
| 4 | 580,602,398 | 384,327,001 | 964,929,400 | 156,326,672 | 98,621,353 | 254,948,025 |
| 5 | 636,847,639 | 436,716,832 | 1,073,564,471 | 168,911,797 | 109,891,206 | 278,803,002 |
| 6 | 703,759,247 | 502,832,618 | 1,206,591,865 | 184,053,500 | 123,513,138 | 307,566,639 |
| 7 | 783,606,133 | 588,801,628 | 1,372,407,761 | 202,373,839 | 140,295,089 | 342,668,928 |
| 8 | 879,121,148 | 705,032,364 | 1,584,153,512 | 224,636,337 | 161,462,372 | 386,098,709 |
| 9 | 993,591,449 | 870,744,834 | 1,864,336,283 | 251,775,851 | 188,967,114 | 440,742,966 |
| 10 | 1,129,551,790 | 1,117,171,611 | 2,246,723,401 | 284,934,407 | 226,120,905 | 511,055,312 |
| 11 | 1,170,713,149 | 1,160,091,461 | 2,330,804,610 | 325,504,137 | 279,027,552 | 604,531,689 |
| 12 | 1,211,705,060 | 1,200,711,459 | 2,412,416,519 | 375,178,704 | 360,311,756 | 735,490,460 |
| 13 | 1,254,132,282 | 1,242,753,745 | 2,496,886,027 | 408,320,530 | 417,886,168 | 826,206,698 |
| 14 | 1,298,045,070 | 1,286,268,120 | 2,584,313,190 | 422,617,661 | 432,518,234 | 855,135,895 |
| 15 | 1,343,495,442 | 1,331,306,128 | 2,674,801,570 | 437,415,398 | 447,662,635 | 885,078,033 |
| 16 | 1,390,537,235 | 1,377,921,118 | 2,768,458,353 | 452,731,271 | 463,337,309 | 916,068,579 |
| 17 | 1,439,226,172 | 1,426,168,308 | 2,865,394,480 | 468,583,420 | 479,560,823 | 948,144,243 |
| 18 | 1,489,619,926 | 1,476,104,849 | 2,965,724,775 | 484,990,625 | 496,352,396 | 981,343,020 |
| 19 | 1,541,778,192 | 1,527,789,891 | 3,069,568,083 | 501,972,319 | 513,731,916 | 1,015,704,235 |
| 20 | 1,595,762,752 | 1,581,284,658 | 3,177,047,410 | 519,548,618 | 531,719,971 | 1,051,268,589 |
| 21 | 1,651,637,553 | 1,636,652,516 | 3,288,290,070 | 537,740,342 | 550,337,869 | 1,088,078,211 |
| 22 | 1,709,468,782 | 1,693,959,052 | 3,403,427,833 | 556,569,040 | 569,607,663 | 1,126,176,703 |
| 23 | 1,769,324,941 | 1,753,272,145 | 3,522,597,086 | 576,057,015 | 589,552,179 | 1,165,609,193 |
| 24 | 1,831,276,932 | 1,814,662,056 | 3,645,938,988 | 596,227,351 | 610,195,041 | 1,206,422,392 |
| 25 | 1,895,398,139 | 1,878,201,502 | 3,773,599,642 | 617,103,941 | 631,560,702 | 1,248,664,643 |
| 26 | 1,961,764,518 | 1,943,965,749 | 3,905,730,267 | 638,711,514 | 653,674,471 | 1,292,385,985 |
| 27 | 2,030,454,680 | 2,012,032,697 | 4,042,487,378 | 661,075,665 | 676,562,542 | 1,337,638,207 |
| 28 | 2,101,549,993 | 2,082,482,974 | 4,184,032,967 | 684,222,885 | 700,252,027 | 1,384,474,912 |
| 29 | 2,175,134,671 | 2,155,400,030 | 4,330,534,701 | 708,180,593 | 724,770,987 | 1,432,951,580 |
| 30 | 2,251,295,878 | 2,230,870,239 | 4,482,166,118 | 732,977,167 | 750,148,466 | 1,483,125,633 |

Fuente: Elaboración propia.

III. Situación sin el PPI

a) Optimizaciones

Con el fin de optimizar la operación y funcionalidad de la carretera MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Entr. Huasca, se proponen las siguientes acciones:

- En caso de que el proyecto no se realice, se realizarían trabajos de conservación y mantenimiento a la carretera en cuestión consistentes en limpieza general y reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento.
- Asimismo, se pretende llevar a cabo un programa de mejora el señalamiento horizontal y vertical.

El monto por llevar a cabo estas acciones se estima en 1.83 millones de pesos (mdp), que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA). Los datos de esta situación se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 20. Monto total de las optimizaciones.

| Obras de señalamiento | Unidad | Costo unitario | Cantidad | Monto |
|--|--------|----------------|----------|------------------|
| Pintado de raya | km | 16,371 | 12 | 196,452 |
| Violetas e indicadores de alineamiento | pza | 49 | 6000 | 294,000 |
| Señalamiento vertical | pza | 4,311 | 115 | 495,765 |
| Suma | | | | 986,217 |
| Pavimento | Unidad | Costo unitario | Cantidad | Monto |
| Conservación y mantenimiento | km | 70,400.00 | 12 | 844,800 |
| Suma | | | | 844,800 |
| Total | | | | 1,831,017 |

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, las velocidades de operación optimizadas no se consideran adecuadas para lograr un nivel de servicio eficiente, además, el usuario de largo itinerario busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en su viaje, lo cual no se logra en la situación actual optimizada.

Aunado a lo anterior, continua la probabilidad de presencia de accidentes debido a la falta de acotamientos en la carretera en cuestión.

b) Análisis de la Oferta

En caso de llevar a cabo las optimizaciones planteadas, las características geométricas de la carretera federal MEX-105 Pachuca - Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca serían las mismas, mientras que el estado superficial (IRI) mejora debido a los trabajos relacionados con la optimización; así también se mejoran marginalmente las velocidades de operación.

En la siguiente tabla se presentan las características, físicas y geométricas en la situación sin proyecto:

Tabla 21. Datos de la oferta en la situación sin proyecto de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca.

| Concepto | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca |
|--|---|---|
| No de tramo | 1 | 2 |
| Coordenadas del tramo | Inicio: 20.139698, -98.688294 Fin: 20.165004, -98.655326 | Inicio: 20.165004, -98.655326 Fin: 20.188124, -98.639945 |
| Longitud, km | 8.8 | 3.2 |
| Carriles | 2 | 2 |
| Ancho de corona, metros | 6.8 | 7.0 |
| Tipo de carretera | Asfalto | Asfalto |
| Ancho de carriles, metros | 3.4 | 3.5 |
| Ancho de acotamiento exterior, metros | 0.0 | 0.0 |
| Ancho de acotamiento interior, metros | 0.0 | 0.0 |
| Velocidad, km/hr | 34.0 | 42.0 |
| Tipo de terreno ^{a/} | Montañoso | Lomerío |
| Estado físico | Satisfactorio | Bueno |
| Índice internacional de rugosidad (IRI) ^{b/} | 3.3 | 2.4 |
| Tiempo de recorrido (min) | 15.5 | 4.6 |

Nota:

^{a/} Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , 2.0 < Lomerío ≤ 4.0 , Montañoso >4.0

^{b/} En referencia al estado físico de la carretera observado, y dados los parámetros siguientes: IRI > 3.5 : No satisfactorio; 2.5 < IRI ≤ 3.5 : Satisfactorio; IRI ≤ 2.5 : Bueno.

c) Análisis de la demanda

Debido a que los trabajos de optimización en la carretera carretera federal MEX-105 Pachuca - Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca presentan un efecto marginal en las condiciones de operación del tramo, además de tratarse de vialidades existentes, la demanda permanece constante. En ese sentido, se considera la misma que fue detallada en la situación actual.

Tabla 22. Tránsito Diario Promedio Anual y composición vehicular de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca en la situación sin proyecto.

| Tramo | TDPA | Composición vehicular | | |
|---|--------|-----------------------|-------|-------|
| | | A | B | C |
| 1.Mineral del Monte - Omitlán de Juárez | 13,368 | 93.36% | 0.84% | 5.80% |
| 2. Omitlán de Juárez – Entr. Huasca | 12,243 | 92.75% | 0.91% | 6.34% |

Fuente: Elaboración propia con base en información del estudio de demanda.

d) Diagnóstico de la interacción Oferta-Demanda

Los niveles de servicio sirven para medir la calidad del flujo vehicular, esta medida se considera una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo, y de la percepción por los usuarios que se encuentran en ese momento en la red. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia, la seguridad vial y las demoras.⁶ 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, en la composición del tránsito, etc. Entre los externos están las características fijas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, acotamientos, pendientes, etc. Existen diferentes niveles de análisis, para el presente estudio se realizó un análisis semiurbano que considera carretera libre, autopistas y calles dentro de una población considerando diferentes características como número básico de carriles, sentidos, anchos de carril, acotamientos, volúmenes de tránsito, flujos en hora de máxima demanda, porcentaje de vehículos pesados, etc. Estos datos están basados en los atributos operacionales, por lo que la precisión de esta aplicación es intermedia, más aún por la incertidumbre que existe en pronósticos de la demanda futura de tránsito. El manual de capacidad vial HCM 2000 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera o calle, al cual se le denomina flujo de servicio. Este flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel E, o capacidad del tramo de carretera o calle.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad el principal indicador para identificar el nivel de servicio, sin embargo, se introducen otros factores como densidad y demora. La descripción de los servicios es:

Nivel de servicio A: Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en circulación. Con alta libertad para seleccionar la velocidad deseada y maniobrar dentro del tránsito. La comodidad y conveniencia proporcionada por la circulación es excelente.

Nivel de servicio B: Está aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye la capacidad de maniobra. La presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Nivel de servicio C: Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida, la comodidad y conveniencia desciende notablemente.

Nivel de servicio D: Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, la comodidad y conveniencia son bajas, los incrementos de flujo ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

Nivel de servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad, la velocidad es baja y uniforme, a maniobra es difícil y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”, hay frustración en los conductores, la circulación es inestable debido a aumentos de tráfico o perturbaciones del tránsito que producen colapsos.

Nivel de servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Hay formación de colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los cuellos de botella.

Análogamente a la situación actual, la interacción oferta-demanda en la situación optimizada queda determinada por el nivel de servicio y se considera es la misma, ya que no se incrementa la capacidad de la vía.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 23. Interacción oferta-demanda de la carretera MEX-105 Pachuca – Tempoal, tramo: Real del Monte – Ent. Huasca, en la situación sin proyecto.

| Año | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca | |
|-----|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | TDPA | Nivel de Servicio | TDPA | Nivel de Servicio |
| 0 | 13,368 | F | 12,243 | E |
| 1 | 13,836 | | 12,672 | |
| 2 | 14,321 | | 13,115 | |
| 3 | 14,822 | | 13,575 | |
| 4 | 15,341 | | 14,050 | |
| 5 | 15,878 | | 14,542 | F |
| 6 | 16,434 | | 15,051 | |
| 7 | 17,009 | | 15,578 | |
| 8 | 17,605 | | 16,123 | |
| 9 | 18,222 | | 16,688 | |
| 10 | 18,860 | | 17,272 | |
| 11 | 19,520 | | 17,877 | |
| 12 | 20,203 | | 18,503 | |
| 13 | 20,911 | | 19,151 | |
| 14 | 21,643 | | 19,822 | |
| 15 | 22,401 | | 20,516 | |
| 16 | 23,185 | | 21,234 | |
| 17 | 23,997 | | 21,977 | |
| 18 | 24,837 | | 22,747 | |
| 19 | 25,707 | | 23,543 | |
| 20 | 26,607 | | 24,368 | |
| 21 | 27,539 | | 25,221 | |
| 22 | 28,503 | | 26,104 | |
| 23 | 29,501 | | 27,018 | |
| 24 | 30,534 | | 27,964 | |
| 25 | 31,603 | | 28,943 | |
| 26 | 32,709 | | 29,957 | |
| 27 | 33,855 | | 31,006 | |
| 28 | 35,040 | | 32,091 | |
| 29 | 36,267 | | 33,215 | |
| 30 | 37,537 | F | 34,378 | F |

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 24. Costos Generalizados de viaje en la situación sin proyecto.

| Año | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | | | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca | | |
|-----|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------------------------|-------------|---------------|
| | COV | CTR | CGV's | COV | CTR | CGV's |
| 0 | 414,730,911 | 237,373,342 | 652,104,253 | 120,394,351 | 64,896,299 | 185,290,650 |
| 1 | 441,960,970 | 261,048,682 | 703,009,652 | 126,418,339 | 70,652,854 | 197,071,193 |
| 2 | 473,933,413 | 288,854,530 | 762,787,944 | 133,415,148 | 77,271,160 | 210,686,308 |
| 3 | 511,756,084 | 321,948,338 | 833,704,421 | 141,652,627 | 84,954,594 | 226,607,221 |
| 4 | 556,784,271 | 361,963,745 | 918,748,016 | 151,467,198 | 93,975,828 | 245,443,025 |
| 5 | 610,672,208 | 411,283,475 | 1,021,955,683 | 163,279,568 | 104,709,088 | 267,988,656 |
| 6 | 675,434,695 | 473,524,182 | 1,148,958,877 | 177,613,777 | 117,682,265 | 295,296,042 |
| 7 | 753,520,778 | 554,453,863 | 1,307,974,641 | 195,120,214 | 133,664,784 | 328,784,998 |
| 8 | 847,901,735 | 663,870,733 | 1,511,772,467 | 216,603,431 | 153,823,551 | 370,426,982 |
| 9 | 962,176,062 | 819,867,883 | 1,782,043,945 | 243,055,655 | 180,017,647 | 423,073,302 |
| 10 | 1,100,634,240 | 1,059,162,238 | 2,159,796,478 | 275,697,169 | 215,400,821 | 491,097,990 |
| 11 | 1,167,209,339 | 1,160,091,461 | 2,327,300,800 | 316,024,862 | 265,785,965 | 581,810,827 |
| 12 | 1,208,078,566 | 1,200,711,459 | 2,408,790,025 | 365,870,579 | 343,196,074 | 709,066,652 |
| 13 | 1,250,378,808 | 1,242,753,745 | 2,493,132,553 | 407,166,038 | 417,886,168 | 825,052,205 |
| 14 | 1,294,160,170 | 1,286,268,120 | 2,580,428,290 | 421,422,744 | 432,518,234 | 853,940,979 |
| 15 | 1,339,474,514 | 1,331,306,128 | 2,670,780,642 | 436,178,642 | 447,662,635 | 883,841,277 |
| 16 | 1,386,375,517 | 1,377,921,118 | 2,764,296,635 | 451,451,210 | 463,337,309 | 914,788,519 |
| 17 | 1,434,918,733 | 1,426,168,308 | 2,861,087,041 | 467,258,539 | 479,560,823 | 946,819,362 |
| 18 | 1,485,161,665 | 1,476,104,849 | 2,961,266,513 | 483,619,353 | 496,352,396 | 979,971,749 |
| 19 | 1,537,163,827 | 1,527,789,891 | 3,064,953,718 | 500,553,033 | 513,731,916 | 1,014,284,949 |
| 20 | 1,590,986,817 | 1,581,284,658 | 3,172,271,475 | 518,079,637 | 531,719,971 | 1,049,799,608 |
| 21 | 1,646,694,392 | 1,636,652,516 | 3,283,346,908 | 536,219,925 | 550,337,869 | 1,086,557,795 |
| 22 | 1,704,352,538 | 1,693,959,052 | 3,398,311,590 | 554,995,387 | 569,607,663 | 1,124,603,050 |
| 23 | 1,764,029,554 | 1,753,272,145 | 3,517,301,699 | 574,428,261 | 589,552,179 | 1,163,980,440 |
| 24 | 1,825,796,130 | 1,814,662,056 | 3,640,458,186 | 594,541,567 | 610,195,041 | 1,204,736,608 |
| 25 | 1,889,725,430 | 1,878,201,502 | 3,767,926,933 | 615,359,131 | 631,560,702 | 1,246,919,833 |
| 26 | 1,955,893,182 | 1,943,965,749 | 3,899,858,931 | 636,905,610 | 653,674,471 | 1,290,580,081 |
| 27 | 2,024,377,762 | 2,012,032,697 | 4,036,410,460 | 659,206,528 | 676,562,542 | 1,335,769,070 |
| 28 | 2,095,260,295 | 2,082,482,974 | 4,177,743,269 | 682,288,301 | 700,252,027 | 1,382,540,328 |
| 29 | 2,168,624,743 | 2,155,400,030 | 4,324,024,773 | 706,178,271 | 724,770,987 | 1,430,949,258 |
| 30 | 2,244,558,008 | 2,230,870,239 | 4,475,428,248 | 730,904,735 | 750,148,466 | 1,481,053,200 |

Fuente: Cálculo de indicadores.

e) Alternativas de solución

Con base en lo anterior, y con la finalidad de analizar alternativas que permitan mejorar la operación vial en la carretera en estudio, las cuales mejoren las velocidades de operación y por consiguiente reduzcan las demoras vehiculares, y los incidentes de tránsito, se analizó desde los aspectos de:

1. Su viabilidad técnica.
2. La capacidad de resolver la problemática.
3. Su viabilidad económica.
4. Su viabilidad ambiental.
5. Su viabilidad legal.

A continuación, se describen las alternativas analizadas que permitieron dar solución a la problemática presentada.

Alternativa 1. El proyecto consiste en la en la modernización de la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, mediante la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca de 9.4 km de longitud, la carretera corresponde a una vía tipo A4, la cual aloja cuatro carriles, dos por sentido de circulación de 3.5 metros, acotamientos exteriores de 2.5 metros e interiores de 0.5 metros, los sentidos de circulación serán separados por una barrera central de 1.0 metro de ancho.

El trazo en la zona de la vía principal se considera como carretera de tipo A4 con velocidad de proyecto de 80 km/h hasta la zona de cuota y de 70 km/h desde la salida de ésta hasta el final del tramo.

El proyecto incluye seis viaductos, dos túneles, dos rampas de emergencia para frenado, una plaza de cobro troncal, 3 PSV's, 1 PIV, un PIPE, y dos entronques a desnivel denominados Mineral del Monte y Huasca.

El tipo de pavimento es asfáltico con un IRI de 2.5 m/km. El proyecto se estima en 2,483.76 mdp, que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

La presente alternativa cuenta con un VPN de 9,926,224,899, una TIR de 39.90%, y una TRI de 24.80%.

Ventajas:

- Contribuye a la modernización del corredor intertroncal Pachuca – Tampico.
- Reducción en los Costos Generalizados de Viaje de los diferentes tipos de vehículos.
- Mejoran significativamente los niveles de servicio, los cuales corresponden entre “A” y “B”.
- Incremento de las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Se atiende de manera razonable al tránsito actual e incrementos de tránsito.
- Se detonará el crecimiento turístico de la zona que comprende el corredor de la Sierra Huasteca.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

- Reducción del aislamiento y marginación de la región de la Sierra Alta del estado de Hidalgo, ya que el proyecto, al mejorar la accesibilidad de las comunidades, se vuelve un detonante del potencial de desarrollo económico y social.
- Reducción de accidentes relacionados con peligrosas maniobras de rebase.
- El proyecto es viable técnicamente, debido a que presenta un alineamiento conforme a la normativa de la SCT, el cual cumple con pendientes, grados de curvatura, cortes y terraplenes para el tipo de camino así estipulado, por lo que el anteproyecto es viable para su ejecución.
- El proyecto desde una perspectiva ambiental es factible, además, presenta una afectación menor en comparación con la alternativa 2.
- Menor monto de inversión en comparación con la alternativa 2.

Desventajas:

- El proyecto requiere de derecho de vía.
- La presente alternativa un Valor Presente Neto (VPN) de 9,926,224,899 el cual es menor en comparación con la alternativa 2.
- Debido a que no se cuenta con un tercer carril de ascenso, incide en una menor velocidad de operación con respecto a la presentada en la alternativa 2.
- Durante el horizonte de evaluación, la alternativa 1 llega a un nivel de servicio C, antes que la alternativa 2.

Tabla 25. Monto total de la alternativa 1.

| Concepto | Monto sin IVA | IVA | Monto con IVA |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Terracerías | 732,033,920.00 | 117,125,427.20 | 849,159,347.20 |
| Drenaje | 97,182,840.20 | 15,549,254.40 | 112,732,094.60 |
| Pavimentos | 147,206,074.00 | 23,552,971.80 | 170,759,045.80 |
| Señalamiento | 3,180,559.80 | 508,889.60 | 3,689,449.40 |
| Dispositivos de seguridad | 29,723,639.30 | 4,755,782.30 | 34,479,421.60 |
| Estructuras | 509,090,079.20 | 81,454,412.70 | 590,544,491.90 |
| Túneles | 167,688,711.50 | 26,830,193.80 | 194,518,905.30 |
| PIV's | 26,555,954.10 | 4,248,952.70 | 30,804,906.80 |
| PSV | 9,752,595.20 | 1,560,415.20 | 11,313,010.40 |
| PIPE | 4,198,785.80 | 671,805.70 | 4,870,591.50 |
| Muros | 60,687,887.60 | 9,710,062.00 | 70,397,949.60 |
| ITS | 25,000,000.00 | 4,000,000.00 | 29,000,000.00 |
| Caseta de cobro | 22,000,000.00 | 3,520,000.00 | 25,520,000.00 |
| Entronques | 305,698,953.30 | 48,911,832.50 | 354,610,785.80 |
| Gastos de operación* | 1,177,720.70 | 188,435.30 | 1,366,156.00 |
| Total | 2,141,177,720.70 | 342,588,435.20 | 2,483,766,155.90 |

Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 2. El proyecto consiste en la en la modernización de la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, mediante la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca de 9.4 km de longitud conforme a lo siguiente:

- Del km 11+400 al km 18+700, el proyecto consiste en la construcción de un cuerpo nuevo en una longitud de 7.3 kilómetros; la carretera corresponde a una vía tipo A4 con tercer carril de ascenso en dirección hacia Pachuca. La sección consta de 5 carriles de 3.5 metros, 3 en el sentido hacia Pachuca y 2 hacia el sentido hacia Atotonilco; cuenta con un acotamiento exterior de 0.3 metros en el sentido hacia Pachuca, y un acotamiento exterior de 2.5 metros en el sentido hacia Atotonilco, asimismo, cuenta con acotamientos interiores de 0.5 metros y barrera separadora central de 1.0 metro.
- Del km 18+700 al km 20+800, el proyecto consiste en la construcción de un cuerpo nuevo en una longitud de 2.1 kilómetros; la carretera corresponde a una vía tipo A4, la cual aloja cuatro carriles, dos por sentido de circulación de 3.5 metros, acotamientos exteriores de 2.5 metros e interiores de 0.5 metros, los sentidos de circulación serán separados por una barrera central de 1.0 metro de ancho.

El trazo en la zona de la vía principal se considera como carretera de tipo A4 con velocidad de proyecto de 80 km/h hasta la zona de cuota y de 70 km/h desde la salida de ésta hasta el final del tramo.

El proyecto incluye seis viaductos, dos túneles, dos rampas de emergencia para frenado, una plaza de cobro troncal, 3 PSV's, 1 PIV, un PIPE, y dos entronques a desnivel denominados Mineral del Monte y Huasca.

El tipo de pavimento es asfáltico con un IRI de 2.5 m/km. El proyecto se estima en 2,553.36 mdp, que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

La presente alternativa cuenta con un VPN de 9,940,481,339, una TIR de 39.51%, y una TRI de 24.46%.

Ventajas:

- Contribuye a la modernización del corredor intertroncal Pachuca – Tampico.
- Reducción en los Costos Generalizados de Viaje de los diferentes tipos de vehículos.
- Mejoran significativamente los niveles de servicio, los cuales corresponden entre “A” y “B”.
- Incremento de las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Se atiende de manera adecuada al tránsito actual e incrementos de tránsito.
- Se detonará el crecimiento turístico de la zona que comprende el corredor de la Sierra Huasteca.
- Reducción del aislamiento y marginación de la región de la Sierra Alta del estado de Hidalgo, ya que el proyecto, al mejorar la accesibilidad de las comunidades, se vuelve un detonante del potencial de desarrollo económico y social.
- Reducción de accidentes relacionados con peligrosas maniobras de rebase.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

- El proyecto es viable técnicamente, debido a que presenta un alineamiento conforme a la normativa de la SCT, el cual cumple con pendientes, grados de curvatura, cortes y terraplenes para el tipo de camino así estipulado, por lo que el anteproyecto es viable para su ejecución.
- La presente alternativa un Valor Presente Neto (VPN) de 9,940,481,339, el cual es mayor en comparación con la alternativa 1.
- A lo largo del horizonte de evaluación, la alternativa 2 ofrece un mayor periodo de tiempo con niveles de servicio A y B, en comparación con la alternativa 1.

Desventajas:

- El proyecto requiere de derecho de vía.
- El proyecto desde una perspectiva ambiental es factible, sin embargo, presenta una afectación mayor en comparación con la alternativa 1.
- Mayor costo de inversión en comparación con la alternativa 1.

Tabla 26. Monto total de la alternativa 2.

| Concepto | Monto sin IVA | IVA | Monto con IVA |
|---------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Terracerías | 792,033,920.0 | 126,725,427.2 | 918,759,347.2 |
| Drenaje | 97,182,840.2 | 15,549,254.4 | 112,732,094.6 |
| Pavimentos | 147,206,074.0 | 23,552,971.8 | 170,759,045.8 |
| Señalamiento | 3,180,559.8 | 508,889.6 | 3,689,449.4 |
| Dispositivos de seguridad | 29,723,639.3 | 4,755,782.3 | 34,479,421.6 |
| Estructuras | 509,090,079.2 | 81,454,412.7 | 590,544,491.9 |
| Túneles | 167,688,711.5 | 26,830,193.8 | 194,518,905.3 |
| PIV's | 26,555,954.1 | 4,248,952.7 | 30,804,906.8 |
| PSV | 9,752,595.2 | 1,560,415.2 | 11,313,010.4 |
| PIPE | 4,198,785.8 | 671,805.7 | 4,870,591.5 |
| Muros | 60,687,887.6 | 9,710,062.0 | 70,397,949.6 |
| ITS | 25,000,000.0 | 4,000,000.0 | 29,000,000.0 |
| Caseta de cobro | 22,000,000.0 | 3,520,000.0 | 25,520,000.0 |
| Entronques | 305,698,953.3 | 48,911,832.5 | 354,610,785.8 |
| Gastos de operación* | 1,177,720.7 | 188,435.3 | 1,366,156.0 |
| Total | 2,201,177,720.7 | 352,188,435.3 | 2,553,366,156.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Además de los beneficios obtenidos, se procedió a realizar el cálculo de indicadores de rentabilidad de ambas alternativas. Adicionalmente, se elaboró una matriz con la comparación entre ambas alternativas.

Tabla 20. Tabla comparativa de la cuantificación de los costos e indicadores de rentabilidad de cada alternativa.

| Criterio | Descripción del criterio | Criterio de decisión | Alternativa 1 | Alternativa 2 |
|----------------------------------|---|--------------------------------|------------------|------------------|
| Costo de inversión (mdp) sin IVA | Refiere al monto total de inversión de la alternativa (mdp). | Menor costo | 2,141.17 | 2,201.17 |
| Técnico | Indica si el proyecto presenta un alineamiento conforme a la normativa de la SCT, el cual cumple con pendientes, grados de curvatura, cortes y terraplenes para el tipo de camino | Viabilidad | Viable | Viable |
| Legal | Indica si el proyecto requiere derecho de vía adicional | Menor cantidad de afectaciones | Menor afectación | Mayor afectación |
| VPN | Indicador de rentabilidad | VPN mayor a "0" | 9,926.22 | 9,940.48 |
| | | Mejor alternativa | X | √ |

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que la alternativa 1 presenta un menor monto de inversión, al no contar con un tercer carril de aceleración impacta en las velocidades de operación, en ese sentido, el VPN obtenido resulta ser de 9,926.22 mdp, el cual es inferior al presentado por la alternativa 2 (9,940.48 mdp). Adicionalmente, la alternativa 2 ofrece un nivel de servicio adecuado durante un lapso de tiempo superior en comparación con la alternativa 1.

Derivado de los anterior, se optó por seleccionar la alternativa número 2.

IV. Situación con el PPI

a) Descripción general

| 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 en la modernización de la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal, mediante la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca de 9.4 km de longitud conforme a lo siguiente:

- Del km 11+400 al km 18+700, el proyecto consiste en la construcción de un cuerpo nuevo en una longitud de 7.3 kilómetros; la carretera corresponde a una vía tipo A4 con tercer carril de ascenso en dirección hacia Pachuca. La sección consta de 5 carriles de 3.5 metros, 3 en el sentido hacia Pachuca y 2 hacia el sentido hacia Atotonilco; cuenta con un acotamiento exterior de 0.3 metros en el sentido hacia Pachuca, y un acotamiento exterior de 2.5 metros en el sentido hacia Atotonilco, asimismo, cuenta con acotamientos interiores de 0.5 metros y barrera separadora central de 1.0 metro.

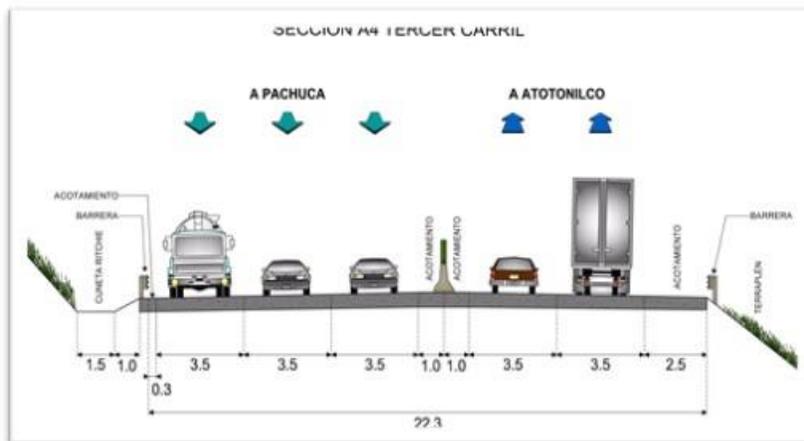


Figura 48. Sección de construcción de la carretera Real del Monte – Entr. Huasca, del km 11+400 al km 18+700.

Fuente: Proyecto

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

- Del km 18+700 al km 20+800, el proyecto consiste en la construcción de un cuerpo nuevo en una longitud de 2.1 kilómetros; la carretera corresponde a una vía tipo A4, la cual aloja cuatro carriles, dos por sentido de circulación de 3.5 metros, acotamientos exteriores de 2.5 metros e interiores de 0.5 metros, los sentidos de circulación serán separados por una barrera central de 1.0 metro de ancho.

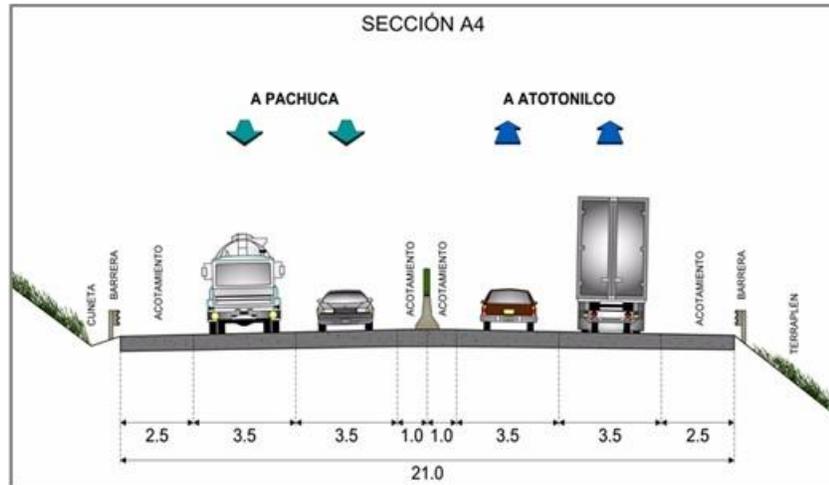


Figura 49. Sección de construcción de la carretera Real del Monte – Entr. Huasca, del km 18+700 al km 20+800.
Fuente: Proyecto

El trazo en la zona de la vía principal se considera como carretera de tipo A4 con velocidad de proyecto de 80 km/h hasta la zona de cuota y de 70 km/h desde la salida de ésta hasta el final del tramo. El tipo de pavimento es asfáltico con un IRI de 2.5 m/km. La vía principal no presenta ninguna salida ni entrada intermedia entre los dos entronques en que se proyecta.

El proyecto incluye seis viaductos, dos túneles, dos rampas de emergencia para frenado, una plaza de cobro troncal, 3 PSV's, 1 PIV, un PIPE, y dos entronques a desnivel denominados Mineral del Monte y Huasca.



Figura 50. Ubicación de elementos que integran la carretera Real del Monte – Entr. Huasca.
Fuente: Proyecto



Figura 51. Entronque Mineral del Monte
Fuente: Proyecto



Figura 52. Entronque Huasca.
Fuente: Proyecto

Tabla 27. Descripción de los elementos que integran la construcción de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca.

| |
|--|
| <p>Terracerías (con 3er carril, falso túnel, plataforma plaza de cobro, y rampas de emergencia)</p> <p>El trazo en la zona de la vía principal se considera como carretera de tipo A4 con velocidad de proyecto de 80 km/h hasta la zona de la plaza de cobro y de 70 km/h desde la salida de esta hasta el final de la actuación.</p> <p>Dado que el trazo presenta una pendiente gobernadora del 6% en una longitud de 7 km se analizó económicamente la posibilidad de disponer de un tercer carril de ascenso para el tránsito pesado, con acotamiento exterior en el cuerpo izquierdo de 0.5 m tanto en corte como en terraplén y de 1.0 m en estructuras.</p> <p>Presenta dos túneles y seis viaductos. Como parte de las terracerías, se consideran los movimientos de tierra correspondientes al falso túnel de San Agustín</p> <p>En el proyecto se adoptan diversas medidas paliativas para reducir al máximo los caídos, según se establece en el informe geotécnico y en la geometría de los taludes adoptada.</p> <p>La geometría del alineamiento vertical se proyectó para que la percepción del conductor de la carretera fuese la mejor posible, teniendo en cuenta la coordinación planta-perfil.</p> <p>Se disponen de dos rampas de emergencias repartidas lo más uniformemente posible en todo el trazo. Ambas rampas se han proyectado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2009, RAMPAS DE EMERGENCIA PARA FRENADO EN CARRETERAS.</p> |
| <p>Drenaje transversal (23 OD)</p> <p>El diseño geométrico ha tenido en cuenta en todo momento el drenaje transversal y la salida de aguas en todos los ejes.</p> <p>Se proyectan 23 obras de drenaje transversal con todos los elementos necesarios para la adecuada evacuación de las aguas en escurrimientos o en río. En los taludes de corte se proyecta lavadero precolado tipo B – 100, según planos de detalle, que irá enterrado en el talud el espesor del cimientado medido en la perpendicular al talud. En el cimientado de estos lavaderos se dispondrán macizos de anclaje en el terreno cada 2.5 m.</p> |
| <p>Drenaje longitudinal</p> <p>Para el correcto desalojo del agua a lo largo del proyecto se consideran obras complementarias al proyecto de drenaje como son los lavaderos prefabricados, pozos con rejilla, ductos de desfogue de agua para los mismos, prolongaciones de 5 canales con dimensiones de 485 m hasta los 798 m de longitud, para la canalización y encausamiento al escurrimiento natural, 18 contracunetas que van de</p> |

los 105 m, hasta los 519 m de longitud , tomando en cuenta la geometría de caminos existentes y caminos secundarios de proyecto.

Adicionalmente, las zonas en que la sobreelevación de la calzada vierte el agua hacia el separador central, se ha dejado un espacio adicional de 0.5 m de ancho para disponer de cuneta central adosada a la barrera. Bajo la cuneta se dispone de ducto de drenaje longitudinal que recoge las aguas de esta y evita la proliferación de salidas de drenaje transversal.

Pavimentos

Considerando los estudios geotécnicos y el estudio de pronóstico de aforo para el proyecto, se calculó la estructura de pavimentos para la vía troncal mediante los métodos AASHTO y DISPAV del Instituto de Ingeniería de la UNAM. La estructura de pavimento que ofrece mayor seguridad tiene los siguientes espesores: Carpeta asfáltica con mezcla en caliente de 8 cm de espesor, base asfáltica con mezcla en caliente de 10 cm de espesor, y 25 cm de base hidráulica.

Para el caso de los entronques, los ejes principales presentan la misma estructura de la vía troncal y los ramales que atenderán menor volumen de tránsito tendrán una carpeta asfáltica con mezcla en caliente de 12 cm de espesor y 25 cm de base hidráulica para el entronque de Huasca y una carpeta asfáltica con mezcla en caliente de 5 cm de espesor y 15 cm de base hidráulica para el entronque de Mineral del Monte.

Señalamiento horizontal y vertical

Se cuenta con el Proyecto de Señalamiento definitivo tomando en cuenta los criterios del diseño geométrico además del cumplimiento del Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014 de la SCT, para la troncal y entronques.

Además del proyecto vertical y horizontal, incluye los detalles de cada elemento y cuantificación de estos.

El concursante deberá incluir un proyecto de señalamiento de protección de obra que cumpla al menos con la Normatividad vigente de la Secretaría, debiendo conservar y mejorar la calidad del Proyecto de Referencia.

Dispositivos de seguridad

Se cuenta el Proyecto de dispositivos de seguridad tomando en cuenta los criterios del diseño geométrico además del cumplimiento del Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014 de la SCT, para la troncal y entronques, incluyendo los detalles de cada elemento y cuantificación de estos.

Estructuras

El proyecto incluye 6 estructuras mayores: **Viaducto Manzanos**, con una longitud de 152.109 m.; **Viaducto Canteras I**, con una longitud de 91.249 m; **Viaducto Canteras II**, con una longitud de 125.829 m;

Viaducto La Carolina, estructura de cuerpos separados, con una longitud de 238.1 m y 371.672 cada cuerpo. Esta estructura está aún sin calcular por lo que estos parámetros podrán ser modificados; **Viaducto Santa Elena**: con una longitud de 213.449 m; **Viaducto Vicente Guerrero**, estructura de cuerpos separados, con una longitud de 224 m y 318.861 m respectivamente. Esta estructura está aún sin calcular por lo que estos parámetros podrán ser modificados.

Túneles

El proyecto contempla la construcción de 2 túneles a lo largo de la vía troncal:

El primero consiste en un falso túnel de unos 75.5 m en el cuerpo izquierdo en las proximidades del Rancho de San Agustín. Cadenamientos 114+763.969 a 114+839.201. Este falso túnel se proyecta para respetar el rancho San Agustín, a la vez que se reduce la altura de corte para reducir riesgos geológicos con un costo razonable de muros y la mayor reducción de la estructura de la Carolina que sigue a dicha curva.

El segundo túnel se requiere debido a la elevada altura de corte y consiguiente riesgo geológico compatible con el menor costo de la estructura de Vicente Guerrero y la eliminación de curvas adicionales que afectarían a la seguridad. Consiste en dos cuerpos paralelos de longitudes diferentes de 276.948 m y de 242.039 m separados 13.2 m entre ellos.

Debido a que no está proyectado con el debido detalle el túnel de Atotonilco, los tramos de corte contiguos a ambas boquillas podrán sufrir un incremento de berma lateral al acotamiento por ambas márgenes de 0.5 m.

Paso Inferior Vehicular

El PIV ubicado en el km 117+570, comunica dos construcciones aisladas. Requiere un paso superior de 60.15 m de longitud y 5 m de ancho en el paso superior, PIV 119+17, paso superior de 35 m de longitud y 8 m de anchura total. Comunica dos zonas con diversas construcciones, PIV 119+868, paso superior de 55 m. el ancho del tablero de la estructura es de 9.0 m que brindara comunicación con las construcciones ahiladas.

Paso Superior Vehicular 118+315

En el camino del km 118+315 de 131.8 m de longitud, se proyecta un paso inferior con un ancho de 8.0 m de calzada y acotamientos de 1.0 m a cada lado. El paso inferior cuenta con un cálculo estructural.

La estructura se realizará en dos fases cuando se haga el relleno del terraplén en sus proximidades. En la primera fase se construirá las dos calzadas dejando libre el espacio. Una vez construido, se recrecerá el terraplén de la derecha del camino de obra haciendo desvíos del camino de obra y subiendo la rasante hasta llegar a la rasante de proyecto de la Vía Principal, finalmente se concluirá la estructura.

Paso Inferior Peatonal Elevado 115+982

Se presenta un puente peatonal de 58 m de longitud que cruza la autopista en 115+982. Se ha optado por no canalizar esta vereda por las banquetas del talud izquierdo debido a al riesgo de posibles caídos. Los taludes de corte son de 0.75 H : 1 V y los de terraplén de 1.3 H : 1 V. Los terraplenes se construirán con roca procedente de la excavación de andesitas o basaltos. Requiere 147 m³ de escalones de liga.

Muros

Además de los muros de acompañamiento de los viaductos se requiere un total de 22 muros. Se cuenta con la ubicación y predimensionamiento de todos los muros que se tomaron en cuenta para el proyecto de la troncal y entronques. El desarrollador tendrá a su cargo el proyecto constructivo de cada uno de los muros identificados.

Considerando también tres bases de Muros de concreto ciclópeo, como resultado del estudio y necesidades del proyecto.

ITS, incluye Fibra Óptica

Los requerimientos de ITS para el proyecto proponen instalar un equipamiento mínimo sugerido para el inicio de operaciones en las condiciones de tránsito mínimo, que permita la medición de Indicadores de Desempeño relacionados con la Operación de la Carretera.

La instalación de la fibra óptica debe cumplir la norma de fibra óptica N-CTR-CAR-1-08-001-07 los poliductos para fibra de vidrio se dispondrán bajo el acotamiento derecho, en zanja de 15 cm de ancho a 1.25 m de la orilla de la calzada y dispondrán de un registro cada 1,000 m de acuerdo a la norma N-CTR-CAR-1-08-004-01.

Plaza de cobro obra civil

Al final del tramo de fuerte pendiente y a suficiente distancia del final de este, más de 600 metros para que se permita la detección de los vehículos, se ubica la zona de la plaza de cobro en el km 119+171, prevista para 4 carriles de cobro por sentido para el año inicial y que se prevé que pueda crecer a 6 carriles en el último tercio del periodo de concesión.

La distribución y elementos arquitectónicos de diseño y construcción serán definidos de acuerdo con los criterios del mismo Desarrollador, para permitir que cubra sus necesidades operativas y cuente con su imagen propia. No obstante, deberá cumplir con ciertos requisitos establecidos en las bases generales de concurso.

Equipo carriles multimodales

La carretera contempla la operación de peaje abierto, con una sola plaza de cobro que tiene previsto el equipamiento de 4 carriles de cobro multimodal para el año de inicio de operación que permitirán el pago en efectivo y por medios electrónicos, ya sea tarjetas de proximidad, telepeaje u otros. El sistema estará totalmente integrado en las funciones de cobro, administración y auditoría. El sistema deberá tener la capacidad de lectura multiprotocolo, de forma que permitan lectura de diferentes usuarios de TAG.

Entronque Mineral del Monte

Este entronque es el resultado del análisis de 24 soluciones diferentes debidas al número de conexiones a resolver, presencia de numerosas construcciones, una topografía muy accidentada y disponibilidad de espacio muy limitada.

Su concepción final consigue mantener movimientos directos en ambos sentidos entre Atotonilco libre y Pachuca libre que condiciona la mayor parte del resto de los movimientos. Incluye 3 viaductos, obras de drenaje, pavimentación, la construcción de un túnel, dos puentes peatonales, la propuesta de tres Muros y el señalamiento vertical y horizontal.

El movimiento de Atotonilco libre a Pachuca cuota se resuelve mediante una estructura al comienzo de la conexión del entronque con Pachuca libre.

Se sacrifica el movimiento directo de Mineral del Monte a Atotonilco cuota ya que existen otros caminos para resolverlo dentro de Mineral del Monte.

Entronque Huasca

Se encuentra ubicado en el km 20+000 al final de la autopista para entroncar con la vía libre de Pachuca a Atotonilco. Este entronque es el resultado de 7 soluciones propuestas y se encuentra condicionado principalmente por el cruce con un río que discurre en su margen derecha y la existencia de un colegio ubicado en la margen derecha del la vía libre, lo que obligó a proyectar una gasa exterior para permitir un acceso seguro al colegio y evitar un entrecruzamiento peligroso entre vehiculos que circulan par la carretera y los que entran o salen del colegio, además de respetar las construcciones aledañas y un paradero de autobús. Todos los parámetros de diseño geométrico cumplen con la normativa vigente.

Fuente: Proyecto.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

El proyecto se estima en 2,553.36 mdp, que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Tabla 28. Monto total de inversión.

| Concepto | Monto sin IVA | IVA | Monto con IVA |
|---------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Terracerías | 792,033,920.0 | 126,725,427.2 | 918,759,347.2 |
| Drenaje | 97,182,840.2 | 15,549,254.4 | 112,732,094.6 |
| Pavimentos | 147,206,074.0 | 23,552,971.8 | 170,759,045.8 |
| Señalamiento | 3,180,559.8 | 508,889.6 | 3,689,449.4 |
| Dispositivos de seguridad | 29,723,639.3 | 4,755,782.3 | 34,479,421.6 |
| Estructuras | 509,090,079.2 | 81,454,412.7 | 590,544,491.9 |
| Túneles | 167,688,711.5 | 26,830,193.8 | 194,518,905.3 |
| PIV's | 26,555,954.1 | 4,248,952.7 | 30,804,906.8 |
| PSV | 9,752,595.2 | 1,560,415.2 | 11,313,010.4 |
| PIPE | 4,198,785.8 | 671,805.7 | 4,870,591.5 |
| Muros | 60,687,887.6 | 9,710,062.0 | 70,397,949.6 |
| ITS | 25,000,000.0 | 4,000,000.0 | 29,000,000.0 |
| Caseta de cobro | 22,000,000.0 | 3,520,000.0 | 25,520,000.0 |
| Entronques | 305,698,953.3 | 48,911,832.5 | 354,610,785.8 |
| Gastos de operación* | 1,177,720.7 | 188,435.3 | 1,366,156.0 |
| Total | 2,201,177,720.7 | 352,188,435.3 | 2,553,366,156.0 |

Fuente: Proyecto.

b) Alineación estratégica

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2014.

El presente proyecto se encuentra alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024, a través de la Directriz 3. Desarrollo económico incluyente, objetivo 3.6. Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo, el mercado interno y el empleo. Una de las tareas centrales del actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Para ello se requiere, en primer lugar, del fortalecimiento del mercado interno, lo que se conseguirá con una política de recuperación salarial y una estrategia de creación masiva de empleos productivos, permanentes y bien remunerados.

Hoy en día más de la mitad de la población económicamente activa permanece en el sector informal, la mayor parte con ingresos por debajo de la línea de pobreza y sin prestaciones laborales. Esa situación resulta inaceptable desde cualquier perspectiva ética y perniciosa para cualquier perspectiva económica: para los propios informales, que viven en un entorno que les niega derechos básicos, para los productores, que no pueden colocar sus productos por falta de consumidores, y para el fisco, que no puede considerarlos causantes.

El sector público fomentará la creación de empleos mediante programas sectoriales, proyectos regionales y obras de infraestructura, pero también facilitando el acceso al crédito a las pequeñas y medianas empresas (que constituyen el 93 por ciento y que generan la mayor parte de los empleos) y reduciendo y simplificando los requisitos para la creación de empresas nuevas.

PROGRAMA SECTORIAL DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 2020 – 2024.

La transformación del país hacia un desarrollo equitativo e incluyente depende en gran medida del acceso a un transporte seguro, ágil y oportuno, y a una conectividad eficiente y suficiente, que son base del crecimiento económico al ofrecer los medios para movilizar y controlar todos los bienes e insumos que se requieren para la producción y el consumo, y como detonadores del crecimiento regional. Son, además, los medios de acceso a los servicios de educación, salud y cultura, así como a las fuentes de empleo, derivado de los anterior, el presente proyecto se alinea con el Objetivo Prioritario 1: “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a través de las siguientes las siguientes estrategias y líneas de acción.

Estrategia prioritaria 1.4 Incrementar la cobertura y accesibilidad de las vías de comunicación para impulsar el desarrollo regional y disminuir la marginación.

Línea de acción 1.4.4 Continuar con la construcción y modernización de la Red Carretera Federal.

Línea de acción 1.4.6 Construir y modernizar la infraestructura carretera para el desarrollo regional.

COMPROMISO DE GOBIERNO EN LA ACTUAL ADMINISTRACIÓN.

El tramo real del Monte – Ent. Huasca, forma parte del proyecto para la modernización de la carretera Pachuca – Huejutla, la cual es un compromiso por parte de la actual administración.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO HIDALGO 2016 – 2022.

El proyecto de referencia de alinea con el Eje 5. Hidalgo con Desarrollo Sostenible, numeral 5.4. Movilidad sostenible y eficiente, el cual presenta una visión más integral en relación con la movilidad en entornos urbanos y rurales, al incorporar acciones sobre todos los componentes que conforman un sistema de transporte en un entorno urbano, como es el caso de los ciclistas, peatones, transporte público y transporte de carga principalmente. A continuación, se mencionan los principales objetivos relacionados con el tema:

- Fomentar la movilidad motorizada sostenible mediante la incorporación de alternativas tecnológicas para los diferentes medios de transporte motorizados.

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

- Fortalecer y promover las alternativas de movilidad sostenible eficiente no motorizada para la población.
- Modernizar e implantar sistemas de transporte público integrados eficientes y sostenibles, que ofrezcan a la población un servicio de calidad con bajo impacto ambiental
- Contar con la infraestructura vial adecuada, suficiente, flexible y sostenible para las necesidades de desplazamiento de la población, bienes y mercancías, en todos los medios y formas de transporte, incluida la movilidad no motorizada.

PROGRAMA NACIONAL ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA 2030 (PRONEIC 2030).

Así también, el presente proyecto forma parte del *Programa Nacional Estratégico de Infraestructura Carretera 2030 (ProNEIC 2030)*, el cual es un documento rector para la planeación a largo plazo de infraestructura carretera orientado a impulsar el desarrollo económico y la competitividad nacional, además, el tramo: Real del Monte – Ent. Huasca, a su vez se forma parte del corredor intertronal denominado Pachuca - Tampico.

c) Localización geográfica

El proyecto para la construcción de la carretera de altas especificaciones Real del Monte – Entronque Huasca se ubica en los Municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo, en el Estado de Hidalgo, que a su vez pertenece a la región Centro-País.

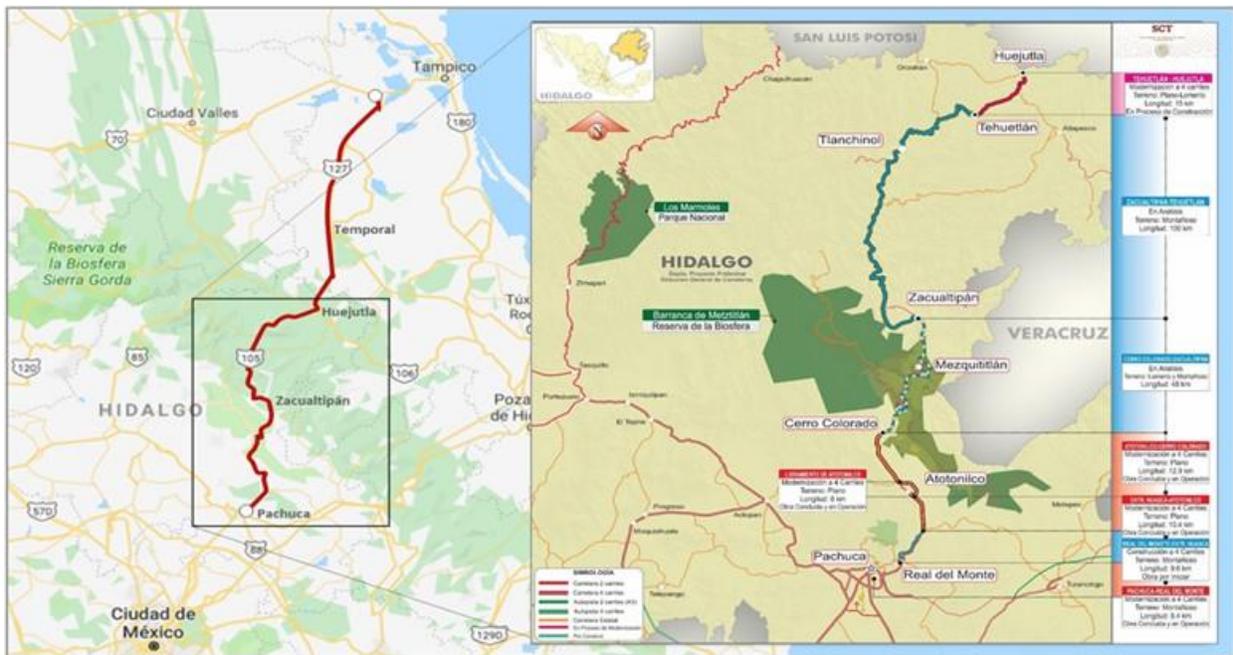


Figura 53. Ubicación regional de la Construcción de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Dentro de la Red Nacional de Carreteras, el tramo Real del Monte – Entronque Huasca forma parte de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal, que a su vez forma parte de la “vía corta” entre la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y el norte del Golfo de México, a la cual se le denominó como corredor Intertronal Pachuca – Tampico.



Figura 54. Ubicación del proyecto dentro de la carretera federal MEX-105, Pachuca – Tempoal.
 Fuente: Proyecto.

Tabla 29. Ubicación del proyecto Real del Monte – Ent. Huasca (coordenadas).

| Construcción de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca. | | |
|--|------------|------------|
| Coordenadas | Inicio | Final |
| Latitud | 20.139698 | 20.188124 |
| Longitud | -98.688294 | -98.639945 |

Fuente: Proyecto.

Como se indicó en el apartado anterior, el presente proyecto se aloja en los municipios de Mineral del Monte, Omitlán y Huasca de Ocampo. A continuación, se describen de manera general sus características socioeconómicas.

• **POBLACIÓN.**

De acuerdo con la Encuesta Intercensal, 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, los municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo, cuentan con una población de 14,640, 9,636 y 17,728 habitantes, resultando una población 42,004 beneficiados por el proyecto.

Tabla 30. Población en los municipios de la zona de influencia del proyecto.

| Municipio | Total | Hombres | Mujeres |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Mineral del Monte | 14,640 | 6,983 | 7,657 |
| Omitlán de Juárez | 9,636 | 4,651 | 4,985 |
| Huasca de Ocampo | 17,728 | 8,363 | 9,365 |
| Población beneficiada | 42,004 | 19,997 | 22,007 |

Fuente: Encuesta Intercensal, INEGI, 2015.

• **NIVEL SOCIOECONÓMICO.**

Características económicas.

De acuerdo con la Encuesta Intercensal, 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, los municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo cuenta con una Población Económicamente Activa (PEA) del 53.38%, 45.14% y 38.49%, respectivamente. Cabe hacer mención que esta parte de la población se encuentra ocupada en más de un 94%.

Tabla 31. Población Económicamente Activa.

| Municipio | Población de 12 años y más | Población económicamente activa | | |
|-------------------|----------------------------|---------------------------------|---------|------------|
| | | Total | Ocupada | Desocupada |
| Mineral del Monte | 11,681 | 53.38 | 96.79 | 3.21 |
| Omitlán de Juárez | 7,266 | 45.14 | 94.45 | 5.55 |
| Huasca de Ocampo | 13,496 | 38.49 | 97.05 | 2.95 |

Fuente: Encuesta Intercensal, INEGI, 2015.

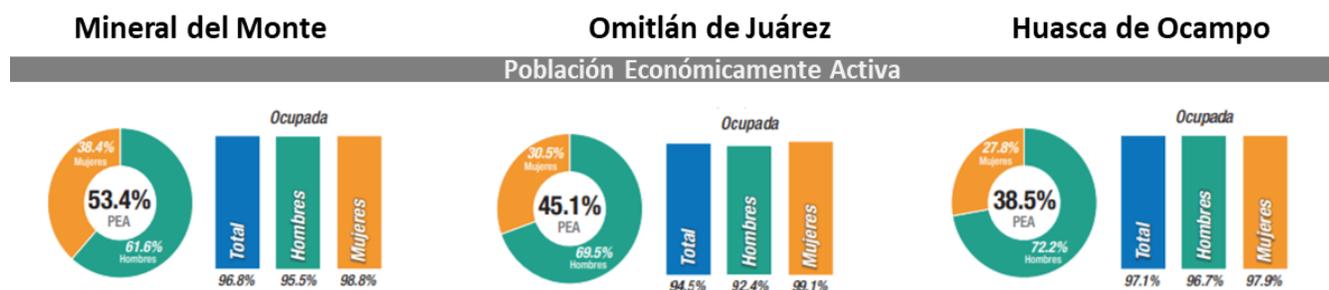


Figura 55. Población Económicamente Activa.

Índice de Desarrollo Humano Municipal.

Para determinar el nivel de desarrollo en los municipios en la zona de influencia del proyecto, se recurrió al índice de desarrollo humano (IDH), que es un indicador sintético de los logros medios obtenidos en las dimensiones fundamentales del desarrollo humano, a saber, tener una vida larga y saludable, adquirir conocimientos y disfrutar de un nivel de vida digno.

El IDH estima valores que van de 0 a 1, donde un valor más cercano a uno indica mayor desarrollo humano, tanto para el índice general como para sus subíndices o componentes de salud, ingreso y educación.

En el caso de los municipios de Mineral del Monte y Omitlán de Juárez tienen un Grado de Desarrollo Humano Alto, mientras que el municipio de Huasca de Ocampo presenta un Grado de Desarrollo Humano Medio.

Tabla 32. Índice de Desarrollo Humano.

| Municipio | Años promedio de escolaridad | Años esperados de escolarización | Ingreso per cápita anual (dólares PPC) | Tasa de mortalidad infantil | Índice de educación | Índice de salud | Índice de ingreso | IDH | Grado de Desarrollo Humano |
|-------------------|------------------------------|----------------------------------|--|-----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-------|----------------------------|
| Mineral del Monte | 8.7 | 13.4 | 2928.2 | 12.4 | 0.664 | 0.909 | 0.770 | 0.774 | Alto |
| Omitlán de Juárez | 6.9 | 12.0 | 1777.5 | 15.6 | 0.563 | 0.882 | 0.694 | 0.701 | Alto |
| Huasca de Ocampo | 6.4 | 12.1 | 1890.1 | 22.5 | 0.548 | 0.823 | 0.704 | 0.682 | Medio |

Fuente: Consejo Estatal de Población, Gob. Edo. Hidalgo, 2015.

Índice de pobreza

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) dio a conocer la medición de pobreza a nivel municipal en 2015. Con esta información se tienen indicadores de la medición multidimensional de la pobreza para los municipios del país, cuya comparabilidad registra la evolución de la pobreza a escala municipal. A continuación, se presentan los porcentajes de pobreza, pobreza extrema y pobreza moderada de los municipios en estudio.

Tabla 33. Porcentaje de población en situación de pobreza, pobreza extrema y pobreza moderada.

| Municipio | Pobreza (%) | Pobreza extrema (%) | Pobreza moderada (%) |
|-------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| Mineral del Monte | 43.2 | 2.9 | 40.3 |
| Omitlán de Juárez | 59.0 | 10.5 | 48.4 |
| Huasca de Ocampo | 52.8 | 9.0 | 43.8 |

Fuente: Pobreza a nivel municipio, CONEVAL, 2015.

Grado de bienestar social y económico.

A efecto de identificar el bienestar de los municipios en estudio, se identificó el porcentaje de la población de los municipios de e Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo que se encuentran por debajo de la línea de bienestar mínimo, y la línea de bienestar. En la siguiente tabla se presentan los porcentajes correspondientes.

Tabla 34. Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar / bienestar mínimo.

| Municipio | Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo (%) | Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar (%) |
|-------------------|--|---|
| Mineral del Monte | 15.0 | 51.1 |
| Omitlán de Juárez | 24.7 | 60.5 |
| Huasca de Ocampo | 20.6 | 54.0 |

Fuente: Pobreza a nivel municipio, CONEVAL, 2015.

- **CRECIMIENTO URBANO E INDUSTRIAL.**

Crecimiento urbano.

Mineral del Monte. De acuerdo con la cantidad población rural que habita en esta región, debido a que presenta una dinámica demográfica migratoria hacia zonas más urbanas; los datos estadísticos refieren un ritmo de crecimiento poblacional estable en este municipio, por lo que se estima se presente una disminución en la presión por el uso de suelo urbano.

Omitlán de Juárez. El crecimiento urbano de Omitlán se ve determinado en gran medida por las condiciones físico-naturales del municipio: la Orografía del lugar, con un 80% constituido por relieves y elevaciones de alrededor de 2900 msnm como son el Cerro Gordo, Cerro del Gallo y Peña del Zumate, lo que restringe el crecimiento de los asentamientos humanos del municipio. Lo anterior supone que dentro de las zonas de planicies del municipio, se tiene una mayor factibilidad para el desarrollo urbano. Dichas zonas se encuentran ubicadas en la parte norponiente del municipio, sobre la localidad de Venta de Guadalupe y circunvecinas.

Huasca de Ocampo. Este municipio presenta apenas un 0.19% de uso de suelo urbano con respecto a la extensión total del municipio, además, los datos estadísticos refieren un ritmo de crecimiento poblacional estable en este municipio, por lo que se estima se presente una estabilización en la presión por el uso de suelo urbano.

Crecimiento industrial

En la siguiente tabla se presenta la población ocupada y su distribución porcentual, en la cual se puede observar que, en los tres municipios en estudio, la actividad predominante corresponde a Comerciantes y trabajadores en servicios diversos, seguido de trabajadores en la industria.

Tabla 35. Población ocupada y su distribución porcentual.

| Municipio | Población ocupada | Profesionistas, técnicos y administrativos | Trabajadores agropecuarios | Trabajadores en la industria | Comerciantes y trabajadores en servicios diversos | No especificado |
|-------------------|-------------------|--|----------------------------|------------------------------|---|-----------------|
| Mineral del Monte | 6,035 | 22.78 | 1.94 | 33.34 | 41.54 | 0.40 |
| Omitlán de Juárez | 3,098 | 11.62 | 15.82 | 29.34 | 42.87 | 0.36 |
| Huasca de Ocampo | 5,042 | 13.49 | 19.64 | 27.67 | 38.26 | 0.95 |

Fuente: Consejo Estatal de Población, Go. Edo. Hidalgo, 2015.

Nota: Los límites de confianza se calculan al 90 por ciento.

- 1 Corresponde a las ocupaciones agrupadas del Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO, 2011).
- 2 Comprende: funcionarios, directores y jefes; profesionistas y técnicos; así como trabajadores auxiliares en actividades administrativas.
- 3 Comprende: trabajadores artesanales; así como operadores de maquinaria industrial, ensambladores, choferes y conductores de transporte.
- 4 Comprende: comerciantes, empleados en ventas y agentes de ventas; trabajadores en servicios personales y vigilancia; así como trabajadores en actividades elementales y de apoyo.

Mineral del Monte. La producción agrícola del Municipio de Mineral del Monte, está basada en algunos cultivos de tipo cíclicos, la mayor parte de la superficie sembrada es de maíz, entre los cultivos perennes, se planta el maguey y el nopal tunero. En su mayoría estos cultivos son de temporal, ya que los productores no cuentan con sistemas de riego que ayudan a abastecer a los productos agrícolas, así como de tecnología, capacitación y asistencia técnica. La Silvicultura es una actividad que se genera en el municipio, entre las principales especies maderables que se explotan son las coníferas, entre las que se encuentran el pino y el oyamel. En segundo lugar son las latifoliadas, entre las que está el encino. En lo que respecta a producción forestal no maderable, destaca el volumen de producción del musgo, hongo blanco y la palma. De igual forma, se han reforestado grandes hectáreas de superficie y se ha forestado gran parte de la zona, con el fin de seguir preservando los recursos forestales y medio ambiente.

En cuanto a ganadería si bien ha disminuido su producción para la comercialización, se cuentan con cabezas de ovinos, caprinos, bovinos, porcinos y equinos (que comprende caballos, mulas y asnos), al igual que aves y abejas a través de las colmenas, en su mayoría para autoconsumo en las propias localidades.

En cuanto a la Minería la actividad no se realiza en forma predominante en la producción de minerales, como se hacía en décadas pasadas debido a los altos costos que implica la explotación de estos, aún se puede llevar a cabo en baja escala. Actualmente, en el Municipio se encuentra la Compañía Real del Monte

y Pachuca S.A. y la Minera y Metalúrgica San Miguel, de las cuales destacan las torres y los arcos que dan acceso a las minas más importantes del estado las cuales son: la Purísima, la Dificultad y la Dolores.

En lo que respecta a los minerales metálicos en la mina La Rica y La Purísima, se produce la plata, el plomo, el zinc y el cobre. En lo que se refiere a la mina la Purísima (ampliación del desierto), se produce el cobre, el plomo, el zinc y el cadmio. La mina la Dificultad produce los minerales metálicos siguientes: el oro, la plata, el plomo, el zinc y el cobre.

En cuanto a industria, comercio y servicios destaca la manufactura de calzado minero y para usos industriales: botas, botines y en general toda clase de zapato, artesanías que como nueva alternativa de fuente de trabajo, permite el sostenimiento de un considerable número de familias. Dada la vocación turística, se ha incrementado la manufactura de curiosidades de orfebrería, obviamente confeccionadas con plata, como llaveros, ceniceros, aretes, lamparillas, reproducciones en miniatura de "góndolas" en la que se transporta el mineral y otras. Comprende también las unidades de comercio y abasto como son; 4 tiendas DICONSA, 1 tianguis, 1 mercado público, 1 rastro mecanizado, 4 tiendas y 1 lechería.

El Mineral del Monte el Turismo es la principal fuente de ingresos que deja una fuerte derrama económica, actividad que permite el aprovechamiento del patrimonio, la riqueza cultural y el medio ambiente, destacando como una actividad económica dinámica, generadora de ingresos y empleos permanentes y bien remunerados. De acuerdo a la agenda de competitividad turística de Real del Monte Los principales establecimientos de servicios turísticos son de hospedaje, alimentos y bebidas, tiendas de artesanías y lugares de esparcimiento los cuales han generado un 86% de empleos permanentes y un 14% de empleos temporales.

Omitlán de Juárez. En cuanto a la población ocupada por actividad, las principales se dedican a los sectores primario y terciario, entendiéndose por sectores productivos:

- Sector Primario: Actividades referentes con Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Caza y Pesca.
- Sector Secundario: Comprende las actividades relacionadas con Minería, Industrias Manufactureras, Electricidad, Agua y Construcción.
- Sector Terciario: Actividades relacionadas con Comercio, Transportes, Correos y almacenamiento, Información de medios masivos, Servicios y actividades de gobierno.

La principal actividad económica en el municipio es el turismo que ocupa el 27.7% de las actividades productivas, seguido del comercio y artesanos, quedando en tercer lugar la agricultura que representan el 10% de la ocupación económica.

Huasca de Ocampo. En este municipio es famosa la alfarería, debido a que, el barro es obtenido de las arcillas de la región y cuentan con originales decorados, que son realizados a mano. En la actualidad es toda una industria en la región, que aprovecha la afluencia del turismo para vender jarros, cazuelas, ceniceros, juguetes y vajillas. Todos estos productos se expenden tanto en los comercios del centro de la cabecera municipal como en el mercado y tianguis semanal.

En lo que respecta al comercio, se cuenta con 41 establecimientos comerciales, 15 establecimientos de DICONSA, 8 tianguis, un rastro municipal, 2 lecherías LICONSA, 8 establecimientos de alimentos (mariscos,

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

antojitos, carnes y comida mexicana), y de bebidas características de la región. Cuenta además con 6 hoteles, de tres, dos y una estrella. Los productos que se elaboran son alimentos, bebidas y de alfarería.

- **VIVIENDA**

De acuerdo con la Encuesta Intercensal, 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el número total de viviendas habitadas en los municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo, es de 3703, 2391 y 4594, respectivamente, con una ocupación promedio de cuatro personas por vivienda, y una persona por cuarto.

Los tres municipios cuentan con una cobertura importante de servicios de drenaje, servicios sanitario y electricidad, sin embargo, aún se cuenta con un rezago importante del servicio de agua entubada.

Tabla 36. Número de viviendas particulares habitadas y su ocupación.

| Municipio | Total de viviendas particulares habitadas | Promedio de ocupantes por vivienda | Promedio de ocupantes por cuarto |
|-------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|
| Mineral del Monte | 3,703 | 4 | 1 |
| Omitlán de Juárez | 2,391 | 4 | 1.1 |
| Huasca de Ocampo | 4,594 | 3.9 | 1.0 |

Fuente: Encuesta Intercensal, INEGI, 2015.

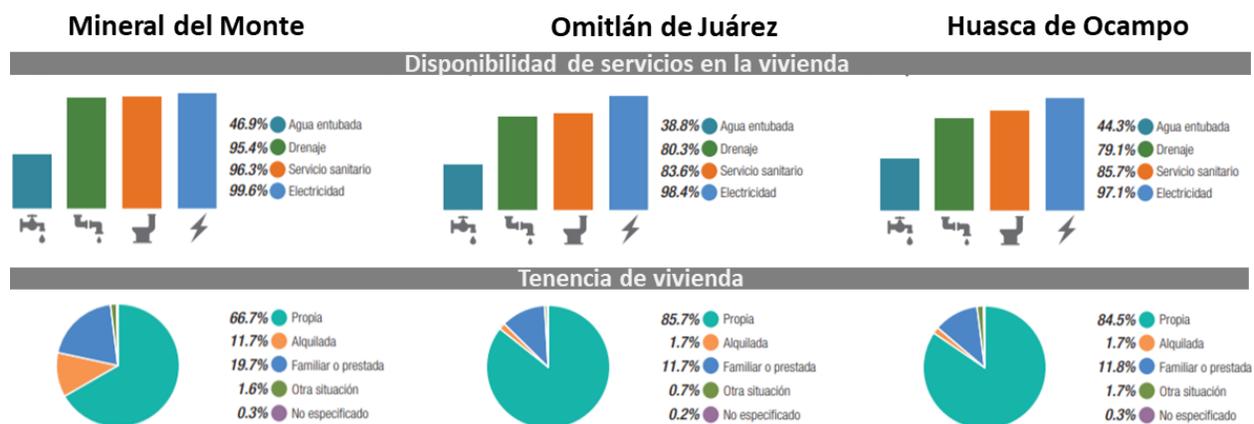


Figura 56. Tenencia de vivienda y disponibilidad de servicios.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

• **EDUCACIÓN.**

De acuerdo con la Encuesta Intercensal, 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el grado de escolaridad promedio en los municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo, es de 9.2, 7.63 y 7.31 años, respectivamente.

Cabe hacer mención que de los tres municipios, Mineral del Monte es el que presenta un porcentaje mayor de población mayor a 15 años que cuenta con estudios de nivel Medio superior, y superior.

Tabla 37. Indicadores de educación 2015.

| Municipio | % de población de 15 años o más analfabeta | % de población de 3 a 14 años que no asiste a la escuela | % Población sin primaria completa de 15 años o más | % Población sin secundaria completa de 15 años o más | % Población de 3 a 17 años que asiste a la escuela | Grado Promedio de escolaridad |
|-------------------|--|--|--|--|--|-------------------------------|
| Mineral del Monte | 3.37 | 10.11 | 11.21 | 10.62 | 86.86 | 9.2 |
| Omitlán de Juárez | 8.65 | 13.56 | 21.04 | 8.73 | 83.04 | 7.63 |
| Huasca de Ocampo | 8.62 | 11.18 | 26.94 | 9.88 | 84.90 | 7.31 |

Fuente: Encuesta Intercensal, INEGI, 2015.

Tabla 38. Población de 15 años y más según nivel de escolaridad

| Municipio | Sin escolaridad (%) | Básica (%) | Media superior (%) | Superior (%) | No especificado (%) |
|-------------------|---------------------|------------|--------------------|--------------|---------------------|
| Mineral del Monte | 3.1 | 59.3 | 23.7 | 13.7 | 0.2 |
| Omitlán de Juárez | 6.8 | 73.3 | 14.8 | 5.0 | 0.1 |
| Huasca de Ocampo | 6.2 | 71.8 | 14.1 | 7.8 | 0.1 |

Fuente: Encuesta Intercensal, INEGI, 2015.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

• **SALUD.**

De acuerdo con la Encuesta Intercensal, 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la población afiliada a los servicios de salud en los municipios de Mineral del Monte, Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo, es del 86.2%, 89.8% y 86.5%, respectivamente. Cabe hacer mención que la mayor cobertura se encuentra proporcionada por el Seguro Popular.

Tabla 39. Afiliación a servicios de salud.

| Municipio | Población afiliada (%) | Seguro popular (%) | IMSS (%) | ISSSTE (%) | Pemex, Defensa o Marina (%) | Seguro Privado (%) | Otra institución (%) |
|-------------------|------------------------|--------------------|----------|------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|
| Mineral del Monte | 86.2 | 59.7 | 28.8 | 8.9 | 0.1 | 2.7 | 2.0 |
| Omitlán de Juárez | 89.8 | 90.5 | 9.6 | 2.1 | 0.1 | 0.2 | 0.0 |
| Huasca de Ocampo | 86.5 | 90.6 | 7.4 | 1.7 | 0.0 | 1.6 | 0.1 |

Fuente: Encuesta Intercensal, INEGI, 2015.

d) Calendario de actividades

Tabla 40. Calendario de actividades.

| Año | Monto total de inversión con IVA | Avance financiero (%) | Concepto | Avance físico (km) |
|--------------|----------------------------------|-----------------------|---|--------------------|
| 2018 | 1,366,156.00 | 0.5% | Gastos de operación (Recurso ejercido por la Secretaría de Comunicaciones y transportes). | - |
| 2019 | - | - | | - |
| 2020 | - | - | | - |
| 2021 | 1,221,260,376.00 | 47.83% | Construcción 4.7 kilómetros de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca. Incluye la construcción de las estructuras: Manzanos, Canteras I, y Santa Elena; construcción de túneles Atotonilco y San Agustín; construcción de muros; construcción del entronque a desnivel Mineral del Monte. | 4.7 |
| 2022 | 1,330,739,624.00 | 52.12% | Construcción 4.7 kilómetros de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca. Incluye la construcción de las estructuras: Canteras II, La Carolina y Vicente Guerrero; construcción de 3 PIV'S, 1 PSV, y PIPE; Instalación de Sistema Inteligente de Transporte (ITS) ; construcción y equipamiento de caseta de cobro; construcción del entronque a desnivel Huasca. | 4.7 |
| Total | 2,553,366,156.0 | 100% | | 9.4 |

Fuente: Elaboración propia.

e) Monto total de inversión

El monto total de inversión se estima en 5,478,446,485 que incluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA). A continuación, se presenta el desglose por componente, cantidad, unidad de medida, precio unitario, y monto con y sin IVA.

Tabla 41. Monto total de inversión.

| Concepto | Monto sin IVA | IVA | Monto con IVA |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Terracerías | 792,033,920.00 | 126,725,427.20 | 918,759,347.20 |
| Drenaje | 97,182,840.20 | 15,549,254.40 | 112,732,094.60 |
| Pavimentos | 147,206,074.00 | 23,552,971.80 | 170,759,045.80 |
| Señalamiento | 3,180,559.80 | 508,889.60 | 3,689,449.40 |
| Dispositivos de seguridad | 29,723,639.30 | 4,755,782.30 | 34,479,421.60 |
| Estructuras | 509,090,079.20 | 81,454,412.70 | 590,544,491.90 |
| Manzanos | 66,499,975.60 | 10,639,996.10 | 77,139,971.70 |
| Canteras I | 43,883,358.90 | 7,021,337.42 | 50,904,696.32 |
| Canteras II | 55,012,810.27 | 8,802,049.64 | 63,814,859.91 |
| La Carolina | 144,296,432.24 | 23,087,429.16 | 167,383,861.40 |
| Santa Elena | 79,823,671.80 | 12,771,787.49 | 92,595,459.29 |
| Vicentes Guerrero | 119,573,830.38 | 19,131,812.86 | 138,705,643.24 |
| Túneles | 167,688,711.50 | 26,830,193.80 | 194,518,905.30 |
| Túnel Atotonilco | 156,423,319.76 | 25,027,731.16 | 181,451,050.92 |
| Túnel San Agustín | 11,265,391.74 | 1,802,462.68 | 13,067,854.42 |
| PIV's | 26,555,954.10 | 4,248,952.70 | 30,804,906.80 |
| 117+570 | 5,505,401.38 | 880,864.22 | 6,386,265.60 |
| 119+171 | 12,445,214.48 | 1,991,234.32 | 14,436,448.80 |
| 119+868 | 8,605,338.26 | 1,376,854.12 | 9,982,192.38 |
| PSV 118+315 | 9,752,595.20 | 1,560,415.20 | 11,313,010.40 |
| PIPE 115+982 | 4,198,785.80 | 671,805.70 | 4,870,591.50 |
| Muros | 60,687,887.60 | 9,710,062.00 | 70,397,949.60 |
| ITS | 25,000,000.00 | 4,000,000.00 | 29,000,000.00 |
| Caseta de cobro | 22,000,000.00 | 3,520,000.00 | 25,520,000.00 |
| Obra civil | 15,000,000.00 | 2,400,000.00 | 17,400,000.00 |
| Equipo carriles multimodales | 7,000,000.00 | 1,120,000.00 | 8,120,000.00 |
| Entronques | 305,698,953.30 | 48,911,832.50 | 354,610,785.80 |
| Gastos de operación* | 1,177,720.70 | 188,435.30 | 1,366,156.00 |
| Total | 2,201,177,720.70 | 352,188,435.30 | 2,553,366,156.00 |

Fuente: Proyecto.

Nota* 1.177 mdp sin IVA fue el recurso ejercido con cargo al Presupuesto de Egresos de la Federación por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por concepto de Gastos de operación, sin embargo, 2,200 mdp sin IVA son para la construcción del tramo Real del Monte - Entronque Huasca a través del esquema de Asociación Público Privada

f) Fuentes de financiamiento

La construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca tiene un monto de inversión sin el Impuesto al Valor Agregado (IVA) de 2,200 mdp, la cual se desarrollará a través de un esquema de Asociación Público Privada de los cuales el 44.04% es el apoyo de una subvención con cargo al Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y 55.906% son recursos privados.

El restante 0.054% corresponden a recursos Federales por un monto de 1.177 mdp sin IVA, ejercidos en el año 2018 con cargo al Presupuesto de Egresos de la Federación por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por concepto de Gastos de operación.

Tabla 42. Fuentes de financiamiento

| Fuente de los recursos | Procedencia | Monto sin IVA | Porcentaje |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| 1. Federales | Recursos fiscales | 1,177,720.70 | 0.054% |
| 2. Estatales | | | |
| 3. Municipales | | | |
| 4. Fideicomisos | FONADIN | 968,880,000.00 | 44.040% |
| 5. Otros | Privados | 1,231,120,000.00 | 55.906% |
| Total c/IVA | | 2,201,177,720.70 | 100% |

Fuente: Elaboración propia

g) Capacidad instalada

Con la puesta en operación del proyecto se tendrán beneficios significativos para los usuarios, de mejorarán las velocidades de operación, y los niveles de servicio en los tramos que conforman el proyecto.

Tabla 43. Capacidad instalada de la carretera real del Monte – Entr. Huasca.

| Año | Km 11+400 al km 18+700 | | Km 18+700 al km 20+800 | |
|-----|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | TDPA | Nivel de Servicio | TDPA | Nivel de Servicio |
| 0 | 0 | | 0 | |
| 1 | 0 | | 0 | |
| 2 | 0 | | 0 | |
| 3 | 0 | | 0 | |
| 4 | 0 | | 0 | |
| 5 | 8,813 | A | 8,813 | A |
| 6 | 9,122 | | 9,122 | |
| 7 | 9,441 | | 9,441 | |
| 8 | 9,772 | | 9,772 | |
| 9 | 10,114 | | 10,114 | |
| 10 | 10,468 | | 10,468 | |
| 11 | 10,835 | | 10,835 | |
| 12 | 11,214 | | 11,214 | |
| 13 | 11,607 | | 11,607 | |
| 14 | 12,013 | | 12,013 | |
| 15 | 12,434 | B | 12,434 | |
| 16 | 12,869 | | 12,869 | |
| 17 | 13,320 | | 13,320 | |
| 18 | 13,786 | | 13,786 | |
| 19 | 14,269 | | 14,269 | |
| 20 | 14,768 | | 14,768 | |
| 21 | 15,285 | | 15,285 | |
| 22 | 15,821 | | 15,821 | |
| 23 | 16,375 | | 16,375 | |
| 24 | 16,948 | | 16,948 | |
| 25 | 17,541 | | 17,541 | |
| 26 | 18,156 | C | 18,156 | |
| 27 | 18,791 | | 18,791 | |
| 28 | 19,449 | | 19,449 | B |
| 29 | 20,130 | | 20,130 | |
| 30 | 20,835 | C | 20,835 | B |

h) Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 44. Metas físicas anuales

| Año | Monto total de inversión con IVA | Avance financiero (%) | Concepto | Avance físico (km) |
|--------------|----------------------------------|-----------------------|---|--------------------|
| 2018 | 1,366,156.00 | 0.5% | Gastos de operación (Recurso ejercido por la Secretaría de Comunicaciones y transportes). | - |
| 2019 | - | - | | - |
| 2020 | - | - | | - |
| 2021 | 1,221,260,376.00 | 47.83% | Construcción 4.7 kilómetros de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca. Incluye la construcción de las estructuras: Manzanos, Canteras I, y Santa Elena; construcción de túneles Atotonilco y San Agustín; construcción de muros; construcción del entronque a desnivel Mineral del Monte. | 4.7 |
| 2022 | 1,330,739,624.00 | 52.12% | Construcción 4.7 kilómetros de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca. Incluye la construcción de las estructuras: Canteras II, La Carolina y Vicente Guerrero; construcción de 3 PIV'S, 1 PSV, y PIPE; Instalación de Sistema Inteligente de Transporte (ITS) ; construcción y equipamiento de caseta de cobro; construcción del entronque a desnivel Huasca. | 4.7 |
| Total | 2,553,366,156.0 | 100% | | 9.4 |

Fuente: elaboración propia.

i) Vida útil

| Vida útil del PPI | |
|--------------------------------|---------|
| Horizonte de evaluación | 31 años |
| Periodo de construcción | 5 años |
| Vida útil en años | 26 años |

j) Descripción de los aspectos más relevantes

Estudios técnicos

Se cuenta con la validación del anteproyecto geométrico de la troncal mediante oficio No. 3.1.1.-616 de fecha 4 de septiembre de 2018, aprobado por la Dirección General Adjunta de Proyectos de la Dirección General de Carreteras perteneciente a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se anexa oficio para pronta referencia. El proyecto ejecutivo de los elementos que integran la carretera Real del Monte – Ent. Huasca serán elaborados por parte del Desarrollador de la obra una vez que se adjudique el Contrato de Asociación Público Privada.

Estudios legales

Con la finalidad de llevar a cabo el presente estudio legal, fue necesario realizar un análisis preliminar y detallado de las diversas normas que, en el sistema jurídico mexicano, pudieran resultar aplicables, descartando aquellas disposiciones que no resulten vinculantes.

Asimismo, se analizaron diversos documentos relacionados directamente con el procedimiento de adjudicación de la concesión y/o del contrato, con objeto de delimitar el marco jurídico de actuación de los diferentes órganos de gobierno, y terceros con los que tendrán relaciones jurídicas, para el cumplimiento de sus obligaciones.

Normas Jurídicas Aplicables.

Se procedió al análisis de las siguientes normas jurídicas:

a) Del orden federal:

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
2. Ley de Asociaciones Público Privadas.
3. Reglamento de la Ley de Asociaciones Público Privadas.

b) Del orden estatal:

1. Constitución Política del Estado Hidalgo.
2. Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo.
3. Ley de Bienes del Estado de Hidalgo.
4. Ley de Expropiación, por Causa de Utilidad Pública del Estado de Hidalgo.

Normas Jurídicas Analizadas en este documento.

A. Del orden federal:

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en sus primeros cuatro párrafos, establece textualmente lo siguiente:

“Los recursos económicos de que dispongan la Federación, los estados, los municipios, el Distrito Federal y los órganos político-administrativos de sus demarcaciones territoriales, se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados.

Los resultados del ejercicio de dichos recursos serán evaluados por las instancias técnicas que establezcan, respectivamente, la Federación, los estados y el Distrito Federal, con el objeto de propiciar que los recursos económicos se asignen en los respectivos presupuestos en los términos del párrafo anterior. Lo anterior, sin menoscabo de lo dispuesto en los artículos 74, fracción VI y 79.

Las adquisiciones, arrendamientos y enajenaciones de todo tipo de bienes, prestación de servicios de cualquier naturaleza y la contratación de obra que realicen, se adjudicarán o llevarán a cabo a través de licitaciones públicas mediante convocatoria pública¹ para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad y demás circunstancias pertinentes.

Cuando las licitaciones a que hace referencia el párrafo anterior no sean idóneas para asegurar dichas condiciones, las leyes establecerán las bases, procedimientos, reglas, requisitos y demás elementos para acreditar la economía, eficacia, eficiencia, imparcialidad y honradez que aseguren las mejores condiciones para el Estado.”

2. Ley de Asociaciones Público Privadas.

Esta ley tiene por objeto regular los esquemas para el desarrollo de los proyectos de asociaciones público privadas, bajo los principios del artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como determinar el procedimiento en que las asociaciones deberán de actuar frente al estado. Los proyectos de asociación público privada regulados por esta ley son aquellos que se realicen con cualquier esquema para establecer una relación contractual de largo plazo, entre instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermediarios o al usuario final y en los que se utilice infraestructura proporcionada total o parcialmente por el sector privado.

¹ Subrayado añadido

Los proyectos de asociación público privada deberán estar plenamente justificados, deberán de especificar el beneficio social que se busca obtener y demostrar su ventaja financiera frente a otras formas de financiamiento. También podrán ser proyectos de asociación público privada los que se realicen con cualquier esquema de asociación para desarrollar proyectos de inversión productiva, investigación y de innovación tecnológica.

Los proyectos de asociación público privada se sujetarán a las disposiciones aplicables de la LAPP, tal y como se desprende del artículo 4 de la misma:

“Las disposiciones de la presente Ley son aplicables a proyectos de asociaciones público privadas que realicen:

- I. Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal;*
- II. Fideicomisos públicos federales no considerados entidades paraestatales;*
- III. Personas de derecho público federal, con autonomía derivada de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las cuales aplicarán los criterios y procedimientos previstos en esta Ley, sólo en lo no previsto en los ordenamientos que los rigen y siempre que no se contrapongan con los mismos, en cuyo caso quedarán sujetas a sus propios órganos de control, y,*
- IV. Las entidades federativas, municipios y los entes públicos de unas y otros, con recursos federales, de conformidad con los convenios que celebren con dependencias o entidades de la Administración Pública Federal. Para estos efectos, se entenderá que los proyectos se realizan con recursos federales, cuando las aportaciones de las entidades federativas, municipios y entes públicos de unas y otros, en su conjunto, sean inferiores en relación con las aportaciones federales². Para efectos de dicho cómputo no quedan comprendidos los recursos federales correspondientes a los fondos previstos en el capítulo V de la Ley de Coordinación Fiscal.”*

La LAPP, dispone los requisitos que determinan los proyectos mediante los cuales es procedente la celebración de un contrato, de conformidad con el artículo 13, el cual se transcribe a continuación:

“Artículo 13. *Para realizar proyectos de asociación público privada se requiere, en términos de la presente Ley:*

- I. La celebración de un contrato de largo plazo, en el que se establezcan los derechos y obligaciones del ente público contratante, por un lado y los del o los desarrolladores que presten los servicios y, en su caso, ejecuten la obra, por el otro;*

² Énfasis añadido

- II. **Cuando así sea necesario, el otorgamiento de uno o varios permisos, concesiones³ o autorizaciones para el uso y explotación de los bienes públicos, la prestación de los servicios respectivos, o ambos; y**

En el caso de los proyectos referidos en el artículo 3, vinculados a innovación y desarrollo tecnológico, se requerirá, además, la previa aprobación del Foro Consultivo Científico y Tecnológico previsto en la Ley de Ciencia y Tecnología. Para el análisis y aprobación de estos proyectos el Foro Consultivo Científico y Tecnológico deberá ajustarse a los principios orientadores del apoyo a la Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación previstos en esa ley.

En la LAPP se mencionan las acciones de la administración pública federal y estatal que promueve proyectos carreteros, portuarios y aeroportuarios, centros de salud y educativos que requieren de un marco legal que permita la participación de inversión pública y privada garantizando la certeza jurídica en proyectos de largo plazo. La LAPP pretende definir la importancia de las necesidades colectivas procurando compartir riesgos entre ambos sectores a través de contratos de ejecución. Se pretende que el sector privado sea proveedor de servicios a la administración pública con la obligación para el primero, de construir la infraestructura necesaria para la prestación de dichos servicios, mientras que para el estado el contrato no representará necesariamente la adquisición de activos fijos.

La LAPP establece que los proyectos relativos conjuntan esfuerzos, mediante una relación contractual a largo plazo, tanto del sector público como el privado en la satisfacción de necesidades del mismo sector público. Asimismo, prevé que, si la prestación de servicios contratados requiere de la construcción de infraestructura, ésta deberá ser ejecutada total o parcialmente por el sector privado. Lo anterior es una de las distinciones principales entre la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector público (LAASSP), pues no sólo implica la prestación del servicio en comento, sino también la ejecución de infraestructura.

Asimismo, se establece la diferencia entre la LAPP y la LOPSRM en cuanto a que la primera contrata la prestación de un servicio y no la construcción de activos fijos. La LAPP sería opcional y complementaria a los esquemas ya existentes; las dependencias y entidades elegirían el esquema más conveniente a cada proyecto en particular. La LAPP pretende regular la preparación y el tratamiento de los proyectos no solicitados que el sector privado proponga al sector público, la adquisición de los bienes necesarios y los requisitos de los contratos, permisos, autorizaciones y concesiones necesarios para llevar a cabo dichos proyectos.

Dispone que los estados y municipios pueden participar en este tipo de esquemas mientras sean proyectos financiados, en parte, con recursos federales.

Como se mencionó anteriormente, los servicios contratados pueden ser de naturaleza diversa, desde el más sencillo proporcionado de manera directa y exclusiva a una dependencia o entidad de la Administración Pública Federal, hasta uno prestado a la comunidad, para atender una necesidad que corresponde satisfacer al Estado. En los casos en que el tipo de proyecto lo requiera, además del contrato de asociación público privada, será necesario el otorgamiento de las concesiones, autorizaciones o

³ Énfasis añadido.

permisos en los términos de las leyes especiales que resulten aplicables, para que el particular esté en posibilidad de prestar tales servicios; en este caso el esquema de asociación público privada comprenderá documentos distintos.

No obstante lo anterior, consideramos que la aplicación de la LAPP puede resultar compleja por los requisitos que en la misma se establecen para la procedencia de los proyectos.

En el caso que nos ocupa, consideramos que se puede utilizar la LAPP, por lo que se podría licitar el proyecto bajo el siguiente esquema: El otorgamiento de la concesión, y la celebración de un contrato de asociación público privada conforme a la LAPP, debiendo considerar las disposiciones jurídicas aplicables.

B. Del orden estatal:

Al tratarse de una concesión estatal, las normas aplicables son las estatales, dentro de las que se encuentran las siguientes:

1. Constitución Política del Estado Hidalgo.

En primer lugar, hay que resaltar que el Proyecto se encuentra comprendido dentro de los límites del Estado de Hidalgo, mismo que, conforme a lo dispuesto por el artículo 1° de la Constitución Política del Estado de Hidalgo, es libre y soberano en todo lo que concierne a su régimen interior, conforme a los preceptos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En este sentido, si los recursos a aplicarse en el Proyecto fueran mayormente estatales y el tramo tuviese el carácter de estatal, empero, es de precisar que el Proyecto que nos ocupa es un proyecto al cual se otorgara una Subvención federal, motivo por el cual, para la convocatoria, las bases y el concurso se utilizará una legislación federal y estatal, y para el contrato y la concesión, únicamente se utilizará una legislación estatal.

Por otra parte, la fracción XXXIII del artículo 42, señala que es facultad del Congreso del Estado, *“Autorizar, con el voto de las dos terceras partes de sus miembros presentes, los montos máximos para la contratación de compromisos de pago de los entes públicos derivados de esquemas de asociaciones público privadas, previo análisis del destino, la capacidad de pago y, en su caso, el otorgamiento de garantías o el establecimiento de fuentes de pago.”*

Por lo anterior, si se hubiese determinado que la Ley aplicable al Proyecto sería la Ley de Asociaciones Público Privadas del Estado de Hidalgo, se debería tomar en cuenta que se requeriría la autorización señalada previamente, independientemente que requiera o no de erogaciones plurianuales con base en el presupuesto del gobierno del Estado, como se verá más adelante, pero, se reitera, que toda vez que existe una Subvención federal al proyecto, para la convocatoria, las bases y el concurso, se utilizará una legislación federal.

Asimismo, conforme a lo señalado en el cuarto párrafo de la fracción I del inciso A del artículo 56 Bis, la Auditoría Superior del Estado de Hidalgo, *“Fiscalizará de manera coordinada con la Auditoría Superior de la Federación los recursos federales ejercidos por el estado, los municipios y los demás que le compete revisar, otorgados o transferidos a las entidades fiscalizadas, cualesquiera que sean sus fines y destino, así como verificar su aplicación al objeto autorizado de conformidad a lo dispuesto por la Constitución Política*

de los Estados Unidos Mexicanos, esta Constitución y las leyes de la materia”, por lo que, con independencia del monto de los recursos federales que se apliquen para el Proyecto, el mismo se encontraría sujeto a la fiscalización de la citada Auditoría Superior del Estado de Hidalgo, situación que en el caso particular no es aplicable.

En concordancia con las disposiciones de la Ley de Bienes para el Estado de Hidalgo a la que nos referiremos más adelante, la Constitución Política del Estado de Hidalgo, señala, en su artículo 101 que *“los bienes que integran el patrimonio del Estado son: I.- De dominio público; y II.- De dominio privado estatal”*.

Asimismo, en su artículo 102, establece que *“son bienes del dominio público del Estado de Hidalgo”,* entre otros, *“los de uso común sitios dentro del territorio Estatal, que no pertenezcan a la Federación o a los Municipios”* y, como se verá más adelante, las carreteras son consideradas como bienes de uso común.

2. Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo (LOAPEH).

La estructura de esta Ley tiene por objeto regular la organización y funcionamiento de la Administración Pública Centralizada y Paraestatal del Estado.

El artículo 9° de la LOAPEH, faculta al Titular del Ejecutivo, para otorgar concesiones para el uso y aprovechamiento de bienes del dominio público del Estado o la prestación de servicios públicos a su cargo.

En el caso que nos ocupa, la realización del Proyecto se llevara a cabo por una concesión que se otorgará a los particulares, la misma, de conformidad con el artículo 9 citado anteriormente, será otorgada por el C. Gobernador del Estado, a través de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial.

En efecto, el artículo 13 de la LOAPEH, enlista las dependencias del Poder Ejecutivo que constituyen la Administración Pública Central, entre las que se encuentran: la Secretaría de Finanzas Públicas y la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial.

A la Secretaría de Finanzas Públicas cuenta, entre otras facultades, con la de *“Celebrar, en la forma que acuerde el titular del Ejecutivo y con la participación de las dependencias correspondientes, los actos que afecten los ingresos, egresos y patrimonio del Gobierno del Estado o le generen obligaciones económicas en los términos de las leyes vigentes”*⁴, por lo que sería necesario que, si el Proyecto fuera estatal (en lugar de federal), la Secretaría de Finanzas Públicas suscribiera, junto con el titular de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial el, o los documentos por los que se formalizara la realización del Proyecto.

Asimismo, la LOAPEH, establece que a la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial, le corresponde ***“construir y conservar por sí misma y con la cooperación que se acuerde con el Gobierno Federal, las carreteras⁵, caminos, puentes, ... e infraestructura estatales⁶, así como “proyectar, construir, reconstruir, ampliar, modernizar, operar, administrar, explotar, rehabilitar, y conservar por sí o por***

⁴ Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo, Artículo 25, fracción I.

⁵ Énfasis Añadido

⁶ Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo, artículo 28, fracción XII

terceros, mediante financiamiento del Estado o de particulares las carreteras libres o de cuota, caminos, puentes e infraestructura de competencia estatal⁷. ...⁸;

Por otra parte, y en relación con las facultades señaladas anteriormente, a la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial, le corresponde también, **“otorgar, revocar, cancelar, suspender, modificar y dar por terminadas ... concesiones, permisos, autorizaciones y explotación⁹ ...”, vigilando e inspeccionando su cumplimiento y operación ...**¹⁰

Como se desprende de lo señalado anteriormente, a la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial, le corresponde suscribir, junto con la Secretaría de Finanzas Públicas el contrato de Asociación Pública Privada que en su caso corresponda y junto con la Secretaría de Movilidad y Transporte el título de concesión, así como llevar a cabo el procedimiento para su adjudicación.

3. Ley de Bienes del Estado de Hidalgo (LBEH).

El artículo 2° de la LBEH, señala que los bienes que integran el patrimonio del estado de hidalgo, se dividen en bienes del dominio público y bienes del dominio privado.

Asimismo, en la fracción III de su artículo 26, señala que son bienes de uso común, entre otros, los caminos, carreteras y puentes que constituyen vías de estatales de comunicación, con sus servicios auxiliares, y en el segundo párrafo del artículo 27, señala que *“para aprovechamiento especiales sobre los bienes de uso común, se requiere concesión o permiso otorgados con las condiciones y requisitos legales”*.

En relación con lo anterior, la fracción I el artículo 8° de la LBEH, dispone que corresponde otorgar las concesiones, a *“... la Oficialía Mayor o, en su caso, otras dependencias del poder ejecutivo del estado que conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública del propio estado tengan a su cargo atribuciones generales de poseer, administrar, conservar y vigilar inmuebles de propiedad del estado ...”*

Como se señaló anteriormente, conforme a lo dispuesto por las fracciones XII, XIII y XIV del artículo 29 de la LOAPEH, le corresponde a la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial otorgar concesiones en materia de carreteras, lo que se reafirma con lo señalado en el párrafo inmediato anterior.

Las concesiones que otorga el gobierno del estado, conforme a lo dispuesto por el segundo párrafo del artículo 18 de la LBEH, *“... salvo lo establecido en otras leyes, podrán otorgarse hasta por un plazo de 20 años ...”*, el cual podrá ser prorrogado hasta por plazos equivalentes a los señalados originalmente.

Lo anterior deberá ser tomado en cuenta en el contrato de Asociación Público Privada (APP).

Por último, consideramos importante mencionar, que las concesiones que se otorguen conforme a la LBEH, *“...no crean derechos reales; otorgan simplemente frente a la administración y sin perjuicio de*

⁷ Énfasis añadido.

⁸ Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo, artículo 28, fracción XIII.

⁹ Énfasis añadido.

¹⁰ Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Hidalgo, artículo 28, fracción XIV.

tercero, el derecho a realizar los usos, aprovechamientos o explotaciones para los cuales se otorguen y de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes y el título de la concesión.”¹¹

I. Conclusiones

1. Al tratarse de un Proyecto con una Subvención federal, para la convocatoria, las bases y el concurso, se utilizará también la legislación federal (Ley Federal de Asociaciones Público Privadas y su Reglamento)
2. Toda vez que el Contrato se firmará con el Estado de Hidalgo, a través de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial y la Secretaría de Finanzas Públicas, para la suscripción del contrato se utilizará la legislación federal y estatal
3. En virtud de que la concesión se otorgará por el Estado de Hidalgo, a través de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial y la Secretaría de Movilidad y Transporte, para la suscripción del título de concesión se utilizará la legislación estatal.

Derecho de vía.

Se ha identificado la poligonal de afectaciones de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca, de la cual se tiene un avance de liberación de más del 97%, y se estima contar con el 100% para el mes de julio del año 2021.

Estudios ambientales

Se cuenta con la autorización de la manifestación de impacto ambiental por parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales mediante Oficio No. SGPA/DGIRA/DG/05712 de fecha 18 de noviembre de 2020. El porcentaje de avance corresponde al 100%.

Estudios de mercado

Se cuenta con el estudio de demanda para la construcción de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca.

k) Análisis de la Oferta

Es importante mencionar que, con la realización del proyecto de construcción, se disminuirán accidentes, se impulsará el desarrollo económico y social, y mejorará el nivel de servicio de la carretera federal MEX-105 Pachuca – Tempoal en su tramo real del Monte – Ent. Huasca, de tal manera que la demanda de tránsito será cubierta con la oferta propuesta y los costos correspondientes a tiempos de recorrido y operación vehicular se reducirán de forma importante, en beneficio de los usuarios.

¹¹ Ley de Bienes para el estado de Hidalgo. Artículo 18, primer párrafo.

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

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

Tabla 45. Datos de la oferta en la situación con proyecto.

| Concepto | Ruta existente | | Carretera Real del Monte – Ent. Huasca (vía nueva) | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|--|------------------------|
| | Mineral del Monte – Omitlán de Juárez | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca | Km 11+400 al km 18+700 | Km 18+700 al km 20+800 |
| Longitud, km | 8.8 | 3.2 | 7.3 | 2.1 |
| Carriles | 2 | 2 | 5 (incluye tercer carril de ascenso) | 4 |
| Ancho de corona, metros | 6.8 | 7.0 | 22.3 | 21.0 |
| Tipo de carretera | Asfalto | Asfalto | Asfalto | Asfalto |
| Ancho de carriles, metros | 3.4 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Ancho de acotamiento exterior, metros | 0.0 | 0.0 | 0.3/2.5 | 2.5 |
| Ancho de acotamiento interior, metros | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 |
| Velocidad, km/hr | 34.0 | 42.0 | 76.0 | 66.0 |
| Tipo de terreno ^{a/} | Montañoso | Lomerío | Montañoso | Lomerío |
| Estado físico | Satisfactorio | Bueno | Bueno | Bueno |
| Índice internacional de rugosidad (IRI) ^{b/} | 3.3 | 2.4 | 2.5 | 2.5 |
| Tiempo de recorrido (min) | 15.5 | 4.6 | 5.8 | 1.9 |

Nota:

^{a/} Según el *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, por sus siglas en inglés) en su versión última, el tipo de terreno se clasifica según la pendiente en el tramo acorde con los siguientes criterios: Plano ≤ 2.0 , $2.0 < \text{Lomerío} \leq 4.0$, Montañoso > 4.0

^{b/} En referencia al estado físico de la carretera observado, y dados los parámetros siguientes: $\text{IRI} > 3.5$: No satisfactorio; $2.5 < \text{IRI} \leq 3.5$: Satisfactorio; $\text{IRI} \leq 2.5$: Bueno.

I) Análisis de la Demanda

Con base en el estudio de demanda, la asignación de tránsito a la carretera Real del Monte – Ent. Huasca en el año base, corresponderá a 7,420 veh/día, con una composición de 90.66% de vehículos ligeros, 1.31% de autobuses y 8.03% de vehículos pesados. Asimismo, en la ruta existente se reducirá el volumen de tránsito.

En la siguiente tabla se presenta distribución del tránsito en la situación con proyecto.

| Carretera | Tramo | TDPA | Composición vehicular | | |
|----------------|---------------------------------------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | | | A | B | C |
| Ruta existente | Mineral del Monte - Omitlán de Juárez | 5,948 | 96.7% | 0.3% | 3.0% |
| | Omitlán de Juárez – Entr. Huasca | 4,823 | 96.0% | 0.3% | 3.7% |
| Vía nueva | Km 11+400 al km 18+700 | 7,420 | 90.66% | 1.31% | 8.03% |
| | Km 18+700 al km 20+800 | 7,420 | 90.66% | 1.31% | 8.03% |

Fuente: Estudio de demanda.

m) Interacción Oferta-Demanda

De acuerdo con los datos de tránsito pronosticados, se llevó a cabo un análisis de capacidad del proyecto, para conocer su comportamiento a través del horizonte de evaluación, de donde se observa que el proyecto atenderá la demanda durante el horizonte de planeación con un nivel de servicio aceptable.

Tabla 46. Nivel de servicio en la situación con proyecto.

| Año | Km 11+400 al km 18+700 | | Km 18+700 al km 20+800 | |
|-----|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | TDPA | Nivel de Servicio | TDPA | Nivel de Servicio |
| 0 | 0 | | 0 | |
| 1 | 0 | | 0 | |
| 2 | 0 | | 0 | |
| 3 | 0 | | 0 | |
| 4 | 0 | | 0 | |
| 5 | 8,813 | A | 8,813 | A |
| 6 | 9,122 | | 9,122 | |
| 7 | 9,441 | | 9,441 | |
| 8 | 9,772 | | 9,772 | |
| 9 | 10,114 | | 10,114 | |
| 10 | 10,468 | | 10,468 | |
| 11 | 10,835 | | 10,835 | |
| 12 | 11,214 | | 11,214 | |
| 13 | 11,607 | | 11,607 | |
| 14 | 12,013 | | 12,013 | |
| 15 | 12,434 | B | 12,434 | |
| 16 | 12,869 | | 12,869 | |
| 17 | 13,320 | | 13,320 | |
| 18 | 13,786 | | 13,786 | |
| 19 | 14,269 | | 14,269 | |
| 20 | 14,768 | | 14,768 | |
| 21 | 15,285 | | 15,285 | |
| 22 | 15,821 | | 15,821 | |
| 23 | 16,375 | | 16,375 | |
| 24 | 16,948 | | 16,948 | |
| 25 | 17,541 | | 17,541 | |
| 26 | 18,156 | C | 18,156 | |
| 27 | 18,791 | | 18,791 | |
| 28 | 19,449 | | 19,449 | B |
| 29 | 20,130 | | 20,130 | |
| 30 | 20,835 | C | 20,835 | B |

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 47. Costos Generalizados de Viaje de la ruta existente en la situación con proyecto.

| Año | Mineral del Monte - Omitlán de Juárez | | | Omitlán de Juárez – Ent. Huasca | | |
|-----|---------------------------------------|-------------|---------------|---------------------------------|-------------|-------------|
| | COV | CTR | CGV's | COV | CTR | CGV's |
| 0 | 414,730,911 | 237,373,342 | 652,104,253 | 120,394,351 | 64,896,299 | 185,290,650 |
| 1 | 441,960,970 | 261,048,682 | 703,009,652 | 126,418,339 | 70,652,854 | 197,071,193 |
| 2 | 473,933,413 | 288,854,530 | 762,787,944 | 133,415,148 | 77,271,160 | 210,686,308 |
| 3 | 511,756,084 | 321,948,338 | 833,704,421 | 141,652,627 | 84,954,594 | 226,607,221 |
| 4 | 556,784,271 | 361,963,745 | 918,748,016 | 151,467,198 | 93,975,828 | 245,443,025 |
| 5 | 190,181,076 | 98,909,170 | 289,090,246 | 51,064,272 | 23,653,869 | 74,718,141 |
| 6 | 197,770,322 | 103,974,127 | 301,744,449 | 52,884,521 | 24,778,365 | 77,662,886 |
| 7 | 205,779,487 | 109,383,769 | 315,163,256 | 54,780,468 | 25,970,955 | 80,751,423 |
| 8 | 214,248,052 | 115,170,709 | 329,418,761 | 56,757,522 | 27,237,209 | 83,994,731 |
| 9 | 223,220,824 | 121,371,741 | 344,592,565 | 58,821,833 | 28,583,307 | 87,405,140 |
| 10 | 232,748,752 | 128,028,523 | 360,777,275 | 60,980,416 | 30,016,126 | 90,996,542 |
| 11 | 242,889,871 | 135,188,412 | 378,078,283 | 63,241,307 | 31,543,338 | 94,784,645 |
| 12 | 253,710,391 | 142,905,472 | 396,615,863 | 65,613,739 | 33,173,530 | 98,787,268 |
| 13 | 265,285,962 | 151,241,698 | 416,527,661 | 68,108,349 | 34,916,345 | 103,024,694 |
| 14 | 277,703,142 | 160,268,529 | 437,971,671 | 70,737,432 | 36,782,647 | 107,520,079 |
| 15 | 291,061,086 | 170,068,708 | 461,129,794 | 73,515,223 | 38,784,724 | 112,299,947 |
| 16 | 305,473,518 | 180,738,613 | 486,212,132 | 76,458,248 | 40,936,522 | 117,394,770 |
| 17 | 321,071,003 | 192,391,181 | 513,462,184 | 79,585,718 | 43,253,942 | 122,839,660 |
| 18 | 338,003,584 | 205,159,614 | 543,163,198 | 82,920,007 | 45,755,188 | 128,675,195 |
| 19 | 356,443,840 | 219,202,138 | 575,645,978 | 86,487,207 | 48,461,204 | 134,948,410 |
| 20 | 376,590,419 | 234,708,164 | 611,298,583 | 90,317,781 | 51,396,202 | 141,713,983 |
| 21 | 398,672,147 | 251,906,352 | 650,578,499 | 94,447,331 | 54,588,334 | 149,035,664 |
| 22 | 422,952,769 | 271,075,336 | 694,028,105 | 98,917,495 | 58,070,518 | 156,988,012 |
| 23 | 449,736,455 | 292,558,144 | 742,294,599 | 103,777,010 | 61,881,493 | 165,658,503 |
| 24 | 479,374,174 | 316,781,931 | 796,156,105 | 109,082,950 | 66,067,166 | 175,150,116 |
| 25 | 512,271,072 | 344,285,439 | 856,556,511 | 114,902,182 | 70,682,343 | 185,584,524 |
| 26 | 548,895,024 | 375,757,958 | 924,652,982 | 121,313,070 | 75,792,997 | 197,106,067 |
| 27 | 589,786,528 | 412,095,838 | 1,001,882,366 | 128,407,479 | 81,479,265 | 209,886,744 |
| 28 | 635,570,173 | 454,486,518 | 1,090,056,691 | 136,293,119 | 87,839,452 | 224,132,570 |
| 29 | 686,967,903 | 504,537,093 | 1,191,504,996 | 145,096,286 | 94,995,495 | 240,091,781 |
| 30 | 744,814,374 | 564,477,620 | 1,309,291,994 | 154,965,082 | 103,100,508 | 258,065,590 |

Fuente: Cálculo de indicadores.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 48. Costos Generalizados de Viaje de la carretera real del Monte – Ent. Huasca.

| Año | Km 11+400 al km 18+700 | | | Km 18+700 al km 20+800 | | |
|-----|------------------------|-------------|-------------|------------------------|------------|-------------|
| | COV | CTR | CGV's | COV | CTR | CGV's |
| 0 | - | - | - | - | - | - |
| 1 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 218,065,711 | 62,998,157 | 281,063,868 | 58,645,304 | 20,586,091 | 79,231,395 |
| 6 | 225,755,938 | 65,330,942 | 291,086,880 | 60,697,257 | 21,348,811 | 82,046,067 |
| 7 | 233,718,540 | 67,756,072 | 301,474,612 | 62,820,735 | 22,141,756 | 84,962,491 |
| 8 | 241,963,158 | 70,277,748 | 312,240,906 | 65,018,195 | 22,966,305 | 87,984,500 |
| 9 | 250,499,759 | 72,900,418 | 323,400,176 | 67,292,171 | 23,823,916 | 91,116,086 |
| 10 | 259,338,642 | 75,628,792 | 334,967,434 | 69,645,278 | 24,716,134 | 94,361,412 |
| 11 | 268,490,451 | 78,467,867 | 346,958,318 | 72,080,218 | 25,644,598 | 97,724,817 |
| 12 | 277,966,177 | 81,422,950 | 359,389,127 | 74,599,775 | 26,611,050 | 101,210,825 |
| 13 | 287,777,163 | 84,499,687 | 372,276,850 | 77,206,820 | 27,617,342 | 104,824,162 |
| 14 | 297,935,116 | 87,704,089 | 385,639,205 | 79,904,315 | 28,665,447 | 108,569,762 |
| 15 | 308,452,101 | 91,042,570 | 399,494,671 | 82,695,311 | 29,757,470 | 112,452,781 |
| 16 | 319,340,552 | 94,521,982 | 413,862,534 | 85,582,953 | 30,895,660 | 116,478,613 |
| 17 | 330,613,265 | 98,149,660 | 428,762,926 | 88,570,480 | 32,082,425 | 120,652,906 |
| 18 | 342,283,403 | 101,933,470 | 444,216,873 | 91,661,227 | 33,320,349 | 124,981,576 |
| 19 | 354,364,487 | 105,881,862 | 460,246,349 | 94,858,626 | 34,612,205 | 129,470,832 |
| 20 | 366,870,387 | 110,003,934 | 476,874,322 | 98,166,210 | 35,960,984 | 134,127,194 |
| 21 | 379,815,319 | 114,309,503 | 494,124,822 | 101,587,614 | 37,369,908 | 138,957,521 |
| 22 | 393,213,819 | 118,809,186 | 512,023,005 | 105,126,574 | 38,842,466 | 143,969,041 |
| 23 | 407,080,730 | 123,514,494 | 530,595,224 | 108,786,937 | 40,382,442 | 149,169,379 |
| 24 | 421,431,171 | 128,437,940 | 549,869,111 | 112,572,656 | 41,993,945 | 154,566,602 |
| 25 | 436,280,506 | 133,593,166 | 569,873,672 | 116,487,801 | 43,681,461 | 160,169,262 |
| 26 | 451,644,304 | 138,995,083 | 590,639,388 | 120,536,560 | 45,449,891 | 165,986,451 |
| 27 | 467,538,288 | 144,660,051 | 612,198,338 | 124,723,247 | 47,304,613 | 172,027,860 |
| 28 | 483,978,276 | 150,606,067 | 634,584,343 | 129,052,316 | 49,251,544 | 178,303,860 |
| 29 | 500,980,117 | 156,853,012 | 657,833,130 | 133,528,373 | 51,297,221 | 184,825,594 |
| 30 | 518,559,613 | 163,422,924 | 681,982,537 | 138,156,194 | 53,448,893 | 191,605,087 |

Fuente: Cálculo de indicadores.

V. Evaluación del PPI

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

La metodología para calcular los costos de construcción y conservación depende del nivel al que se encuentra el proyecto; es decir, si se tiene a nivel perfil, se utilizan los costos índices por tipo de obra por tipo de terreno, los cuales se multiplican por la longitud aproximada; si se cuenta con el proyecto ejecutivo, los costos se calculan mediante la multiplicación de los costos unitarios de cada componente por el volumen de obra a realizar.

a.1. Etapa de ejecución

El calendario de inversiones a erogar durante la etapa de ejecución considera los recursos necesarios en un periodo de 5 años, sin embargo, la construcción de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca se construirá en los años 2021 y 2022 bajo el esquema de Asociación Público Privada, tal como se muestra en la tabla siguiente, .

Tabla 49. Calendario de inversiones

| Año | Recursos con IVA |
|------------------------|------------------------|
| 2018 | 1,366,156.00 |
| 2019 | - |
| 2020 | - |
| 2021 | 1,221,260,376.00 |
| 2022 | 1,330,739,624.00 |
| Total 2018-2022 | 2,553,366,156.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 50. Monto total de inversión por componente.

| Concepto | Monto sin IVA | IVA | Monto con IVA |
|---------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Terracerías | 792,033,920.0 | 126,725,427.2 | 918,759,347.2 |
| Drenaje | 97,182,840.2 | 15,549,254.4 | 112,732,094.6 |
| Pavimentos | 147,206,074.0 | 23,552,971.8 | 170,759,045.8 |
| Señalamiento | 3,180,559.8 | 508,889.6 | 3,689,449.4 |
| Dispositivos de seguridad | 29,723,639.3 | 4,755,782.3 | 34,479,421.6 |
| Estructuras | 509,090,079.2 | 81,454,412.7 | 590,544,491.9 |
| Túneles | 167,688,711.5 | 26,830,193.8 | 194,518,905.3 |
| PIV's | 26,555,954.1 | 4,248,952.7 | 30,804,906.8 |
| PSV | 9,752,595.2 | 1,560,415.2 | 11,313,010.4 |
| PIPE | 4,198,785.8 | 671,805.7 | 4,870,591.5 |
| Muros | 60,687,887.6 | 9,710,062.0 | 70,397,949.6 |
| ITS | 25,000,000.0 | 4,000,000.0 | 29,000,000.0 |
| Caseta de cobro | 22,000,000.0 | 3,520,000.0 | 25,520,000.0 |
| Entronques | 305,698,953.3 | 48,911,832.5 | 354,610,785.8 |
| Gastos de operación* | 1,177,720.7 | 188,435.3 | 1,366,156.0 |
| Total | 2,201,177,720.7 | 352,188,435.3 | 2,553,366,156.0 |

a.2. Etapa de operación

Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación, y que corresponden a lo siguiente: (i) mantenimiento rutinario, que incluye básicamente la limpieza y bacheo general, así como reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento del tramo, de forma anual desde el inicio de operaciones, el monto por este concepto se estima en 35,200 \$/km/carril sin IVA; (ii) conservación periódica, que incluye bacheo y riego de sello cada 4 años y tendido de sobrecarpeta cada 8 años, el monto es de 266,000 y 1,043,000 \$/km/carril, respectivamente; (iii) reconstrucción, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento cada 15 años aproximadamente, con un monto de 2,500,000 \$/km/carril. La tabla 60 muestra los costos de conservación y mantenimiento para las situaciones sin y con proyecto en las frecuencias indicadas; la diferencia entre ambas radica, para el caso de estudio, en la modificación del factor de acotamiento (fa), dada la implementación de estos y de ser en estricto sentido la razón de proyecto.

Tabla 51. Costos anuales de mantenimiento y conservación.

| Mantenimiento | Costo (\$ / km / carril) | Periodo |
|---------------------------------|--------------------------|--------------|
| Rutinario | 35,200.00 | Anual |
| Bacheo general y riego de sello | 266,000.00 | Cada 4 años |
| Sobre carpeta | 1,043,000.00 | Cada 8 años |
| Reconstrucción | 2,500,000.00 | Cada 15 años |

Fuente: Dirección General de Conservación de Carreteras, 2021.

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.

Ahorro en tiempo de viaje

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.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron de las Notas 189, ENERO-FEBRERO 2021, Artículo 1 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). De acuerdo con estudios realizados por el IMT, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$80.58 y por motivo de placer de \$48.35 pesos por hora.

Con base en las últimas encuestas origen – destino realizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se determinó que en promedio un 61.8% de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 38.2% con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús. Así también, se determinó que el número de pasajeros por auto, y por autobús fue de 2.41 y 23.4 pasajeros/vehículo, respectivamente.

Para la determinación del valor del tiempo de la carga, se consultó la Publicación Técnica 455. Estimación del valor económico del tiempo de recorrido de las mercancías como insumo del análisis costo – beneficio de proyectos de inversión en infraestructura carretera. (actualizado a 2021 mediante el indexador correspondiente).

La configuración del valor del tiempo de los usuarios que se empleó se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 52. Configuración del valor del tiempo

| Concepto | Valor | Unidad |
|--|--------|-----------|
| Valor del tiempo viaje de trabajo | 80.58 | \$/hr |
| Valor del tiempo viaje de placer | 48.35 | \$/hr |
| Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo | 61.8 | % |
| Número de pasajeros auto | 2.41 | pas/veh |
| Número de pasajeros autobús | 23.40 | pas/veh |
| Valor del tiempo de la carga | 310.49 | \$/hr/veh |

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

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. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

Tabla 53. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación del proyecto

| Costos (MDP) | Sin Proyecto | Con Proyecto | Beneficios |
|---|--------------|--------------|-------------|
| Carretera Real del Monte – Ent. Huasca. | 515,992,563 | 206,147,287 | 309,845,276 |

Fuente: Cálculo de indicadores.

Ahorro en costos de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT en su Publicación Técnica 573¹², sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 54. Datos de entrada para el cálculo de los costos de operación vehicular por tipo de vehículo.

| Concepto | Tipo de vehículo ^{2/} | | |
|--|---|---------|--------|
| | Automóvil | Autobús | Camión |
| Características de la carretera | | | |
| 1. Tipo de superficie (1=pavimentada, 0=no pavimentada) | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2. Rugosidad promedio (IIR), m/km | Variable que depende del estado físico de la carretera en cada tramo y de la situación que se esté evaluando (sin proyecto o con proyecto). | | |
| 3. Pendiente media ascendente, fracción | Valores propuestos por la SCT a partir del tipo de terreno. | | |
| 4. Pendiente media descendente, fracción | | | |
| 5. Proporción de viaje ascendente, fracción | | | |
| 6. Curvatura horizontal promedio, grados/km | Valor asignado por el programa a partir de los valores asignados en 3, 4, 5 y 6. | | |
| 7. Sobreelevación promedio (peralte), fracción | | | |

¹² Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2018; José Antonio Arroyo Osorno, Guillermo Torres Vargas, José Alejandro González García, Salvador Jernández García; IMT Publicación Técnica 526.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

| Concepto | Tipo de vehículo ^{3/} | | |
|--|---|--------------|--------------|
| | Automóvil | Autobús | Camión |
| 8. Altitud del terreno, msnm | Promedio, en el mejor de los casos ponderado, para cada uno de los tramos | | |
| 9. Número efectivo de carriles (1=uno, 0=más de uno) | 0 | 0 | 0 |
| Características del vehículo | | | |
| 1. Peso del vehículo vacío, kg | 1,680.00 | 17,500.00 | 29,436.00 |
| 2. Carga útil, kg | 1,030.00 | 7,500.00 | 48,000.00 |
| 3. Potencia máxima en operación, HP métrico | 63.87 | 288.95 | 342.18 |
| 4. Potencia máxima del freno, HP métrico | 51.91 | 333.56 | 996.13 |
| 5. Velocidad deseada, km/h | 110.00 | 95.00 | 100.00 |
| 6. Coeficiente aerodinámico de arrastre, adimensional | 0.46 | 0.65 | 0.63 |
| 7. Área frontal proyectada, m ² | 2.58 | 6.98 | 9.14 |
| 8. Velocidad calibrada del motor, RPM | 3,700.00 | 1,700.00 | 1,700.00 |
| 9. Factor de eficiencia energética, adimensional | 0.80 | 0.80 | 0.65 |
| 10. Factor de ajuste de combustible, adimensional | 1.16 | 1.15 | 1.15 |
| Características de los neumáticos | | | |
| 1. Número de llantas por vehículo | 4.00 | 10.00 | 34.00 |
| 2. Volumen de hule utilizable por llanta, dm ³ | 0.00 | 6.85 | 8.39 |
| 3. Costo de renovación/costo llanta nueva, fracción | 0.38 | 0.33 | 0.33 |
| 4. Máximo de número de renovaciones | 0.00 | 2.39 | 3.57 |
| 5. Término constante del modelo de desgaste, m ³ /m | 0.00 | 0.16 | 0.16 |
| 6. Coeficiente de desgaste, 10E-3 dm ³ /kj | 0.00 | 12.78 | 12.78 |
| Utilización del vehículo | | | |
| 1. Kilómetros conducidos por año | 25,000.00 | 240,000.00 | 180,000.00 |
| 2. Horas conducidas por año | 2,808.00 | 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? (si=1, no=0) | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 6. Edad del vehículo, km | 75,000.00 | 750,000.00 | 600,000.00 |
| 7. Pasajeros por vehículo | 2.00 | 23.00 | 0.00 |
| Costos unitarios | | | |
| 1. Precio del vehículo nuevo, \$ | 316,408.91 | 2'234,082.00 | 1'405,180.00 |
| 2. Costo del combustible, \$/l | 16.86 | 18.41 | 18.41 |
| 3. Costo de los lubricantes, \$/l | 36.20 | 35.30 | 35.30 |
| 4. Costo por llanta nueva, \$/llanta | 1,030.20 | 2,850.00 | 2,676.50 |
| 5. Tiempo de los operarios, \$/h | 28.81 | 74.46 | 60.32 |
| 6. Tiempo de los pasajeros, \$/h | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7. Mano de obra de mantenimiento, \$/h | 27.76 | 64.64 | 44.72 |
| 8. Retención de la carga, \$/h | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9. Tasa de interés anual real, % | 4.09 | 4.09 | 4.09 |
| 10. Costos indirectos por veh-km, \$ | 0.49 | 1.41 | 2.28 |

Análisis Costo-Beneficio

Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Fuente: Elaboración con datos de la *Publicación Técnica 573* del IMT.

Nota:^{3/} Selección en el programa VOC de los tipos de vehículo 4, 5 y 10 para los casos de automóvil, autobús y camión, correspondientemente.

Después de los resultados arrojados por el programa VOC por tipo de vehículo y para el horizonte de evaluación, solo resta multiplicar el resultado por el número de días al año (365). De la diferencia de los costos conseguidos en las situaciones sin proyecto y con proyecto, se obtiene el beneficio atribuible al mismo. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios obtenidos en el primer año de operación.

Tabla 55. Beneficios por ahorro en costos de operación para el primer año de operación del proyecto

| Costos (MDP) | Sin Proyecto | Con Proyecto | Beneficios |
|--|--------------|--------------|-------------|
| Carretera Real del Monte – Ent. Huasca | 773,951,776 | 517,956,363 | 255,995,413 |

Fuente: Cálculo de indicadores.

c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Tabla 56. Indicadores de rentabilidad a nivel global.

| Indicadores de Rentabilidad | |
|--------------------------------------|----------------|
| Indicador | Valor |
| Valor Presente Neto (VPN) | 9,940,481,339. |
| Tasa interna de retorno (TIR) | 39.51 |
| Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) | 24.46% |

Fuente: Cálculo de indicadores.

Se recomienda iniciar la construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, debido a que el momento óptimo para operar es en el año 2022, cuando el valor de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 24.46%, el cual es mayor a la tasa social de descuento.

Uno de los criterios de inversión para determinar el costo – beneficio de tomar una decisión, es el Valor Presente Neto (VPN), en el caso del presente proyecto, debido a que el valor del VPN resulta mayor a cero, éste se acepta; además, representa beneficios adicionales por 9,940,481,339.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es una tasa que resume toda la información de un proyecto y que vuelve cero al VPN, es decir, depende propiamente del proyecto y de los flujos de éste. En relación al presente proyecto, el resultado del valor de la TIR 39.51% es mayor que la tasa social de descuento (la cual corresponde al 10.0%), por lo anterior, el presente proyecto es socioeconómicamente factible.

d) Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, se efectuaron análisis de sensibilidad. Para ello se consideraron 3 variables que se consideraron como las más relevantes para este tipo de proyectos, que son:

Inversión inicial.- Se refiere al costo de construcción del proyecto, es indudable la importancia de esta variable en un análisis costo beneficio, dado que con un incremento en ella podría dejar de ser rentable el proyecto, por lo que el análisis de sensibilidad a la inversión nos permitirá identificar hasta qué costo de inversión seguiría siendo rentable.

Costos de mantenimiento.- Los costos de mantenimiento conforman el segundo grupo de costos para el análisis costo-beneficio, considerando este grupo se tendría entonces analizada la sensibilidad del proyecto a los costos que incurriría el proyecto durante el horizonte de análisis, de ahí la importancia de considerarlo.

Demanda del proyecto.- Todo proyecto de inversión económica está dirigido a la satisfacción de una demanda, asimismo la demanda y su comportamiento en el período de análisis es un valor estimado que conlleva un cierto grado de incertidumbre, por lo que es necesario ver qué pasaría con la rentabilidad del proyecto si la demanda aumenta o disminuye, a fin de tomar las decisiones adecuadas en el tamaño óptimo del mismo o la posibilidad de postergarlo.

El análisis de sensibilidad arrojó los siguientes resultados para cada uno de los tramos que conforman el proyecto:

Tabla 57. Indicadores de rentabilidad y análisis de sensibilidad, para VPN=0.

| Tramo | Variación respecto a su valor original | | |
|--|--|---|-------------------------|
| | Inversión, incremento en: | Costos de mantenimiento, incremento en: | Demanda, decremento en: |
| Carretera Real del Monte – Ent. Huasca | 631 % | 14,692 % | 45 % |

Fuente: Cálculo de indicadores.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

El análisis de sensibilidad demuestra que la construcción de la carretera Real del Monte – Ent. Huasca, es proyecto que soporta incrementos en el costo de inversión por más del 631% y es prácticamente insensible a los incrementos en costos de mantenimiento. El hecho de soportar una disminución de hasta un 45.0% de su demanda lo hace aceptable, dado que es una vialidad existente que mejoraría sus condiciones de operación por lo que, en ese caso, es sumamente difícil que disminuya su volumen de tránsito, además de que a fin de efectuar un análisis conservador no se consideraron tránsitos atraídos o generados por su nueva condición.

Tabla 58. Sensibilidad a la inversión.

| Variación | Inversión | TIR | VPN | TRI |
|-----------|----------------|-------|------------------|-------|
| 1.4 | 3,081,648,809 | 32.1% | 9,310,195,056 | 17.5% |
| 1.3 | 2,861,531,037 | 33.6% | 9,467,766,627 | 18.8% |
| 1.2 | 2,641,413,265 | 35.3% | 9,625,338,198 | 20.4% |
| 1.1 | 2,421,295,493 | 37.3% | 9,782,909,768 | 22.2% |
| 1.0 | 2,201,177,721 | 39.5% | 9,940,481,339 | 24.5% |
| 0.9 | 1,981,059,949 | 42.2% | 10,098,052,910 | 27.2% |
| 0.8 | 1,760,942,177 | 45.3% | 10,255,624,481 | 30.6% |
| 0.7 | 1,540,824,405 | 49.2% | 10,413,196,052 | 34.9% |
| 0.6 | 1,320,706,633 | 54.1% | 10,570,767,623 | 40.8% |
| 7.31 | 16,087,417,449 | 10.0% | -0.69 | 3.3% |
| 2.44 | 5,368,813,816 | 22.6% | 7,672,925,247.49 | 10.0% |

Fuente: Cálculo de indicadores.

Tabla 59. Sensibilidad al mantenimiento.

| Variación | Mantenim | TIR | VPN | TRI |
|-----------|----------------|-------|-------------------|-------|
| 1.4 | 35,323,427,514 | 39.4% | 9,913,418,005 | 24.4% |
| 1.3 | 35,279,887,444 | 39.5% | 9,920,183,842 | 24.4% |
| 1.2 | 35,236,347,374 | 39.5% | 9,926,949,672 | 24.4% |
| 1.1 | 35,192,807,303 | 39.5% | 9,933,715,509 | 24.4% |
| 1.0 | 35,149,267,233 | 39.5% | 9,940,481,339 | 24.5% |
| 0.9 | 35,105,727,162 | 39.5% | 9,947,247,170 | 24.5% |
| 0.8 | 35,062,187,092 | 39.6% | 9,954,013,006 | 24.5% |
| 0.7 | 35,018,647,022 | 39.6% | 9,960,778,837 | 24.5% |
| 0.6 | 34,975,106,951 | 39.6% | 9,967,544,673 | 24.5% |
| 147.92 | 0 | 10.0% | -0.54 | 14.3% |
| 210.98 | -4,266,698 | 0.7% | -4,266,697,906.44 | 10.0% |

Fuente: Cálculo de indicadores.

Análisis Costo-Beneficio
Construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca

Tabla 60. Sensibilidad a la demanda

| Variación | TDPA | TIR | VPN | TRI |
|-----------|--------|-------|------------------|--------|
| 1.4 | 35,855 | 82.4% | 16,947,448,077 | 106.2% |
| 1.3 | 33,294 | 78.5% | 16,058,656,589 | 99.4% |
| 1.2 | 30,733 | 70.5% | 14,822,651,006 | 82.1% |
| 1.1 | 28,172 | 53.8% | 12,646,891,567 | 43.9% |
| 1.0 | 25,611 | 39.5% | 9,940,481,339 | 24.5% |
| 0.9 | 23,050 | 29.5% | 7,174,866,422 | 14.0% |
| 0.8 | 20,489 | 22.4% | 4,632,690,849 | 8.3% |
| 0.7 | 17,928 | 17.0% | 2,456,874,388 | 5.2% |
| 0.6 | 15,367 | 12.5% | 721,819,278 | 3.5% |
| 0.55 | | 10.0% | -0.67 | 2.9% |
| 0.84 | | 24.8% | 5,576,389,322.40 | 10.1% |

Fuente: Cálculo de indicadores.

e) Análisis de riesgos

Tabla 61. Análisis y mitigación de riesgos.

| Descripción | Impacto | Probabilidad de ocurrencia | Mitigación |
|---|--|----------------------------|--|
| Fluctuación de divisas | Incremento en costo de maquinaria y equipo | Medio | Adoptar una política de cobertura para la tasa de cambio en la deuda financiera de largo plazo, con coberturas para amortizaciones futuras. |
| Cambios de las tasas de interés. | Insolvencia económica por parte de empresas constructoras | Bajo | Las empresas constructoras deberán fortalecerse a través de crédito a costo y plazos competitivos y que se implementen políticas públicas para evitar la insolvencia. |
| Fenómenos inflacionarios | Incremento en costos (construcción o de operación) | Alto | La propuesta de presupuesto se ajustará a precios del año en el que se realice la contratación de la obra. Se adquirirán seguros e instrumentos de cobertura de riesgos financieros. |
| Incremento en el monto de inversión | El incremento de 631% en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable | Muy Bajo | Se realizará la obra conforme al proyecto ejecutivo, y con una supervisión, a efecto de establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo las variaciones en costo y definir medidas correctivas. |
| Riesgo de baja o nula rentabilidad del proyecto si el TDPA es menor al esperado | El proyecto deja de ser rentable si el TDPA es 45.0 % menor al esperado | Media | Verificar el método, supuestos e información para la proyección del TDPA. |
| Solicitud de obras adicionales | Posibilidad de retraso en la obra por la necesidad de obras adicionales solicitadas por la comunidad | Medio | Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con las comunidades a una persona con experiencia. |

VI. Conclusiones y Recomendaciones

La construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, cumple con el propósito de hacer más seguro y eficiente el movimiento de bienes y personas en el estado de Hidalgo. Esto se debe a que, con la construcción de este tramo, además de mejorar el nivel de servicio de esa vialidad, se evitarán accidentes motivados por el alto número de vehículos que circulan sobre la vía. Además, permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo cual se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero. De acuerdo con los indicadores obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

Se recomienda iniciar la construcción de la Carretera Real del Monte – Ent. Huasca, debido a que el momento óptimo para operar es en el año 2022, cuando el valor de la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) es de 24.46%, el cual es mayor a la tasa social de descuento.

Uno de los criterios de inversión para determinar el costo – beneficio de tomar una decisión, es el Valor Presente Neto (VPN), en el caso del presente proyecto, debido a que el valor del VPN resulta mayor a cero, éste se acepta; además, representa beneficios adicionales por 9,940,481,339.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es una tasa que resume toda la información de un proyecto y que vuelve cero al VPN, es decir, depende propiamente del proyecto y de los flujos de éste. En relación al presente proyecto, el resultado del valor de la TIR 39.51% es mayor que la tasa social de descuento (la cual corresponde al 10.0%), por lo anterior, el presente proyecto es socioeconómicamente factible.

VII. Anexos

| Número del Anexo | Concepto del Anexo | Descripción |
|-------------------------|---------------------------|---|
| Anexo A | Memoria de cálculo | Contiene el análisis que conforma el proyecto para la obtención de los indicadores de rentabilidad. |

VIII. Bibliografía

1. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Raúl Coss Bu, Editorial Limusa, 2006.
2. Boletín Notas Número 189, Enero-Febrero de 2021, artículo 1, Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2021, Torres Guillermo, Hernández Salvador, González Alejandro y Arroyo Antonio, Instituto Mexicano del Transporte.
3. Publicación Técnica No. 573, Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2018; José Antonio Arroyo Osorno, Guillermo Torres Vargas, José Alejandro González García, Salvador Hernández García, Instituto Mexicano del Transporte.
4. Criterios de Evaluación de Proyectos, Nassir Sapag Chain, Mc Graw Hill, 1993.
5. Datos Viales de 2010 a 2020, Secretaría de Comunicaciones y Transportes
6. Estimating Vehicle Operating Costs, Rodrigo S. Archondo Callao y Asif Faiz, World Bank Technical Paper Number 234, Washington, D. C. 1994.
8. Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
9. Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac Tampier; Universidad Católica de Chile, 1998.
10. La Conservación de Carreteras en México, la experiencia reciente, Cedric Iván Escalante Sauri, Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres A. C., 2002.
11. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF, 2013.
12. Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C. 2006.
13. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991.
14. Metodología General para la Evaluación de Proyectos, CEPEP Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F. 2008.
15. Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México, el caso del transporte de pasajeros, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García. IMT Publicación Técnica 291. 2006.
16. The Little Book of Profiling, Michael W. Sayers and Steven M. Karamihas, University Of Michigan, 1998.

Responsables de la Información

Ramo: Comunicaciones y Transportes

Entidad: Hidalgo

Área Responsable:

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

| Nombre | Cargo* | Firma | Fecha |
|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | | | 20/03/2021 |

| Versión | Fecha |
|----------------|---------------------|
| | 20 de marzo de 2021 |

*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.