

**Análisis
Costo – Beneficio**

**ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL
PROYECTO EJECUTIVO DE PASO A
DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y
CARRETERA A ALDAMA EN
CHIHUAHUA, CHIH.**

GOBIERNO MUNICIPAL DE CHIHUAHUA

JUNIO 2025

ÍNDICE

I.	RESUMEN EJECUTIVO	7
	Localización	7
	Objetivo del PPI	8
	Problemática identificada	8
	Breve descripción del PPI	9
	Horizonte de Evaluación	9
	Riesgos asociados al PPI	11
	Indicadores de Rentabilidad del PPI	12
	Conclusión	12
I.	SITUACION ACTUAL DEL PPI	13
	Antecedentes	13
	a) Diagnóstico de la situación actual	13
	b) Análisis de la Oferta Existente	44
	c) Análisis de la Demanda Actual	49
	d) Interacción de la oferta-demanda	51
II.	SITUACION SIN EL PPI	53
	a) Optimización	53
	b) Análisis de la Oferta	53
	c) Análisis de la Demanda	53
	d) Análisis de la demanda	68
	e) Interacción de la Oferta – Demanda	71
III.	SITUACION CON EL PPI	77
	a) Descripción general	77
	b) Alineación estratégica	78
	c) Localización geográfica	80
	d) Financiamiento	82
	e) Capacidad instalada	83
	f) Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación	83
	g) Vida útil	84

h)	Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto de inversión.....	84
i)	Análisis de la Oferta	86
j)	Análisis de la demanda	86
k)	Interacción Oferta - Demanda	86
IV.	EVALUACIÓN DEL PPI.....	94
a).	Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto.	94
b).	Identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios del PPI.	94
c).	Cálculo de los indicadores de rentabilidad	94
d).	Análisis de riesgos	97
V.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101

TABLAS

TABLA 1. TABLA DE RIESGOS ASOCIADOS A PPI	11
TABLA 2. VOLÚMENES POBLACIONALES POR SEXO.	16
TABLA 3. VOLÚMENES ACTUALES POR INTERSECCIÓN. FUENTE: ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO “PROYECTO EJECUTIVO DE PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA EN CHIHUAHUA, CHIH.”	26
<i>TABLA 4. MÉTODO DE INTERÉS COMPUESTO.</i>	<i>30</i>
TABLA 5. MÉTODO DE INTERÉS POR REGRESIÓN SIMPLE	31
TABLA 6. VELOCIDAD DE PUNTO DE AV. FUERZA AÉREA	44
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIALIDADES EXISTENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	48
TABLA 8. COMPOSICIÓN VEHICULAR EN LA ZONA DEL PROYECTO.	51
TABLA 9. TASA PROMEDIO DE OCUPACIÓN VEHICULAR.	51
TABLA 10. VELOCIDADES DE OPERACIÓN SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS EN FUERZA AÉREA MEXICANA SENTIDO NORTE – SUR	52
TABLA 11. VELOCIDADES DE OPERACIÓN SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS EN FUERZA AÉREA MEXICANA SENTIDO NORTE – SUR	52
TABLA 12. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO NORTE - SUR).....	55
TABLA 13. AFORO SECCIONAL EN AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (NORTE - SUR).....	56
TABLA 14. AFORO SECCIONAL EN AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (NORTE - SUR).....	57
TABLA 15. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO NORTE - SUR).....	57
TABLA 16. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO NORTE - SUR).....	58
TABLA 17. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO NORTE - SUR).....	59
TABLA 18. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO NORTE - SUR).....	59
TABLA 19. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	60
TABLA 20. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	61
TABLA 21. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	62
TABLA 22. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	62
TABLA 23. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	63
TABLA 24. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	64
TABLA 25. AFORO SECCIONAL AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SENTIDO SUR - NORTE).....	64
TABLA 26. TENDENCIA DE CRECIMIENTO DEL VOLUMEN VEHICULAR.	68
TABLA 27. RESUMEN DE AFORO VEHICULAR POR LA MAÑANA.....	69
TABLA 28. RESUMEN DE AFORO VEHICULAR POR LA TARDE	70
<i>TABLA 29. RESUMEN DE AFOROS VEHICULARES</i>	<i>71</i>
TABLA 30. VALOR DEL TIEMPO ACTUAL (SIN PROYECTO).....	72
TABLA 31. COSTOS DE OPERACIÓN FUENTE: “COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO”, 2024, IMT.....	73
TABLA 32. COSTO DE OPERACIÓN SIN PROYECTO	74
TABLA 33. GASTOS OPERATIVOS EN ACCIDENTES SIN PROYECTO. FUENTE: “ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DE SINIESTROS VIALES EN MÉXICO” INSTITUTO MEXICANO DE LA COMPETIVIDAD A.C (IMCO), 2021. NÚMERO DE ACCIDENTES: SUBSECRETARÍA DE MOVILIDAD DEL ESTADO, ...	75
TABLA 34. CGV PARA LA SITUACIÓN ACTUAL	76

TABLA 35. TIPO DE PPI. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.....	77
TABLA 36. ALINEACIÓN ESTRATÉGICA DEL PPI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	80
TABLA 37. FUENTE DE FINANCIAMIENTO.....	82
TABLA 38. METAS ANUALES DEL PPI.....	83
TABLA 39. METAS ANUALES DEL PPI.....	84
TABLA 40. VELOCIDADES PROYECTADAS SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS EN FUERZA AÉREA MEXICANA SENTIDO NORTE – SUR	87
TABLA 41. VELOCIDADES PROYECTADAS SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULOS EN FUERZA AÉREA MEXICANA SENTIDO NORTE – SUR	88
TABLA 43. VALOR DEL TIEMPO A FUTURO (CON PROYECTO).....	89
TABLA 44. COSTOS DE OPERACIÓN FUENTE: “COSTOS DE OPERACIÓN BASE DE LOS VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS DEL TRANSPORTE INTERURBANO”, 2021, IMT.....	90
TABLA 45. COSTO DE OPERACIÓN CON PROYECTO	91
TABLA 46. COSTOS DE OPERACIÓN SIN PROYECTO.....	92
TABLA 47. COSTOS DE OPERACIÓN CON PROYECTO.....	92
TABLA 48. TOTAL DE BENEFICIOS ANUALES, PASO SUPERIOR VEHICULAR AV. FUERZA AÉREA MEXICANA Y CARRETERA ALDAMA	93
TABLA 49. CORRIDA FINANCIERA DEL PROYECTO	95
TABLA 50. INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PPI.....	95
TABLA 56. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL MONTO DE INVERSIÓN (PASO A DESNIVEL CON GLORIETA)	97
TABLA 58. ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS AL PPI.....	100

IMÁGENES

IMG. 1. LOCALIZACIÓN DEL ESTADO DE CHIHUAHUA Y MUNICIPIO DE CHIHUAHUA.....	7
IMG. 2. LOCALIZACIÓN DEL PPI.	8
IMG. 3. LOCALIZACIÓN DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.....	13
IMG. 4. MUNICIPIO DE CHIHUAHUA	14
IMG. 5. MACROLOCALIZACIÓN DEL TRAMO.....	14
IMG. 6. ÁREA DEL PPI	15
IMG. 7. SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL	35
IMG. 8. FASES Y TIEMPOS DEL CRUCERO SEMAFORIZADO EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA ALDAMA.....	35
IMG. 9. SITUACIÓN ACTUAL EN LA AV. FUERZA AÉREA MEXICANA Y CARRETERA A ALDAMA. .	45
IMG. 10. SITUACIÓN ACTUAL SOBRE LA CARRETERA ALDAMA A LA ALTURA DE LA AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (SUR – NORTE).....	46
IMG. 11. SITUACIÓN ACTUAL DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA A LA ALTURA DE LA AV. PALESTINA.....	47
IMG. 12. SITUACIÓN ACTUAL DE LA FUERZA AÉREA MEXICANA A LA ALTURA DE LA CARRETERA ALDAMA.....	47
IMG. 13. SECCIÓN MEDIDA EN CAMPO DE LA CARRETERA – ALDAMA	48
IMG. 14. SECCIÓN MEDIDA EN CAMPO DE AV. FUERZA AÉREA MEXICANA	49
IMG. 15. VEHÍCULOS TIPO B (AUTOBUSES).	50
IMG. 16. VEHÍCULOS TIPO C (CARGA).....	50
IMG. 17. VEHÍCULOS TIPO T (ARTICULADOS)	50
IMG. 18. METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE DEMANDA.....	54
IMG. 19. COLOCACIÓN DE AFORADORES EN AV. FUERZA AÉREA	55
IMG. 20. MOVIMIENTOS EN AV. FUERZA AÉREA MEXICANA Y CARRETERA A ALDAMA	67
IMG. 21. ZONA DE ESTUDIO.....	77
IMG. 22. PROYECTO EJECUTIVO	78
IMG. 23. UBICACIÓN REGIONAL	80
IMG. 24. UBICACIÓN MUNICIPAL	80
IMG. 25. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EN LA CIUDAD.....	81
IMG. 26. ÁREA DEL PPI	87
IMG. 29. GLORIETA.....	88

GRÁFICAS

GRÁFICA 1. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	56
GRÁFICA 2. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	56
GRÁFICA 3. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	57
GRÁFICA 4. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	58
GRÁFICA 5. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	58
GRÁFICA 6. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	59
GRÁFICA 7. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.1	60
GRÁFICA 8. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	61
GRÁFICA 9. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	61
GRÁFICA 10. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	62
GRÁFICA 11. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	63
GRÁFICA 12. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	63
GRÁFICA 13. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	64
GRÁFICA 14. VOLUMEN VEHICULAR DURANTE 24 HRS. PUNTO SECCIONAL NO.2	65

I. RESUMEN EJECUTIVO

Localización

A nivel territorial (macro localización), el área de estudio considerada está constituida por el municipio de Chihuahua, en el Estado de Chihuahua, el cual se encuentra en la zona norte de la República Mexicana. La superficie es de 9,219 km².



IMG. 1. Localización del Estado de Chihuahua y Municipio de Chihuahua

El Municipio de Chihuahua se encuentra exactamente en el centro del estado, en el fin de la región denominada como la Meseta y el principio de la llamada sierra, limita al norte con el municipio de Ahumada, al noroeste con el municipio de Buenaventura, al oeste con el municipio de Namiquipa y con el de Riva Palacio, al suroeste con el municipio de Santa Isabel y con el municipio de Satevó, al sur con el municipio de Rosales y al este con el municipio de Aquiles Serdán y con el municipio de Aldama.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 2. Localización del PPI.

Objetivo del PPI

El presente análisis tiene por objeto presentar la relación costo – beneficio a partir del análisis integral de la realización del Proyecto del Paso a Desnivel en Av. Fuerza Aérea y Carretera Aldama, el cual servirá para dar flujo continuo a los usuarios de esa vialidad, así como reducir los tiempos de demora y los Costos de Viaje Generalizados presentados por los usuarios de dicha vía.

Problemática identificada

Hoy en día existe un gran problema de movilidad dentro del municipio de Chihuahua de manera un poco más específica en la Avenida Fuerza Aérea y Carretera a Aldama, parte del conflicto vial de esta zona se debe al aumento en años recientes del número de automotores que circulan regularmente, así como por la falta de opciones viales con las que cuentan los usuarios de esta región para desplazarse entre sus diferentes orígenes y destinos, es por ello que se dispone la realización de un Paso a Desnivel servirá para

dar mayor flujo, así como reducir los tiempos de demora y los costos de viaje generalizados presentados por los usuarios.

Breve descripción del PPI

El proyecto pretende desarrollar un Paso a Desnivel en la Avenida Fuerza Aérea y Carretera a Aldama.

Los trabajos se efectuarán conforme a lo indicado en la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en particular a lo indicado en:

- Normas técnicas mexicanas, NOM,
- Normativa para la Infraestructura del transporte de la Secretaría de Comunicaciones y transportes, libros:
- Proyecto Geométrico de Carreteras,
- Normas de Construcción de Carreteras.
- Normas de Conservación de carreteras.
- Normas de Control y Aseguramiento de la Calidad.
- Normas de Características de los Materiales.
- Métodos de Muestreo y Pruebas de materiales, y Legislación.
- Manuales de la S.C.T.
- Manual de proyecto Geométrico de Carreteras 2018.
- Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad

Horizonte de Evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, con un año de construcción y un periodo de operación de 30 años.

Descripción de los principales costos del PPI

Etapas de construcción

- **Costos de inversión:** se refiere a todos los costos atribuibles al proyecto por concepto de la ejecución del mismo (insumos, materiales, etc.). La cuantificación queda determinada por las unidades de medida de cada uno de los componentes del proyecto, los cuales fueron señaladas en la descripción del proyecto, mientras que la valoración se realiza con los precios de cada uno de los materiales utilizados para la construcción del proyecto sin IVA, como una estimación del precio social, los cuales fueron obtenidos del catálogo de obra.

\$160'000,000.00

(Ciento sesenta millones pesos 00/100 M.N.)

- Durante la etapa de operación, se consideran los costos de mantenimiento y conservación que corresponden a lo siguiente: mantenimiento rutinario, conservación periódica y reconstrucción.
- De acuerdo con los datos del proyecto, el costo total de inversión es de \$160'000,000.00 sin IVA.

Descripción de los principales beneficios del PPI

- **Reducción de daños a los vehículos:** con la implementación del proyecto se reducirá el riesgo de accidentes, asimismo, se reducen las afectaciones ocasionadas por las malas condiciones de la estructura a los vehículos que circulan por la zona.
- **Reducción de tiempos de viaje:** se refiere a la reducción de los tiempos de traslado de un punto inicial al destino a través de la vía en estudio, derivado a la mejora en las condiciones de la misma.

Riesgos asociados al PPI

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de mitigación
Incremento en el monto de inversión	Un incremento en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable	Bajo	Establecer un proceso formal de seguimiento con el fin de identificar a tiempo variaciones en costos y definir medidas correctivas
Problemas sociales en la zona.	Posibilidad de retraso en las obras	Bajo	Asignar claramente la responsabilidad de relaciones públicas y relación con la comunidad a una persona con experiencia.
Obtención de los recursos en tiempo	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Medio	Seguimiento puntual con las dependencias involucradas.
Riesgo en los procesos de licitación	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	Implementar mecanismos de control y transparencia.
Efectos hidrometeorológicos atípicos durante la construcción del proyecto.	Incrementar su costo y los tiempos de ejecución.	Bajo	El calendario de ejecución contempla los periodos de lluvias.

Tabla 1. Tabla de riesgos asociados a PPI

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de Rentabilidad del PPI

- **Paso a Desnivel y glorieta**

Valor presente Neto (VPN) = **\$27,401,538.08**

Tasa Interna de Retorno (TIR) = **11.66%**,

Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) = **5.64%**.

Conclusión

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a los ahorros en costos de tiempo de viaje, costos generalizados de viaje y ahorro en mantenimiento, los cuales son superiores a los costos de inversión y medidas menores alternas necesarias a lo largo de la vida útil del proyecto.

En síntesis, la operación se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- Reducir los tiempos de recorrido.
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos.
- Contribuir al desarrollo ordenado del estado de Chihuahua.

I. SITUACION ACTUAL DEL PPI

Antecedentes

El Municipio de Chihuahua se encuentra exactamente en el centro del estado, en el fin de la región denominada como la Meseta y el principio de la llamada sierra, limita al norte con el municipio de Ahumada, al noroeste con el municipio de Buenaventura, al oeste con el municipio de Namiquipa y con el de Riva Palacio, al suroeste con el municipio de Santa Isabel y con el municipio de Satevó, al sur con el municipio de Rosales y al este con el municipio de Aquiles Serdán y con el municipio de Aldama.

a) Diagnóstico de la situación actual

En este estudio de costo beneficio se realizó un diagnóstico inicial sobre la Dinámica socio económico en el área de influencia del proyecto propuesto correspondiente al municipio de Chihuahua en el estado de Chihuahua.

Ubicación dentro del entorno nacional

A nivel territorial (macro localización), el área de estudio considerada está constituida por el municipio Chihuahua, en el estado de Chihuahua, el cual se encuentra en la zona norte de la República Mexicana. La superficie del municipio de Chihuahua es de 8384.37 km².

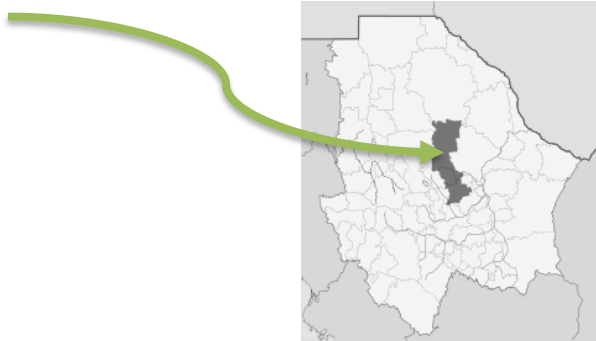


IMG. 3. Localización del Estado de Chihuahua

A nivel regional (meso localización), el estudio se enfoca en el municipio de Chihuahua.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

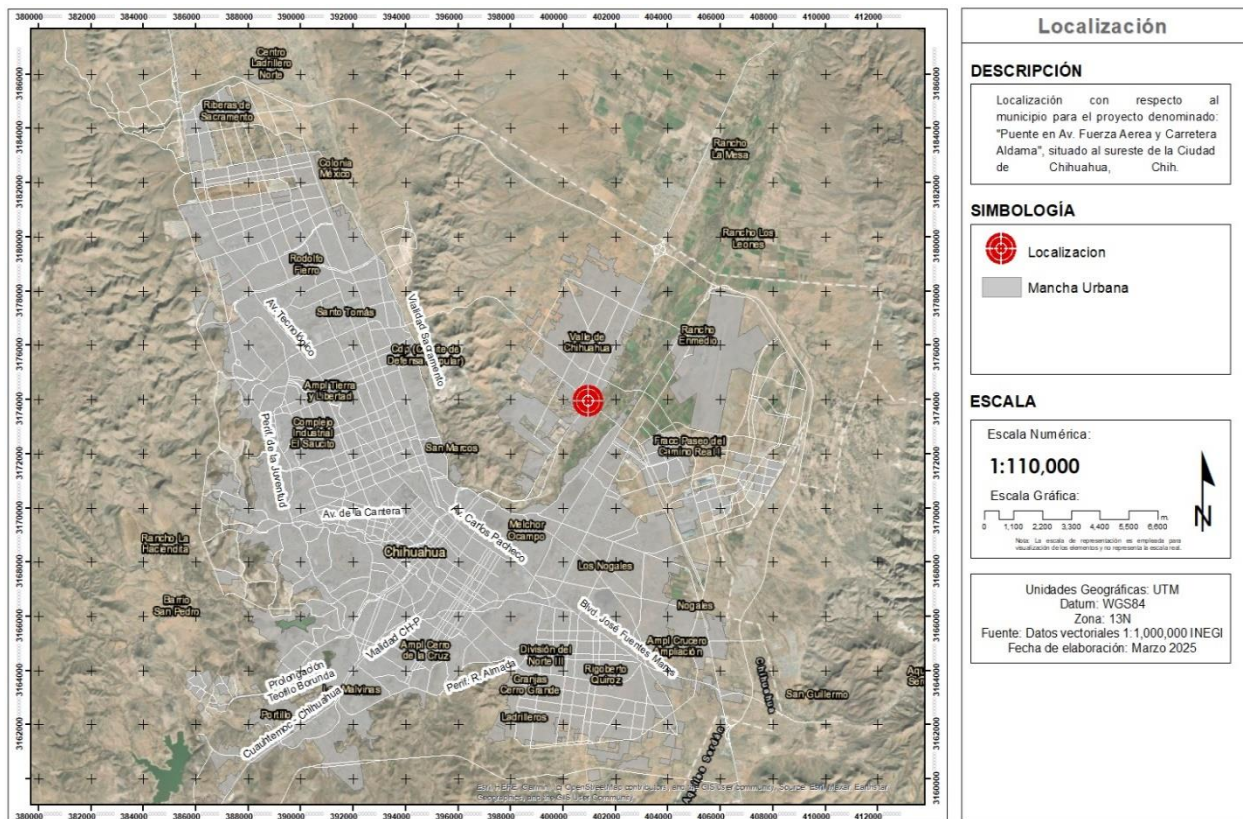
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 4. Municipio de Chihuahua

A continuación se muestra la localización del proyecto con coordenadas de georreferenciación.

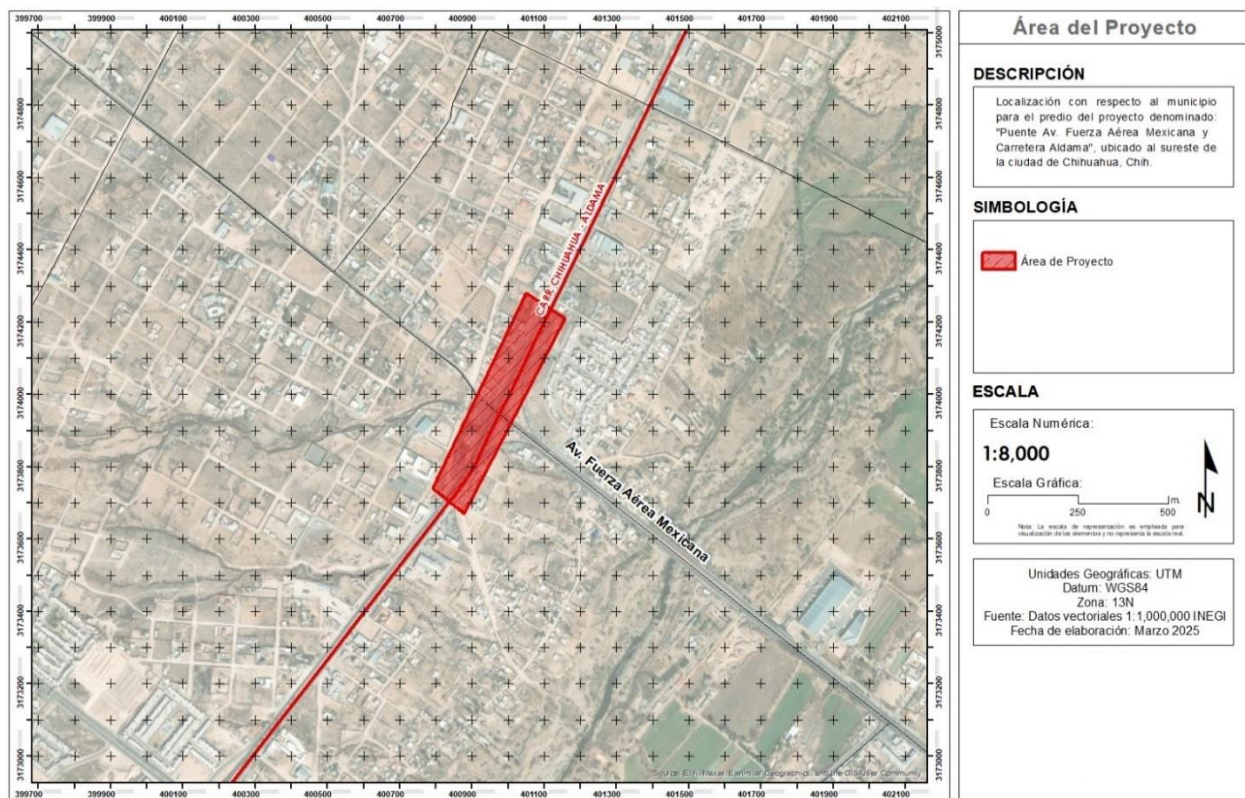
Latitud: 28°41'19.9"N Longitud: 106° 0.0'48.8"W



IMG. 5. Macrolocalización del tramo.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 6. Área del PPI

Características de la población

Para llevar a cabo el análisis histórico de la población se usó como fuente al Plan de Desarrollo Urbano Sostenible de la Zona Metropolitana de Chihuahua, Chihuahua.

Demografía

Chihuahua es sede administrativa de la Región Centro, siendo cabecera del municipio del mismo nombre. En la actualidad Chihuahua concentra el 25.06% de la población total del Estado y el 91.05% de la población municipal. Como Capital de Estado, se constituye como uno de los principales centros administrativos, comerciales y de prestación de servicios para toda la población del territorio Chihuahuense.

Aunque la tasa promedio de crecimiento anual va en descenso, esta se mantendrá todavía alta, al seguir siendo Chihuahua la localidad del centro de la entidad con mayor oferta educativa, de salud, empleo, vivienda, flujo de mercancías, de capitales y demás prestación y servicios, con su consecuente proceso de inmigración definitiva de personas

del resto de la entidad hacia la Capital del Estado, por lo que se estima que la tasa media de crecimiento anual no bajará del 3.95% en los próximos 14 años.

Se cuenta con un total de 937,674 habitantes de los cuales el 48.8% son hombres y 52.2% son mujeres, mientras que el estado de Chihuahua concentra una población de 3'741,869 habitantes, de los cuales 49.5% son hombres y 50.5% son mujeres, la edad media es de 29 años lo que indica que es una localidad de población joven, con un buen promedio educativo en el primer grado de la preparatoria.

Volumen poblacional y sexo	Municipio de Chihuahua	Estado de Chihuahua	Nacional
Total de habitantes	937,674	3,741,869	126,014,024
Total de población masculina	457,585	1,852,225	61,494,844
% de población masculina	48.8%	49.5%	48.8%
Total de población femenina	480,089	1,889,644	64,519,180
% de población femenina	51.2%	50.5%	51.2%

Tabla 2. Volúmenes poblacionales por sexo.

Estudios históricos y actuales de migración

El proceso migratorio de los habitantes del área metropolitana de Chihuahua, considera los movimientos migratorios de la población chihuahuense hacia otras entidades del país o del extranjero, principalmente Estados Unidos, o de manera inversa.

Se consultaron los sitios Web de las instituciones de INEGI e INAFED, para obtener datos de los diferentes Censos de Población y Vivienda y Conteos Poblacionales.

Economía

Como Capital del Estado de Chihuahua, la Ciudad de Chihuahua alberga los poderes estatales y las representaciones administrativas de la Federación, lo cual se refleja en la especialización de los servicios comerciales, gubernamentales y de servicios de carácter regional y estatal, destacando los servicios de educación superior y salud.

La actividad económica de la ciudad involucra a las organizaciones, industrias y actores de sector productivo que tienen presencia en la misma, así como la importancia que tienen para la economía de la ciudad.

La tipología industrial presenta diferentes modalidades:

- Zonas industriales antiguas
 - Nombre de Dios
 - Fundidora Avalos
- Parques industriales (década de los años 80 predominantemente maquilador)
 - Complejo Industrial Chihuahua
 - Complejo Industrial Américas
 - Complejo Industrial Saucito
 - Complejo Industrial IMPULSO
- Usos industriales dispersos, de generación más reciente, tendiendo a buscar su ubicación cercana a las salidas de la ciudad
 - Salida a Juárez: Motorola, Coca-Cola
 - Salida a Delicias: Vitromex
 - Salida a Cuauhtémoc: Empacadora

Asimismo, parques industriales de tamaño pequeño y mediano (SUPRA, INTERMEX, IMPULSO) que promueven espacios en número limitado. La promoción del desarrollo industrial recae en la Promotora de la Industria Chihuahuense, organismo público descentralizado de la Secretaría de Desarrollo Industrial creado en 1980.

INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Se encarga de la planificación, evaluación y optimización de los elementos que intervienen para mejorar el flujo vial, con el fin de que esta sea eficiente, económico y seguro.

SISTEMA VIAL

El sistema vial es fundamental para la comunicación efectiva de los ciudadanos. Creada y utilizada por los seres humanos, la red vial está constituida por calles urbanas y rurales, avenidas, autopistas, carreteras, caminos vecinales, y sus obras complementarias como puentes, veredas, señalización, iluminación, entre otras.

Factores básicos para la ingeniería de tránsito

- El usuario: conductores y pasajeros, peatones, ciclistas.
- El vehículo: privado, público y comercial.
- La vialidad: calles y carreteras.
- Los dispositivos de control: marcas, señales y semáforos.

El usuario.

El usuario es la persona quien tiene la necesidad de trasladarse de un lugar a otro de manera segura, económica y fácil.

El usuario cuenta cuatro subdivisiones, estas son el peatón, el pasajero, el ciclista y el conductor, los cuales describiremos a continuación.

Peatón.

Individuo que se traslada a pie, es decir sin ningún tipo de vehículo, por las vías de circulación. Para estos usuarios se destinan zonas especiales para su desplazamiento seguro, tales como banquetas, pases peatonales, puentes peatonales entre otros que se tiene como objetivo mantener a salvo a los peatones pues estos son los usuarios más vulnerables y donde tenemos que poner especial atención a sus necesidades.

Ciclista

Usuarios que se transporta por medio del uso de bicicleta. El ciclista (sea urbano o deportista) debe de tener su propio espacio seguro para su correcta circulación ya que estos tienden a movilizarse por distintos entornos, tanto geográficos como topográficos, así como avenidas, autopistas ya sean ascensos, descensos o calles destapadas, también es importante tomar en cuenta la inseguridad debido a la facilidad a robos o asaltos, además del medio ambiente “adverso”, como por ejemplo la lluvia, nieve entre otros.

Al igual que los vehículos motorizados, los ciclistas deben conocer y aplicar una serie de conceptos en el lenguaje que les permitirán desempeñarse efectivamente por las calles de la ciudad.

Conductor

Es la persona que se traslada por medio de un vehículo mecánico, la mayoría de los elementos que conforma una vía son pensados en el conductor pues este no siempre tiene el control total del vehículo, se deben analizar sus habilidades y su capacidad de percepción en las carreteras. Por habilidades se refieren a las capacidades del conductor para ver, oír, evaluar y reaccionar a la información, mismas que varían en condiciones como el cansancio, la hora del día, o bajo la influencia del alcohol o las drogas.

Por tanto, es importante que los criterios que se usen para propósitos de diseño sean compatibles con las capacidades y las limitaciones de la mayoría de los conductores en la carretera.

Se ha sugerido que la mayor parte de la información recibida por el conductor es visual, lo que implica que la capacidad visual es fundamental en la tarea de manejo. Por tanto, es importante tomar en cuenta la percepción visual, así como de la percepción auditiva de las personas. Las principales características del ojo son la agudeza visual, la visión periférica, la visión de los colores, visión de deslumbramiento y recuperación, y percepción de la profundidad.

El proceso por el cual un conductor, ciclista o peatón reacciona y responde a un estímulo se divide en 4 subprocesos: percepción, identificación, emociones y reacción o resolución. El tiempo que transcurre desde la percepción hasta la reacción, es llamado tiempo PIEV o de percepción-reacción.

1. Percepción: brindan información al conductor ya sea una señal de advertencia o un objeto en el camino, y este reacciona dependiendo de la interpretación que dé al estímulo.
2. Identificación: el conductor identifica la señal o el dispositivo de control y comprende la instrucción.
3. Emociones: el conductor decide que acción tomar en base a la información recibida anteriormente; por ejemplo, frenar, cambiar de carril, acelerar entre otros.
4. Reacción: el conductor ejecuta la acción decidida durante el subproceso de las emociones.

El vehículo.

Es el encargado de transportar al conductor, el buen estado de este es un elemento fundamental para garantizar la seguridad vial.

El desarrollo tecnológico en la fabricación de vehículos, que incluye sistemas antibloqueo de frenos, mejoras en sistemas de cinturón, airbag y respaldos de la cabeza, entre otros elementos, ha contribuido para que los vehículos modernos sean más seguros y nos brinden mejores posibilidades de reacción o protección ante eventos inesperados.

Características de los vehículos de proyecto

En general los vehículos se clasifican en vehículos ligeros, pesados y especiales.

- Los vehículos ligeros son de ejes sencillos, y pueden transportar personas o pueden ser de carga, entre estos podemos encontrar autos, camionetas, entre otros.
- Los vehículos pesados son los encargados del transporte de gran cantidad de carga o de pasajeros entre estos están los autobuses y camiones.
- Los vehículos especiales suelen verse con menos frecuencia que los anteriores, pues sus dimensiones suelen ser más grandes que los demás, estos suelen transportar cargas aún más pesadas o cargas con excesos de dimensiones, entre ellos podemos encontrar la maquinaria para obras o con fines agrícolas.

- Los vehículos de proyecto, es un vehículo representativo cuyas dimensiones y características operativas se usan para dimensionar los elementos de la carretera. De acuerdo con los vehículos que se espera circulen por las carreteras de la red nacional, y se diseñan con el más grande y pesado para tenerlo como base.

Sistema vial

Está constituida por calles urbanas y rurales, avenidas, autopistas, carreteras, caminos vecinales, y sus obras complementarias como puentes, veredas, señalización, iluminación, entre otras que son las encargadas de comunicar a los ciudadanos de diferentes lugares logrando impulsar la economía.

1. Clasificación de carreteras

a) Urbanas: vía pública situada dentro de la mancha urbana.

b) Rurales: Las situadas fuera del ámbito urbano. El término carretera generalmente se usa para referirse a las vías rurales.

Tanto para unas como para las otras, la jerarquía de los sistemas funcionales consiste en arterias principales (para el movimiento principal), arterias menores (distribuidores), vías colectoras, y caminos y calles locales; sin embargo, en las áreas urbanas hay relativamente más arterias con un mayor número de subdivisiones funcionales para la categoría arterial mientras que en las áreas rurales hay relativamente más vías colectoras con un mayor número de subdivisiones funcionales para la categoría de vía colectora.

2. Tipos de carreteras: según su clasificación de pueden dividir en:

a) Clasificación de transitabilidad: dentro de estas se encuentran las carreteras de terracería, revestida, pavimentada.

b) Clasificación administrativa: lleva su nombre de acuerdo a la dependencia del gobierno que tiene a cargo a la construcción, operación y conservación, en México se dividen en: carretera federal, estatal, vecinal, y de cuota.

c) Clasificación técnica oficial: La secretaría de comunicaciones y transportes en sus Normas de Servicios Técnicos del Proyecto Geométrico de Carreteras, clasifica las carreteras de acuerdo a su Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) para el horizonte de proyecto como sigue: Tipo A4: 5000 a 20000 vehículos, tipo A2: 3000 a 5000 vehículos, tipo B: 1500 a 3000 vehículos, tipo C: 500 a 1500 vehículos, tipo D: 100 a 500 vehículos, tipo E: hasta 100 vehículos.

Dispositivos de control.

Se denominan dispositivos de control del tránsito, a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se colocan sobre o adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. Los dispositivos de control indican a los usuarios, las precauciones (prevenciones) que deben tener en cuenta, las limitaciones (restricciones) que gobiernan el tramo en circulación y las informaciones (guías) estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de las calles o carreteras.

Los dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras se clasifican en:

- Señales: Preventivas, restrictivas, informativas.
- Marcas: Rayas, símbolos, letras.
- Obras y dispositivos diversos: Cercas, defensas, indicadores de obstáculos, indicadores de alineación, reglas y tubos guías, bordos, vibradores, indicadores de curvas peligrosas.
- Dispositivos para protección en obras: Señales preventivas, restrictivas e informativas, canalizadores, señales manuales.
- Semáforos: Vehiculares, peatonales, especiales.

Volumen de tránsito

Al proyectar una calle o carretera, la selección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo, y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.

En Ingeniería de Tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de:

- Volumen, que es el número de vehículos (o personas) que pasa por un punto en un tiempo específico.
- Tasa de flujo, es la frecuencia a la cual los vehículos (o personas) que desean viajar pasan por un punto durante un tiempo específico.
- Demanda, es el número de vehículos (o personas) que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.
- Capacidad, es el número máximo de vehículos que puede pasar por un punto durante un tiempo específico. Es una característica de un sistema vial y representa su oferta.

Uso de los volúmenes de tránsito

De una manera general, los datos sobre los volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos:

1. Planeación

- a) Clasificación sistemática de redes de carreteras.
- b) Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito.
- c) Modelos de asignación y distribución de tránsito.
- d) Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades.
- e) Análisis económicos.
- f) Estimación de la calidad del aire.
- g) Estimaciones del consumo de combustibles.

2. Proyecto

- a) Aplicación a normas de proyecto geométrico.
- b) Requerimientos de nuevas carreteras.
- c) Análisis estructural de superficies de rodamiento.

3. Ingeniería de Tránsito

- a) Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- b) Caracterización de flujos vehiculares.
- c) Zonificación de velocidades.
- d) Necesidades de dispositivos para el control de tránsito.
- e) Estudio de estacionamiento.

4. Seguridad

- a) Cálculo de índices de accidentes y mortalidad.
- b) Evaluación de mejoras por seguridad.

5. Investigación

- a) Nuevas metodologías sobre capacidad.
- b) Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad.
- c) Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito.
- d) Estudios de antes y después.
- e) Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

6. Usos Comerciales

- a) Hoteles y restaurantes.
- b) Urbanismo.
- c) Autoservicios.

d) Actividades recreacionales y deportivas.

Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- Tránsito anual (TA): Es el número total de vehículos que pasan durante un año.
- Tránsito mensual (TM): Es el número total de vehículos que pasan durante un mes.
- Tránsito semanal (TS): Es el número total de vehículos que pasan durante una semana.
- Tránsito diario (TD): Es el número total de vehículos que pasan durante un día.
- Tránsito horario (TH): Es el número total de vehículos que pasan durante una hora.
- Tránsito en un periodo inferior a una hora (Q): Es el número total de vehículos que pasan en un tiempo inferior a una hora, representado comúnmente en minutos.

Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el tránsito diario promedio (TDP), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y menor que un día, dividido por el número de días del periodo. De acuerdo al número de días del periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día.

- Tránsito diario promedio anual (TDPA): $TDPA=TA/365$
- Tránsito diario promedio mensual (TDPM): $TDPM=TM/30$
- Tránsito diario promedio semanal (TDPS): $TDPS=TS/7$

Volúmenes de tránsito horarios

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora.

- Volumen horario máximo anual (VHMA): Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado.
- Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).- Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos.
- Volumen Horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH).- Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19, y 29 volúmenes horarios, respectivamente.
- Volumen Horario de proyecto (VHP). Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad.
- De acuerdo a los datos recabados en base a aforos vehiculares realizados en la zona se determinan los volúmenes horarios de la siguiente manera:

Volumen en Av. Fuerza Aérea y Carretera a Aldama
5,416

Tabla 3. Volúmenes actuales por intersección. Fuente: Estudio de Ingeniería de Tránsito "Proyecto Ejecutivo de Paso a Desnivel en Av. Fuerza Aérea y Carretera a Aldama en Chihuahua, Chih."

Uso de los volúmenes de tránsito

Desde un punto de vista general, se utilizan los datos de volúmenes de tránsito en los siguientes campos:

1.- Planeación

- Clasificación sistemática de redes de carreteras
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito
- Modelos de asignación y distribución de tránsito

- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades
- Análisis económicos
- Estimaciones de la calidad del aire
- Estimaciones del consumo de combustibles

2.- Proyecto

- Aplicación a normas de proyecto geométrico
- Requerimientos de nuevas carreteras
- Análisis estructural de superficies de rodamiento

3.- Ingeniería de tránsito

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades
- Caracterización de flujos vehiculares
- Zonificación de velocidades
- Necesidad de dispositivos para el control de tránsito

4.- Seguridad

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad
- Evaluación de mejoras por seguridad

5.- Investigación

- Nuevas metodologías sobre capacidad
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito
- Estudios de antes y después
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía

6.- Usos comerciales

- Hoteles y restaurantes
- Urbanismo
- Autoservicios
- Actividades recreacionales y deportivas

Análisis de flujo vehicular

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía es muy importante conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle pues de este dependen las características básicas de nuestro proyecto.

Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de los modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de Capacidad y Niveles de Servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales.

El objetivo, al abordar el análisis del flujo vehicular, es dar a conocer algunas de las metodologías e investigaciones y sus aplicaciones más relevantes en este tema, con particular énfasis en los aspectos que relacionan las variables del flujo vehicular, la descripción probabilística o casual del flujo de tránsito, la distribución de los vehículos en una vialidad y las distribuciones estadísticas empleadas en proyecto y control de tránsito.

Tenemos tres factores sumamente importantes para definir las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto representadas en sus tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad. El tener los datos de estas es fundamental ya que éstas indican la calidad o Nivel de Servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial. A su vez, estas tres variables pueden ser expresadas en términos de otras, llamadas variables asociadas: el volumen, el intervalo, el espaciamiento, la distancia y el tiempo.

Mediante los Datos Viales de la SICT, se obtienen los datos del TDPA de los últimos años. Estos datos se analizan mediante tres tipos de métodos para la obtención de la tasa de crecimiento.

A) MÉTODO DE INCREMENTO PARCIALES.

$$i = \frac{\sum \Delta\%}{n}$$

Donde:

n	12	Número de años a partir del año cero (valor de los datos -1)
Δ		Incremento parcial por un año en vehículos
$\Delta\%$	92.64	Incremento parcial por año en porcentaje
i	7.72	Tasa de incremento (%)

n	Año	TDPA	Δ	$\Delta\%$
1	2010	9,201	-	-
1	2011	11,147	1,946	21.15
1	2012	11,388	241	2.16
1	2013	12,748	1360	11.94
1	2014	12,392	-356	-2.79
1	2015	12,571	179	1.44
1	2016	14,137	1566	12.46
1	2017	16,973	2836	20.06
1	2018	18,774	1801	10.61
1	2019	22,881	4107	21.88
1	2020	18,552	-4329	-18.92
1	2021	18,862	310	1.67
1	2022	20,933	2071	10.98
				$\Delta\%$ 92.64
				n 12
				i 7.72

B) MÉTODO DE INTERÉS COMPUESTO

$$i = \left[\left(\frac{V_f}{V_a} \right)^{\frac{1}{n}} \right]^{-1}$$

Donde:

Vf	20,933	Volumen futuro (veh/día)	(TDPA del año actual)
Va	9,201	Volumen actual (veh/día)	(TDPA del año de registro antiguo)
i	7.09	Tasa de incremento (%)	
n	12	Numero de datos a partir del año cero	

	TDPA	Año
Va	9,201	2010
Vf	20,933	2022
n	12	
i	7.09	

Tabla 4. Método de interés compuesto.

C) REGRESIÓN SIMPLE

$$a_1 = \frac{[n(\sum xy)] - [(\sum x)(\sum y)]}{[n(\sum x^2)] - (\sum x)^2}$$

$$i = \frac{(n)(a_1)}{(\sum y) - [(a_1)(\sum x)]}$$

En donde:

i = Tasa de incremento (%)

n = Número total de datos

Año	TDPA (y)	Años Acumulados	x^2	xy
2010	9201	0	0	0
2011	11147	1	1	11147
2012	11388	2	4	22776
2013	12748	3	9	38244
2014	12392	4	16	49568
2015	12571	5	25	62855
2016	14137	6	36	84822
2017	16973	7	49	118811
2018	18774	8	64	150192
2019	22881	9	81	205929
2020	18552	10	100	185520
2021	18862	11	121	207482
2022	20933	12	144	251196
Σ	200559	78	650	1,388,542.00
a_1	593.77			
i	4.62			

TABLA 5. Método de interés por Regresión simple

D) ELECCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO

En el presente estudio de movilidad urbana, se ha seleccionado la tasa de crecimiento basada en el método de interés compuesto como la más adecuada para proyectar el crecimiento futuro del Tráfico Diario Promedio Anual (TDPA). Esta tasa es crucial para evaluar el nivel de servicio de las infraestructuras viales y anticipar las futuras demandas de capacidad. Para determinar la tasa más precisa, se analizaron tres métodos diferentes: el de incrementos parciales, el de interés compuesto y el de regresión simple. A continuación, se justifica por qué la tasa de crecimiento del método de interés compuesto, que arrojó un valor del **7.09%** anual, es la opción más adecuada para este estudio, en comparación con las alternativas.

- **Método de Interés Compuesto**

El método de interés compuesto asume que el crecimiento sigue un patrón acumulativo constante, similar al comportamiento de una inversión financiera, donde el valor inicial se transforma en un valor final a lo largo del tiempo. En este caso, la tasa del 7.09% refleja el crecimiento promedio anual del TDPA entre los años 2010 y 2022. Este método es adecuado para situaciones en las que se espera que las condiciones se mantengan relativamente estables y el crecimiento sea continuo, como es el caso del tráfico vehicular.

- **Método de Incrementos Parciales**

En comparación, el método de incrementos parciales, que resultó en una tasa de crecimiento del **7.72%**, calcula el crecimiento promedio basado en los incrementos porcentuales anuales. Aunque este enfoque es útil para obtener una idea rápida del comportamiento interanual, puede verse afectado por variaciones significativas en los datos, como las caídas abruptas o picos en ciertos años. En este caso, la tasa más alta resultante de los incrementos parciales refleja las fluctuaciones del período de análisis. Sin embargo, en estudios que buscan proyecciones estables, este método puede no capturar la tendencia a largo plazo de manera efectiva, dado que da igual peso a cada variación interanual sin considerar una acumulación general.

- **Método de Regresión Simple**

Por otro lado, el método de regresión simple, que produjo una tasa de crecimiento del **4.62%**, ajusta una recta a los logaritmos de los valores de TDPA para modelar una tendencia exponencial. Este enfoque es sólido desde el punto de vista estadístico, ya que minimiza los errores cuadráticos y encuentra una tendencia global en los datos. Sin embargo, en este caso, la regresión simple tiende a subestimar el crecimiento, especialmente en situaciones en las que se han presentado fluctuaciones recientes o cambios de tendencia en el comportamiento del tráfico, como el repunte de 2019. Al suavizar los datos excesivamente, esta tasa de crecimiento puede ser demasiado conservadora, lo que podría llevar a una planificación deficiente si no se tiene en cuenta un potencial aumento en la demanda de tráfico.

Tasa de crecimiento Seleccionada:

7.09

Variables relacionadas con la velocidad

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la velocidad son: la velocidad de punto, la velocidad instantánea, la velocidad media temporal, la velocidad media espacial, la velocidad de recorrido, la velocidad de marcha, la distancia de recorrido y el tiempo de recorrido.

- La velocidad de punto para estimar la distribución de velocidades de vehículos en una corriente del tráfico, en una localización particular en una carretera.
- La velocidad instantánea es la velocidad de un vehículo en un momento determinado.
- La velocidad media temporal es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo.
- La velocidad media espacial Es la media aritmética de las velocidades de punto de los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle.
- La velocidad de recorrido es la velocidad media conseguida por el vehículo a recorrer un tramo determinado de carretera.
- La velocidad de marcha, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento.

Variables relacionadas con la densidad

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

- Densidad o concentración (k). Es el número N de vehículos que ocupan una longitud específica, d , de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetros, ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada.
- Espaciamiento simple (s_i). Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras. Espaciamiento promedio (s). Es el promedio de todos los espaciamientos simples, (s_i), existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículos.

Tipos de flujo de tráfico

El Manual de Capacidad de Carreteras clasifica a los distintos tipos de caminos en dos categorías o tipos de operación del flujo vehicular:

- Continuo y
- Discontinuo

Los términos “flujo Continuo” y “flujo discontinuo” solo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado momento circula por el mismo.

Para condiciones de flujo continuo se pueden tomar como referencia las autopistas, pues estas presentan un flujo continuo en el que no existen interrupciones de tránsito, y cuenta con accesos y egresos que son controlados y limitados a las ubicaciones de las ramas de entrada y salida.

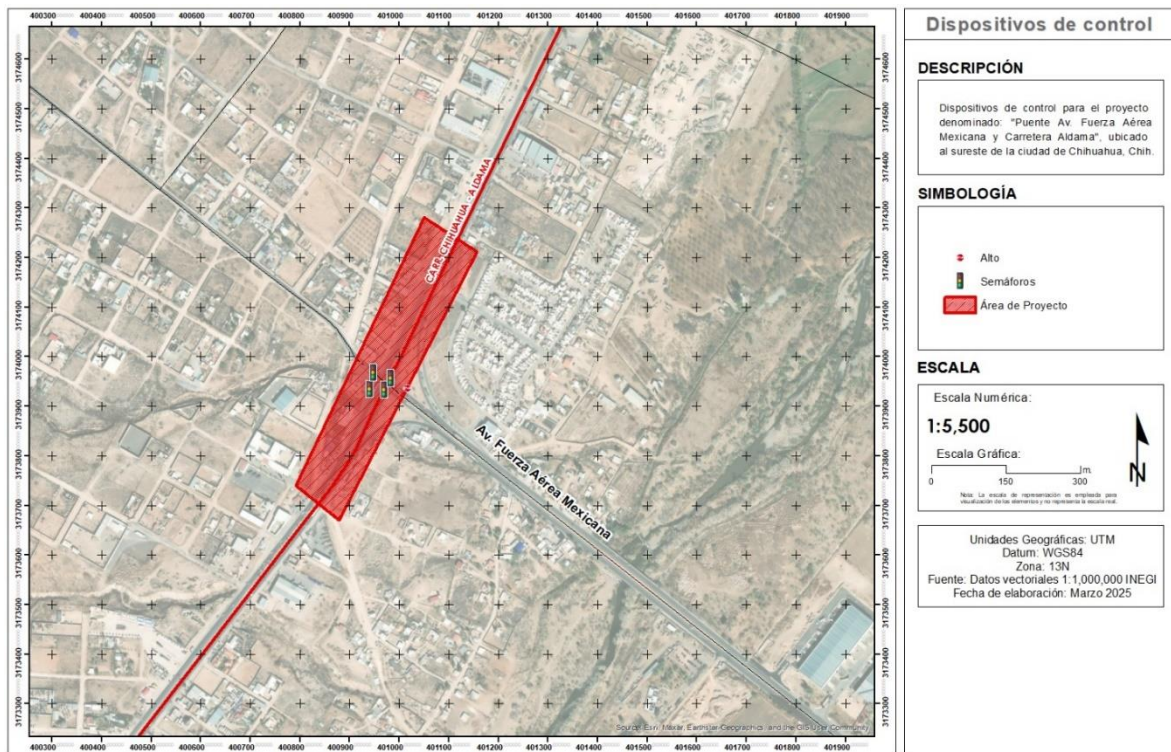
En el análisis de los caminos con flujo discontinuo debe tomarse en cuenta en el impacto de las interrupciones fijas como lo son semáforos, reductores de velocidad.

Así, por ejemplo, un semáforo limita el tiempo disponible para los distintos movimientos del tránsito de la intersección en la cual están emplazados. En consecuencia, la Capacidad queda limitada no solo por el espacio físico proporcionado por la intersección, sino también por el tiempo disponible para los distintos movimientos de la corriente de tránsito.

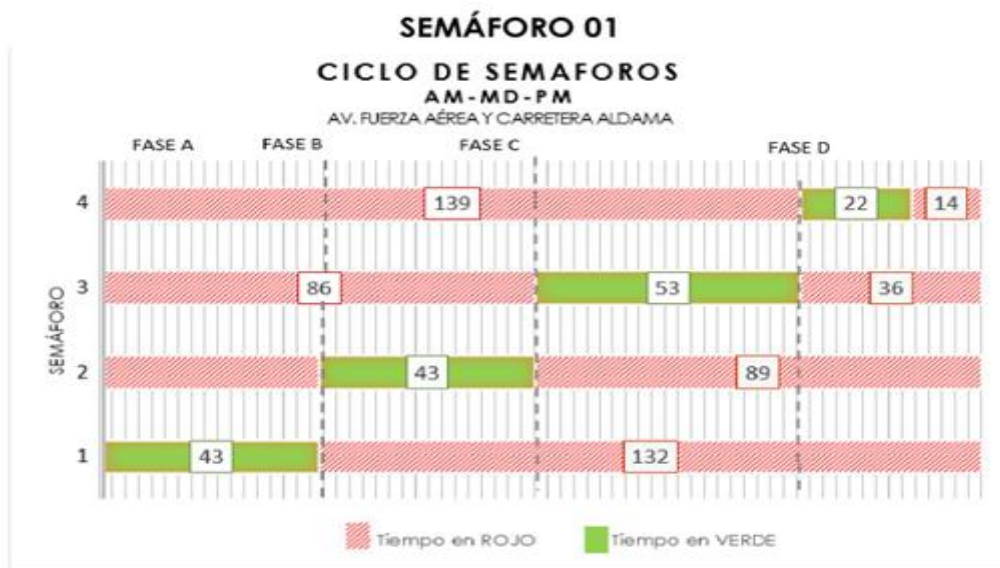
A continuación, se muestran los tiempos de flujo de tráfico, dichas fases y tiempos.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 7. Señalamiento horizontal y vertical



IMG. 8. Fases y tiempos del cruceo semaforizado en Av. Fuerza Aérea y Carretera Aldama

Capacidad Vial

Es la máxima proporción horaria de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes del camino, del tránsito y de los dispositivos de control.

Dentro de los objetivos que contempla el diseño y la planificación de instalaciones carreteras se encuentran lograr diseñar y planificar instalaciones carreteras que operen a tasas de flujo por debajo de sus tasas óptimas. Estos objetivos pueden alcanzarse, cuando se ha hecho una buena estimación del flujo de tránsito de una instalación determinada.

Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su Capacidad y calidad de operación.

Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de Capacidad, es estimar el máximo número de vehículos que un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un periodo específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a Capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para operar en este rango.

A su vez, mediante los análisis de Capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de Nivel de Servicio.

Niveles de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. De los factores que alteran 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, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de los acotamientos, las pendientes, etc.

- 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 la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El Nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

- Nivel de servicio “B”

Esta aun dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobrar. El Nivel de comodidad y conveniencia 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 selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El Nivel de 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, y el usuario experimenta un Nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente 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 de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los Niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

- Nivel de servicio “F”

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

Estudios de Tránsito

Los estudios de tránsito sirven tanto para los análisis de ingeniería como para soportar los estudios económicos y estudios de factibilidad. Los estudios los dividiremos en dos categorías:

Estudios de volúmenes de tránsito

La determinación del volumen de tránsito es básica para la evaluación del movimiento de tránsito, debido a que proporciona una escala de comparación mostrando la importancia relativa las distintas obras de planificación, diseño de carreteras y en la estimación de la recuperación e inversión para una determinada obra; para la construcción de nuevas vías, así como en la conservación y reconstrucción de la ya existente.

El volumen de tránsito es utilizado en investigación para poder establecer relaciones significativas entre distintos parámetros, tales como: densidad, velocidad. También es utilizado en las frases de control de tránsito y labor preventiva por las autoridades correspondientes.

El tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la aplicación que se le vaya dar a los mismos. Así, por ejemplo, algunos estudios requieren detalles como la composición vehicular y los movimientos direccionales, mientras que otros solo exigen conocer los volúmenes totales. También, en algunos casos es necesario aforar vehículos únicamente durante periodos cortos de una hora o menos, otras veces el periodo puede ser de un día, una semana, un mes o inclusive un año.

El método utilizado dependerá en última instancia de la exactitud con la que se requieran los datos, el tipo de datos a recopilar y las restricciones tanto económicas como recursos humanos se dispongan para el estudio.

Es fundamental, en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año, las variaciones de los volúmenes de tránsito en su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición.

El tiempo y duración en que se debe realizar un aforo de tránsito en un lugar específico, depende del tipo de vehículo de datos que se requiera y la aplicación que se le dará a los mismos. Pueden ser:

-Volumen de tránsito anual: para estudios como planeación de carreteras, programa de carreteras, cálculo de tasa de accidentes, estudios fiscales, selección de rutas, estudios de tendencias entre otros.

-Volumen de tránsito promedio diario: datos usados para análisis de capacidad, diseño geométrico, diseño estructural, entre otros.

-Volúmenes de tránsito horario. Para aplicación de dispositivos de control de tránsito, vigilancia selectiva, desarrollo de reglamentos de tránsito etc.

-Tasas de flujo: necesarios para planeación de transporte, diseño vial, operación de tránsito e investigación.

Métodos de aforos

- Aforos manuales: nos ayuda a obtener datos de volúmenes de tránsito a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tránsito. Los aforadores manuales son usados cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos. Este método es el más común, se puede obtener información detallada de: clasificación vehicular, movimientos direccionales en una intersección o en una entrada, dirección del recorrido, procedencia de los vehículos por medio de las placas, uso por carril y/o longitud de colas, número de pasajeros por vehículo, obediencia a los dispositivos para el control del tránsito.
- Aforos mecánicos: en las estaciones de aforo mecánico, el registro de los volúmenes de tránsito, según el detector empleado, puede ser: neumático o electrónico.

El equipo neumático se instala de preferencia en carreteras de baja velocidad y de poco tránsito; esto es debido a las limitaciones que se presentan en el registro de vehículos y en la manguera de hule de que van provistos los aparatos, el equipo electrónico se instala de preferencia en carreteras de alta velocidad y gran volumen de tránsito. Existen diferentes aparatos utilizados para detectar los vehículos estos son:

- Detectores de neumáticos: se compone de una manguera que al ser oprimida por las llantas de los vehículos registra el paso de los mismos
- Contacto eléctrico: consiste en una placa de acero cubierta por una capa de hule, el cual mediante un circuito eléctrico es capaz de realizar recuentos de vehículos por carril.
- Fotoeléctricos: el registro de los vehículos por medio de un equipo fotoeléctrico se realiza cuando un vehículo pasa a través de una fuente de luz y un dispositivo capaz de distinguir entre una luz o la falta de la misma.
- Radar: un fenómeno natural que ocasiona que una señal de radio al ser reflejada por un objeto en movimiento cambie su frecuencia con relación a la señal de radio incidentes, lo que hace posible la detección de vehículos por medio de radar.
- Magnético: un impulso originado por un vehículo en movimiento es la base para la detección magnética. El impulso de la señal es causado por la distorsión de las líneas de fuerzas normales al campo magnético terrestre dando como resultado la detección del vehículo en movimiento.
- Ultrasónico: una onda ultrasónica es generada por un diagrama e vibración. Esta onda es enfocada hacia la calzada y recogida por una celda. Al ser interrumpida la detección de la onda, se produce el cierre de un relevado.
- Infrarrojo: el sistema de rayos infrarrojos usa una celda de captación similar a la celda fotoeléctrica pero la cual es sensible a las radiaciones de rayos infrarrojos más que a la luz visible.

Derivado de lo anterior, y basados en los resultados arrojados por los datos obtenidos de los aforos realizados en la zona, se determinaron como horas de máxima demanda, es decir, aquellas con mayor congestionamiento vial, las que comprenden de **07:00 a 8:00 horas** en horario matutino, y de **16:15 a 17:15 horas** en horario vespertino, por lo que el resto del día, si bien se concentra un flujo importante de vehículos, no son consideradas como “Horas pico”.

Estudios de la velocidad

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde este punto de vista para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la velocidad de punto, en sus dos componentes media temporal y media espacial; la velocidad de recorrido y la velocidad de marcha.

La velocidad de proyecto llamada también velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

Todos aquellos elementos geométricos del alineamiento horizontal, vertical y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, sobreelevaciones (peraltas), anchos de carriles y acotamientos, anchuras y alturas libres, etc., dependen de la velocidad de proyecto y varían con un cambio de ésta.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de recursos económicos.

Estudios de velocidad de punto

Los estudios de la velocidad de punto se conducen para estimar la distribución de velocidades de vehículos en una corriente del tráfico, en una localización particular en una carretera. La velocidad de un vehículo se define en el índice del movimiento del vehículo, se expresa generalmente en millas por hora o kilómetros por hora. Un estudio de la velocidad de punto es realizado registrando las velocidades, de una muestra de vehículos en una localización especificada. Las características de la velocidad identificadas por tal estudio serán válidas solamente para el tráfico y las condiciones ambientales que existen a la hora del estudio.

El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad. Un uso menos frecuente, pero importante, puede ser el del estudio de la relación de la velocidad asociada a detalles del proyecto, accidentes y otras características operacionales. En los

estudios de velocidad de punto se registra la distribución de velocidades en una distancia corta, o sean las velocidades instantáneas. De ahí que los datos no deberán usarse como sustituto de los estudios de tiempos de recorrido, los cuales normalmente tienen que ver con velocidades promedio sobre tramos largos.

- Ubicación del estudio. - La localización para los estudios de la velocidad de punto depende del uso anticipado de los resultados.

Los estudios de velocidad usualmente se llevan a cabo en intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes, en puntos donde se propone la instalación de semáforos y señales de “ALTO”, en todas las arterias principales o en puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos.

Cuando un punto se está estudiando, es importante que los datos estén obtenidos imparcialmente. Para esto se requiere que los conductores sean inconscientes de que se está conduciendo tal estudio. El equipo usado se debe por lo tanto encubrir del conductor, y los observadores que conducen el estudio deben ser discretos. La ubicación del sitio para el estudio depende, hasta cierto punto, del tipo de equipo utilizado. Si las velocidades van a tomarse con cronometro usando un mínimo de equipo, es necesario que la sección se encuentre en tangente. Es también conveniente planear el estudio de manera que el observador pueda ver los vehículos que se aproximan, sin ser visto por los conductores.

- Tiempo y duración del estudio. - La hora para conducir un estudio de la velocidad depende del propósito del estudio. En general, cuando el propósito del estudio es establecer límites de velocidad fijados, observar tendencias de la velocidad, o recoger datos básicos, se recomienda que el estudio esté conducido sobre el tráfico libre, generalmente durante horas pico. Sin embargo, cuando un estudio de la velocidad se conduce en respuesta a quejas del ciudadano, es útil que el período seleccionado para el estudio refleje la naturaleza de las quejas.

- Tamaño de la muestra para los estudios de la velocidad de punto. - La velocidad promedio calculada, se utiliza para representar el valor medio verdadero para todas las velocidades de los vehículos que circulan en una determinada ubicación. La exactitud de esta depende del número de vehículos en la muestra. Cuanto más grande es el tamaño de muestra, mayor es la probabilidad que el medio estimado no sea perceptiblemente diferente del medio verdadero. Es por lo tanto necesario seleccionar un tamaño de muestra que dé un medio estimado dentro de límites aceptables del error. Los procedimientos estadísticos se utilizan para determinar este tamaño de muestra mínimo.

Estudios de la velocidad de recorrido

La velocidad es uno de los datos básicos en el proyecto y modernización de vialidades; así también se convierte en un indicador imprescindible para caracterizar la calidad de la operación que ofrece la infraestructura carretera al usuario. Por otro lado, es factor determinante por los usuarios para seleccionar la mejor ruta entre un origen y un destino. En términos de seguridad vial, la velocidad a la que desea viajar el conductor de los vehículos modernos supera los límites para los que fueron diseñadas las obras carreteras, por lo que la velocidad se convierte en un insumo básico en la toma de decisiones de los proyectistas de caminos.

El método utilizado para llevar a cabo los estudios de velocidad de punto fue por medio de aforadores de mangueras por impulso de aire con cada eje. Con los datos arrojados, se obtienen las velocidades de los distintos tipos de vehicular.

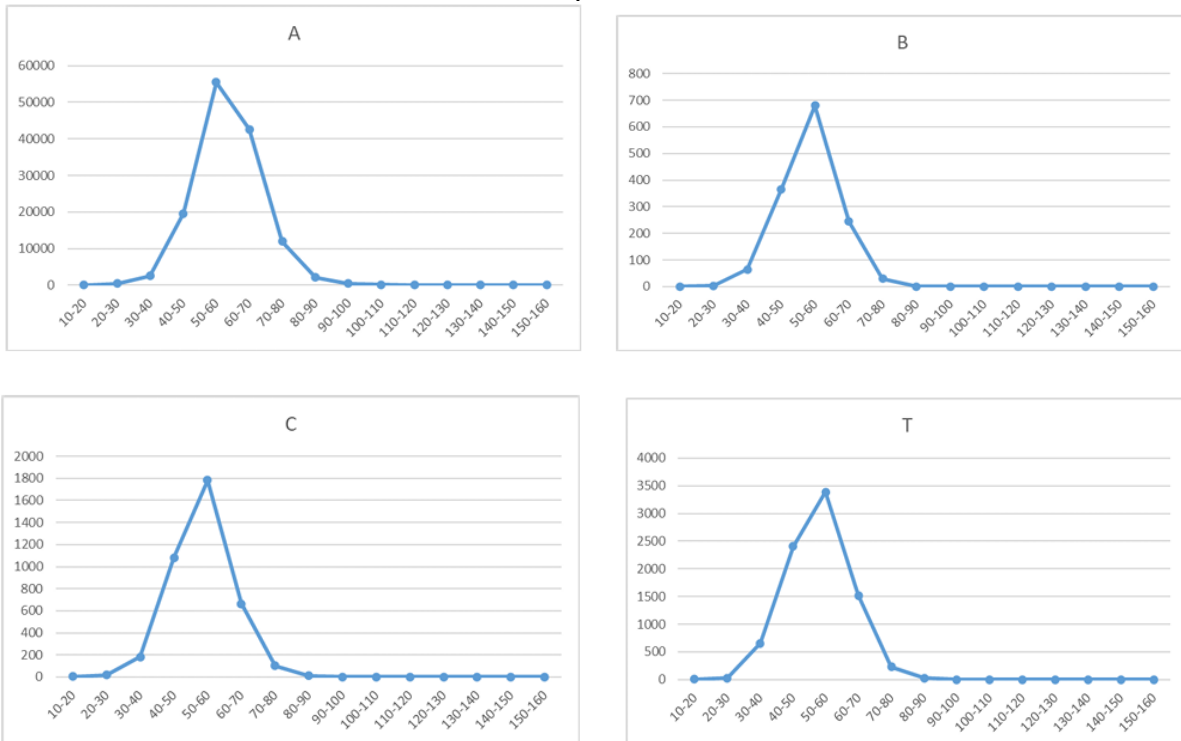
Composición vehicular; tipo “A” (automóviles), “B” (autobuses), “C” (camiones) y “ART” (articulados).

Obteniendo la siguiente información:

VELOCIDAD DE PUNTO AV. FUERZA AÉREA MEXICANA

KM/H	A	B	C	T	%
10-20	63	0	4	3	0.00%
20-30	475	3	19	28	0.30%
30-40	2508	65	184	657	2.30%
40-50	19572	366	1083	2402	15.70%
50-60	55463	680	1783	3391	41.20%
60-70	42599	245	663	1517	30.30%
70-80	11910	29	101	231	8.30%
80-90	2170	0	13	25	1.50%
90-100	417	1	0	0	0.30%
100-110	88	0	0	0	0.10%
110-120	31	0	0	0	0.00%
120-130	7	1	0	0	0.00%
130-140	4	1	0	0	0.00%
140-150	0	0	0	0	0.00%
150-160	0	1	0	0	0.00%

Tabla 6. Velocidad de punto de Av. Fuerza Aérea



Grafica 1. Distribución de Velocidad de Punto Av. Fuerza Aérea

b) Análisis de la Oferta Existente

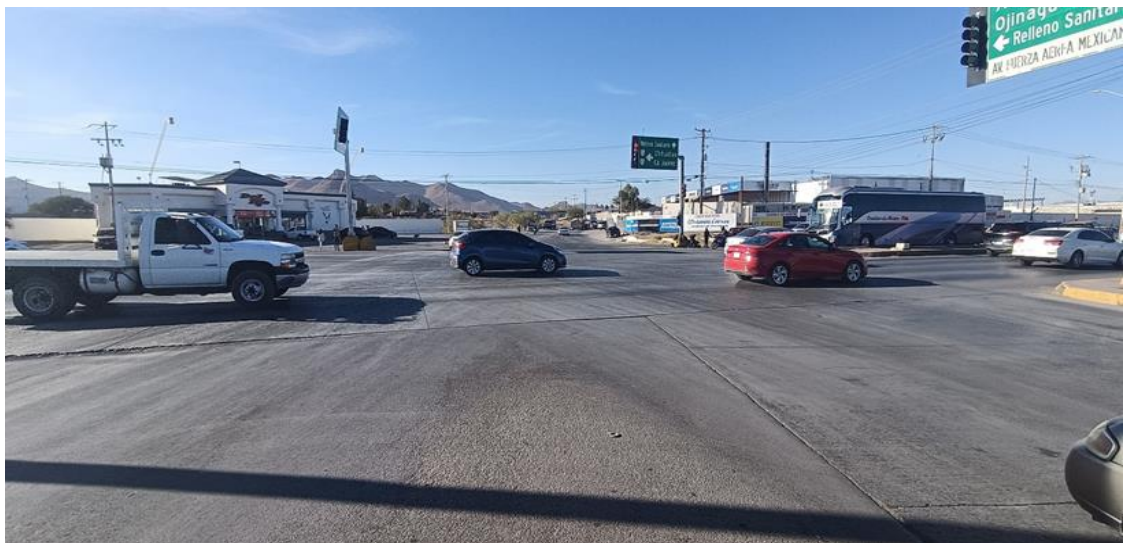
Hoy en día existe un gran problema de movilidad dentro del municipio de Chihuahua de manera un poco más específica en la Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama.



IMG. 9. Situación actual en la Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama.

Actualmente, parte del conflicto vial de esta zona se debe al aumento en años recientes del número de automotores que circulan regularmente, así como por la falta de opciones viales con las que cuentan los usuarios de esta región para desplazarse entre sus diferentes orígenes y destinos, es por ello que se dispone la realización de un Paso a Desnivel, el cual servirá para dar mayor flujo, así como reducir los tiempos de demora y los costos de viaje generalizados presentados por los usuarios.

CARRETERA A ALDAMA



IMG. 10. Situación actual sobre la Carretera Aldama a la altura de la Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sur – Norte)

FUERZA AÉREA MEXICANA



IMG. 11. Situación actual de la Fuerza Aérea Mexicana a la altura de la Av. Palestina.



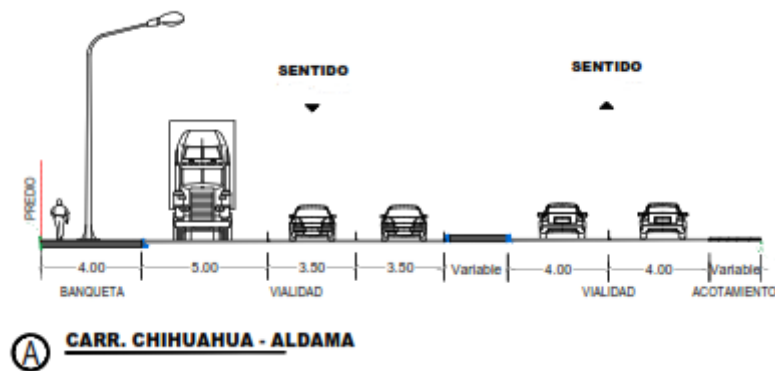
IMG. 12. Situación actual de la Fuerza Aérea Mexicana a la altura de la Carretera Aldama

Infraestructura Vial

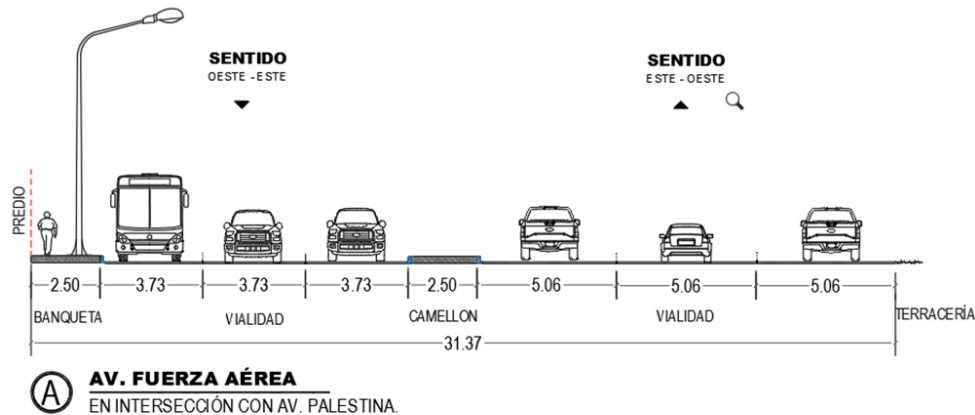
Parte del conflicto vial de esta zona se debe al aumento en años recientes del número de automotores que circulan regularmente por ella, así como por la falta de opciones viales con las que cuentan los usuarios de esta región para desplazarse entre sus diferentes orígenes y destinos. A continuación, se muestra la descripción de la Avenida Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama.

COMPONENTE	DESCRIPCION
CARRETERA A ALDAMA	Es tipo vialidad Arterial, tiene 2 sentidos de circulación, tiene 2-3 de carriles por sentido, cuenta con un ancho promedio de carril de 3.50m, cuenta con un ancho promedio de carril de 3.50 m, material de capa de rodadura de asfalto, estado físico regular y estado de señalamiento horizontal regular.
AVENIDA: FUERZA AÉREA MEXICANA	Es tipo de vialidad Arterial, tiene 2 sentidos de circulación, tiene 3 carriles por sentido, cuenta con un ancho promedio de carril de 3.73-5.06m, con ancho de corona de 31.37, material de capa de rodadura de asfalto, estado físico regular y estado de señalamiento horizontal regular.

Tabla 7. Características de las vialidades existentes en el área de estudio.



IMG. 13. Sección medida en campo de la Carretera – Aldama



IMG. 14. Sección medida en campo de Av. Fuerza Aérea Mexicana

c) Análisis de la Demanda Actual

La demanda está constituida por los vehículos que circulan por la vía diariamente y esto se manifiesta a través del Transito Promedio Diario Anual (TPDA). Para el caso que nos ocupa, en la siguiente tabla se muestra los aforos realizados en campo para cada una en sus horas de máxima demanda de las vialidades involucradas:

La clasificación de los vehículos se basó en lo siguiente. De acuerdo con la publicación técnica No. 407 “Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2014” del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), los vehículos se clasifican de la siguiente manera: vehículos ligeros (A), autobús foráneo (B), camión unitario (C2), camión unitario (C3), camión articulado (T3 – S2 – R4), camión articulado (T3 – S2) y camión articulado (T3 – S3). Estas clasificaciones se agrupan de acuerdo a sus similitudes de la siguiente manera:

1. Tipo “A”: Vehículos ligeros
2. Tipo “B”: Autobús foráneo o transporte público

AUTOBUS (B)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
B2	2	6	
B3	3	8 o 10	
B4	4	10	

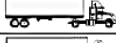
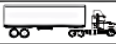
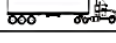
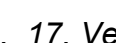
IMG. 15. Vehículos tipo B (Autobuses).

3. Tipo “CU”: Camiones unitarios C2 y C3

CAMIÓN UNITARIO (C)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	

IMG. 16. Vehículos tipo C (Carga)

4. Tipo “CA”: Camiones articulados T3 – S2 – R4, T3 – S2 y T3 – S3

TRACTOCAMION ARTICULADO (T-S)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T2-S3	5	18	
T3-S1	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

TRACTOCAMIÓN SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T-S-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T2-S2-R2	6	22	
T2-S1-R3	6	22	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S1-R3	7	26	
T3-S2-R2	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4	9	34	
T2-S2-S2	6	22	
T3-S2-S2	7	26	
T3-S3-S2	8	30	

IMG. 17. Vehículos tipo T (Articulados)

Tasa de Crecimiento Vehicular

En base a la información recabada sobre el crecimiento vehicular se tomó una tasa de crecimiento de vehículos de 7.09% anual, que será la utilizada para el presente proyecto.

Composición Vehicular

Con base en el aforo vehicular realizado, se elaboró la siguiente tabla, en la cual se muestra la composición vehicular de los aforos mencionados anteriormente. Como se puede apreciar, es muy significativa la participación que tienen los vehículos pesados como parte del total de las unidades registradas.

TIPO DE VEHÍCULO	A	B	C	T
%	90.93	1.0099	2.824	5.236

Tabla 8. Composición vehicular en la zona del proyecto.

Tasa de Ocupación Vehicular

La tasa de ocupación, señala el número de pasajeros que viajan en promedio en cada tipo de vehículo, incluyendo al chofer o conductor de la unidad. Con base en las observaciones de campo realizadas como parte del presente estudio, en la siguiente tabla se muestra el promedio de las tasas de ocupación vehiculares de los tramos en estudio.

TIPO DE VEHICULO	PASAJERO POR VEHÍCULO
Pasajeros promedio por vehículo ligero	1.80
Pasajeros promedio por autobús	20.10
Pasajeros promedio por vehículo de carga	1.00

Tabla 9. Tasa promedio de ocupación vehicular.

d) Interacción de la oferta-demanda

Los principales indicadores entre la oferta y la demanda de un proyecto, son las velocidades de operación y los tiempos de recorrido que actualmente se presentan en Av. Fuerza Aérea y Carretera Aldama.

Velocidades de operación

Uno de los problemas más importantes que enfrentan los usuarios de las vías objeto del presente estudio, es la baja velocidad de operación a la que circulan los vehículos. De acuerdo al trabajo de campo realizado a continuación se muestran las velocidades de operación promedio.

Tabla de velocidades de operación.

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD DE PROYECTO
A	80
B	70
C	70
T	70

Tabla 10. Velocidades de operación según el tipo de vehículos en Fuerza Aérea Mexicana Sentido Norte – Sur

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD DE PROYECTO
A	75
B	65
C	65
T	70

Tabla 11. Velocidades de operación según el tipo de vehículos en Fuerza Aérea Mexicana Sentido Norte – Sur

Tiempos de recorrido

Los tiempos de recorrido en el tramo de estudio se obtienen derivados de las velocidades registradas en tramos de estudio y la longitud de la vía en análisis

II. SITUACION SIN EL PPI

Considerando el periodo de construcción y la vida útil del proyecto se establece un horizonte de evaluación de 31 años, periodo en que se contemplan los siguientes supuestos:

- La zona en estudio seguirá incorporando población, lo que significa mayor área construida, incremento en acumulación de volumen vehicular y circulación permanente.
- Debido a las tendencias y al clima que predomina en la región se continuará con climas poco favorables o lluvias torrenciales que pueden afectar de manera directa a la estructura del pavimento.

a) Optimización

En base a la situación actual de las vías de comunicación objeto del presente estudio, es claro que existen una serie de acciones que se podrían llevar a cabo para mejorar la circulación de vehículos y personas por esa zona. Para el caso que nos ocupa, se han identificado las siguientes acciones de optimización:

A corto plazo

- Mantenimiento del paso superior vehicular

b) Análisis de la Oferta

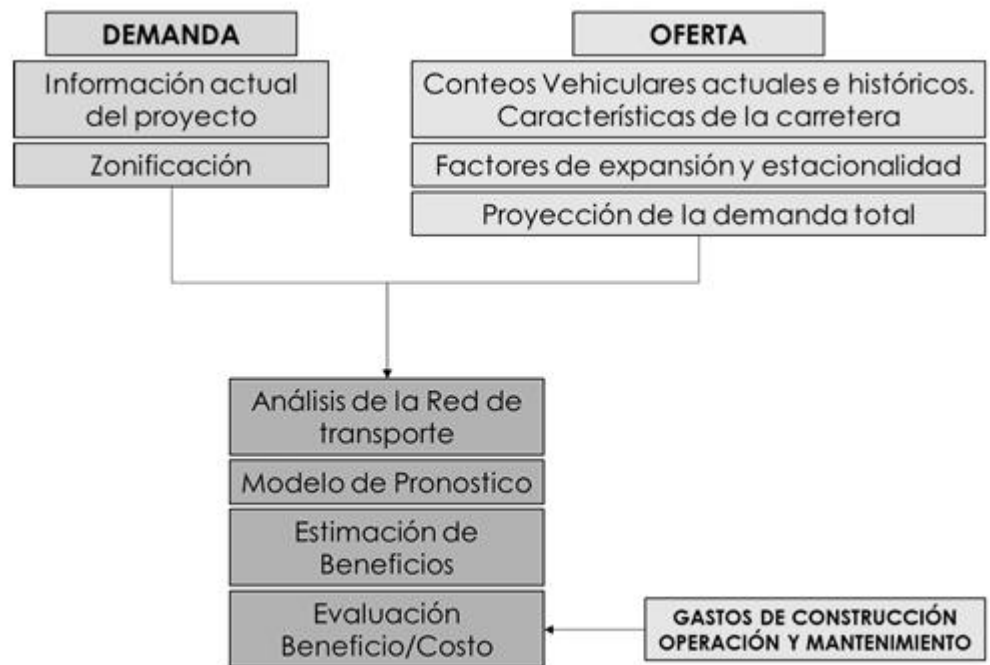
En caso de no hacer el proyecto, las características básicas de las carreteras serían las mismas, salvo el estado superficial que cambia debido a los trabajos relacionados con la optimización y con ello ligeramente la velocidad de operación.

c) Análisis de la Demanda

Metodología de estudio de demanda

El estudio de demanda se llevó a cabo en cinco etapas, las cuales se detallan a continuación:

1. Inicialmente, se realizó un análisis del entorno del proyecto.
2. La segunda fase implicó, la recopilación de información documental y de campo. Esta información sirvió como base para el desarrollo de análisis y modelos que permitieron estimar la demanda del tramo carretero.
3. La tercera etapa del estudio consistió en el análisis de la información recopilada, donde se llevó a cabo un diagnóstico de la oferta y la demanda.
4. La cuarta fase de la metodología se centró en el comportamiento de la oferta, la demanda, la captación y la asignación.
5. Finalmente, el quinto paso se enfocó en el desarrollo del pronóstico de aforo e ingresos para el tramo carretero en estudio.



IMG. 18. Metodología de estudio de demanda

El aforo se realizó con un sistema clasificador de vehículos MetroCount 5600, el cual consiste en la colocación de aforadores vehiculares neumáticos de forma temporal que nos proporcionan el número de vehículos anuales, mensuales o diarios, así como la información horaria de los momentos en que se producen retenciones o picos de tráfico; como también datos adicionales como la velocidad y tipo de vehículos.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 19. Colocación de aforadores en Av. Fuerza Aérea

La información obtenida por MetroCount 5600 en dicho tramo arroja un reporte de vehículos, los cuales organiza por horas y días de la semana, en donde se obtuvieron los siguientes datos:

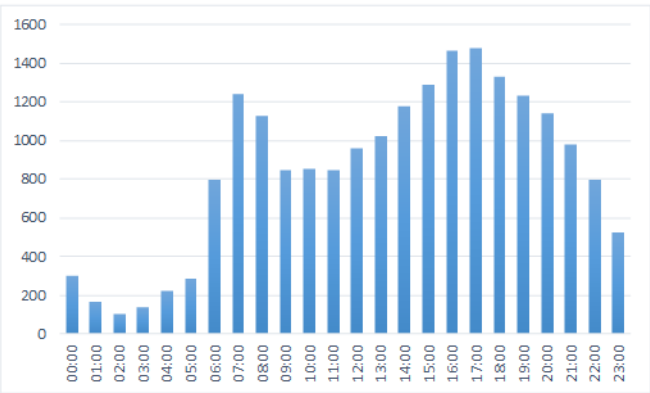
De las siguientes tablas se obtuvieron los horarios por la mañana y por la tarde.

Av. Fuerza Aérea Mexicana Sentido: Norte- Sur

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																										
Fecha:		Jueves, 31 Octubre 2024					Total de vehículos en el día: 20336																			
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Total por Hora:		299	168	103	139	221	284	798	1238	1129	848	855	849	962	1022	1181	1291	1462	1479	1332	1236	1140	978	796	526	
MINUTOS	0 - 15	83	67	24	28	35	49	104	267	327	237	208	212	238	279	293	325	354	374	322	340	309	236	257	157	
	15 - 30	67	38	29	30	49	56	158	306	283	206	239	203	258	251	270	311	364	369	367	314	288	251	214	152	
	30 - 45	78	36	21	28	71	70	238	330	280	218	188	198	225	255	319	323	358	369	318	308	261	225	152	117	
	45 - 60	71	27	29	53	66	109	298	335	239	187	220	236	241	237	299	332	386	367	325	274	282	266	173	100	
Hora de Maxima Demanda A.M.		07:15 - 08:15				Vol:	1298	FHMD A.M. :				0.97	Hora de Maxima Demanda P.M.				16:15 - 17:15		Vol:	1498	FHMD P.M. :				0.97	

Tabla 12. Aforo seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Norte - Sur)

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

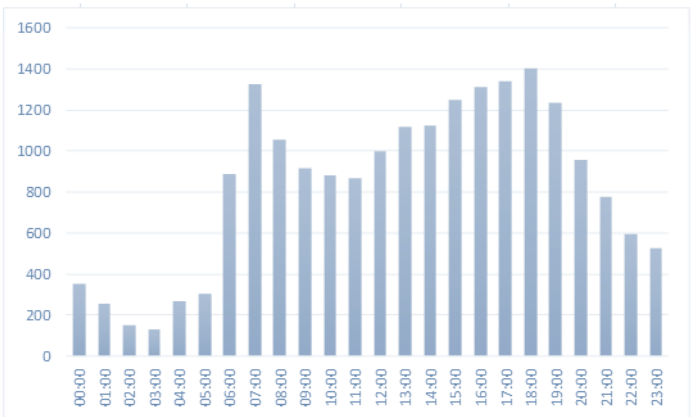


AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR
Jueves, 31 Octubre 2024
20336 VEHICULOS

Gráfica 1. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional No.1

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																									
Fecha: Viernes, 1 de noviembre del 2024					Total de vehiculos en el día: 20043																				
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		354	252	150	131	270	303	889	1328	1055	919	884	865	1002	1115	1127	1253	1310	1340	1403	1236	956	776	598	527
MINUTOS	0 - 15	97	94	45	16	61	64	118	281	316	248	221	203	237	283	266	307	350	342	317	344	249	208	144	122
	15 - 30	85	51	29	33	71	53	164	312	250	244	255	221	230	279	260	296	314	310	355	305	248	192	189	130
	30 - 45	81	56	43	40	64	67	273	362	253	198	187	199	259	281	299	324	330	331	370	321	243	190	129	146
	45 - 60	91	51	33	42	74	119	334	373	236	229	221	242	276	272	302	326	316	357	361	266	216	186	136	129
Hora de Maxima Demanda A.M.		07:15 - 08:15		Vol:		1363		FHMD A.M.:		0.91		Hora de Maxima Demanda P.M.		18:15 - 19:15		Vol:		1430		FHMD P.M.:		0.97			

Tabla 13. Aforo Seccional en Av. Fuerza Aérea Mexicana (Norte - Sur)



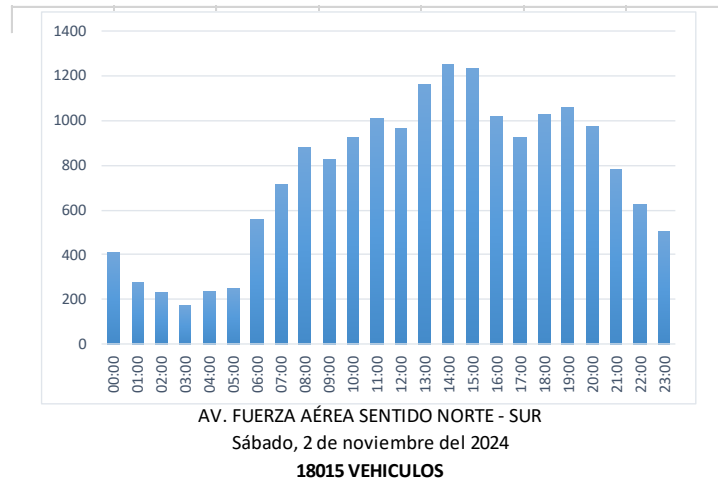
AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR
Viernes, 1 de noviembre del 2024
20043 VEHICULOS

Gráfica 2. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional No.1

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																									
Fecha:		Sábado, 2 de noviembre del 2024					Total de vehículos en el día: 18015																		
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		410	280	229	174	236	249	558	719	882	823	923	1006	964	1160	1252	1234	1018	926	1029	1060	974	782	625	502
MINUTOS	0 - 15	113	96	67	40	52	55	100	135	235	198	247	216	237	279	269	319	276	228	227	252	287	218	156	146
	15 - 30	83	77	67	41	64	53	123	176	215	195	250	285	247	290	323	304	243	249	256	276	250	218	192	140
	30 - 45	106	53	49	41	55	59	169	186	218	203	206	247	244	291	332	314	246	210	257	276	219	175	141	120
	45 - 60	108	54	46	52	65	82	166	222	214	227	220	258	236	300	328	297	253	239	289	256	218	171	136	96
Hora de Maxima Demanda A.M.				11:15 - 12:15			Vol:	1027	FHMD A.M.:		0.90	Hora de Maxima Demanda P.M.				14:15 - 15:15			Vol:	1302	FHMD P.M.:		0.98		

Tabla 14. Aforo Seccional en Av. Fuerza Aérea Mexicana (Norte - Sur)

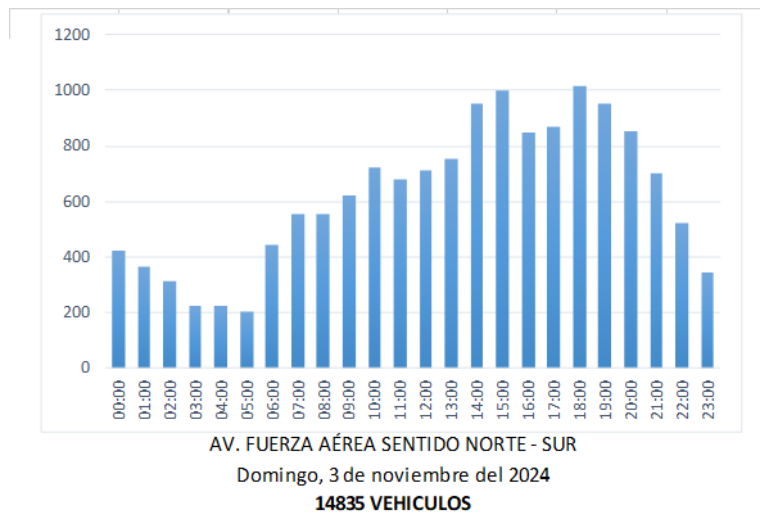


Gráfica 3. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional No.1

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																									
Fecha:		Domingo, 3 de noviembre del 2024					Total de vehículos en el día: 14835																		
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		422	363	310	223	222	201	446	556	554	624	721	677	712	751	954	997	845	871	1013	951	853	702	521	346
MINUTOS	0 - 15	116	103	82	61	57	41	76	135	156	134	201	170	169	182	226	227	203	200	237	235	241	191	148	96
	15 - 30	112	79	94	61	69	50	102	134	141	149	162	176	182	159	237	264	199	220	283	231	224	181	135	90
	30 - 45	106	88	77	54	49	44	137	134	133	170	163	151	180	205	235	249	231	219	269	244	207	173	128	93
	45 - 60	88	93	57	47	47	66	131	153	124	171	195	180	181	205	256	257	212	232	224	241	181	157	110	67
Hora de Maxima Demanda A.M.		10:00 - 11:00					Vol:	721	FHMD A.M.:		0.90	Hora de Maxima Demanda P.M.					17:45 - 18:45	Vol:	1021	FHMD P.M.:		0.90			

Tabla 15. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Norte - Sur)

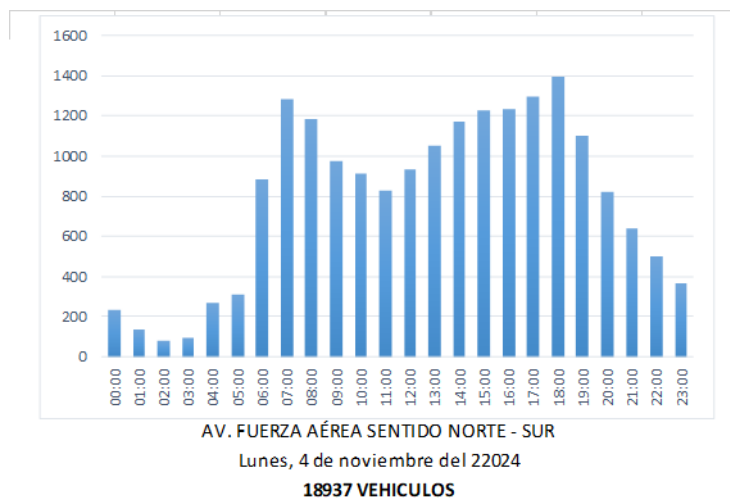
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



Gráfica 4. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional No.1

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																												
Fecha: Lunes, 4 de noviembre del 2024					Total de vehículos en el día: 18937																							
Hora:					00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:					232	138	79	92	271	313	884	1281	1184	976	911	832	933	1051	1173	1229	1237	1298	1394	1101	824	638	500	366
MINUTOS	0 - 15	68	46	21	23	37	65	118	277	333	253	195	217	230	254	303	299	318	318	324	289	227	181	140	99			
	15 - 30	58	38	17	16	65	49	173	293	316	199	235	201	221	271	286	267	317	335	343	326	237	185	128	113			
	30 - 45	62	24	18	31	77	76	268	337	257	272	221	209	230	272	294	310	323	302	353	254	185	129	110	85			
	45 - 60	44	30	23	22	92	123	325	374	278	252	260	205	252	254	290	353	279	343	374	322	175	143	122	69			
Hora de Maxima Demanda A.M.					07:30 - 08:30		Vol:		1360		FHMD A.M.:		0.91		Hora de Maxima Demanda P.M.			18:00 - 19:00		Vol:		1394		FHMD P.M.:		0.93		

Tabla 16. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Norte - Sur)

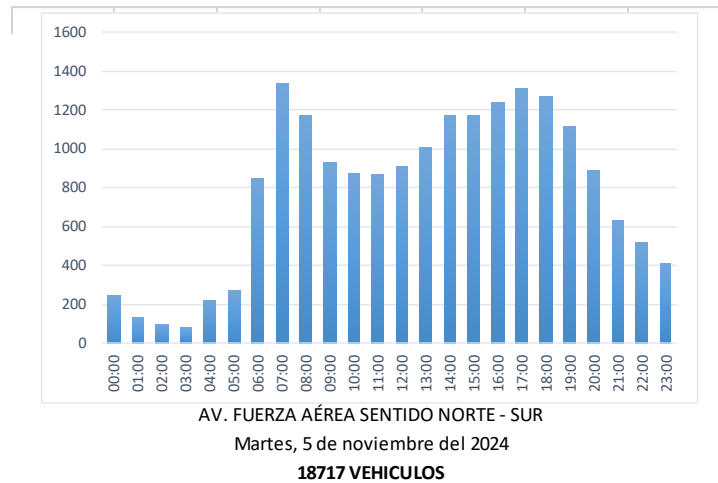


Gráfica 5. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional No.1

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																											
Fecha:		Martes, 5 de noviembre del 2024					Total de vehiculos en el día: 18717																				
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		
Total por Hora:		242	133	93	78	225	273	849	1336	1170	929	878	869	909	1005	1173	1170	1243	1310	1266	1115	891	631	520	409		
MINUTOS	0 - 15	63	63	24	7	30	54	119	286	342	241	223	223	247	248	308	283	319	316	309	299	239	150	141	104		
	15 - 30	62	28	30	22	64	68	157	302	276	210	227	199	219	240	269	285	309	324	314	295	254	165	130	117		
	30 - 45	53	28	22	18	70	52	240	361	284	248	212	237	208	265	284	317	302	330	341	282	203	169	143	103		
	45 - 60	64	14	17	31	61	99	333	387	268	230	216	210	235	252	312	285	313	340	302	239	195	147	106	85		
Hora de Maxima Demanda A.M.				07:15 - 08:15		Vol:		1392		FHMD A.M. :		0.90		Hora de Maxima Demanda P.M.				17:00 - 18:00		Vol:		1310		FHMD P.M. :		0.96	

Tabla 17. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Norte - Sur)

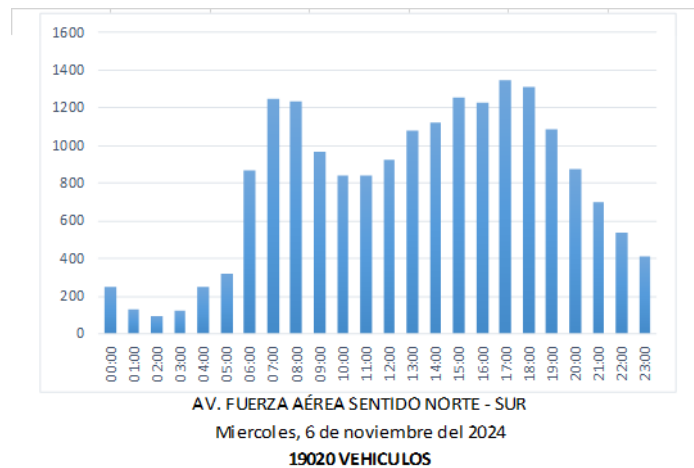


Gráfica 6. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.1

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO NORTE - SUR																									
Fecha:		Miércoles, 6 de noviembre del 2024					Total de vehículos en el día: 19020																		
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		253	131	92	120	252	320	869	1244	1232	966	838	843	927	1079	1120	1252	1226	1344	1308	1085	873	698	539	409
MINUTOS	0 - 15	60	63	27	30	41	49	118	300	332	261	203	176	227	278	251	317	298	333	322	304	249	153	156	106
	15 - 30	73	24	27	27	62	57	181	289	303	251	224	217	243	276	283	335	352	351	315	281	225	181	132	131
	30 - 45	61	24	22	21	73	78	263	321	301	222	215	203	230	253	296	312	291	349	329	270	224	188	139	99
	45 - 60	59	20	16	42	76	136	307	334	296	232	196	247	227	272	290	288	285	311	342	230	175	176	112	73
Hora de Maxima Demanda A.M.		07:30 - 08:30					Vol.: 1290	FHMD A.M. : 0.97				Hora de Maxima Demanda P.M.				17:00 - 18:00				Vol.: 1344	FHMD P.M. : 0.96				

Tabla 18. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Norte - Sur)

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



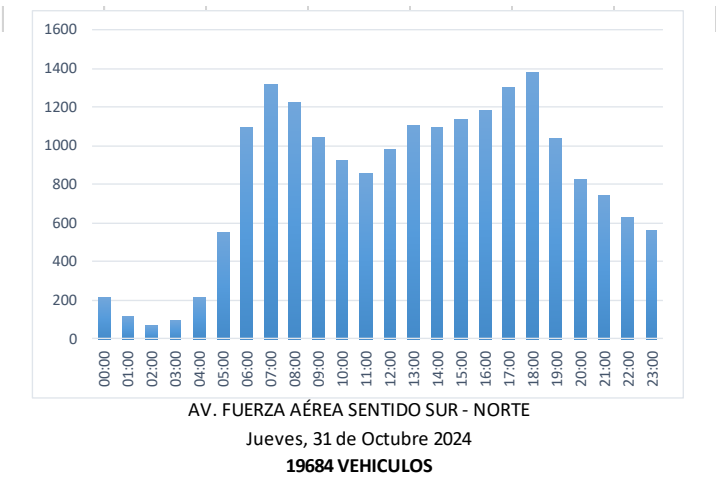
Gráfica 7. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.1

Av. Fuerza Aérea Mexicana Sentido: Sur-Norte

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR - NORTE																									
Fecha: Jueves, 31 de Octubre 2024						Total de vehiculos en el día: 19684																			
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		212	115	66	97	212	552	1090	1318	1224	1041	921	856	980	1104	1092	1138	1186	1301	1382	1040	825	741	632	559
MINUTOS	0 - 15	81	44	14	27	35	140	172	343	359	253	224	194	221	271	261	293	254	313	354	278	236	223	142	110
	15 - 30	55	33	16	12	35	136	260	353	279	239	255	199	219	279	314	259	303	324	371	308	241	210	187	128
	30 - 45	40	18	21	26	59	146	321	310	302	293	221	228	260	302	265	266	273	323	321	236	169	161	178	191
	45 - 60	36	20	15	32	83	130	337	312	284	256	221	235	280	252	252	320	356	341	336	218	179	147	125	130
Hora de Maxima Demanda A.M.		06:30 - 07:30				Vol:	1354	FHMD A.M. :		0.96	Hora de Maxima Demanda P.M.					17:30 - 18:30		Vol:	1389	FHMD P.M. :		0.94			

Tabla 19. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)

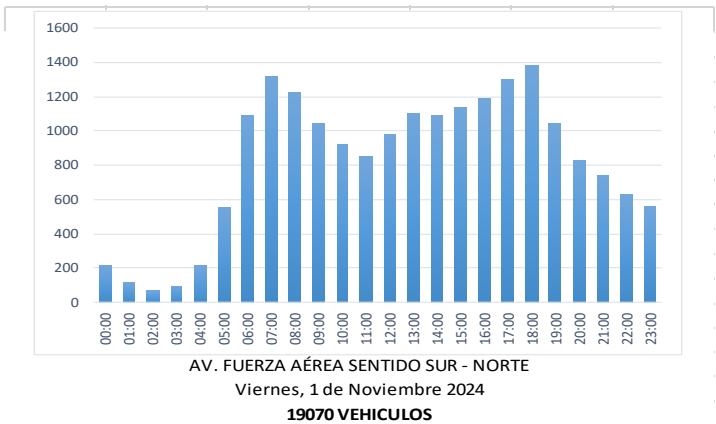
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



Gráfica 8. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR- NORTE																									
Fecha:		Viernes, 1 de Noviembre 2024										Total de vehiculos en el día: 19070													
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		208	172	98	114	222	586	909	1324	1286	1042	931	898	998	1186	1116	1037	1211	1318	1133	916	799	646	528	392
MINUTOS	0 - 15	53	44	21	38	43	125	167	315	346	265	206	225	223	326	289	266	274	329	274	270	199	168	142	88
	15 - 30	60	57	24	21	46	174	209	341	307	263	197	247	262	278	277	228	311	329	292	227	187	157	145	105
	30 - 45	54	38	31	19	61	160	251	299	332	267	231	205	254	300	280	262	294	323	277	202	220	155	115	109
	45 - 60	41	33	22	36	72	127	282	369	301	247	297	221	259	282	270	281	332	337	290	217	193	166	126	90
Hora de Maxima Demanda A.M.		07:15 - 08:15					Vol:	1355	FHMD A.M.:	0.92	Hora de Maxima Demanda P.M.					Vol:	1318	FHMD P.M.:	0.98						

Tabla 20. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)

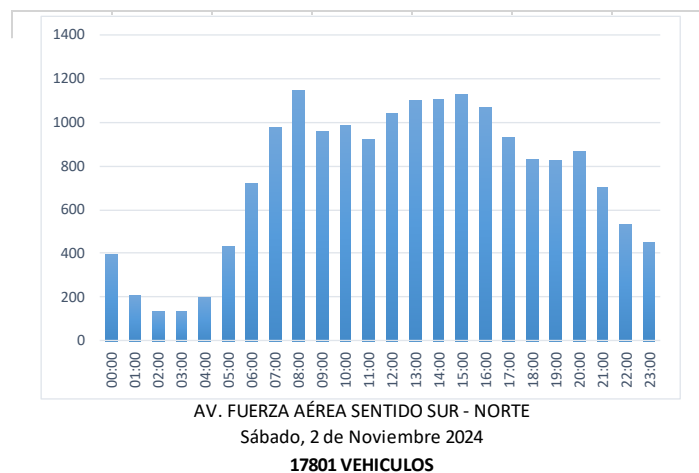


Gráfica 9. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR - NORTE																										
Fecha:		Sábado, 2 de Noviembre 2024					Total de vehículos en el día: 17801																			
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Total por Hora:		395	207	134	133	197	429	724	977	1149	960	983	926	1040	1102	1104	1129	1067	930	830	829	870	706	533	447	
MINUTOS	0 - 15	115	57	40	26	30	95	146	208	277	266	229	227	267	291	288	301	262	230	204	215	232	187	128	91	
	15 - 30	90	59	28	23	47	107	163	222	265	225	265	223	253	278	251	286	278	254	202	210	202	174	145	88	
	30 - 45	110	53	39	27	66	120	192	264	299	240	257	217	262	261	284	273	281	262	212	206	214	181	147	138	
	45 - 60	80	38	27	57	54	107	223	283	308	229	232	259	258	272	281	269	246	184	212	198	222	164	113	130	
Hora de Maxima Demanda A.M.		08:00 - 09:00					Vol:	1149	FHMD A.M.:		0.93	Hora de Maxima Demanda P.M.					14:30 - 15:30		Vol:	1152	FHMD P.M.:		0.96			

Tabla 21. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)

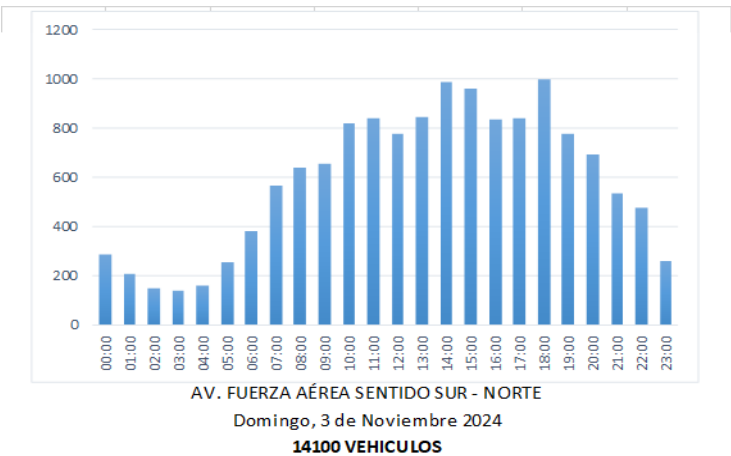


Gráfica 10. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR- NORTE																										
Fecha:		Domingo, 3 de Noviembre 2024					Total de Vehículos en el día: 14100																			
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Total por Hora:		288	208	149	141	159	256	383	568	639	658	817	842	777	847	988	962	837	840	999	778	694	533	478	259	
MINUTOS	0 - 15	84	61	48	40	31	53	72	106	129	183	179	176	180	184	224	269	223	193	227	208	172	149	114	67	
	15 - 30	73	48	34	41	34	77	80	152	158	154	213	202	183	221	248	248	213	232	231	195	177	155	136	65	
	30 - 45	63	46	40	30	51	68	112	161	139	150	232	241	197	249	240	221	195	215	264	206	170	129	149	71	
	45 - 60	68	53	27	30	43	58	119	149	213	171	193	223	217	193	276	224	206	200	277	169	175	100	79	56	
Hora de Maxima Demanda A.M.		11:00 - 12:00					Vol:	846	FHMD A.M.:		0.88	Hora de Maxima Demanda P.M.					14:30 - 15:30		Vol:	1033	FHMD P.M.:		0.94			

Tabla 22. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)

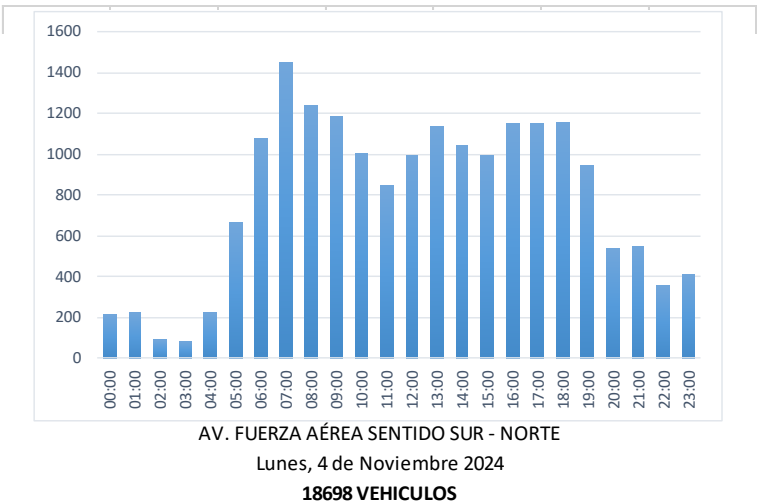
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



Gráfica 11. volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR- NORTE																										
Fecha: Lunes, 4 de Noviembre 2024						Total de vehiculos en el día: 18698																				
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Total por Hora:		212	223	88	78	222	664	1081	1452	1238	1181	1002	844	995	1138	1043	992	1147	1149	1158	944	539	546	354	408	
MINUTOS	0 - 15	65	85	26	17	35	160	170	361	316	249	275	213	205	286	259	221	269	274	261	201	144	114	96	77	
	15 - 30	78	69	18	16	32	179	236	371	297	306	233	222	251	281	234	231	249	310	311	205	162	155	109	77	
	30 - 45	44	30	15	20	59	195	332	359	314	308	262	227	259	276	284	245	294	265	331	254	118	178	83	95	
	45 - 60	25	39	29	25	96	130	343	361	311	318	232	182	280	295	266	295	335	300	255	284	115	99	66	159	
Hora de Maxima Demanda A.M.						07:00 - 08:00	Vol:	1452	FHMD A.M.:		0.98	Hora de Maxima Demanda P.M.						16:30 - 17:30	Vol:	1213	FHMD P.M.:		0.91			

Tabla 23. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)

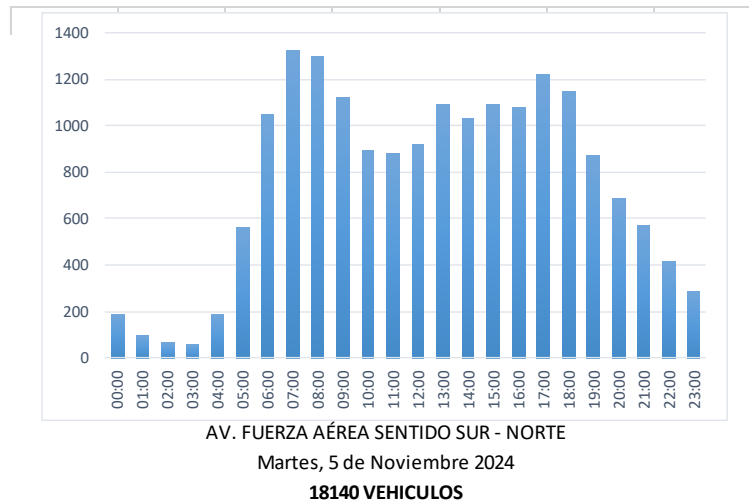


Gráfica 12. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR - NORTE																									
Fecha:		Martes, 5 de Noviembre 2024				Total de vehiculos en el día: 18140																			
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		185	96	67	58	186	560	1048	1328	1300	1125	897	881	921	1093	1028	1094	1078	1222	1149	871	687	566	413	287
MINUTOS	0 - 15	75	29	20	8	23	125	161	361	348	315	242	203	189	258	244	279	275	303	304	250	158	200	107	73
	15 - 30	42	33	18	13	36	146	218	333	321	293	187	218	208	260	255	260	239	302	324	226	173	140	119	69
	30 - 45	32	19	16	18	53	140	328	301	289	263	220	238	258	306	265	260	262	331	269	201	180	114	97	55
	45 - 60	36	15	13	19	74	149	341	333	342	254	248	222	266	269	264	295	302	286	252	194	176	112	90	90
Hora de Maxima Demanda A.M.		06:30 - 07:30				Vol:	1363	FHMD A.M. : 0.94				Hora de Maxima Demanda P.M.				17:30 - 18:30				Vol:	1245	FHMD P.M. : 0.94			

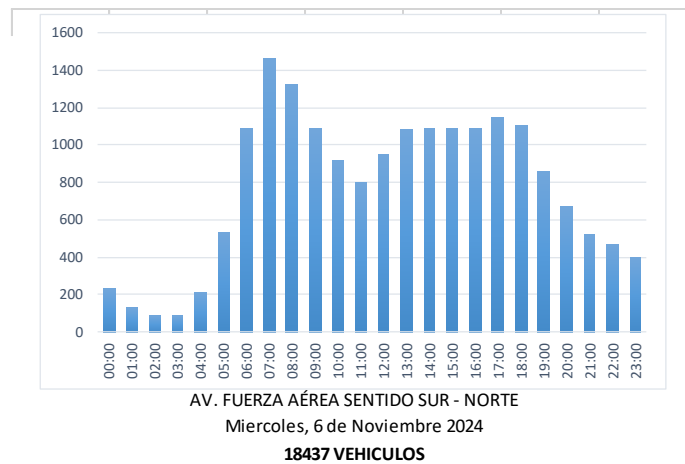
Tabla 24. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)



Gráfica 13. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

AV. FUERZA AÉREA SENTIDO SUR - NORTE																									
Fecha:		Miércoles, 6 de Noviembre 2024				Total de vehiculos en el día: 18437																			
Hora:		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Total por Hora:		235	129	85	85	211	535	1088	1466	1326	1093	915	795	949	1083	1089	1093	1091	1146	1102	863	671	516	469	402
MINUTOS	0 - 15	53	55	22	16	35	122	170	361	320	272	234	192	205	271	252	255	236	286	273	218	152	114	142	93
	15 - 30	69	36	20	18	39	124	250	383	323	299	220	202	251	276	271	241	274	287	302	220	180	122	120	98
	30 - 45	71	13	22	22	58	152	308	355	361	289	234	202	228	282	279	291	260	275	301	216	161	145	113	76
	45 - 60	42	25	21	29	79	137	360	367	322	233	227	199	265	254	287	306	321	298	226	209	178	135	94	135
Hora de Maxima Demanda A.M.		07:00 - 08:00				Vol:	1466	FHMD A.M. : 0.96				Hora de Maxima Demanda P.M.				17:45 - 18:45				Vol:	1174	FHMD P.M. : 0.97			

Tabla 25. Aforo Seccional Av. Fuerza Aérea Mexicana (Sentido Sur - Norte)



Gráfica 14. Volumen vehicular durante 24 hrs. Punto seccional no.2

De esta forma y una vez consultado los resultados y finalmente llegado a un acuerdo con el departamento de ingeniería vial del estado, se determina que para el predio en análisis se deberá aforar en un horario de **07:00 a.m. a 08:00 p.m.** y **4:15 p.m. a 5:15p.m.**

Costo Generalizado de Viaje

El Costo Generalizado de Viaje (CGV) es el costo en el que incurren los vehículos que transitan sobre alguna vía de comunicación (carretera, camino, avenida, autopista, etc.) y está relacionado con el consumo de combustible, lubricante y neumáticos, así como con el desgaste que sufre el vehículo durante el viaje y el tiempo que los usuarios utilizan para realizarlo. Por supuesto que el CGV está en función de las condiciones de la vía sobre las que se transita, además de las características propias del vehículo. Es práctica común que este costo sea expresado en pesos por kilómetro, e internaliza todos los costos de circulación del vehículo.

Costo de Operación Vehicular Anual

El costo de operación de los vehículos obtenidos en el presente estudio fue basado en las publicaciones técnicas del Instituto Mexicano del transporte, tomando como referencia los vehículos ligeros y de carga de dos ejes, puesto que fueron los de mayor

presencia de acuerdo a los aforos realizados. Tomando valores de \$7.61 para vehículos ligeros y \$13.81 para vehículos de carga.

Asimismo, se tomaron valores para vehículos ligeros de 1.2 en condiciones regulares (actuales) y 1.04 en condiciones buenas (con proyecto) para los factores del costo de operación base, y de 1.4 en regulares condiciones y 1.11 en buenas condiciones para vehículos de carga (dos ejes).

$$CO = Fb * CB$$

CO = Costo de operación por km.

Fb = Factor del costo operación base, que se lee en las gráficas para el tipo de vehículo, tipo de terreno y estado superficial deseado.

CB = Costo de operación base del vehículo.

Demanda (Veh/día)

La demanda está compuesta por el aforo vehicular en la zona de estudio, este caso se analizó la Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama. No obstante, en atención a la metodología internacionalmente aceptada para la evaluación de proyectos carreteros, es necesario determinar la composición, la tasa de crecimiento y el comportamiento histórico del aforo, para poder generar la estimación de los CGV relevantes del proyecto.

Tiempos de Viaje

Sin proyecto

A continuación, se muestran los movimientos que se realizan actualmente.



IMG. 20. Movimientos en Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama

De acuerdo, al tiempo de recorrido en la longitud de estudio y el tiempo de los semáforos, en el Programa Vissim se evaluó y dio como resultado: **73.73 segundos (1.13 min)** de tiempo de espera promedio en fila.

b) Análisis de la Oferta

En caso de no tomar medidas para mejorar la problemática actual, la situación solo se vería afectada por el incremento de vehículos que con el tiempo irán aumentando y con ello, generar mayores accidentes. De acuerdo a lo anterior, en la siguiente tabla se muestra la demanda esperada para las vialidades implicadas en el proyecto.

Vialidad	Ubicación	Movimiento	TDPA actual	TDPA en 10 años
Carretera Aldama	Suroeste - Noreste	Vuelta izquierda	500	991
		Frente	4130	8193
		Vuelta derecha	12,610	25,015
		Retorno	30	60
	Noroeste – Suroeste	Frente	6620	13,132
		Vuelta derecha	140	278
		Vuelta izquierda	1470	2916

Av. Fuerza Aérea	Oeste - Este	Retorno	0	0
		Retorno	0	0
		Vuelta izquierda	178	353
		Vuelta derecha	167	331
	Este - Oeste	Frente	334	663
		Frente	567	1125
		Vuelta derecha	2189	4342
		Vuelta izquierda	15011	29,778
		Retorno	0	0

Tabla 26, Tendencia de crecimiento del volumen vehicular.

Por lo que se recomienda la optimización de este paso superior, pues se espera un gran incremento de vehículos. En lo que respecta a la composición vehicular y la tasa de ocupación de las unidades que transitan por las vialidades implicadas, se prevé que no se modifiquen con respecto a la situación actual.

d) Análisis de la demanda

La demanda constituye los vehículos que utilizan los caminos para trasladarse desde un origen a un destino.

Aforo vehicular

Además de los aforos seccionales, se realizaron aforos direccionales. La logística que se lleva a cabo para el procesamiento de los datos viales se realiza mediante el conteo manual de cada uno de los vehículos y distinguiendo entre cada uno de ellos los vehículos ligeros o tipo “A”, vehículos de transporte público de pasajeros o tipo “B”, vehículos de carga o tipo “C” y motos o tipo “D”. Dicho proceso se realizó de la siguiente manera:

- Se capturaron en hojas de Excel los datos recabados en campo de todos los afluentes del sistema vial, respetando el orden de captura, es decir, los días y horarios mencionados arriba, teniendo cortes cada 15 minutos.
- Una vez capturada la información recabada, se generó un concentrado por cruce aforado y posteriormente un concentrado general, el cual arroja resultados del sistema. Tal como a continuación se muestra:

- Av. Fuerza Aérea y Carretera Aldama

Tabla 27. Resumen de aforo vehicular por la mañana

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

Av. Fuerza Aérea y Carr. Aldama																								
Hora: 16:15 a.m. a 17:15 a.m.																								
Fecha: 21 Noviembre 2024																								
Factor de ajuste:		0.0% Reducción de movilidad por factor externo																						
VIALIDAD/FLUJO	MOVIMIENTO	HORA	A		B		C2		C3		T		TS		TSR		M		SUBTOTAL		TOTAL			
			REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE	REAL	AJUSTE		
Carr. Aldama (Suroeste- Noreste)	VUELTA IZQUIERDA	16:15-16:30	27	27	0	0	0	0	3	3	0	0	1	1	0	0	2	2	90	90	2,483	2,483		
		16:30-16:45	22	22	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	FRENTE	16:15-16:30	212	212	8	8	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	2	2	910			910	
		16:30-16:45	194	194	1	1	1	1	1	1	0	0	2	2	0	0	3	3						
		16:45-17:00	250	250	2	2	1	1	3	3	1	1	3	3	0	0	2	2						
		17:00-17:15	216	216	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	3						
	VUELTA DERECHA	16:15-16:30	324	324	17	17	2	2	4	4	0	0	7	7	3	3	7	7	1,460	1,460				
		16:30-16:45	321	321	6	6	3	3	3	3	0	0	7	7	0	0	0	14					14	
		16:45-17:00	354	354	4	4	0	0	0	0	2	2	11	11	0	0	10	10						
		17:00-17:15	333	333	3	3	2	2	1	1	0	0	8	8	0	0	14	14						
	RETORNO	16:15-16:30	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	23				
		16:30-16:45	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1					1	
		16:45-17:00	5	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	8	8	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Av. Fuerza Aérea (Oeste-este)	RETORNO	16:15-16:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	268	268		
		16:30-16:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	VUELTA IZQUIERDA	16:15-16:30	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9				
		16:30-16:45	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	VUELTA DERECHA	16:15-16:30	27	27	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3	3	156			156	
		16:30-16:45	38	38	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	29	29	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2						
		17:00-17:15	41	41	1	1	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3						
	FRENTE	16:15-16:30	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	98				
		16:30-16:45	20	20	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	26	26	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	33	33	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Carr. Aldama (Noreste-Suroeste)	FRENTE	16:15-16:30	184	184	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	730	730	1,079	1,079		
		16:30-16:45	157	157	1	1	0	0	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1						
		16:45-17:00	166	166	6	6	7	7	2	2	0	0	3	3	0	0	1	1						
		17:00-17:15	178	178	3	3	3	3	1	1	0	0	5	5	0	0	2	2						
	VUELTA DERECHA	16:15-16:30	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	47				
		16:30-16:45	10	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1						
		17:00-17:15	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1						
	VUELTA IZQUIERDA	16:15-16:30	48	48	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	298	298				
		16:30-16:45	74	74	0	0	0	0	3	3	0	0	2	2	0	0	2	2						
		16:45-17:00	61	61	0	0	2	2	1	1	0	0	4	4	0	0	1	1						
		17:00-17:15	88	88	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	3	3						
	RETORNO	16:15-16:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4				
		16:30-16:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Av. Fuerza Aérea (Este-Oeste)	FRENTE	16:15-16:30	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	1,586	1,586		
		16:30-16:45	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0						
		16:45-17:00	14	14	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	12	12	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0						
	VUELTA DERECHA	16:15-16:30	52	52	2	2	0	0	0	0	2	2	2	2	1	1	2	2	233	233				
		16:30-16:45	90	90	0	0	0	0	1	1	0	0	3	3	3	3	1	1						
		16:45-17:00	55	55	3	3	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	2						
		17:00-17:15	49	49	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0						
	VUELTA IZQUIERDA	16:15-16:30	271	271	2	2	4	4	4	4	5	5	15	15	1	1	0	0	1,299	1,299				
		16:30-16:45	302	302	5	5	9	9	4	4	1	1	11	11	0	0	0	0						
		16:45-17:00	293	293	1	1	1	1	1	1	0	0	6	6	0	0	1	1						
		17:00-17:15	332	332	9	9	2	2	0	0	2	2	7	7	0	0	10	10						
	RETORNO	16:15-16:30	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4				
		16:30-16:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		16:45-17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
		17:00-17:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
GRAN TOTAL:																						5,416	5,416	

A continuación, se muestra la tabla de resultados de todas las intersecciones.

Intersección	H.M.D.	V.P.H. (actual)
Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera Aldama	7:00 – 8:00 a.m.	4,210
	16:15 – 17:15 p.m.	5,416

Tabla 29. Resumen de aforos vehiculares

e) Interacción de la Oferta – Demanda

El estado físico y las características geométricas de una carretera o autopista, tienen una influencia directa sobre la velocidad con la que circulan los vehículos en ella, de tal manera que un camino en buen estado, con un bajo nivel de congestión y altas especificaciones de diseño, permite la circulación a velocidades más altas que un camino deteriorado.

Debido a que no es posible realizar medidas de optimización alternas a la propuesta del PPI en estudio, no se mejora la superficie de rodamiento, por lo tanto, esta seguirá sufriendo daños con lo cual se podrían aumentar la presencia de deformaciones (baches) incrementando el IRI a 6 mm/m lo que generara un decremento en las velocidades de recorrido y por ende un aumento en los Costos de Operación Vehicular.

Para los proyectos y programas de mantenimiento, se considera que el Costo de Operación Vehicular (COV) es la mejor variable que interrelaciona la oferta y demanda, dado que en éste se ve el efecto positivo o negativo que tiene en el usuario una variación del estado superficial del camino, siendo el COV el costo que asume el usuario por circular en una carretera dadas las condiciones físicas de la misma.

Costos del tiempo anual

Con el **Tiempo de viaje (min)** de los tramos de estudio y la **Demanda (veh/día)** se realizó de la siguiente el cálculo el cálculo para obtener los **Costos de Tiempo de Viaje**.

Para obtener el valor de la Demanda (veh/día) de los tramos de estudio: Se dividió el valor de la demanda en entre el factor horario de máxima demanda.

Después se multiplicó el Tiempo de Viaje (min) entre la Demanda (veh/día) entre 60 para obtener las **Horas Totales**.

Posteriormente se multiplicaron las Horas Totales por **365** días para obtener el valor por un año.

Por último, las Horas Totales por un año se multiplicaron por el **Valor del Tiempo** para el Estado de Chihuahua, que en este caso es \$66.50 (dato proporcionado por el Instituto Mexicano del Transporte) para obtener el **Costo de Tiempo Anual**. En la siguiente tabla se muestra.

TRAMO	A	B	C=(A*B)/60	D=(C*365) DÍAS	E=(D*VALOR DEL TIEMPO)
	TIEMPO DE VIAJE (MIN)	DEMANDA (Veh/día)	HORAS TOTALES	Cx365 días	COSTO DE TIEMPO ANUAL
Carretera a Aldama y Avenida Fuerza Aerea Mexicana. Geometría Actual	1.13	5083	95.73	\$ 34,941.39	\$ 2,323,602.38

Tabla 30. Valor del tiempo actual (Sin proyecto).

Costos de Operación Sin Proyecto

A continuación, se muestran los costos de operación por año.
Para obtener el **TDPA (VEH)** se dividió el TDPA de cada tramo entre el porcentaje del tipo de vehículos que transitan por el mismo.

El Costo de Operación (\$/Veh/Km) se obtuvo de los Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2024 del IMT.

TIPO DE VEHICULO	ESTADO SUPERFICIAL		
	MUY BUENO	REGULAR	MALO
Vehículo ligero	\$7.20	\$7.61	\$8.16
Autobús	\$20.16	\$20.92	\$21.63
Camión de dos ejes	\$12.71	\$13.81	\$14.79
Camión articulado	\$26.70	\$28.43	\$30.12

Tabla 31. Costos de operación Fuente: “Costos de Operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano”, 2024, IMT.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

La **Longitud del Tramo (Km)** se obtuvo de la longitud de los viajes que realizaron en tramos de estudio.

Los **Costos por día** se obtuvieron multiplicando el **TDPA(VEH)** por los **Costos de Operación (\$/Veh/Km)** por la **Longitud del Tramo (Km)**.

Los **Costos por año** se obtuvieron multiplicando los Costos por día por 365.

COSTOS DE OPERACIÓN SIN PROYECTO						
TRAMO	Tipo de vehículo	TDPA (Veh)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/veh-km)	LONGITUD DEL TRAMO (Km)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
CARRETERA A ALDAMA (OESTE - ESTE)	TIPO A	22578	8.160	0.41	\$ 74,615.77	\$ 27,234,757.66
	TIPO B	251	21.630	0.41	\$ 2,198.80	\$ 802,561.14
	TIPO C	701	14.790	0.41	\$ 4,198.95	\$ 1,532,618.56
	TIPO T	1300	30.120	0.41	\$ 15,858.18	\$ 5,788,235.70
CARRETERA A ALDAMA (ESTE - OESTE)	TIPO A	9811	8.160	0.41	\$ 32,423.39	\$ 11,834,538.37
	TIPO B	109	21.630	0.41	\$ 954.86	\$ 348,522.57
	TIPO C	305	14.790	0.41	\$ 1,826.93	\$ 666,831.18
	TIPO T	565	30.120	0.41	\$ 6,892.21	\$ 2,515,656.29
AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (NORTE - SUR)	TIPO A	2708	8.160	0.15	\$ 3,358.79	\$ 1,225,957.09
	TIPO B	30	21.630	0.15	\$ 98.63	\$ 36,000.97
	TIPO C	84	14.790	0.15	\$ 188.84	\$ 68,926.13
	TIPO T	156	30.120	0.15	\$ 714.21	\$ 260,684.99
FUERZA AEREA MEXICANA (SUR - NORTE)	TIPO A	16023	8.160	0.15	\$ 19,873.65	\$ 7,253,881.29
	TIPO B	178	21.630	0.15	\$ 585.22	\$ 213,605.77
	TIPO C	498	14.790	0.15	\$ 1,119.54	\$ 408,633.50
	TIPO T	923	30.120	0.15	\$ 4,225.72	\$ 1,542,386.16
TOTAL ANUAL						\$ 61,733,797.37

Tabla 32. Costo de operación sin proyecto

A continuación, se muestra el reporte de accidentes de acuerdo a la Comisión Estatal de Seguridad División de Policía Vial, el índice de accidentabilidad en el año 2024 registro siete accidentes, en el área de estudio.



Gastos operativos en accidentes

Sin Proyecto		
CONSECUENCIAS	PRECIO EN MDP	COSTO (\$)
SOLO DAÑOS MATERIALES	0.029	\$ 28,815.00
LESIONES NO LETALES GRAVES	0.171	\$ 170,676.00
LESIONES GRAVES	0.525	\$ 525,144.00
FATAL	1.400	\$ 1,400,000.00
TIPO DE ACCIDENTE	CANTIDAD	COSTO (\$)
Sólo daños	1	\$ 28,815.00
Lesiones graves	6	\$ 3,150,864.00
Fatal	0	\$ -
Total	7	\$ 3,179,679.00

Tabla 33. Gastos operativos en accidentes sin proyecto. Fuente: “Estimación de los costos económicos y sociales de siniestros viales en México” Instituto Mexicano de la Competividad A.C (IMCO), 2021. Número de accidentes: Subsecretaría de Movilidad del Estado,

Con Proyecto		
CONSECUENCIAS	PRECIO EN MDP	COSTO (\$)
SOLO DAÑOS MATERIALES	0.029	\$ 28,815.00
LESIONES MENORES	0.171	\$ 170,676.00
LESIONES GRAVES	0.525	\$ 525,144.00
FATAL	1.400	\$ 1,400,000.00
TIPO DE ACCIDENTE	CANTIDAD	COSTO (\$)
Sólo daños	1	\$ 28,815.00
Lesiones graves	0	\$ -
Fatal	0	\$ -
Total	1	\$ 28,815.00

Tabla. Gastos operativos en accidentes con Paso a desnivel y semáforos. Fuente: “Estimación de los costos económicos y sociales de siniestros viales en México” Instituto Mexicano de la Competividad A.C (IMCO), 2021. Número de accidentes: Subsecretaría de Movilidad del Estado,

Resumen Gastos Operativos

Finalmente se obtiene un resumen de los Gastos Operativos, que es la suma de los Costos de Operación Vehicular, el Costo por Tiempo de Viaje, así como el Costo Total de Mantenimiento, en este caso todos ellos para el escenario Sin Proyecto.

	COV	TVIAJE	accidentes	Total
SIN PROYECTO	\$ 61,733,797.37	\$ 2,323,602.38	\$ 3,179,679.00	\$ 67,237,078.75

Tabla 34. CGV para la Situación Actual

III. SITUACION CON EL PPI

a) Descripción general

Existen proyectos de infraestructura económica, social y gubernamental, de los que se derivan proyectos de inmuebles, programas de adquisiciones y de mantenimiento, programas de mantenimiento y adquisiciones de protección civil, programas ambientales, estudios de pre inversión y otros.

<i>Tipo de PPI</i>	
<i>Proyecto de infraestructura económica</i>	☐
<i>Proyecto de infraestructura social</i>	☒
<i>Proyecto de infraestructura gubernamental</i>	☐
<i>Proyecto de inmuebles</i>	☐
<i>Programa de adquisiciones</i>	☐
<i>Programa de adquisiciones de protección civil</i>	☐
<i>Programa de mantenimiento</i>	☐
<i>Programa de mantenimiento de protección civil</i>	☐
<i>Programa ambiental</i>	☐
<i>Otros proyectos de inversión</i>	☐
<i>Otros programas de inversión</i>	☐

Tabla 35. Tipo de PPI. Fuente Elaboración propia

El propósito de llevar a cabo este proyecto es dar dar flujo continuo a los usuarios en la Carretera Aldama, así como reducir los tiempos de demora y los Costos de Viaje Generalizados presentados por los usuarios.

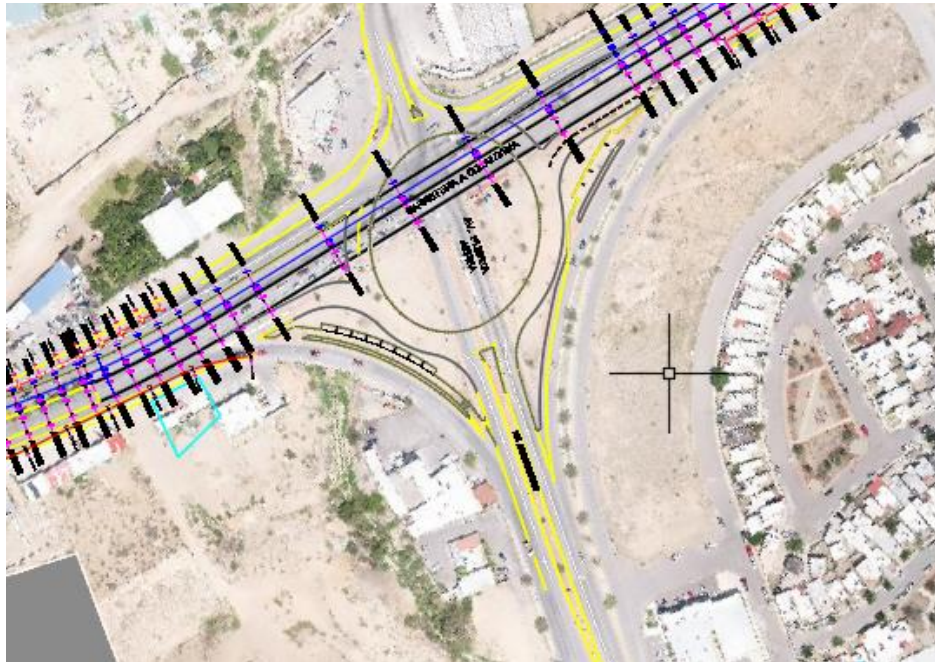
Uno de los problemas detectados es el trafico que se genera, puesto que es la entrada sur de la ciudad de Chihuahua.



IMG. 21. Zona de estudio

El estudio consiste en un Paso a Desnivel, donde se pretende construir en la intersección Av. Fuerza Aerea Mexicana y Carretera a Aldama.

El proyecto se compone de un Paso a Desnivel con una longitud de 484.23 m sobre la Carretera a Aldama y Av. Fuerza Aerea Mexicana, en la que se tienen 3 propuestas adicionales para su funcionamiento: Paso a Desnivel trabajando con semáforos, con glorieta o con turboglorieta.



IMG. 22. Proyecto ejecutivo

b) Alineación estratégica

Plan o Programa	Objetivos, metas, estrategias, líneas de acción
Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027	EJE 3: Ordenamiento Territorial moderno y sustentable. Vías de comunicación e infraestructura aeroportuaria <u>Objetivo específico: Contar con vías de comunicación suficientes, adecuadas, de calidad y seguras.</u>

	<u><i>Estrategia: Mejorar y modernizar la infraestructura de las vías de comunicación en el estado.</i></u> Líneas de acción: • Modernizar y mejorar el mantenimiento de la Red de carreteras en el Estado en coordinación con la federación y los municipios del Estado. • Mantener en óptimas condiciones los caminos rurales en coordinación con los municipios del Estado.
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. Objetivo Prioritario 1: “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que se conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a través de 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.
Programa Nacional Estratégico De Infraestructura	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

Carretera 2030 (PRONEIC 2030).	planeación a largo plazo de infraestructura carretera orientado a impulsar el desarrollo económico y la competitividad nacional.
---------------------------------------	--

Tabla 36. Alineación estratégica del PPI. Fuente: Elaboración propia

a) Localización geográfica

El tramo a intervenir se encontrará en el estado de Chihuahua, específicamente en la Ciudad de Chihuahua, Chihuahua.



IMG. 23. Ubicación regional



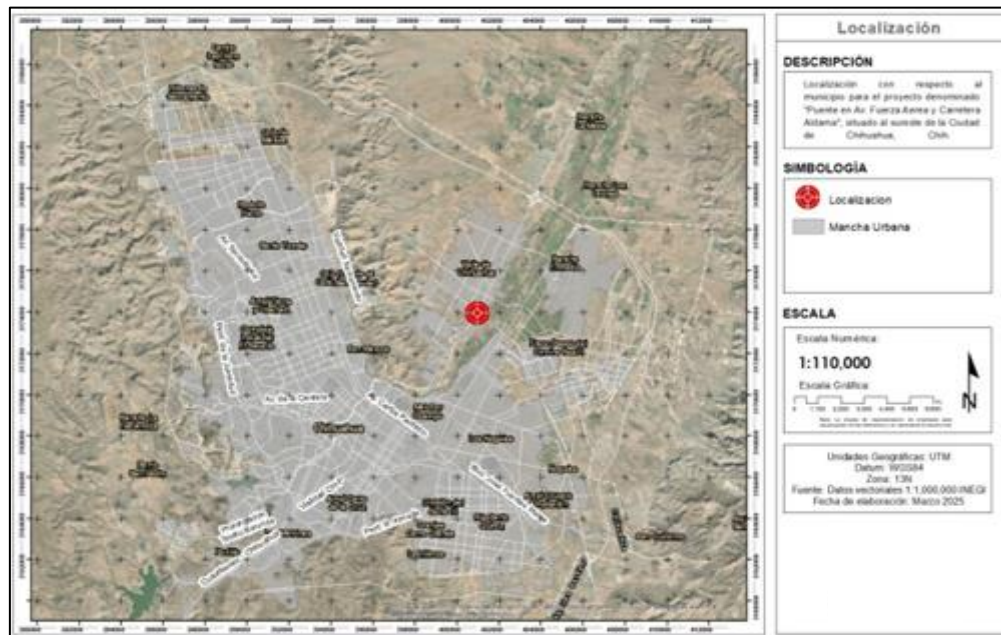
IMG. 24. Ubicación Municipal

Coordinadas geograficas:

Latitud: 28°41'19.9"N Longitud: 106° 0.0'48.8"W

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 25. Localización del proyecto en la ciudad.

Monto total de inversión

Proyecto	Monto total de inversión
Paso a Desnivel y Glorieta	\$160,000,000

Costos de inversión: El monto total de inversión sin IVA será de \$160,000,000 pesos para el Paso a Desnivel y Glorieta y con IVA \$185,600,000.00. Este monto es estimado a fecha de junio 2025 y podrá variar de acuerdo a la fecha, los recursos de mano de obra y los tiempos de ejecución del proyecto.

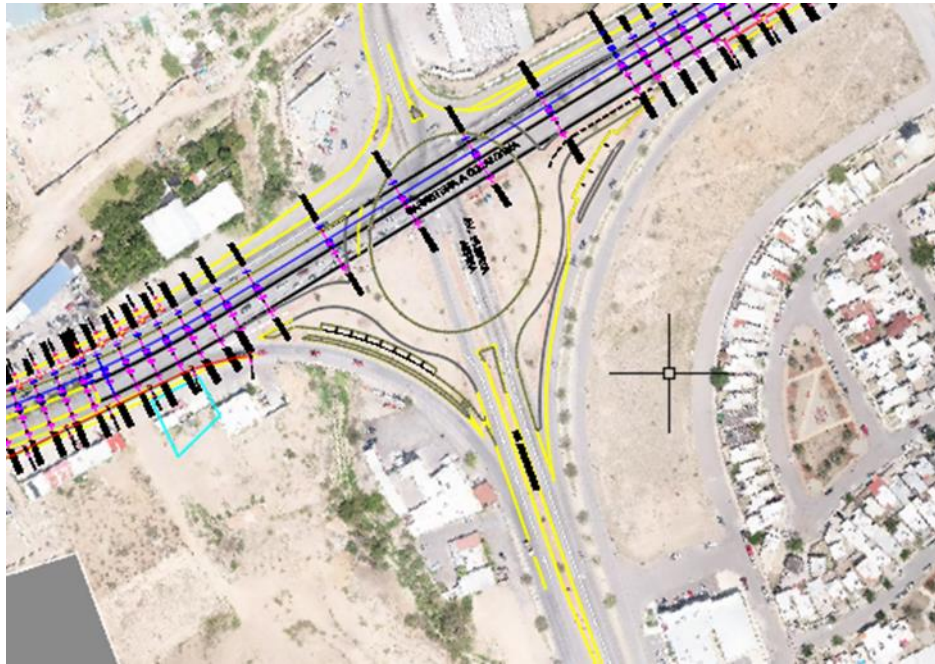
c) **Financiamiento**

FUENTE DE FINANCIAMIENTO		
ORIGEN	%	MONTO (INCLUIDO)
Federales		
Estatales		
Municipales	100	\$185,600,000.00
Fideicomisos		
Otros		
Total	100%	

Tabla 37. Fuente de financiamiento

e) Capacidad instalada

El proyecto ejecutivo consta de un Paso a Desnivel en la Av. Fuerza Aérea y Carretera a Aldama.



f) Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación

Las metas físicas esperadas en el Paso a Desnivel en la Av. Fuerza Aérea y Carretera a Aldama en Chihuahua, Chihuahua son los que se muestran en la siguiente tabla:

Metas	
Monto de inversión: (con IVA, para registro)	\$185,600,000.00

Tabla 38. Metas anuales del PPI

a) Vida útil

La vida útil del proyecto es de 30 años que dependerá de las conservaciones que se hagan oportunamente para que el Paso Superior Vehicular pueda llegar e incluso sobrepasar la vida útil propuesta.

Vida útil del PPI	
Vida útil en años	El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, debido a que el primer año es el tiempo que se lleva la construcción.

Tabla 39. Metas anuales del PPI.

Fuente: Elaboración propia.

h) Descripción de los aspectos más relevantes para determinar la viabilidad del proyecto de inversión

Estudios Técnicos

Para el desarrollo del proyecto integral del Paso a Desnivel en Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama en Chihuahua, Chihuahua, se realizan los siguientes estudios:

- **Estudio Topográfico.** Tiene por objeto el levantamiento a detalle de todos los elementos existentes, sobre la zona de estudio, (postes, coladeras, señalización vial y dispositivos de seguridad, estacionamientos en la vía pública, sitios o bases de taxis, paradas de transporte público colectivo, sitios de transferencia modal, pozos de visita, arboles, puentes y obras de drenaje menor existentes, líneas de energía eléctrica, telefónicas, fibra óptica, ductos con sus diámetros, profundidad y fluido que conducen, canales, etc.) que se ubiquen en la zona de estudio, el levantamiento deberá realizarse con equipo especializado y de precisión.
- **Estudio Geotécnico.** Este se realiza para conocer la estratigrafía superficial de la zona en estudio para el diseño de pavimentos y el cálculo de la capacidad de carga del terreno, se realizarán pozos a cielo abierto y sondeos de penetración estándar, distribuidos en los accesos de la zona en estudio. De los pozos se

determinará la estratigrafía superficial y los espesores actuales de las capas del pavimento.

- **Estudio de Ingeniería de Tránsito.** Con la finalidad de conocer las características de la red vial, la asignación de tránsito, su proyección futura y con ello determinar, entre otros los espesores de las capas del pavimento, los niveles de servicio y capacidad vial en los diferentes tramos del proyecto, tanto para la situación actual como para el horizonte de proyecto.

- **Estudios legales**

El Proyecto es jurídicamente viable toda vez que cumple con los términos y condiciones establecidos en la legislación en materia carretera, así como con las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables para su desarrollo. El Proyecto se fundamenta en las siguientes disposiciones:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General de Bienes Nacionales.
- Ley de Vías Generales de Comunicación.
- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.
- Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley de Asociaciones Público-Privadas y su Reglamento.
- Normas Oficiales Mexicanas.

- **Estudios Ambientales**

No se requieren estudios ambientales para este proyecto debido a que está ubicado en una zona de superficies ya impactadas. Esto significa que el área en cuestión ya ha experimentado alteraciones significativas debido a actividades humanas anteriores. Dado que el proyecto se sitúa en un entorno que ya ha sido modificado, no se espera que tenga un impacto adicional significativo en el medio ambiente circundante. Por lo tanto, no es necesario llevar a cabo dichos estudios

i) Análisis de la Oferta

El levantamiento de las características físicas permite establecer las condiciones operativas. Para conocer los rasgos significativos de la zona de estudio, se recabo información documental para obtener la siguiente información:

- **Tipo de terreno (plano, lomerío o montañoso).** El tipo de terreno es un factor que puede influir significativamente en las características de un proyecto, 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 , $2.0 < \text{Lomerío} \leq 4.0$, Montañoso >4.0

Para el caso de zona de estudio, se determina que el tipo de terreno es plano.

j) Análisis de la demanda

Para este caso, la demanda se considera igual que en la Situación Sin Proyecto por lo que no habrá tránsito generado debido a que con el distribuidor vial no habrá tránsito desviado.

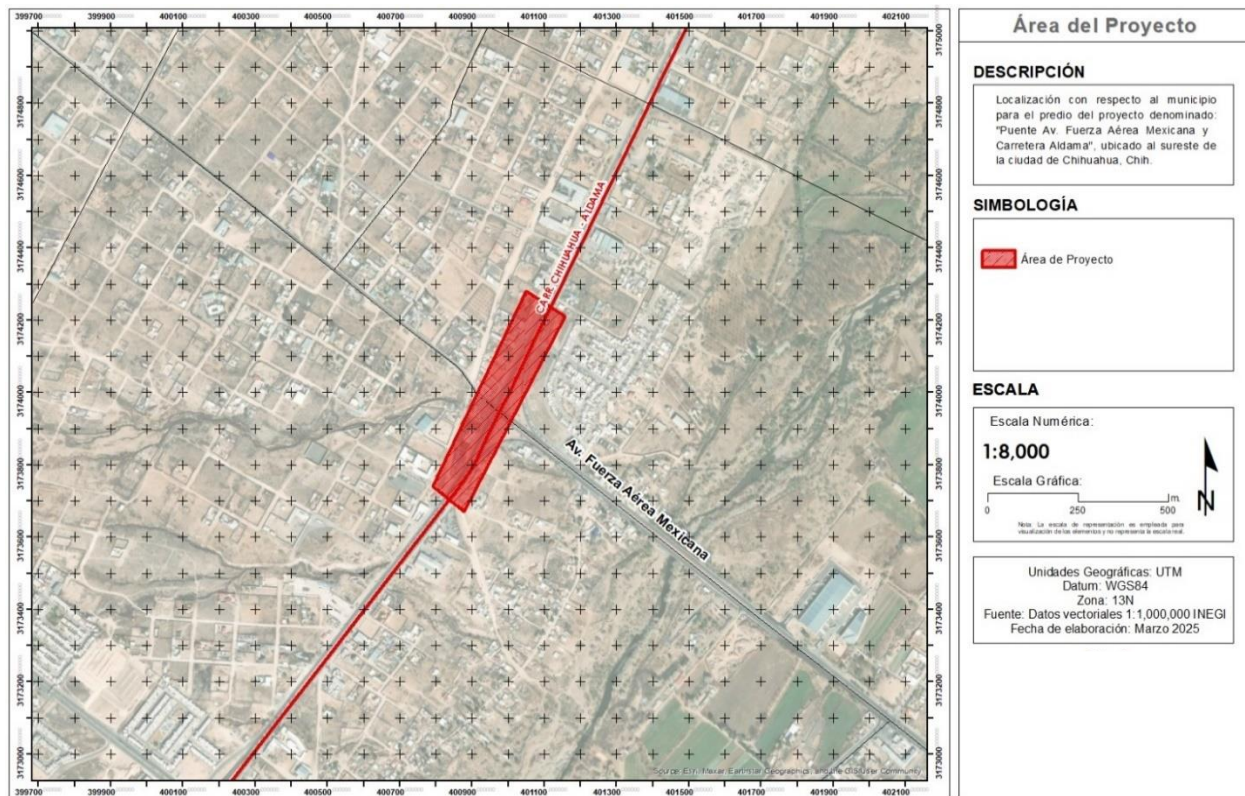
k) Interacción Oferta - Demanda

Una vez que se ejecuta el proyecto se estimarán los costos generalizados de viaje antes del proyecto y bajo las nuevas condiciones de infraestructura. Para ello es necesario calcular la velocidad promedio por tipo de vehículo, el aforo vehicular y las características físicas y geométricas del área de estudio.

El área de influencia directa está formada por un polígono de 13,074.0 m² el cual cubre los principales puntos de ingresos de y hacia el **Proyecto**.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA



IMG. 26. Área del PPI

Se considera que con la realización del proyecto la velocidad de circulación no va afectar a las vialidades de estudio.

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD	
	ACTUAL	CON PROYECTO
A	80	80
B	70	70
C	70	70
T	70	70

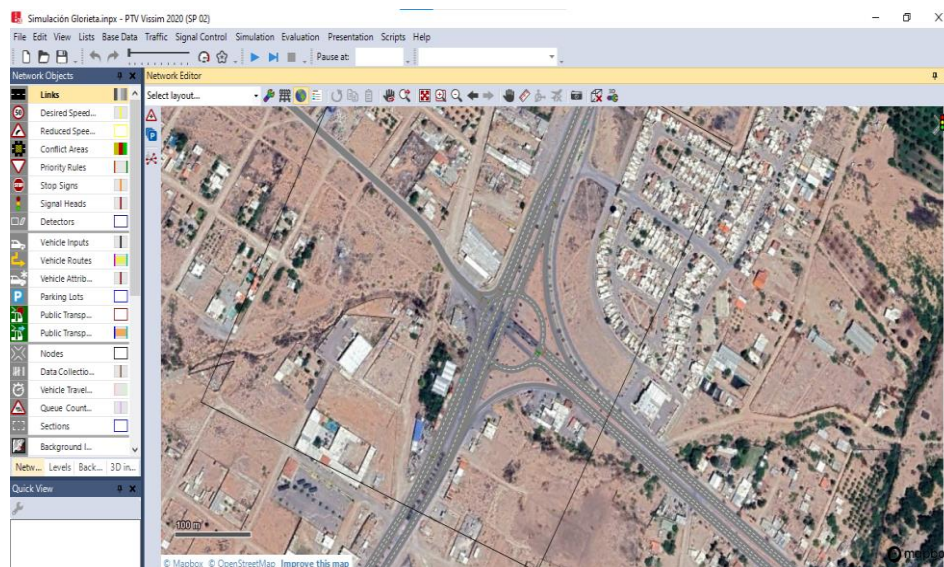
Tabla 40. Velocidades proyectadas según el tipo de vehículos en Fuerza Aérea Mexicana Sentido Norte – Sur

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD	
	ACTUAL	CON PROYECTO
A	75	75
B	65	65
C	65	65
T	70	70

Tabla 41. Velocidades proyectadas según el tipo de vehículos en Fuerza Aérea Mexicana Sentido Norte – Sur

Tiempos de Viaje

Los tiempos de viaje con proyecto se analizaron en el Programa Vissim PTV, en este se realizó una simulación de las diferentes propuestas y los movimientos correspondientes, además de ubicar los tramos de estudio para obtener los tiempos de viaje que van a ocurrir cuando se tenga el proyecto. En la siguiente imagen se muestra la simulación.



IMG. 27. Glorieta

Tiempo de viaje con proyecto:

0.21 min.

Costos de tiempo Anual

Con el **Tiempo de viaje (min)** de los tramos de estudio y la **Demanda (veh/día)** se realizó de la siguiente el cálculo el cálculo para obtener los costos del tiempo anual.

Primeramente, se multiplicó el Tiempo de Viaje (min) entre la Demanda (veh/día) entre 60 para obtener las **Horas Totales**.

Posteriormente se multiplicaron las Horas Totales por **365** días para obtener el valor por un año.

Por último, las Horas Totales por un año se multiplicaron por el **Valor del Tiempo** para el Estado de Chihuahua, que en este caso es \$66.50 (dato proporcionado por el Instituto Mexicano del Transporte) para obtener el **Costo de Tiempo Anual**.

TRAMO	A	B	C=(A*B)/60	D=(C*365) DÍAS	E=(D*VALOR DEL TIEMPO)
	TIEMPO DE VIAJE (MIN)	DEMANDA (Veh/día)	HORAS TOTALES	Cx365 días	COSTO DE TIEMPO ANUAL
Carretera a Aldama y Avenida Fuerza Aerea Mexicana. Con Paso a Desnivel y Glorieta	0.13	5083	11.01	\$ 4,019.81	\$ 267,317.09

Tabla 42. Valor del tiempo a futuro (Con proyecto).

Costo de Operación con Proyecto

A continuación, se muestran los costos de operación por año.

Para obtener el **TDPA (VEH)** se dividió el TDPA de cada tramo entre el porcentaje del tipo de vehículos que transitan por el mismo.

El Costo de Operación (\$/Veh/Km) se obtuvo de los Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2021 del IMT.

TIPO DE VEHICULO	ESTADO SUPERFICIAL		
	MUY BUENO	REGULAR	MALO
Vehículo ligero	\$ 7.20	\$ 7.61	\$ 8.16
Autobús	\$ 20.16	\$ 20.92	\$ 21.63
Camión de dos ejes	\$ 12.71	\$ 13.81	\$ 14.79
Camión articulado	\$ 26.70	\$ 28.43	\$ 30.12

Tabla 43. Costos de Operación Fuente: “Costos de Operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano”, 2021, IMT.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

La **Longitud del Tramo (Km)** se obtuvo de la longitud de los viajes que realizaron en tramos de estudio.

Los **Costos por día** se obtuvieron multiplicando el **TDPA(VEH)** por los **Costos de Operación (\$/Veh/Km)** por la **Longitud del Tramo (Km)**.

Los **Costos por año** se obtuvieron multiplicando los Costos por día por 365.

COSTOS DE OPERACIÓN CON PROYECTO						
TRAMO	Tipo de vehículo	TDPA (Veh)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/veh-km)	LONGITUD DEL TRAMO (Km)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
CARRETERA A ALDAMA (OESTE - ESTE)	TIPO A	22578	7.200	0.41	\$ 65,837.45	\$ 24,030,668.52
	TIPO B	251	20.160	0.41	\$ 2,049.36	\$ 748,018.15
	TIPO C	701	12.710	0.41	\$ 3,608.43	\$ 1,317,077.88
	TIPO T	1300	26.700	0.41	\$ 14,057.55	\$ 5,131,005.75
CARRETERA A ALDAMA (ESTE - OESTE)	TIPO A	9811	7.200	0.41	\$ 28,608.88	\$ 10,442,239.74
	TIPO B	109	20.160	0.41	\$ 889.96	\$ 324,836.57
	TIPO C	305	12.710	0.41	\$ 1,570.00	\$ 573,051.00
	TIPO T	565	26.700	0.41	\$ 6,109.63	\$ 2,230,014.04
AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (NORTE - SUR)	TIPO A	2708	7.200	0.15	\$ 2,963.64	\$ 1,081,726.85
	TIPO B	30	20.160	0.15	\$ 91.93	\$ 33,554.30
	TIPO C	84	12.710	0.15	\$ 162.28	\$ 59,232.67
	TIPO T	156	26.700	0.15	\$ 633.11	\$ 231,085.30
FUERZA AEREA MEXICANA (SUR - NORTE)	TIPO A	16023	7.200	0.15	\$ 17,535.57	\$ 6,400,483.49
	TIPO B	178	20.160	0.15	\$ 545.45	\$ 199,088.87
	TIPO C	498	12.710	0.15	\$ 962.10	\$ 351,165.10
	TIPO T	923	26.700	0.15	\$ 3,745.90	\$ 1,367,254.67
TOTAL ANUAL						\$ 54,520,502.89

Tabla 44. Costo de Operación con Proyecto

Beneficios directos del PPI

El beneficio directo identificado en este proyecto, es el mejoramiento de la seguridad vial y con ello la reducción de los costos por accidentes de los usuarios que transitan por el proyecto. Para calcularlo, se realiza la diferencia entre la Situación Sin Proyecto y Situación Con Proyecto.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

COSTOS DE OPERACIÓN SIN PROYECTO						
TRAMO	Tipo de vehículo	TDPA (Veh)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/veh-km)	LONGITUD DEL TRAMO (Km)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
CARRETERA A ALDAMA (OESTE - ESTE)	TIPO A	22578	8.160	0.41	\$ 74,615.77	\$ 27,234,757.66
	TIPO B	251	21.630	0.41	\$ 2,198.80	\$ 802,561.14
	TIPO C	701	14.790	0.41	\$ 4,198.95	\$ 1,532,618.56
	TIPO T	1300	30.120	0.41	\$ 15,858.18	\$ 5,788,235.70
CARRETERA A ALDAMA (ESTE - OESTE)	TIPO A	9811	8.160	0.41	\$ 32,423.39	\$ 11,834,538.37
	TIPO B	109	21.630	0.41	\$ 954.86	\$ 348,522.57
	TIPO C	305	14.790	0.41	\$ 1,826.93	\$ 666,831.18
	TIPO T	565	30.120	0.41	\$ 6,892.21	\$ 2,515,656.29
AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (NORTE - SUR)	TIPO A	2708	8.160	0.15	\$ 3,358.79	\$ 1,225,957.09
	TIPO B	30	21.630	0.15	\$ 98.63	\$ 36,000.97
	TIPO C	84	14.790	0.15	\$ 188.84	\$ 68,926.13
	TIPO T	156	30.120	0.15	\$ 714.21	\$ 260,684.99
FUERZA AEREA MEXICANA (SUR - NORTE)	TIPO A	16023	8.160	0.15	\$ 19,873.65	\$ 7,253,881.29
	TIPO B	178	21.630	0.15	\$ 585.22	\$ 213,605.77
	TIPO C	498	14.790	0.15	\$ 1,119.54	\$ 408,633.50
	TIPO T	923	30.120	0.15	\$ 4,225.72	\$ 1,542,386.16
TOTAL ANUAL						\$ 61,733,797.37

Tabla 45. Costos de Operación sin proyecto

COSTOS DE OPERACIÓN CON PROYECTO						
TRAMO	Tipo de vehículo	TDPA (Veh)	COSTO DE OPERACIÓN (\$/veh-km)	LONGITUD DEL TRAMO (Km)	COSTOS POR DÍA	COSTOS POR AÑO
CARRETERA A ALDAMA (OESTE - ESTE)	TIPO A	22578	7.200	0.41	\$ 65,837.45	\$ 24,030,668.52
	TIPO B	251	20.160	0.41	\$ 2,049.36	\$ 748,018.15
	TIPO C	701	12.710	0.41	\$ 3,608.43	\$ 1,317,077.88
	TIPO T	1300	26.700	0.41	\$ 14,057.55	\$ 5,131,005.75
CARRETERA A ALDAMA (ESTE - OESTE)	TIPO A	9811	7.200	0.41	\$ 28,608.88	\$ 10,442,239.74
	TIPO B	109	20.160	0.41	\$ 889.96	\$ 324,836.57
	TIPO C	305	12.710	0.41	\$ 1,570.00	\$ 573,051.00
	TIPO T	565	26.700	0.41	\$ 6,109.63	\$ 2,230,014.04
AV. FUERZA AÉREA MEXICANA (NORTE - SUR)	TIPO A	2708	7.200	0.15	\$ 2,963.64	\$ 1,081,726.85
	TIPO B	30	20.160	0.15	\$ 91.93	\$ 33,554.30
	TIPO C	84	12.710	0.15	\$ 162.28	\$ 59,232.67
	TIPO T	156	26.700	0.15	\$ 633.11	\$ 231,085.30
FUERZA AEREA MEXICANA (SUR - NORTE)	TIPO A	16023	7.200	0.15	\$ 17,535.57	\$ 6,400,483.49
	TIPO B	178	20.160	0.15	\$ 545.45	\$ 199,088.87
	TIPO C	498	12.710	0.15	\$ 962.10	\$ 351,165.10
	TIPO T	923	26.700	0.15	\$ 3,745.90	\$ 1,367,254.67
TOTAL ANUAL						\$ 54,520,502.89

Tabla 46. Costos de Operación con proyecto

Como se puede observar, existe un ahorro anual por la ejecución del proyecto del orden de \$7,213,294.48 de pesos.

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

Total de beneficios anuales

	COV	TVIAJE	accidentes	Total
SIN PROYECTO	\$ 61,733,797.37	\$ 2,323,602.38	\$ 3,179,679.00	\$ 67,237,078.75
CON PROYECTO (PASO A DESNIVEL Y GLORIETA)	\$ 54,520,502.89	\$ 267,317.09	\$ 28,815.00	\$ 54,816,634.98
Total				\$ 12,420,443.77

Tabla 47. Total de beneficios anuales, Paso Superior Vehicular Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera Aldama

IV. EVALUACIÓN DEL PPI

a). Identificación, Cuantificación y Valoración de los Costos del Proyecto.

En este proyecto se identifican los costos de inversión, los cuales se cuantifican y valoran respecto de los precios generales de mercado, de mano de obra y materiales que se manejan en la zona de trabajo para cada una de las tareas a realizar.

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

Etapas de ejecución

El periodo de inversión se establece como propuesta de la planeación de la ejecución de la obra. De acuerdo con las características del proyecto y sus necesidades, a la zona de obra, así como a la logística establecida para su ejecución, se programa el periodo de ejecución en 1 año, al final del cual estará en condiciones de operar el tramo para satisfacer la demanda de flujo vehicular.

Descripción de los principales beneficios del PPI

Con el proyecto integral del Paso a Desnivel en Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama en Chihuahua, Chihuahua, se tendrán los siguientes beneficios:

- ✓ Mayor seguridad para los usuarios al disminuir los índices de accidentalidad.
- ✓ Aumento de la capacidad vial y Nivel de Servicio.
- ✓ Incremento en la velocidad global de viaje del flujo vehicular involucrado.
- ✓ Ahorro en tiempos de recorrido.
- ✓ Ahorro en costos de operación vehicular.
- ✓ Parque en la parte inferior del puente con mobiliario urbano, jardineras y paisaje.

C) Cálculo de los indicadores de rentabilidad

- Paso a Desnivel y Glorieta

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

AÑO	INVERSION	BENEFICIOS	BENEFICIOS ADICIONALES	BENEFICIO NETO	FLUJO EN CAJA	TRI	COSTOS	FLUJO EN CAJA	(1+r) ^x	
0	\$ 160,000,000.00			\$ 160,000,000.00	\$ 160,000,000.00			\$ 160,000,000.00	1.0000	\$ 160,000,000.00
1	\$ 166,784,000.00	\$ 12,420,443.77		\$ 154,363,556.23	\$ 12,420,443.77	-92.6%	\$ 166,784,000.00	\$ 12,420,443.77	1.1000	\$ 148,708,687.48
2	\$ 173,855,641.60	\$ 26,025,135.45		\$ 147,830,506.15	\$ 13,604,691.68	-85.0%	\$ -	\$ 13,604,691.68	1.2100	\$ 137,465,140.64
3	\$ 181,227,120.80	\$ 40,278,408.13		\$ 140,948,712.68	\$ 14,253,272.68	-77.8%	\$ -	\$ 14,253,272.68	1.3310	\$ 126,756,445.92
4	\$ 188,911,150.73	\$ 55,211,181.83		\$ 133,699,968.90	\$ 14,932,773.70	-70.8%	\$ -	\$ 14,932,773.70	1.4641	\$ 116,557,160.55
5	\$ 196,920,983.52	\$ 70,855,850.63		\$ 126,065,132.89	\$ 15,644,668.80	-64.0%	\$ -	\$ 15,644,668.80	1.6105	\$ 106,843,052.10
6	\$ 205,270,433.22	\$ 87,246,352.94		\$ 118,024,080.28	\$ 16,390,502.31	-57.5%	\$ -	\$ 16,390,502.31	1.7716	\$ 97,591,040.85
7	\$ 213,973,899.59	\$ 104,418,245.12		\$ 109,555,654.46	\$ 17,171,892.19	-51.2%	\$ -	\$ 17,171,892.19	1.9487	\$ 88,779,144.97
8	\$ 223,046,392.93	\$ 122,408,778.65		\$ 100,637,614.27	\$ 17,990,533.53	-45.1%	\$ -	\$ 17,990,533.53	2.1436	\$ 80,386,428.30
9	\$ 232,503,559.99	\$ 141,256,980.88		\$ 91,246,579.10	\$ 18,848,202.23	-39.2%	\$ -	\$ 18,848,202.23	2.3579	\$ 72,392,950.62
10	\$ 242,361,710.93	\$ 161,003,739.74		\$ 81,357,971.19	\$ 19,746,758.86	-33.6%	\$ -	\$ 19,746,758.86	2.5937	\$ 64,779,720.26
11	\$ 252,637,847.48	\$ 181,691,892.42		\$ 70,945,955.06	\$ 20,688,152.68	-28.1%	\$ -	\$ 20,688,152.68	2.8531	\$ 57,528,648.95
12	\$ 263,349,692.21	\$ 203,366,318.29		\$ 59,983,373.91	\$ 21,674,425.87	-22.8%	\$ -	\$ 21,674,425.87	3.1384	\$ 50,622,508.91
13	\$ 274,515,719.16	\$ 226,074,036.30		\$ 48,441,682.86	\$ 22,707,718.00	-17.6%	\$ -	\$ 22,707,718.00	3.4523	\$ 44,044,891.86
14	\$ 286,155,185.65	\$ 249,864,306.91		\$ 36,290,878.74	\$ 23,790,270.61	-12.7%	\$ -	\$ 23,790,270.61	3.7975	\$ 37,780,170.06
15	\$ 298,288,165.52	\$ 274,788,739.03		\$ 23,499,426.49	\$ 24,924,432.12	-7.9%	\$ -	\$ 24,924,432.12	4.1772	\$ 31,813,459.18
16	\$ 310,935,583.74	\$ 300,901,401.90		\$ 10,034,181.84	\$ 26,112,662.88	-3.2%	\$ -	\$ 26,112,662.88	4.5950	\$ 26,130,582.92
17	\$ 324,119,252.49	\$ 328,258,942.46		\$ 4,139,689.97	\$ 27,357,540.56	1.3%	\$ -	\$ 27,357,540.56	5.0545	\$ 20,718,039.37
18	\$ 337,861,908.80	\$ 356,920,708.17		\$ 19,058,799.37	\$ 28,661,765.71	5.6%	\$ -	\$ 28,661,765.71	5.5599	\$ 15,562,968.87
19	\$ 352,187,253.73	\$ 386,948,875.78		\$ 34,761,622.05	\$ 30,028,167.62	9.9%	\$ -	\$ 30,028,167.62	6.1159	\$ 10,653,123.52
20	\$ 367,119,993.29	\$ 418,408,586.25		\$ 51,288,592.96	\$ 31,459,710.46	14.0%	\$ -	\$ 31,459,710.46	6.7275	\$ 5,976,838.02
21	\$ 382,885,881.00	\$ 451,368,085.97		\$ 68,682,204.97	\$ 32,959,499.73	17.9%	\$ -	\$ 32,959,499.73	7.4002	\$ 1,523,002.00
22	\$ 398,911,762.36	\$ 485,898,874.91		\$ 86,987,112.56	\$ 34,530,788.94	21.8%	\$ -	\$ 34,530,788.94	8.1403	\$ 2,718,966.38
23	\$ 415,825,621.08	\$ 522,075,861.67		\$ 106,250,240.59	\$ 36,176,986.75	25.6%	\$ -	\$ 36,176,986.75	8.9543	\$ 6,759,145.62
24	\$ 433,456,627.42	\$ 559,977,525.97		\$ 126,520,896.55	\$ 37,901,664.30	29.2%	\$ -	\$ 37,901,664.30	9.8497	\$ 10,607,134.75
25	\$ 451,835,188.42	\$ 599,686,088.95		\$ 147,850,900.53	\$ 39,708,562.98	32.7%	\$ -	\$ 39,708,562.98	10.8347	\$ 14,272,076.21
26	\$ 470,993,000.41	\$ 641,287,691.48		\$ 170,294,691.08	\$ 41,601,602.54	36.2%	\$ -	\$ 41,601,602.54	11.9182	\$ 17,762,677.51
27	\$ 490,963,103.62	\$ 684,872,581.09		\$ 193,909,477.46	\$ 43,584,889.60	39.5%	\$ -	\$ 43,584,889.60	13.1100	\$ 21,087,231.96
28	\$ 511,779,939.22	\$ 730,535,307.66		\$ 218,755,368.44	\$ 45,662,726.57	42.7%	\$ -	\$ 45,662,726.57	14.4210	\$ 24,253,638.37
29	\$ 533,479,408.64	\$ 778,374,928.62		\$ 244,895,519.98	\$ 47,839,620.96	45.9%	\$ -	\$ 47,839,620.96	15.8631	\$ 27,269,419.79
30	\$ 556,098,935.57	\$ 828,495,223.77		\$ 272,396,288.20	\$ 50,120,295.15	49.0%	\$ -	\$ 50,120,295.15	17.4494	\$ 30,141,741.39

Tabla 48. Corrida financiera del proyecto

- El Valor Presente Neto (VPN) tiene un valor equivalente a **\$27,401,538.08**, el cual, de acuerdo con los parámetros establecidos en apartado anterior, cumple con los requisitos para que un proyecto sea factible.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) Social es igual a **11.66%**, la tasa de descuento mínima es de 10%, por lo tanto, se determina que el proyecto es rentable en términos del valor de la TIR.
- La relación Costo/Beneficio aloja un resultado equivalente a **0.45** y de acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente para que el proyecto sea factible el valor de la relación costo beneficio tiene que tener un valor máximo de 1, ya que de caso contrario el proyecto generaría pérdidas.
- La Tasa de Retorno Inmediata es igual a **5.64%**

TIR	11.66%
VPN	\$27,401,538.08
RELACION C/B	0.45
TRI	5.64%

Tabla 49. Indicadores de rentabilidad del PPI

a) 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 lo 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 demuestra que la realización del Paso Superior Vehicular Av. Palestina y Fuerza Aérea Mexicana, es un proyecto que soporta incrementos en el costo de inversión. El hecho de soportar una disminución en su demanda lo hace aceptable, dado que es una viabilidad 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 al fin de efectuar un análisis conservador no se consideraron tránsitos atraídos o generados por su nueva condición.

Sobre los indicadores de rentabilidad socioeconómica, se efectuó el análisis de sensibilidad correspondiente. Lo anterior a fin de obtener los puntos de inflexión ante los cuales el proyecto deja de ser rentable ($VPN=0$).

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO
PASO A DESNIVEL EN AV. FUERZA AÉREA Y CARRETERA A ALDAMA

VARIACIÓN	VPN		TIR	TRI
	(MDP, 2025)			
1.5	-\$	45.33	7.99%	-0.68%
1.4	-\$	30.78	8.56%	4.22%
1.3	-\$	16.23	9.20%	4.74%
1.2	-\$	1.69	9.91%	4.63%
1.1	\$	12.85	10.72%	7.22%
1.0	\$	27.40	11.66%	5.64%
0.9	\$	41.94	12.76%	7.53%
0.8	\$	56.49	14.09%	9.15%
0.7	\$	71.03	15.73%	10.32%
0.6	\$	85.58	17.83%	10.72%
0.5	\$	100.13	20.67%	21.51%

Tabla 50. Análisis de Sensibilidad al monto de inversión (Paso a Desnivel con glorieta)

a) Análisis de riesgos

b) Riesgo	Descripción	Etapas	Probabilidad	Consecuencia	Medida de Mitigación
Económico o Financiero	Disponibilidad de la totalidad de recursos presupuestales para concluir la obra en el tiempo previsto.	Previo a Licitación	Baja	La limitación para realizar la ejecución del proyecto de remediación con los efectos, ambientales, urbanos y económicos correspondientes	Gestión, sensibilización y seguimiento a la solicitud de recursos.

b) Riesgo	Descripción	Etapas	Probabilidad	Consecuencia	Medida de Mitigación
	Escasez, o fluctuación de precios en materiales	Ejecución de la obra	Baja	Retraso en el cumplimiento del programa de obra establecido. Incapacidad económica o financiera del contratista para ejecutar las obras.	Revisión de los precios unitarios que sean presentados por los participantes en función de los precios vigentes de insumos y materiales. Establecer capacidades y especificaciones necesarias que deben tener los participantes en el proceso de licitación y que permita seleccionar a empresas con la capacidad económica y técnica necesaria para la ejecución del proyecto.

b) Riesgo	Descripción	Etapas	Probabilidad	Consecuencia	Medida de Mitigación
Técnico	Falta de capacidad empresas para realizar el proyecto	Ejecución de la obra	Baja	Retraso en el cumplimiento del programa de obra establecido. Reducción en la calidad de los trabajos por ejecutar.	Establecer capacidades y especificaciones necesarias que deben tener los participantes en el proceso de licitación que permita seleccionar a empresas con la capacidad económica y técnica necesaria para la ejecución del proyecto.
	Errores de diseño o conceptos no contemplados en el proyecto.	Ejecución de obra	Baja	Aumento en los costos de proyecto. Retraso en el cumplimiento de los plazos establecidos.	
Ambientales	Manejo inadecuado del suelo o residuos, así como su inadecuada disposición.	Ejecución de la obra	Media	Contaminación de suelo, agua o aire por dispersión o depósito en sitios no aprobados.	Establecer un programa adecuado de supervisión por parte de las Autoridades contratantes, así como aquellos entes encargados del seguimiento.

b) Riesgo	Descripción	Etapas	Probabilidad	Consecuencia	Medida de Mitigación
Social	Rechazo social por la ejecución de obras.	Ejecución de obra	Baja	Denuncias ambientales. Manifestaciones de vecinos u organizaciones en contra del proyecto.	Difundir y sensibilizar a la población aledaña a la zona con los beneficios del proyecto. Disponibilidad de información de proyecto en medios digitales oficiales.

Tabla 51. Análisis de riesgos asociados al PPI.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la realización del proyecto de la Av. Fuerza Aérea Mexicana y Carretera a Aldama, se cumple con el propósito de hacer más eficiente el movimiento de los vehículos.

- Se considera que la realización del proyecto es técnicamente realizable pues se permitirá reducir costos de operación.
- No se encontraron impedimentos razonables que pongan en riesgo la construcción del proyecto.

Para el Paso a Desnivel y glorieta, en el presente estudio se estimó que el proyecto generará beneficios que en Valor Presente Neto (VPN) equivalen a \$27,401,583.08 de pesos, obteniendo una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 11.66%, además de una Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) del 5.64%.

Por lo que los indicadores de rentabilidad obtenidos muestran que es un proyecto rentable desde el punto de vista económico y social y se recomienda la ejecución del proyecto en los tiempos y con los alcances previstos.

De acuerdo a los resultados de rentabilidad de este documento y a los elementos cualitativos atribuibles al proyecto, se recomienda la construcción del proyecto propuesto.

Los insumos importantes para la evaluación económica del proyecto son los costos de operación vehicular y los montos de inversión correspondientes a situación con y sin proyecto. Los costos de operación vehicular se refieren a los de los usuarios de la infraestructura y a los asociados con el valor del tiempo de los pasajeros, en las condiciones con y sin proyecto.

Se cumple con todas las factibilidades técnica, legal, ambiental y económica para poder realizar el proyecto.