



Gobierno del Estado de Aguascalientes

Secretaría de Obras Públicas

Análisis Costo Beneficio para la construcción del
Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel
Barberena Vega

Aguascalientes, Ags. Junio 2021

Grupo Mulkin SA de CV

Av. Aguascalientes Nte 422 Int 104
Bosques del Prado Norte, CP 20127
Aguascalientes, Ags
movil 449 950.0462

Índice

I.	Resumen ejecutivo	1
1.1	Objetivo del programa	1
1.2	Problemática identificada.....	1
1.3	Descripción del proyecto	2
1.4	Horizonte de evaluación.....	2
1.5	Descripción de los principales costos del proyecto	2
1.6	Descripción de los principales beneficios del proyecto	3
1.7	Riesgos asociados al proyecto	3
1.8	Indicadores de rentabilidad.....	3
1.9	Conclusiones.....	4
II.	Situación Actual del proyecto.....	5
2.1	Diagnóstico de la situación actual	5
2.2	Análisis de la oferta existente	6
2.3	Análisis de la demanda actual.....	8
2.4	Interacción de la oferta - demanda.....	12
III.	Situación sin el proyecto	15
3.1	Optimizaciones.....	15
3.2	Análisis de la oferta.....	16
3.3	Análisis de la demanda	17
3.4	Diagnóstico de la interacción Oferta – Demanda.....	18
3.5	Alternativas de solución	19
IV.	Situación con el proyecto	27
4.1	Descripción del proyecto	27
4.2	Alineación estratégica.....	30
4.3	Ubicación del proyecto	33

4.4	Calendario de actividades	36
4.5	Monto de inversión	37
4.6	Fuente de financiamiento	37
4.7	Capacidad instalada.....	37
4.8	Metas anuales y totales de producción.....	41
4.9	Vida útil	41
4.10	Descripción de los aspectos más relevantes.....	41
4.11	Análisis de la oferta.....	42
4.12	Análisis de la demanda	43
4.13	Interacción Oferta – Demanda	44
V.	Evaluación del proyecto	46
5.1	Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto	46
5.2	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto	48
5.3	Cálculo de indicadores de rentabilidad	50
5.4	Análisis de sensibilidad	52
5.5	Análisis de riesgo	53
VI.	Conclusiones y recomendaciones	55
VII.	Anexos	56
VIII.	Bibliografía	57

Índice Tablas

Tabla 1. 1 Descripción de las principales características del proyecto	2
Tabla 1.2 Costo de ejecución del proyecto (pesos de 2021)	2
Tabla 1. 3 Indicadores de rentabilidad para el proyecto (pesos de 2021)	4
Tabla 2. 1 Datos de la sección en Av. Aguascalientes.....	7
Tabla 2.2 Datos de la sección en Av. Miguel Ángel Barberena	7
Tabla 2.3 Datos de la oferta en situación actual.....	8
Tabla 2.4 Velocidad de operación por tipo de movimiento	8
Tabla 2.5 Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en la zona de análisis	9
Tabla 2. 6 Tasa de crecimiento anual de vehículos	12
Tabla 2.7 Composición vehicular por movimiento	12
Tabla 2.8 Interacción de la oferta demanda en la situación actual	13
Tabla 2.9 Interacción de la oferta demanda en la situación actual	13
Tabla 2.10 Nivel de Servicio en la situación actual.....	13
Tabla 3. 1 Costo estimado de las optimizaciones (pesos 2021)	15
Tabla 3. 2 Datos de la sección en Av. Aguascalientes Situación Sin Proyecto.....	16
Tabla 3. 3 Datos de la sección en Av. Miguel Ángel Barberena.....	16
Tabla 3.4 Composición vehicular por movimiento en la situación optimizada	17
Tabla 3. 5 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto	17
Tabla 3. 6 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto	18
Tabla 3. 7 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto	18
Tabla 3.8 Costo de inversión de la alternativa 1 (pesos 2021)	19
Tabla 3. 9 Costos de mantenimiento de la Alternativa 1 (Sin IVA Pesos 2021)	20
Tabla 3.10 Costo de inversión de la alternativa 2 (pesos 2021)	21
Tabla 3.11 Costos de mantenimiento de la Alternativa 2 (Sin IVA 2021).....	23
Tabla 3.12 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 1 (pesos 2021)	24
Tabla 3.13 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 2 (pesos 2021)	25
Tabla 4. 1 Tipo de programas y proyectos de inversión	27
Tabla 4. 2 Sección de proyecto	27
Tabla 4. 4 Inversión del proyecto (pesos 2021).....	29
Tabla 4.5 Ubicación geográfica del proyecto.....	36
Tabla 4.6 Propuesta de calendario de ejecución del proyecto (pesos 2021)	36
Tabla 4.7 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2021)	37
Tabla 4. 8 Fuente de financiamiento del proyecto (pesos 2021)	37
Tabla 4.9 Nivel de servicio con el proyecto	38

Tabla 4. 10 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto con congestión	38
Tabla 4.11 Metas físicas anuales (pesos 2021)	41
Tabla 4. 12 Datos de la oferta con proyecto	43
Tabla 4. 13 Composición vehicular por movimiento	43
Tabla 4. 14 Interacción de la oferta – demanda en la situación sin proyecto	44
Tabla 5.1 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2021)	46
Tabla 5. 2 Costos de conservación y mantenimiento (pesos 2021)	47
Tabla 5. 3 Configuración del valor del tiempo (pesos 2021)	49
Tabla 5. 4 Variables para el cálculo del Costo de Operación Vehicular (pesos 2021)	50
Tabla 5.5 Indicadores de rentabilidad calculados para el presente proyecto (pesos 2021)	52
Tabla 5.6 Variación en la rentabilidad ante incrementos en la inversión inicial (pesos 2021)	52
Tabla 5.7 Variación en la rentabilidad ante cambios en el flujo vehicular (pesos 2021) .	53
Tabla 5.8 Puntos de inflexión en la rentabilidad del proyecto	53
Tabla 5. 9 Análisis de riesgo	53

Índice Figuras

Figura 1. Crucero de Av. Aguascalientes en el Cruce con la Av. Miguel Ángel Barberena (Coordenadas 21°53'40.8"N 102°16'02.5"W)	5
Figura 2. Crucero de Av. Miguel Ángel Barberena en el Cruce con la Av. Aguascalientes Oriente (Coordenadas 21°53'41.7"N 102°16'03.0"W)	6
Figura 3. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Aguascalientes Oriente	10
Figura 4. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Miguel Ángel Barberena	10
Figura 5. Puntos de conflicto en una intersección de 4 ramas.....	11
Figura 6 Planta Geométrica Alternativa 1	20
Figura 7. Perfil de la Alternativa 1	21
Figura 8. Sección tipo de la alternativa 2 Paso a desnivel	23
Figura 10 Escala de valores del IRI y las Características de los pavimentos	29
Figura 11. Ubicación regional	33
Figura 12. Ubicación del municipio.....	34
Figura 13. Localización del proyecto.....	35

I. Resumen ejecutivo

1.1 Objetivo del programa

El presente proyecto tiene por objetivo mejorar la velocidad, seguridad y condiciones de operación a los usuarios de la Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega, así como dar mayor capacidad a la intersección mediante la construcción de un paso a desnivel, para disminuir demoras y costos de operación al tránsito que converge en dicho punto.

Con la construcción de este paso a desnivel se contribuye al cumplimiento de la estrategia definida en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 Objetivo 3.6 Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional.

1.2 Problemática identificada

La problemática que se presenta actualmente es el conflicto vehicular generado en el cruce de la Av. Aguascalientes en su cruce con Av. Miguel Ángel Barberena, en donde se presenta un cruce con flujo a nivel en ambas direcciones, el cual, aun cuando está operado por semáforos y cuenta con adecuaciones geométricas a fin de facilitar los movimientos direccionales, el volumen vehicular que atiende hace problemática su operación, provocando demoras que se reflejan en la formación de colas teniendo que esperar en ocasiones hasta tres ciclos del semáforo para poder cruzar dicho punto, lo que conlleva a la reducción de la velocidad de viaje.

A lo anterior hay que sumar la dificultad que se presenta al realizar las maniobras que deben de hacer los vehículos para incorporarse o desincorporarse de la Av. Aguascalientes.

Es importante mencionar la Av. Aguascalientes representa una de las principales vialidades no solo para la ciudad de Aguascalientes, sino para su Zona Metropolitana, pues es un anillo periférico que rodea a la totalidad de la ciudad.

Por otro lado, la Av. Miguel Ángel Barberena es una vialidad que conecta una zona de densamente poblada al oriente de la ciudad, convirtiéndola en la principal vía de circulación para las personas que se tienen que desplazar a los centros de estudio, trabajo o comercio.

1.3 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un puente elevado con dos cuerpos de 420 m de longitud sobre la Av. Aguascalientes que albergarán cada uno 1 calzada superior de 7.0 m de ancho con 2 carriles de 3.5 m de circulación, dando tránsito continuo a la Av. Aguascalientes en su trayecto de sur a norte, así como las adecuaciones a la incorporación a la Av. Miguel Ángel Barberena que se mantendrá a nivel.

Tabla 1. 1 Descripción de las principales características del proyecto

Concepto	Cantidad
Longitud del puente (m)	420
Número de carriles en cuerpo elevado	2
Ancho de carriles (m)	3.75
Altura del puente (m)	5.50
Superficie de rodamiento	Concreto Hidráulico
Velocidad de proyecto (km/hr)*	50
Área de pavimento (m ²)	6,500
Tipo de terreno	Plano
Alineamiento horizontal (m)	4,800
Estado físico	Bueno
Índice de Rugosidad (IRI m/km)	3

Fuente: Proyecto Ejecutivo

1.4 Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación del proyecto es de 31 años, en tanto que la vida útil del proyecto es por un periodo de 30 años, debido a que el primer año es para su construcción.

1.5 Descripción de los principales costos del proyecto

Tabla 1.2 Costo de ejecución del proyecto (pesos de 2021)

Componente	Monto
1 Adecuación de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión existentes	2,045,257.47
2 Adecuación de instalaciones de línea de agua potable existentes	292,606.98
3 Adecuación de instalaciones de línea de drenaje sanitario existentes	1,057,115.70
4 Terracerías en laterales, bajo puente y rampas de puente	718,625.16
5 Infraestructura, cimentaciones, pilotes y zapatas	3,784,420.80
6 Subestructura muro de accesos, cabezales, muro tierra armada	15,616,259.17

Componente	Monto
7 Superestructura, traveses de acero, losas y diafragmas	89,717,526.48
8 Pavimento carril acceso rampas, laterales, guarniciones y banquetas	9,649,709.25
9 Señalamiento horizontal y vertical	2,105,424.07
10 Alumbrado publico	2,835,803.75
11 Semaforización	1,159,835.45
12 Señalamiento de protección de obra	327,760.55
Subtotal	129,310,344.83
IVA	20,689,655.17
Total	150,000,000.00

Fuente: SOP Proyecto Ejecutivo

1.6 Descripción de los principales beneficios del proyecto

Con la construcción de este puente se mejorarán las condiciones de circulación del tránsito local así como del tránsito de largo itinerario. Con esta solución se obtienen una serie de ventajas para los usuarios:

- Aumentar las velocidades de operación
- Reducir los tiempos de recorrido
- Reducir los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos
- Ofrecer comodidad y seguridad para los usuarios
- Disminuir la posibilidad de accidentes al reducirse los cruces a nivel
- Mejorar los niveles de servicio
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido

1.7 Riesgos asociados al proyecto

El principal riesgo que presenta este proyecto es el de la disponibilidad de la totalidad de los recursos para la conclusión de la obra en el tiempo y forma previsto.

Otros riesgos asociados al proyecto son los siguientes:

- La demanda social de obras adicionales al momento de la construcción
- Retrasos en la entrega por problemas técnicos y fenómenos inflacionarios, los cuales podrían incrementar su costo y los tiempos de ejecución

1.8 Indicadores de rentabilidad

Tabla 1. 3 Indicadores de rentabilidad para el proyecto (pesos de 2021)

Indicador	Monto
Inversión privada con IVA	150,000,000
Inversión social	129,310,344
Valor Actual Neto (VAN)	225,618,790
Tasa Interna de Retorno (TIR)	22.38 %
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)	19.23 %

Fuente: Elaboración propia

1.9 Conclusiones

Con la construcción del Puente, se contribuye a mejorar las condiciones viales en las Avenidas implicadas, así como en sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social y económico, y además:

- Se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular.
- Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios.

Este proyecto cumple su propósito de mejorar el nivel de servicio de esa vialidad, lo que permitirá un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo que se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero de la región.

II. Situación Actual del proyecto

2.1 Diagnóstico de la situación actual

La Ciudad de Aguascalientes cuenta con una red vial importante, con carreteras que son vías de comunicación nacional y estatal, asimismo, cuenta con tres anillos periféricos, el primero de estos alguna vez fue el periférico de la ciudad, llamada en memoria de la Convención Revolucionaria, "Avenida Convención de 1914" ahora es una avenida relativamente céntrica.

El segundo anillo llamado en honor de la ciudad "Avenida Aguascalientes", periférico también y debido al crecimiento de la ciudad hizo que quedara en medio de muchas colonias y fraccionamientos. Y por último el tercer anillo, llamado en alusión al cambio de centuria "Avenida Siglo XXI", que recientemente fue concluida.



Figura 1. Crucero de Av. Aguascalientes en el Cruce con la Av. Miguel Ángel Barberena (Coordenadas 21°53'40.8"N 102°16'02.5"W)



Figura 2. Cruce de Av. Miguel Ángel Barberena en el Cruce con la Av. Aguascalientes Oriente (Coordenadas 21°53'41.7"N 102°16'03.0"W)

Aun cuando el año pasado se instalaron semáforos inteligentes para hacer el flujo continuo en la vialidad, sin embargo no se han alcanzado a disminuir las demoras y retenciones, generando problemas de embotellamientos y afectando significativamente los costos de transporte. En este contexto, una mejora en dicho cruce fortalece la intensa actividad económica, turística y comercial de la región.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el Municipio de Aguascalientes, durante el año 2020, hubo 4,173 accidentes de tránsito en zonas urbanas y suburbanas, de los cuales 69 resultaron fatales. Según el programa de Desarrollo de la Ciudad de Aguascalientes 2040 y que conforman una de las intersecciones identificadas por el mismo programa como uno de los cruces conflictivos dentro de la ciudad, ya que dicho punto promedia alrededor de entre 8 y 10 accidentes viales en la zona por mes

2.2 Análisis de la oferta existente

El cruce que forman la Av. Aguascalientes Oriente y Av. Miguel Ángel Barberena es a nivel y operado con semáforos. Las vialidades operan en doble sentido de circulación.

En el lugar de análisis, la Av. Aguascalientes cuenta con dos calzadas con tres carriles centrales y dos laterales con dos carriles por sentido, así como un camellón de 8.9 m.

Analizando la sección sobre Av. Aguascalientes en el punto del cruce con Av. Miguel Ángel Barberena, presenta las siguientes dimensiones.

Tabla 2. 1 Datos de la sección en Av. Aguascalientes

Vialidad	Av. Aguascalientes Oriente
Ancho total de sección (m)	51.5
Ancho de banqueta norte (m)	1.5
Lateral norte (m)	7.0
Camellón lateral norte	.9
Ancho calzada norte (m)	10.5
Número de carriles calzada norte	3
Camellón Central	8.2
Ancho Calzada Sur	10.5
Número Carriles Calzada sur	3
Ancho camellón lateral sur (m)	0.9
Ancho Lateral Sur	7.0
Ancho banqueta sur (m)	5.0

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tabla 2.2 Datos de la sección en Av. Miguel Ángel Barberena

Vialidad	Av. Miguel Ángel Barberena
Ancho total de sección (m)	23.2
Sentidos sobre sección	2
Ancho banqueta norte (m)	1.6
Ancho banqueta Sur (m)	1.6
Ancho Calzada Norte (m)	9.60
Ancho Calzada Sur (m)	9.60
Ancho camellón central (m)	0.80
Total de carriles en la calzada	6
Ancho promedio carriles (m)	3.2

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tal como se ha mencionado con anterioridad, éste cruce es a nivel y ya cuenta con adecuaciones geométricas a fin de facilitar los movimientos direccionales. Asimismo, la intersección está controlada por semáforos que se encuentran operando mediante un esquema de sincronización que comprende toda la avenida.

Tabla 2.3 Datos de la oferta en situación actual

Concepto	Av. Aguascalientes Oriente	Av. Miguel Ángel Barberena
Tipo de pavimento	Asfalto	Concreto Hidráulico
Velocidad de operación (periodo con congestión) km/h*	37	28
Velocidad de operación (periodo sin congestión) km/h*	41	30
Tipo de terreno	p	P
Estado físico	Regular	Regular
Índice internacional de rugosidad (IRI)	4.3	4.3

Nota: Las velocidades reportadas se refieren a las del automóvil y representan la velocidad promedio de todos los movimientos.

Para determinar la velocidad de operación actual se realizó un estudio mediante el método del vehículo flotante, se efectuaron seis (6) recorridos en los que se realizaron cada uno de los movimientos direccionales. Tres de los recorridos en periodos de alta demanda (con congestión) y los tres restantes en condiciones de baja demanda (sin congestión), las distancias de recorrido se midieron mediante odómetro de alta precisión y se determinaron los tiempos de recorrido para cada uno de movimientos direccionales que se realizan en el cruce.

Es importante señalar que, aunque lo que se miden son tiempos de recorrido, la variable analizada es en realidad la velocidad media de recorrido.

A fin de facilitar la evaluación económica del proyecto, el tipo de análisis seleccionado es mediante la agrupación de movimientos de frente y movimientos direccionales, por lo que para contar con la información adecuada para realizarlo se procedió a agrupar las velocidades en dicho criterio, obteniendo los promedios correspondientes.

Tabla 2.4 Velocidad de operación por tipo de movimiento

Tramo	Recorridos con congestión				Recorridos sin congestión			
	1	2	3	Promedio	4	5	6	Promedio
Av. Aguascalientes	38	37	36	37	42	41	41	41
Av. Miguel Ángel Barberena	29	28	28	28	30	31	29	30

Fuente Elaboración propia

2.3 Análisis de la demanda actual

Para determinar el volumen y características del tránsito que circula por la Av. Aguascalientes Oriente en la intersección con Av. Miguel Ángel Barberena, se llevaron a cabo conteos puntuales, a partir de los cuales se pudo determinar el aforo vehicular. De igual manera se analizaron los movimientos direccionales en el cruce.

Con el objeto de facilitar la evaluación del proyecto se procedió a clasificar los distintos movimientos que se efectúan en el cruce en dos tipos: movimientos de frente y movimientos direccionales (vueltas izquierdas y derechas).

Tabla 2.5 Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en la zona de análisis

Vialidad	Composición Vehicular			
	TDPA	A	B	C
Av. Aguascalientes Oriente	40,800	86.54 %	1.24 %	12.22 %
Av. Miguel Ángel Barberena	10,2800	95.11 %	2.53 %	2.36 %

Fuente Elaboración propia

Tomando en cuenta que se trata de un cruce de características urbanas, se puede decir que las condiciones de la operación varían considerablemente a lo largo del día, dado que la demanda se concentra en intervalos pico y en las horas valle se tiene una operación más fluida. Por lo anterior, a fin de tener un mejor análisis se dividió la demanda en dos periodos: "con congestión" y "sin congestión".

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

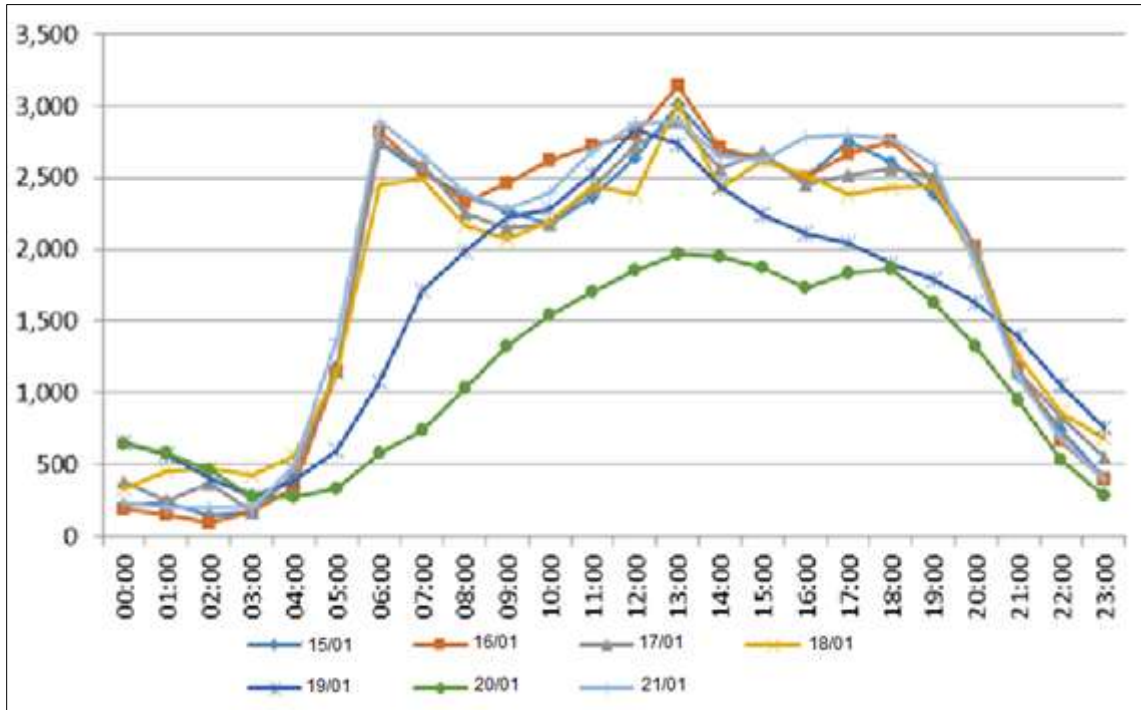


Figura 3. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Aguascalientes Oriente

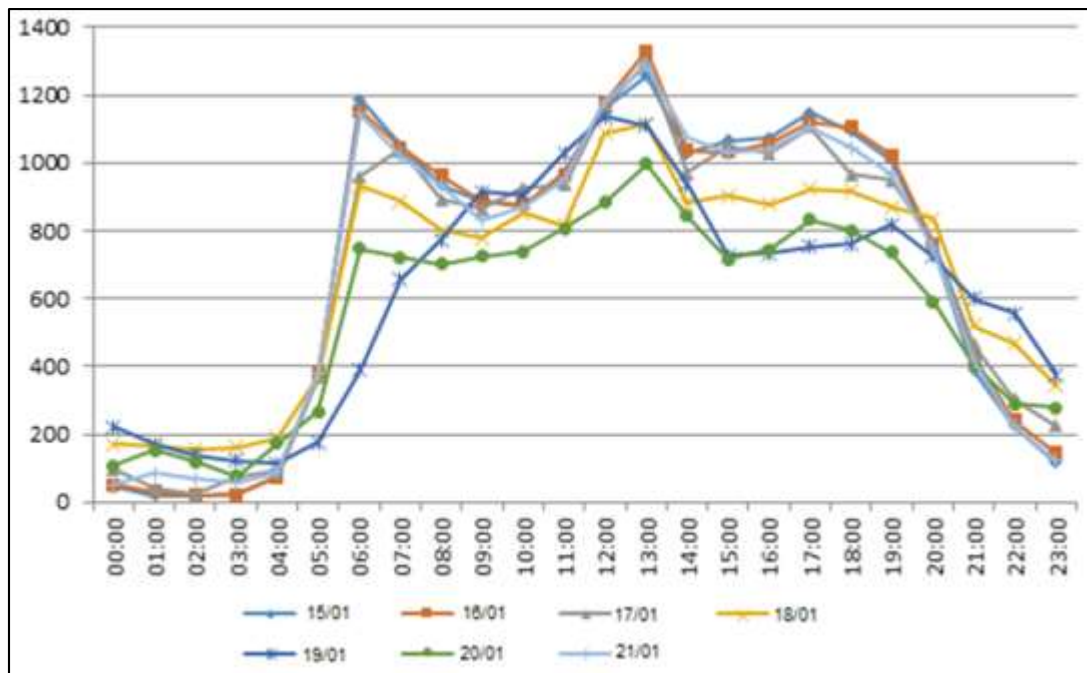


Figura 4. Comportamiento horario del flujo vehicular en la Av. Miguel Ángel Barberena

La determinación de los aforos vehiculares se realizó mediante conteo directo en la semana del 15 al 21 de enero del presente año.

Al tratarse de un cruce operando a nivel, todos los movimientos direccionales implican un riesgo de accidentalidad, básicamente en los puntos en que la trayectoria de cada movimiento direccional se intersecta con la de otro, estos puntos de intersección entre trayectorias en Ingeniería de Tránsito se les llama "puntos de conflictos en intersecciones", el nivel de riesgo se incrementa de forma directa con el volumen de tránsito que utiliza el entronque.

Para el caso del entronque en análisis al ser de 3 ramas de doble circulación se tienen 11 puntos de conflictos, de los cuales 3 son de cruce, 4 de convergencia y 4 de divergencia.

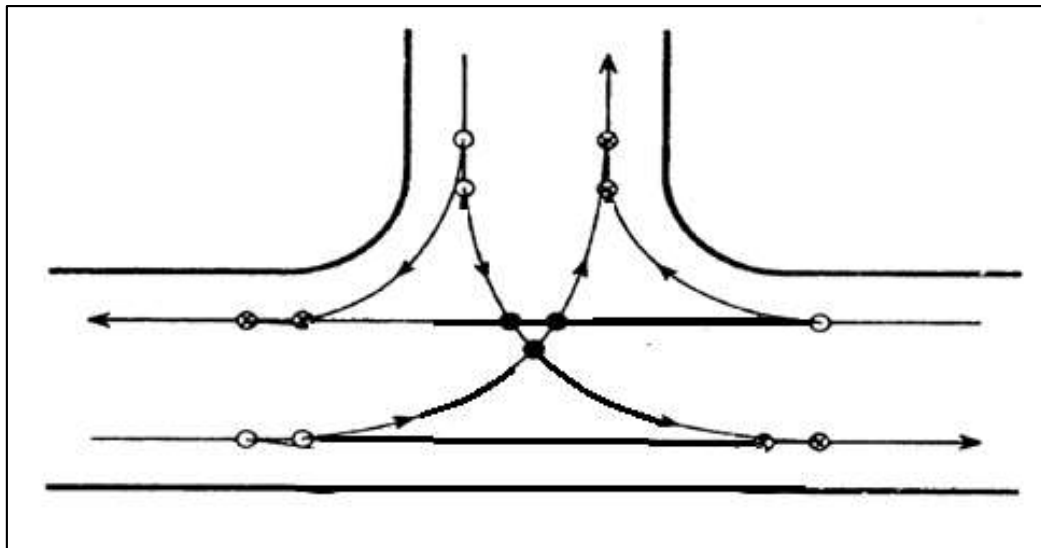


Figura 5. Puntos de conflicto en una intersección de 3 ramas

En ese sentido y aun cuando todos los movimientos presentan riesgo potencial de accidente, se puede decir que las vueltas derechas presentan menor riesgo al tener sólo tres puntos de conflicto con otros movimientos, que son uno de divergencia y dos de convergencia. Mientras que los movimientos de frente y vueltas izquierdas son más riesgosos al presentar ocho puntos de conflicto, que son cuatro de intersección de trayectoria, dos de convergencia y dos de divergencia.

Para conocer la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA), se analizó el reporte de Vehículos de motor registrados en circulación emitido por el INEGI para el estado de Aguascalientes, considerando del año 2009 al 2018, que es el último año reportado. Se tomó la información proporcionada por el INEGI, toda vez que esta información es generada por Gobierno del Estado quien lleva el registro vehicular y quien lo reporta al INEGI. Por otra parte, en la ciudad de

Aguascalientes circula del orden del 80 % de la totalidad de los vehículos en el Estado, pues es donde se concentra cerca del 80 % de la población total.

Aunado a lo anterior, la Av. Aguascalientes es uno de los tres anillos periféricos con los que cuenta la ciudad y una de las vialidades con mayor aforo vehicular, por lo que los incrementos en el parque vehicular se ven reflejados de manera directa en esta vialidad.

Se consideró de mayor relevancia este supuesto, toda vez que los puntos de verificación con los que cuenta la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, quienes si presentan datos históricos no se encuentran cerca de este punto y su información pudiera ser menos relevante.

Tabla 2. 6 Tasa de crecimiento anual de vehículos

Año	Vehículos totales	Tasa de crecimiento
2010	430,807	4.60%
2011	444,089	3.08%
2012	453,992	2.23%
2013	470,891	3.72%
2014	488,484	3.74%
2015	516,274	5.69%
2016	543,800	5.33%
2017	569,134	4.66%
2018	611,917	7.52%
2019	648,759	6.02%
2020	676,375	4.26%

Fuente INEGI Vehículos de motor registrados en circulación

Los datos históricos registrados para los años 2010 al 2020, dan como resultado una tasa del 4.6 % anual para el estado de Aguascalientes, mientras que a nivel nacional la tasa promedio fue del 4.62 %; sin embargo, para realizar un análisis conservador se decidió adoptar la tasa de 3.0 % anual como TCMA del proyecto.

Tabla 2.7 Composición vehicular por movimiento

Vialidad	TDPA		Composición Vehicular		
	Congestión	No Congestión	A	B	C
Av. Aguascalientes	34,546	6,254	86.54%	1.24%	12.22%
Av. Miguel Ángel Barberena	8,788	1,412	95.11%	2.53%	2.36%

Fuente Elaboración propia

2.4 Interacción de la oferta - demanda

Para la determinación del comportamiento vehicular en el cruce de Av. Aguascalientes Oriente y Av. Miguel Ángel Barberena, se procedió a determinar los costos y tiempos que los usuarios les toma realizar el cruce, dadas las condiciones descritas anteriormente.

Tabla 2.8 Interacción de la oferta demanda en la situación actual

Concepto	Velocidad (km/hr)		Tiempo (min)	
	Con Congestión	Sin Congestión	Con Congestión	Sin Congestión
Av. Aguascalientes	37	41	1.61	1.48
Av. Miguel Ángel Barberena	28	30	2.13	2.02

Fuente Elaboración propia

Tabla 2.9 Interacción de la oferta demanda en la situación actual (\$/km)

Concepto	Costo Operación Vehicular	
	Con Congestión	Sin Congestión
Av. Aguascalientes	3.67	3.35
Av. Miguel Ángel Barberena	3.69	3.36

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a lo establecido en el Manual de Capacidad Vial, en la Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena, se presentan un nivel que opera en prácticamente un nivel D, provocando que los usuarios experimentan demoras superiores a los 85 segundos por vehículo.

Tabla 2.10 Nivel de Servicio en la situación actual

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	40,800	D	10,200	D
1	42,024	D	10,506	D
2	43,285	D	10,821	D
3	44,583	D	11,146	D
4	45,921	D	11,480	D
5	47,298	D	11,825	D
6	48,717	D	12,179	D
7	50,179	D	12,545	D
8	51,684	D	12,921	D
9	53,235	D	13,309	D
10	54,832	E	13,708	D
11	56,477	E	14,119	D
12	58,171	E	14,543	D
13	59,916	E	14,979	D
14	61,714	E	15,428	D

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
15	63,565	E	15,891	D
16	65,472	E	16,368	D
17	67,436	E	16,859	D
18	69,459	E	17,365	D
19	71,543	E	17,886	D
20	73,689	F	18,422	E
21	75,900	F	18,975	E
22	78,177	F	19,544	E
23	80,522	F	20,131	E
24	82,938	F	20,734	E
25	85,426	F	21,357	E
26	87,989	F	21,997	E
27	90,629	F	22,657	E
28	93,347	F	23,337	E
29	96,148	F	24,037	E
30	99,032	F	24,758	E

Fuente: Elaboración propia

III. Situación sin el proyecto

3.1 Optimizaciones

Las medidas de optimización, son medidas de bajo costo o administrativas que buscan mejorar las condiciones de la situación actual de tal manera que no se atribuyan beneficios que pudieran obtenerse a menor costo.

En caso de que el proyecto no se realice, se harían trabajos de mejora al señalamiento horizontal y vertical del tramo, con el fin de dar mayor seguridad a los usuarios. Además, a efecto de mejorar el estado superficial del tramo se aplicarían una serie de trabajos al pavimento, iniciando con un bacheo superficial con concreto asfáltico en sub tramos aislados, y en casos donde se presenta mayores deformaciones se tendrán que reponer las losas de concreto. Por último, se realizará el pintado del alineamiento horizontal y la complementación del señalamiento vertical para agilizar el tránsito vehicular en la zona.

Tabla 3. 1 Costo estimado de las optimizaciones (pesos 2021)

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo
Pintado de raya	m	2000	12.56	25,120.00
Violetas e indicadores de alineamiento	Pza	1000	185.46	185,460.00
Señalamiento vertical	Pza	25	2458.38	61,459.50
Bacheo	m ²	325	235.65	76,586.25
Rehabilitación parcial de losas de concreto	m ²	435	545	237,075.00
Carpeta de un riego con emulsión modificada con polímeros	m ²	2630	345.75	909,322.50
			Subtotal	1,495,023.25
			IVA	239,203.72
			Total	1,734,226.97

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a precios índice

Por el tipo de trabajos planteados, se deberán realizar las labores de mantenimiento a la superficie de rodamiento al menos cada 3 años, para que se mantengan los beneficios alcanzados por las medidas de optimización.

Al continuar el crecimiento normal del tránsito aumentará el número de usuarios en el tramo y con el mejoramiento del señalamiento se logrará evitar accidentes; sin embargo, se continuarán generando demoras en los principales cruces, reduciendo el nivel del servicio.

Por lo tanto, con estas acciones no se elevarán de manera significativa las velocidades de operación, debido a que continuará existiendo un proceso acelerado de saturación del tramo, además que el tránsito que circule por él seguirá teniendo conflictos por problemas de congestión.

Por la importancia de estas vialidades para la conectividad de las personas, las condiciones de continuidad, comodidad y seguridad a los usuarios de este crucero, no se consideran óptimas con la situación actual optimizada.

3.2 Análisis de la oferta

Las características geométricas no se modifican con las optimizaciones. La mayor parte de los factores que determinan la capacidad de la vía permanecen constantes, ésta igualmente se encuentra inalterada en la situación sin proyecto.

Tabla 3. 2 Datos de la sección en Av. Aguascalientes Situación Sin Proyecto

Vialidad	Av. Aguascalientes Oriente
Ancho total de sección (m)	51.5
Ancho de banquetta norte (m)	1.5
Lateral norte (m)	7.0
Camellón lateral norte	.9
Ancho calzada norte (m)	10.5
Número de carriles calzada norte	3
Camellón Central	8.2
Ancho Calzada Sur	10.5
Número Carriles Calzada sur	3
Ancho camellón lateral sur (m)	0.9
Ancho Lateral Sur	7.0
Ancho banquetta sur (m)	5.0

Fuente Proyecto Ejecutivo

Tabla 3. 3 Datos de la sección en Av. Miguel Ángel Barberena

Vialidad	Av. Miguel Ángel Barberena
Ancho total de sección (m)	23.2
Sentidos sobre sección	2
Ancho banquetta norte (m)	1.6
Ancho banquetta Sur (m)	1.6
Ancho Calzada Norte (m)	9.60
Ancho Calzada Sur (m)	9.60
Ancho camellón central (m)	0.80
Total de carriles en la calzada	6
Ancho promedio carriles (m)	3.2

Fuente Proyecto Ejecutivo

La velocidad se refiere a la de los vehículos ligeros y es el promedio ponderado de la de los diferentes movimientos direccionales.

3.3 Análisis de la demanda

Dado que los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación del tramo, además de tratarse de vialidades existentes, por lo que la demanda permanece prácticamente constante. En ese sentido, se considera la misma que fue detallada en capítulos anteriores.

Tabla 3.4 Composición vehicular por movimiento en la situación optimizada

Vialidad	TDPA		Composición Vehicular		
	Congestión	No Congestión	A	B	C
Av. Aguascalientes	34,546	6,254	86.54%	1.24%	12.22%
Av. Miguel Ángel Barberena	8,788	1,412	95.11%	2.53%	2.36%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en la Av. Aguascalientes y la Miguel Ángel Barberena se presentan niveles de servicio D, sin embargo, durante las horas pico, se presenta congestión, derivado de los ciclos del semáforo.

Tabla 3. 5 Nivel de Servicio en la situación sin proyecto

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	40,800	D	10,200	D
1	42,024	D	10,506	D
2	43,285	D	10,821	D
3	44,583	D	11,146	D
4	45,921	D	11,480	D
5	47,298	D	11,825	D
6	48,717	D	12,179	D
7	50,179	D	12,545	D
8	51,684	D	12,921	D
9	53,235	D	13,309	D
10	54,832	E	13,708	D
11	56,477	E	14,119	D
12	58,171	E	14,543	D
13	59,916	E	14,979	D
14	61,714	E	15,428	D
15	63,565	E	15,891	D
16	65,472	E	16,368	D
17	67,436	E	16,859	D

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
18	69,459	E	17,365	D
19	71,543	E	17,886	D
20	73,689	F	18,422	E
21	75,900	F	18,975	E
22	78,177	F	19,544	E
23	80,522	F	20,131	E
24	82,938	F	20,734	E
25	85,426	F	21,357	E
26	87,989	F	21,997	E
27	90,629	F	22,657	E
28	93,347	F	23,337	E
29	96,148	F	24,037	E
30	99,032	F	24,758	E

Fuente: Elaboración propia

3.4 Diagnóstico de la interacción Oferta – Demanda

De acuerdo con la TCMA seleccionada (3.0 %), misma que se detalla en el diagnóstico de la situación actual, se calculó el tránsito futuro para el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda, para conocer la problemática que se presentaría en caso de no hacer el proyecto.

Tabla 3. 6 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto

Concepto	Velocidad (km/hr)		Tiempo (min)	
	Con	Sin	Con	Sin
	Congestión	Congestión	Congestión	Congestión
Av. Aguascalientes	39	43	1.63	1.41
Av. Miguel Ángel Barberena	28	33	2.02	1.84

Nota: Las velocidades corresponde a automóviles en condiciones normales de tránsito

Tabla 3. 7 Interacción de la oferta demanda en la situación sin proyecto

Concepto	Costo Operación Vehicular (\$/km)	
	Con Congestión	Sin Congestión
Av. Aguascalientes	3.35	3.06
Av. Miguel Ángel Barberena	3.37	3.06

Fuente Elaboración propia

De acuerdo a las proyecciones del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), los niveles de servicio que se presentarían en condiciones similares a lo que se presenta en la situación actual.

3.5 Alternativas de solución

Con la finalidad de identificar la mejor propuesta para optimizar las condiciones de tránsito en este punto de la ciudad, se analizaron las condiciones técnicas, operativas y económicas de dos alternativas.

Alternativa 1 Paso superior en Av. Aguascalientes Oriente y Av. Miguel Ángel Barberena a nivel.

El proyecto consiste en la construcción de un puente de dos cuerpos de 420 m de longitud sobre la Av. Aguascalientes que albergarán una calzada superior por cada cuerpo de 9.0 m de ancho con dos carriles de 3.75 m de circulación dando tránsito continuo a la Av. Aguascalientes en su trayecto de sur a norte, así como la adecuación, y vuelta izquierda, además de frente con semaforización.

Serán colocadas 16 luminarias con su correspondiente poste en las rampas de acceso, así como un sistema de semaforización constituido por 13 piezas.

Tabla 3.8 Costo de inversión de la alternativa 1 (pesos 2021)

Componente	Monto
1 Adecuación de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión existentes	2,045,257.47
2 Adecuación de instalaciones de línea de agua potable existentes	292,606.98
3 Adecuación de instalaciones de línea de drenaje sanitario existentes	1,057,115.70
4 Terracerías en laterales, bajo puente y rampas de puente	718,625.16
5 Infraestructura, cimentaciones, pilotes y zapatas	3,784,420.80
6 Subestructura muro de accesos, cabezales, muro tierra armada	15,616,259.17
7 Superestructura, trabes de acero, losas y diafragmas	89,717,526.48
8 Pavimento carril acceso rampas, laterales, guarniciones y banquetas	9,649,709.25
9 Señalamiento horizontal y vertical	2,105,424.07
10 Alumbrado publico	2,835,803.75
11 semaforización	1,159,835.45
12 Señalamiento de protección de obra	327,760.55
Subtotal	129,310,344.83
IVA	20,689,655.17
Total	150,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

Los costos de mantenimiento se consideran con una distancia de 1000 m, toda vez que las maniobras de aceleración, desaceleración y preparación para el cruce de la vialidad, tanto en la situación sin proyecto como en la situación con proyecto, se consideran desde 500 m antes del cruce y 500 m después del cruce.

Tabla 3.9 Costos de mantenimiento de la Alternativa 1 (Sin IVA Pesos 2021)

Actividad	Unidad	Cantidad	Monto	Periodicidad
Mantenimiento anual	\$/km/carril	32,500	455,000	Anual
Mantenimiento periódico	\$/km/carril	165,000	2,765,000	Cada 5 años
Mantenimiento rutinaria	\$/km/carril	845,000	14,595,000	Cada 10 años
Reparación mayor	\$/km/carril	2,500,000	35,455,000	Cada 15 Años

Fuente. Elaboración Propia

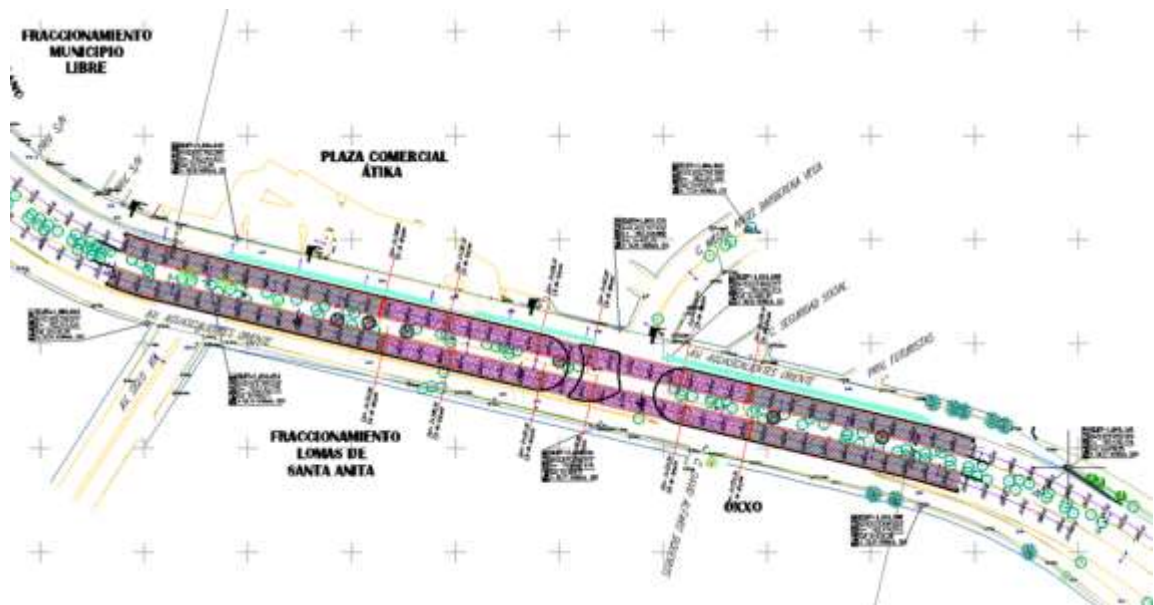


Figura 6 Planta Geométrica Alternativa 1

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

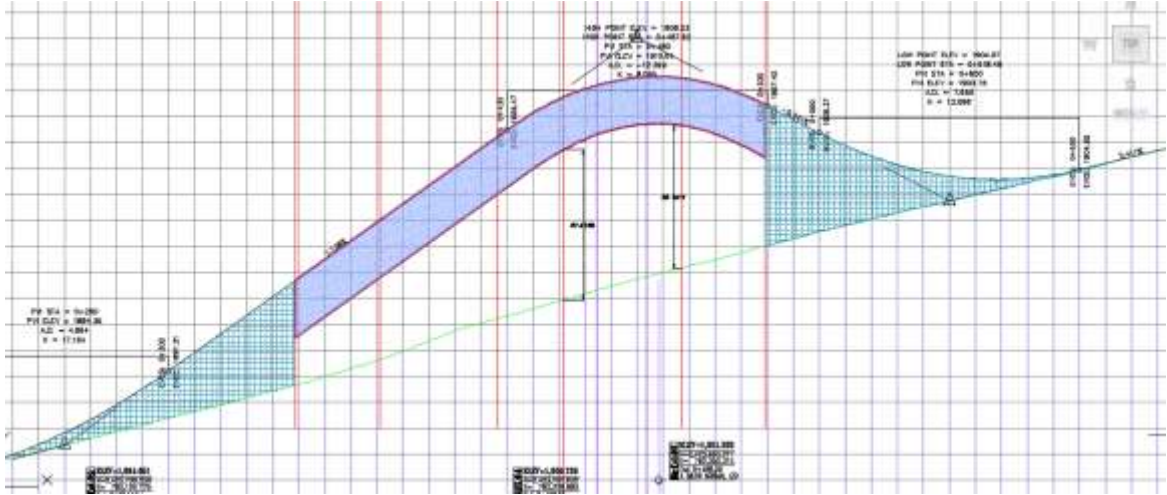


Figura 7. Perfil de la Alternativa 1

Ventajas

- Una solución real y de largo plazo
- Buen nivel de servicio a lo largo de su vida útil
- Velocidades mayores en el tramo

Desventajas

- Pudiera presentarse inconformidad en lo propietarios de los predios o comercios aledaños a la ubicación del puente
- Costos de operación elevados pues al combinarse la topografía del terreno con las rampas de acceso al puente, se presenta pendientes más pronunciadas

Alternativa 2 Paso a Desnivel Inferior

Paso inferior vehicular de una calzada centrales con dos carriles de circulación en el sentido de sur a norte, y dos carriles laterales por calzada a nivel, ampliándose a cuatro carriles a nivel en el entronque para movimientos de retorno y vuelta derecha continuos con precaución, y vuelta izquierda, así como de frente con semaforización.

Tabla 3.10 Costo de inversión de la alternativa 2 (pesos 2021)

Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Preliminares	m ²	30,600	134.42	4,113,252.00	4,771,372.32
Construcción de Muros laterales de concreto hidráulico con armado de acero estructural de 6 a 2 m de	m ²	1282.5	1,308.12	1,677,663.90	1,946,090.12

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
altura, ubicados en rampas de acceso al paso inferior					
Pila de 90 cm de diámetro x 10 m de longitud, construida de concreto premezclado y acero estructural	pza	1650	51,085.26	84,290,679.00	97,777,187.64
Pilas de apoyo intermedio para soporte de estructura del puente. a base de columnas de concreto hidráulico, reforzadas de 13.70 m de altura y 0.80 m de espesor.	pza	60	87,976.84	5,278,610.40	6,123,188.06
Superestructura a base de 50 trabes de acero de 0.70 m de altura, lamina glavadeck	m ²	2,279	9,458.52	21,551,237.82	24,999,435.87
Losa plana en súper estructura de 20 cm de peralte, fabricada con concreto estructural f'c=300 kg/cm ²	m ²	2,279	973.12	2,217,253.92	2,572,014.55
Base de material triturado de banco compactada al 100% de su PVSM, de 25 cms. de espesor	m ²	30,600	465.7	14,250,420.00	16,530,487.20
Pavimento a base de concreto con acero armado, con juntas transversales a cada 4.5m incluye la conformación de base y sub base de materiales graduados	m ²	30,600	854.12	26,136,072.00	30,317,843.52
Construcción de drenaje pluvial para el desalojo del agua al interior del paso a desnivel a base de tubería de PEAD de 91 cm de diámetro Tipo ADS	m	5175	1,574.00	8,145,450.00	9,448,722.00
Coladera pluvial de acero con rejilla de 1 m * 0.64	pza	42	2,450.00	102,900.00	119,364.00
Pozos de visita de 60 cm *150 cm de 1.5 a 5.0 m de profundidad	pza	30	7,325.98	219,779.40	254,944.10
Señalamiento horizontal mediante pintura de carriles separadores, pasos peatonales y rayas canalizadoras	m	12,420	12.48	155,001.60	179,801.86
Señalamiento vertical a base de señales informativas, preventivas, restrictivas	pza	93	914.25	85,025.25	98,629.29
Sistema de semaforización exclusiva en los cruces que se mantienen a nivel y cruces peatonales para albergar 8 semáforos vehiculares y 4 semáforo peatonal	pza	18	108,816.66	1,958,699.88	2,272,091.86
Instalación de línea de alimentación para alumbrado público (cable y ducto)	m ²	780	431.6	336,648.00	390,511.68
Poste de alumbrado cónico metálico de 11 m con luminaria tipo urbana de LED de 110 watts.	pza	37.5	8,386.92	314,509.50	364,831.02

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Componentes	Unidad	Cantidad	PU	Costo sin IVA	Costo con IVA
Luminario de pared o techo, en interior del paso a desnivel, luminaria tipo urbana de vapor de sodio de 500 w; incluye, soportes, bases y conexiones necesarias	pza	142.5	3,405.54	485,289.45	562,935.76
Parapeto metálico de t-34.1.4 de acero galvanizado.	m	1425	2,036.35	2,901,798.75	3,366,086.55
			Subtotal	174,220,290.87	202,095,537.41

Fuente: Elaboración propia a base de precios índice

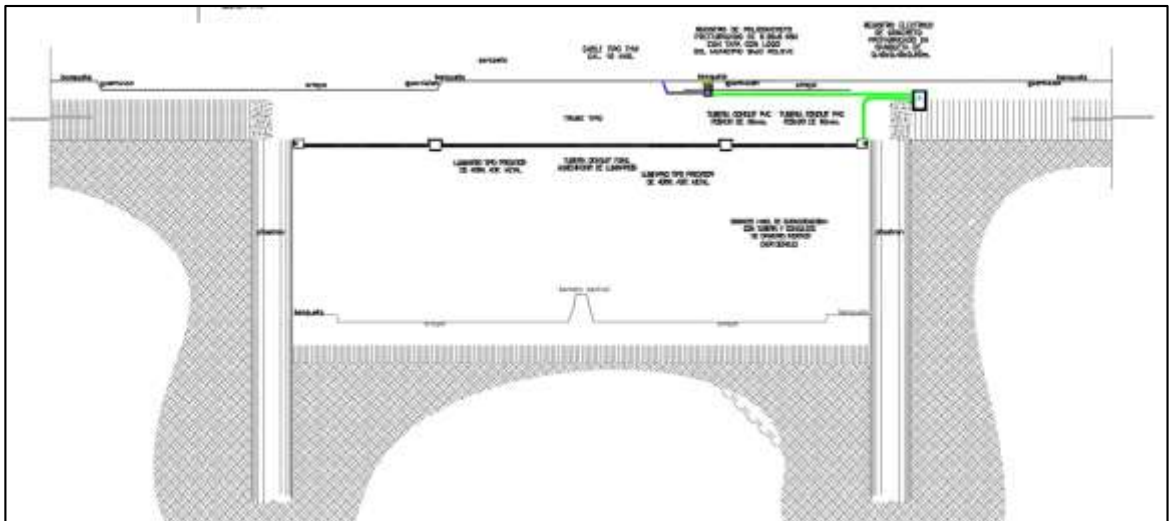


Figura 8. Sección tipo de la alternativa 2 Paso a desnivel

Los costos de mantenimiento se consideran con una distancia de 1000 m toda vez que las maniobras de aceleración, desaceleración y preparación para el cruce de la vialidad, tanto en la situación sin proyecto como en la situación con proyecto, se consideran desde 500 m antes del cruce y 500 m después del cruce.

Tabla 3.11 Costos de mantenimiento de la Alternativa 2 (Sin IVA 2021)

Actividad	Unidad	Cantidad	Monto	Periodicidad
Mantenimiento anual	\$/km/carril	32,500	455,000	Anual
Mantenimiento periódico	\$/km/carril	165,000	2,765,000	Cada 5 años
Mantenimiento rutinaria	\$/km/carril	845,000	14,595,000	Cada 10 años
Reparación mayor	\$/km/carril	2,500,000	35,455,000	Cada 15 Años

Fuente. Elaboración Propia

Ventajas

- La construcción de paso inferior no afecta la actividad de los comercios aledaños

- Se permite el flujo vehicular continuo de Av. Aguascalientes oriente.
- Esta alternativa permitirá la vuelta izquierda con mayor fluidez del flujo vehicular de Av. Aguascalientes

Desventajas

- Se requiere hacer obras de desalojo de agua pluvial, lo que incrementa el costo

Para mantener la óptima operación de la infraestructura planteada en ambas alternativas se requiere de establecer un plan de mantenimiento, que se ha determinado de acuerdo a precios paramétricos establecido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y divide en mantenimiento periódico que se realiza quinquenalmente, conservación mayor a realizarse cada quince años, reparaciones específicas y reconstrucción.

Estas se han calculado sobre precios paramétricos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

A fin de llegar a esta conclusión de manera objetiva y cuantitativa para determinar cuál es la mejor opción, se consideró al Costo Anual Equivalente como indicador de referencia, toda vez que en su cálculo incluye los costos en los que se incurre tanto de inversión como de operación a lo largo de todo el horizonte de evaluación.

Tabla 3.12 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 1 (pesos 2021)

Año	Inversión	Costos por molestias	Normal	Rutinaria	Reconstrucción	Costo total
0	129,310,344	26,064,272	0	0	0	155,374,616
1			455,000	0	0	455,000
2			455,000	0	0	455,000
3			455,000	0	0	455,000
4			455,000	2,310,000	0	2,765,000
5			455,000	0	0	455,000
6			455,000	0	0	455,000
7			455,000	0	0	455,000
8			455,000	0	0	455,000
9			455,000	14,140,000	0	14,595,000
10			455,000	0	0	455,000
11			455,000	0	0	455,000
12			455,000	0	0	455,000
13			455,000	0	0	455,000

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

14	455,000	0	0	455,000
15	455,000	0	0	455,000
16	455,000	0	35,000,000	35,455,000
17	455,000	0	0	455,000
18	455,000	0	0	455,000
19	455,000	0	0	455,000
20	455,000	0	0	455,000
21	455,000	0	0	455,000
22	455,000	2,310,000	0	2,765,000
23	455,000	0	0	455,000
24	455,000	0	0	455,000
25	455,000	0	0	455,000
26	455,000	0	0	455,000
27	455,000	14,140,000	0	14,595,000
28	455,000	0	0	455,000
29	455,000	0	0	455,000
30	455,000	0	0	455,000
CAE	\$16,993,676.11			
CAN	176,217,724.30			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Cálculo del Costo Anual Equivalente de la Alternativa 2 (pesos 2021)

Año	Inversión	Costos por molestias	Normal	Rutinaria	Reconstrucción	Costo total
0	174,220,291	11,784,095	0	0	0	186,004,386
1			455,000	0	0	455,000
2			455,000	0	0	455,000
3			455,000	0	0	455,000
4			455,000	2,310,000	0	2,765,000
5			455,000	0	0	455,000
6			455,000	0	0	455,000
7			455,000	0	0	455,000
8			455,000	0	0	455,000
9			455,000	14,140,000	0	14,595,000
10			455,000	0	0	455,000
11			455,000	0	0	455,000
12			455,000	0	0	455,000
13			455,000	0	0	455,000
14			455,000	0	0	455,000
15			455,000	0	0	455,000
16			455,000	0	35,000,000	35,455,000
17			455,000	0	0	455,000
18			455,000	0	0	455,000

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

19	455,000	0	0	455,000
20	455,000	0	0	455,000
21	455,000	0	0	455,000
22	455,000	2,310,000	0	2,765,000
23	455,000	0	0	455,000
24	455,000	0	0	455,000
25	455,000	0	0	455,000
26	455,000	0	0	455,000
27	455,000	14,140,000	0	14,595,000
28	455,000	0	0	455,000
29	455,000	0	0	455,000
30	455,000	0	0	455,000
CAE	19,947,478.77			
CAN	206,847,493.78			

Fuente: Elaboración propia

La alternativa 1 representa una solución de largo plazo permitiendo el incremento de las velocidades de operación vehicular, tiene una vida útil proyectada de 30 años con el mantenimiento adecuado, además, generará ahorros para los usuarios en tiempos de recorrido y en operación vehicular, lo cual redundará en un incremento en la calidad de vida de los habitantes de la zona de influencia de esta obra.

La alternativa 2 es la que presenta un Costo Anual Equivalente mayor, toda vez que representa costos de inversión y operación superiores a la Alternativa 1.

Por lo anterior, se considera la Alternativa 1 como la mejor opción a desarrollar y es el proyecto a evaluarse en los siguientes capítulos.

IV. Situación con el proyecto

4.1 Descripción del proyecto

De acuerdo a lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de diciembre de 2013, el proyecto de construcción del Paso a Densivel Superior en Av. Aguascalientes Oriente y Av. Miguel Ángel Barberena, se considera un proyecto de infraestructura económica.

Tabla 4. 1 Tipo de programas y proyectos de inversión

Proyecto de infraestructura económica	X
Proyecto de infraestructura social	
Proyecto de infraestructura gubernamental	
Proyecto de inmuebles	
Programa de adquisiciones	
Programa de mantenimiento	
Otros proyectos de inversión	
Otros programas de inversión	

Fuente: Elaboración propia

Se contemplan 2 estructuras elevadas por la Av. Aguascalientes, una por cada calzada central, con el fin de mantener el camellón central que actualmente es de 9.00 m., con lo cual se conservan los árboles del camellón central, los camellones laterales sí se afectan, pero en estos prácticamente no existen árboles, así mismo bajo la estructura se amplía el camellón a 26.00 m., quedando como zona peatonal ajardinada,



Figura 9. Sección Transversal Proyecto



Figura 10. Planta total del proyecto

Cada estructura contiene 2 carriles de circulación de 3.75 mts. para un ancho de calzada de 7.50 mts., con guarniciones de concreto armado de 0.50 m. a ambos lados rematadas por un parapeto metálico, el puente está formado por 5 claros: 2 de 45.00 m., 2 de 32.50 m., y uno de 25.50 m., con un galibo de poco más de 5.50 m., los apoyos son de concreto armado formados por zapatas, columnas circulares y cabezales, que sostienen 2 trabes de acero tipo cajón que a su vez sostienen la losa de concreto armado, las rampas de acceso usan el método de tierra armada, en donde el pavimento es de concreto hidráulico. Se complementa el proyecto con señalamiento, se mantiene a nivel el entronque semaforizado y se realiza la rehabilitación de la carpeta asfáltica en los accesos.

Tabla 4. 2 Sección de proyecto

Concepto	Cantidad
Longitud del puente (m)	420
Número de carriles por cuerpo elevado	2
Ancho de carriles (m)	3.75
Altura del puente (m)	5.50
Superficie de rodamiento	Concreto Hidráulico
Velocidad de proyecto (km/hr)*	50
Área de pavimento hidráulico (m ²)	6,500
Tipo de terreno	Plano
Alineamiento horizontal (m)	4,800
Estado físico	Bueno
Índice de Rugosidad (IRI m/km)	3

Fuente Proyecto Ejecutivo

Se considera un pavimento hidráulico con índice de rugosidad internacional (IRI) de 3.0 m/km, adecuado para pavimentos nuevos, según lo propuesto por el Banco Mundial y el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

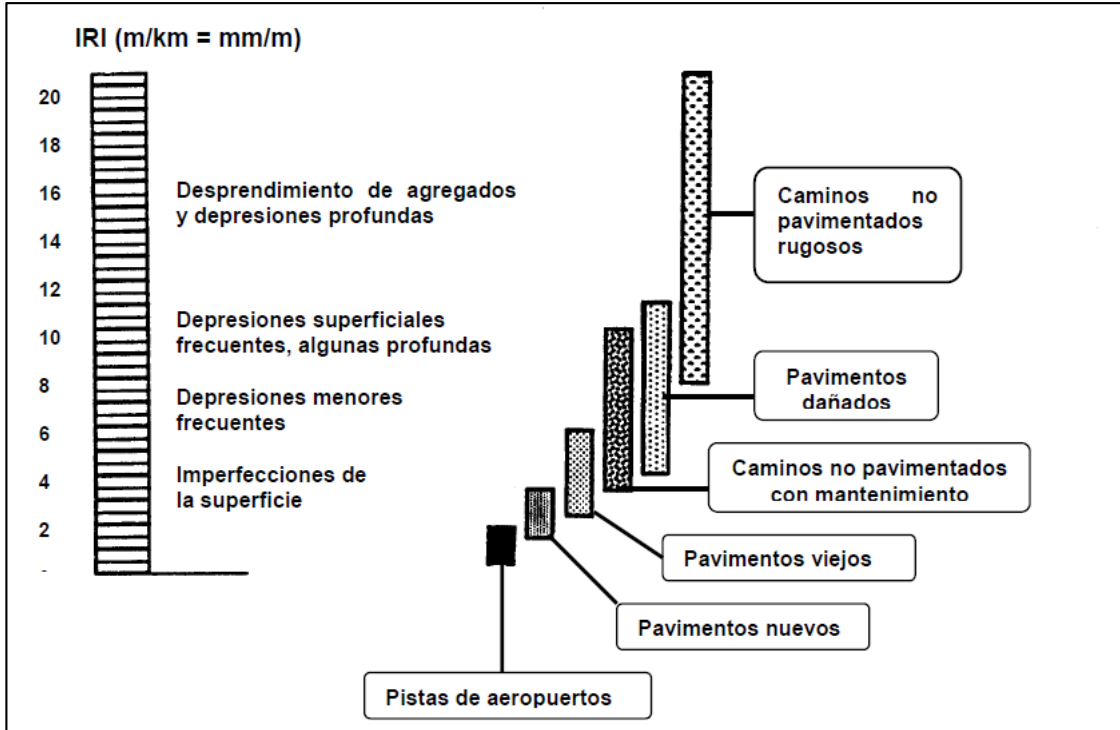


Figura 11 Escala de valores del IRI y las Características de los pavimentos

Debido a que es una intersección semaforizada, cuenta con las fases necesarias para el paso peatonal además del señalamiento horizontal como línea de parada para los vehículos en pintura color blanco y líneas tipo cebra para delimitar paso peatonal.

Tabla 4. 3 Inversión del proyecto (pesos 2021)

Componente	Monto
1 Adecuación de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión existentes	2,045,257.47
2 Adecuación de instalaciones de línea de agua potable existentes	292,606.98
3 Adecuación de instalaciones de línea de drenaje sanitario existentes	1,057,115.70
4 Terracerías en laterales, bajo puente y rampas de puente	718,625.16
5 Infraestructura, cimentaciones, pilotes y zapatas	3,784,420.80
6 Subestructura muro de accesos, cabezales, muro tierra armada	15,616,259.17
7 Superestructura, traveses de acero, losas y diafragmas	89,717,526.48

Componente	Monto
8 Pavimento carril acceso rampas, laterales, guarniciones y banquetas	9,649,709.25
9 Señalamiento horizontal y vertical	2,105,424.07
10 Alumbrado publico	2,835,803.75
11 semaforización	1,159,835.45
12 Señalamiento de protección de obra	327,760.55
Subtotal	129,310,344.83
IVA	20,689,655.17
Total	150,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

4.2 Alineación estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

IV. Ejes generales

IV.3 Desarrollo económico

Objetivo 3.6 Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional.

Para alcanzar el objetivo se proponen las siguientes estrategias:

3.6.1 Contar con una red carretera segura y eficiente que conecte centros de población, puertos, aeropuertos, centros logísticos y de intercambio modal, conservando su valor patrimonial.

3.6.2 Mejorar el acceso a localidades con altos niveles de marginación.

Además, cumple con lo dispuesto en el artículo 34 fracción I de la Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (LFPRH).

Plan Estatal de Desarrollo 2016 - 2022

Eje 5 Aguascalientes Responsable, sustentable y limpio

Planear con visión para mejorar el equipamiento social y construir la infraestructura necesaria que incremente la eficiencia en la movilidad y mejore el hábitat integral en la entidad en beneficio de todos quienes habitamos el Estado.

Programa:

Infraestructura para el desarrollo

Objetivo:

Crear, ampliar y mejorar la infraestructura para lograr el desarrollo integral de las personal y la planta productiva.

Línea de acción:

1. Consolidar y modernizar las vialidades y carretera en el estado

Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2013-2035

Con fecha de 1 de Septiembre de 2014 se publica en el Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes el PROGRAMA ESTATAL DE DESARROLLO URBANO 2013-2035, el cual suple al PEDU 2010-2030.

El Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2010-2030 ("PEDU 2013-35"), tiene como objeto Establecer las políticas, normas técnicas y disposiciones jurídicas, relativas a la ordenación y regulación de los asentamientos humanos, a través de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, tendientes a optimizar el funcionamiento y organización de los espacios urbanizados y urbanizables estableciendo, en general, las estrategias del desarrollo urbano y ordenamiento territorial en la Entidad.

Divide sus estrategias en cinco ejes:

1. Ordenamiento Territorial
2. Equipamiento Urbano
3. Infraestructura y Servicios Urbanos
4. Movilidad y Transporte
5. Vivienda y Reservas Territoriales
6. Fomento para el Desarrollo Económico

De acuerdo al Esquema de Desarrollo Regional, el Municipio donde se pretende desarrollar el proyecto (Municipio de Aguascalientes) se comprende dentro de la zona:

A) Región Metropolitana

Tiene una política urbana de consolidación: A través de la cual se plantea el ordenamiento y el mejoramiento de la estructura básica de aquellos centros de población que ya presentan crecimientos poblacionales y urbanos significativos o cuando por sus características físicas, y condicionantes urbanas no se considera conveniente impulsar su crecimiento demográfico, sino solamente complementar su infraestructura y servicios y re densificar las zonas habitacionales.

El proyecto se comprende dentro de la estrategia "Movilidad y transporte" el cual tiene estipulado entre sus objetivos: "Creación de infraestructura de puentes peatonales y vehiculares"

Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

De acuerdo con la Regionalización de POET, el sitio del proyecto forma parte de la Unidad de Gestión ambiental "Valle Zona Conurbada" con clave UGAT03VC, cuya actividad principal económica es el sector terciario e industria.

Dentro de las estrategias que se le asignan a esta unidad de gestión ambiental y que se relacionan con el desarrollo del proyecto son las siguientes:

- EER3: Reversión de los procesos de degradación ambiental
- EER6: Prevenir y reducir la contaminación ambiental
- ETC1: Desarrollo urbano y territorial armónico y ordenado
- ETC3: Desarrollo y consolidación de la zona Metropolitana de Aguascalientes-Jesús María-San Francisco de los Romo
- ETM3: Consolidar las localidades dotándolas de los servicios de infraestructura y equipamientos básicos.

Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Aguascalientes 2013 - 2035

Con fecha de 20 de Enero de 2014 se publica en el Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes el Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Aguascalientes 2013 – 2035.

Este programa tiene como objetivo general impulsar un proceso de crecimiento ordenado y sustentable de la Ciudad de Aguascalientes y de las localidades del Municipio del mismo nombre, a fin de lograr una mejor calidad de vida de los

habitantes del territorio municipal y un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales y territoriales.

Divide sus estrategias en:

1. Sistema de ciudades.
2. Impulso a polos de desarrollo y localidades de apoyo.
3. Medio físico natural y construido.
4. Políticas territoriales ambientales.
5. Aspectos sociodemográficos y económicos.

El programa tiene como Objetivo general:

“El objetivo de este programa es impulsar un proceso de crecimiento ordenado y sustentable de la Ciudad de Aguascalientes y de las localidades del Municipio del mismo nombre, a fin de lograr una mejor calidad de vida de los habitantes del territorio municipal y un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales y territoriales”.

4.3 Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en el municipio de Aguascalientes, en el Estado de Aguascalientes,



Figura 12. Ubicación regional

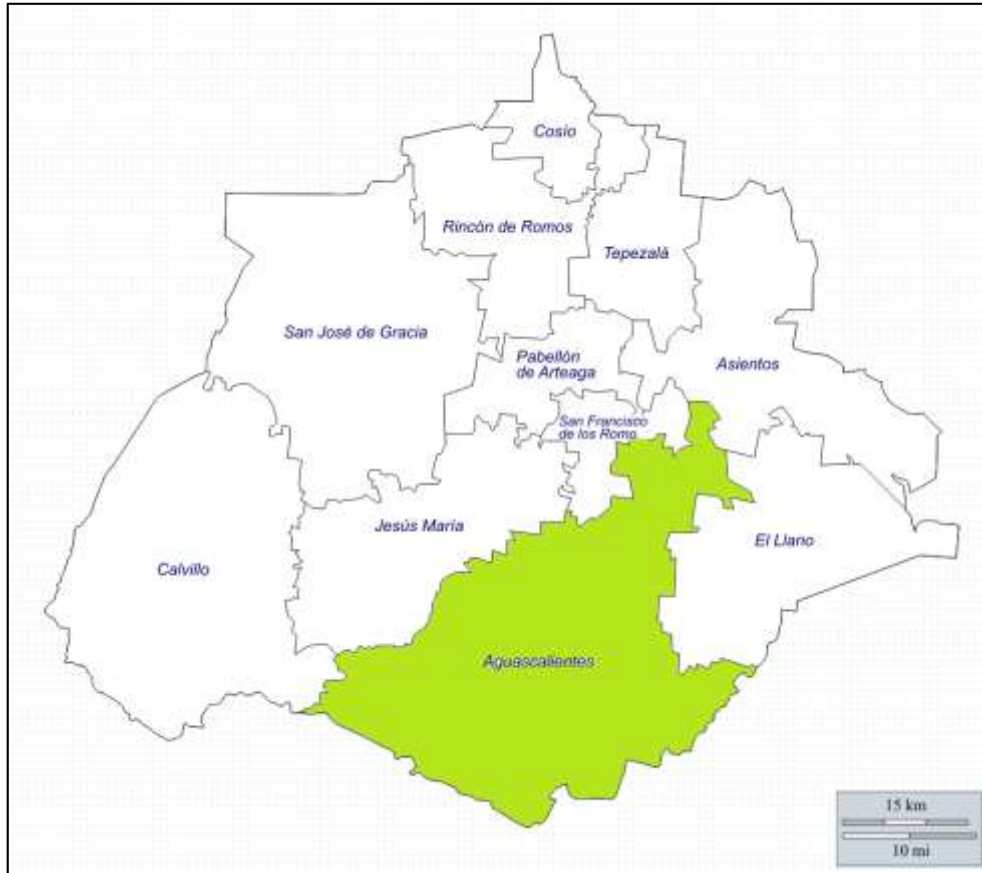


Figura 13. Ubicación del municipio

Se han instalado varias compañías extranjeras importantes, como son: Nissan y Motor Diésel Mexicana, Texas Instruments, son empresas del sector automotriz y de auto partes, la primera de origen japonés en tanto que MDM fue una conversión mexicana-americana.

La Av. Aguascalientes es conocida también como el segundo anillo y representa una de las vialidades más importantes de la ciudad, pues recorre prácticamente la zona urbana.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

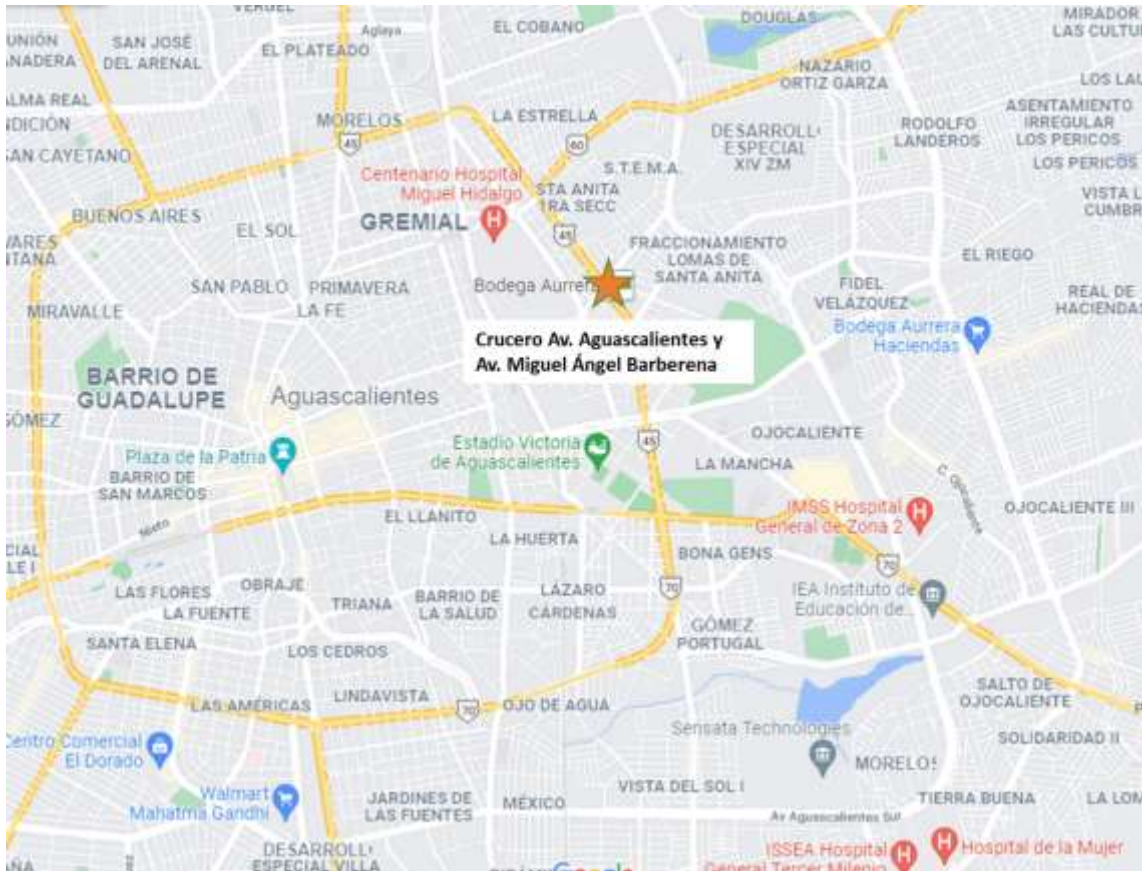


Figura 14. Macro Localización del proyecto

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

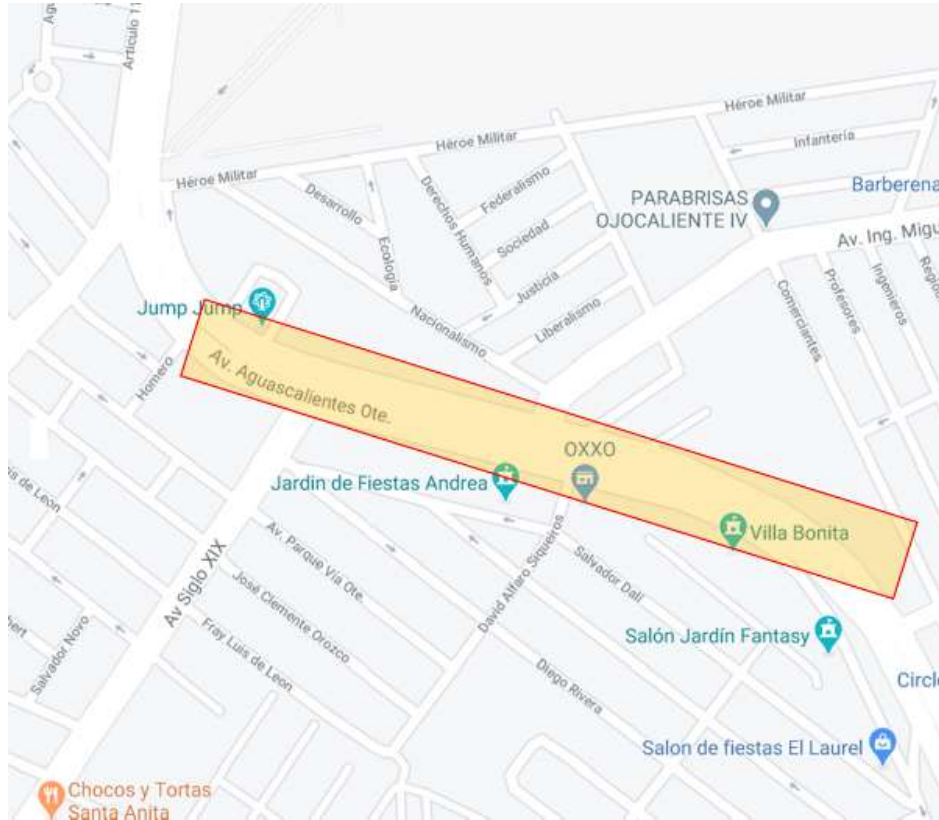


Figura 15 Micro Localización del proyecto (Imagen Google Maps)

Tabla 4.4 Ubicación geográfica del proyecto

Posición	Coordenadas
Inicio	21.895243°N -102.269912°W
Término	21.894272°N -102.265959°W

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Calendario de actividades

Tabla 4.5 Propuesta de calendario de ejecución del proyecto (pesos 2021)

Avance	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Físico (%)	8.00%	10.00	12.00%	15.00%	15.00%	15.00%
Financiero (\$)	40,500,000	11,000,000	14,000,000	17,000,000	18,000,000	18,000,000
Avance	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Físico (%)	15.00%	10.00%				
Financiero (\$)	18,000,000.	13,500,000				
Total avance Físico:					100%	
Total Financiero					\$140,000,000	

Fuente: Elaboración propia

4.5 Monto de inversión

Tabla 4.6 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2021)

Componente	Monto
1 Adecuación de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión existentes	2,045,257.47
2 Adecuación de instalaciones de línea de agua potable existentes	292,606.98
3 Adecuación de instalaciones de línea de drenaje sanitario existentes	1,057,115.70
4 Terracerías en laterales, bajo puente y rampas de puente	718,625.16
5 Infraestructura, cimentaciones, pilotes y zapatas	3,784,420.80
6 Subestructura muro de accesos, cabezales, muro tierra armada	15,616,259.17
7 Superestructura, trabes de acero, losas y diafragmas	89,717,526.48
8 Pavimento carril acceso rampas, laterales, guarniciones y banquetas	9,649,709.25
9 Señalamiento horizontal y vertical	2,105,424.07
10 Alumbrado público	2,835,803.75
11 semaforización	1,159,835.45
12 Señalamiento de protección de obra	327,760.55
Subtotal	129,310,344.83
IVA	20,689,655.17
Total	150,000,000.00

Fuente: SOP Proyecto Ejecutivo

4.6 Fuente de financiamiento

Tabla 4.7 Fuente de financiamiento del proyecto (pesos 2021)

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
1. Federales			
2. Estatales	FIPP&PP	150,000,000.00	100%
3. Municipales			
4. Otros			
Total		150,000,000.00	100%

Fuente: Secretaría de Infraestructura y Comunicaciones del Estado de Aguascalientes

4.7 Capacidad instalada

El proyecto consiste en la construcción de un Paso a Desnivel de 420 m de longitud que albergarán dos cuerpos con calzadas de 7.0 m de ancho con dos carriles de 3.5 m de circulación dando tránsito continuo a la Av. Aguascalientes en dirección sur - norte. También se contará con dos calzadas laterales a nivel con dos carriles

de 3.5 m, para movimientos de retorno y vuelta derecha continuos con precaución, y vuelta izquierda, así como de frente con semaforización.

Tabla 4.8 Nivel de servicio con el proyecto

Vialidad	Velocidad (km/hr)	Nivel de servicio
Av. Aguascalientes Oriente	55	A
Av. Miguel Ángel Barberena	35	A

Fuente: Velocidad para automóviles, promedio ponderado

Tal como se observa en la tabla anterior, al efectuar el análisis de capacidad se encontró que la Av. Aguascalientes Oriente operaría a un nivel de servicio A, que indica una circulación con flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos en la circulación. La libertad de selección de velocidad no se afecta, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es bueno.

Al comparar estos niveles de servicio con la situación actual, se observa un aumento en la capacidad vial del tramo, y por consiguiente una gran mejoría en los niveles de servicio.

Tabla 4.9 Nivel de Servicio en la situación con proyecto con congestión

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	40,800	d	10,200	D
1	42,024	A	10,506	A
2	43,285	A	10,821	A
3	44,583	A	11,146	A
4	45,921	A	11,480	A
5	47,298	A	11,825	A
6	48,717	A	12,179	A
7	50,179	A	12,545	A
8	51,684	A	12,921	A
9	53,235	A	13,309	A
10	54,832	A	13,708	A
11	56,477	A	14,119	A
12	58,171	A	14,543	A
13	59,916	A	14,979	A
14	61,714	B	15,428	A
15	63,565	B	15,891	A
16	65,472	B	16,368	A
17	67,436	B	16,859	A
18	69,459	B	17,365	A

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
19	71,543	B	17,886	A
20	73,689	B	18,422	B
21	75,900	B	18,975	B
22	78,177	B	19,544	B
23	80,522	B	20,131	B
24	82,938	B	20,734	B
25	85,426	B	21,357	B
26	87,989	B	21,997	B
27	90,629	B	22,657	B
28	93,347	C	23,337	B
29	96,148	C	24,037	B
30	99,032	C	24,758	B

Fuente: Elaboración propia

Teóricamente la capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una autopista o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

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.

Las condiciones de operación de los Niveles de Servicio, que se ilustran a continuación, son:

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 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".

Tal como se observa en la tabla anterior, al efectuar el análisis de capacidad se encontró que la Av. Aguascalientes Oriente operaría a un nivel de servicio A, que indica una circulación con flujo libre, aunque se empiezan a observar otros

vehículos en la circulación. La libertad de selección de velocidad no se afecta, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es bueno.

Al comparar estos niveles de servicio con la situación actual, se observa un aumento en la capacidad vial del tramo y una gran mejoría en los niveles de servicio.

4.8 Metas anuales y totales de producción

Las metas físicas esperadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

Tabla 4.10 Metas físicas anuales (pesos 2021)

Año	Obras por realizar	Inversión	Avance físico
2021	Paso a desnivel en Av. Aguascalientes Oriente con longitud de 420 m y dos carriles de circulación	150,000,000	100 %

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto ejecutivo y la SOP

4.9 Vida útil

El horizonte de evaluación considerado para el presente análisis es de 31 años, de los cuales el primero es para la ejecución del proyecto y los restantes 30 de operación.

Se considera que la vida útil de proyecto es superior a este periodo.

4.10 Descripción de los aspectos más relevantes

- Estudios técnicos

Técnicamente el proyecto ejecutivo se realizó de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT, así como de la Secretaría de Infraestructura y Comunicaciones del Estado de Aguascalientes.

- Estudios legales

El procedimiento de contratación, ejecución y control de las obras se lleva a cabo con base en lo establecido en la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.

Actualmente se cuenta con el derecho de vía necesario debido a que las estructuras se construirán sobre el derecho de vía existente.

- Estudios ambientales

Por el tipo de obra se cuenta con la exención del Manifestación de Impacto Ambiental.

- Estudios de mercado

por su tránsito y las vialidades existentes, en ese sentido el análisis de la demanda llevado a Debido a que la obra es en una vía existente, el mercado del proyecto está dado cabo en las secciones anteriores se equipara al estudio de mercado.

El cual fue determinado a partir de aforos vehiculares cuantificados en el punto donde se va a desarrollar la infraestructura.

- Estudios específicos

Estudio Costo – Beneficio del “Paso a Desnivel en la Av. Aguascalientes Oriente y Av. Miguel Ángel Barberena” que concluye es una obra de infraestructura económicamente rentable.

La puesta en operación de esta obra mejorará la movilidad de los viajeros que circulan por la Av. Aguascalientes Oriente, teniendo una mejor conectividad entre las vialidades que conforman la zona metropolitana de la ciudad de Aguascalientes.

En este contexto, esta obra apoyará al desarrollo del Estado de Aguascalientes, además de potenciar la rentabilidad de las inversiones.

4.11 Análisis de la oferta

Para la Situación con proyecto, considerando la entrada en operación del proyecto, mejorará de forma notable la velocidad y condiciones de operación, por lo que las demoras disminuirían drásticamente.

Es importante mencionar que, con la realización del proyecto de infraestructura presentado (oferta) se pretende disminuir accidentes, impulsar el desarrollo económico y social, y mejorar el nivel de servicio de la vialidad para el volumen de tránsito que utiliza por diversas razones esta zona (demanda).

De manera que la demanda será cubierta con la oferta propuesta, y los costos que se presentan respecto a tiempos de recorrido y el costo operativo de viaje (COV) se reducen de forma sensible, siendo ahora esta reducción beneficios a la comunidad.

Tabla 4. 11 Datos de la oferta con proyecto

Concepto	Av. Aguascalientes Oriente	Av. Miguel Ángel Barberena
Carriles	10	6
Ancho de carril, (m)	3.75	3.20
Ancho de sección, (m)	51.5	25.84
Tipo de pavimento	Concreto Hidráulico	Concreto Hidráulico
Velocidad de operación (periodo con congestión) km/h*	60	60
Tipo de terreno	P	p
Estado físico	Satisfactorio	Satisfactorio
Índice internacional de rugosidad (IRI)	2.5	2.5

Nota: Las velocidades reportadas se refieren a las del automóvil y representan la velocidad promedio de todos los movimientos.

4.12 Análisis de la demanda

La demanda en la situación con proyecto se conforma exclusivamente por el tránsito asignado (TA, obtenido de los aforos vehiculares), y su valor en el tiempo, por el crecimiento normal de tránsito (CNT, véase determinación de la TCMA en el inciso b del capítulo 3 de este Documento); es decir, no se considera en la asignación de tránsito los que por producto del tránsito generado (TG) o desarrollado (TD) se creen. Así entonces, la demanda en la situación con proyecto asume el mismo comportamiento que el de las situaciones previas.

En la tabla siguiente se muestra la demanda considerada para la situación con proyecto, la cual como se puede observar será la misma que tiene la situación actual.

Tabla 4. 12 Composición vehicular por movimiento

Vialidad	TDPA		Composición Vehicular		
	Congestión	No Congestión	A	B	C
Av. Aguascalientes	34,546	6,254	86.54%	1.24%	12.22%
Av. Miguel Ángel Barberena	8,788	1,412	95.11%	2.53%	2.36%

Fuente Elaboración propia

Los movimientos direccionales serían similares en volúmenes a la situación sin proyecto, la diferencia sería que los movimientos de frente de la Av. Aguascalientes serían en el paso a desnivel inferior y el resto a nivel.

Además, generará un mejoramiento a los centros de población colindante, ya que al considerar éstas adecuaciones se tendrá un acceso más fluido en la zona dado el incremento en la movilidad vehicular en las vialidades colindantes.

4.13 Interacción Oferta – Demanda

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

Tabla 4. 13 Interacción de la oferta – demanda en la situación con proyecto

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
0	40,800	A	10,200	D
1	42,024	A	10,506	A
2	43,285	A	10,821	A
3	44,583	A	11,146	A
4	45,921	A	11,480	A
5	47,298	A	11,825	A
6	48,717	A	12,179	A
7	50,179	A	12,545	A
8	51,684	A	12,921	A
9	53,235	A	13,309	A
10	54,832	A	13,708	A
11	56,477	A	14,119	A
12	58,171	A	14,543	A
13	59,916	A	14,979	A
14	61,714	B	15,428	A
15	63,565	B	15,891	A
16	65,472	B	16,368	A
17	67,436	B	16,859	A
18	69,459	B	17,365	A
19	71,543	B	17,886	A
20	73,689	B	18,422	B
21	75,900	B	18,975	B
22	78,177	B	19,544	B
23	80,522	B	20,131	B
24	82,938	B	20,734	B
25	85,426	B	21,357	B
26	87,989	B	21,997	B
27	90,629	B	22,657	B

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Año	Av. Aguascalientes		Av. Miguel Ángel Barberena	
	TDPA	NDS	TDPA	NDS
28	93,347	C	23,337	B
29	96,148	C	24,037	B
30	99,032	C	24,758	B

Fuente: Elaboración propia

V. Evaluación del proyecto

Para la realización de este estudio, se apegó en todo momento a lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público el 30 de diciembre de 2013.

5.1 Identificación, cuantificación y valoración de los costos del proyecto

- Costos de inversión

Para efectos de la evaluación económica, se consideró el monto total de inversión sin IVA. La ejecución de proyecto se hará en dos ejercicios presupuestales, al final del cual se estará en condiciones de operar el tramo para satisfacer la demanda de flujo vehicular al nivel de servicio requerido.

Tabla 5.1 Monto total de inversión del proyecto (pesos 2021)

Componente	Monto
1 Adecuación de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión existentes	2,045,257.47
2 Adecuación de instalaciones de línea de agua potable existentes	292,606.98
3 Adecuación de instalaciones de línea de drenaje sanitario existentes	1,057,115.70
4 Terracerías en laterales, bajo puente y rampas de puente	718,625.16
5 Infraestructura, cimentaciones, pilotes y zapatas	3,784,420.80
6 Subestructura muro de accesos, cabezales, muro tierra armada	15,616,259.17
7 Superestructura, traveses de acero, losas y diafragmas	89,717,526.48
8 Pavimento carril acceso rampas, laterales, guarniciones y banquetas	9,649,709.25
9 Señalamiento horizontal y vertical	2,105,424.07
10 Alumbrado público	2,835,803.75
11 Semaforización	1,159,835.45
12 Señalamiento de protección de obra	327,760.55
Subtotal	129,310,344.83
IVA	20,689,655.17
Total	150,000,000.00

Fuente: Proyecto Ejecutivo

- Costos de mantenimiento

Para mantener en condiciones adecuadas de operación la carretera objeto de estudio, se consideran los siguientes costos de conservación y mantenimiento: (i) mantenimiento rutinario, que incluye la limpieza y la reparación de pequeños desperfectos de la superficie de rodamiento, este se hace de forma anual (ii) mantenimiento periódico que requiere de atención al sellado de juntas entre las losas de concreto y reparaciones intermedias para prevenir afectaciones mayores los cuales se realizan en los años 5, 10, 20 y 25 (ii) reparación mayor de losas de concreto, que consiste en reparar y reponer toda la estructura del pavimento al año 15. En la siguiente tabla se muestran los costos de conservación y mantenimiento para las situaciones sin y con proyecto en las frecuencias indicadas.

Como se manifiesta en la descripción de las alternativas, el costo de los mantenimientos se ha considerado a una longitud de 1,000 m toda vez que se considera que las maniobras de desaceleración, cambio de carriles y aceleración se comienzan a realizar desde 500 m antes del cruce y 500 m posteriores al cruce del puente.

Tabla 5. 2 Costos de conservación y mantenimiento (pesos 2021)

Año	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
0				
1	455,000			455,000
2	455,000			455,000
3	455,000			455,000
4	455,000	2,310,000		2,765,000
5	455,000			455,000
6	455,000			455,000
7	455,000			455,000
8	455,000			455,000
9	455,000	14,140,000		14,595,000
10	455,000			455,000
11	455,000			455,000
12	455,000			455,000
13	455,000			455,000
14	455,000			455,000
15	455,000			455,000
16	455,000		35,000,000	35,455,000
17	455,000			455,000
18	455,000			455,000
19	455,000			455,000
20	455,000			455,000
21	455,000			455,000

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Año	Rutinario	Periódico	Reparación mayor	Costo total
22	455,000	2,310,000		2,765,000
23	455,000			455,000
24	455,000			455,000
25	455,000			455,000
26	455,000			455,000
27	455,000	14,140,000		14,595,000
28	455,000			455,000
29	455,000			455,000
30	455,000			455,000

Fuente: Elaboración propia

- Costos de molestias durante la construcción

Se ha estimado un costo de molestias generadas durante la construcción debido al incremento en el tiempo que les lleva a los automovilistas cruzar la zona de construcción, por la reducción de velocidad de 39 a 31 km/hr. En este sentido el monto estimado es de \$ 26,064,272 mismo que se ha aplicado flujo de evaluación.

5.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del proyecto

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

- Ahorro en tiempo de viaje

Para la estimación de los beneficios por este concepto se requiere como primer insumo fundamental las velocidades a las que transitan los vehículos usuarios de la red de análisis y con ellas determinar los tiempos de recorrido en las situaciones con y sin proyecto. En ambos casos, con y sin proyecto, las velocidades para años futuros se van reduciendo a partir de su valor inicial, de acuerdo con el ritmo de crecimiento del tránsito.

El segundo insumo importante es precisamente el valor económico del tiempo de los usuarios. Estos valores se tomaron del Boletín 186 Notas Técnicas del mes de Febrero 2021, Artículo 1 del IMT "Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2021".

De acuerdo con esta publicación, el valor del tiempo de los pasajeros que viajan por motivo de trabajo es de \$ 80.58 y por motivo de placer de \$ 48.35 por hora.

Con base en información obtenida por la SCT en encuestas origen- destino, elaborada por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, se considera que en promedio un 65.02 % de los pasajeros viaja con motivo de trabajo tanto para automóvil como para autobús.

Tabla 5. 3 Configuración del valor del tiempo (pesos 2021)

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	80.58	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	48.35	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	62	%
Número de pasajeros auto	2.32	pas/veh
Número de pasajeros autobús	20.49	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	19.37	ton/veh

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Mexicano del Transporte

Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo de viaje para cada situación, sin y con proyecto. El costo por tiempo de viaje toma en cuenta el volumen de vehículos diario (TDPA) para autos, autobuses y camiones, el número de pasajeros promedio por tipo de vehículo y el valor del tiempo de los usuarios, elevado al año (365 días) para cada situación (con y sin proyecto). Se calculan los beneficios por ahorro en tiempo de viaje año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. La siguiente tabla muestra los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

- Ahorro en costo de operación vehicular

Los costos de operación vehicular unitarios se obtuvieron empleando el submodelo denominado Vehicle Operating Cost (VOC) que es parte del modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial. Los insumos básicos para las corridas del VOC consideraron los valores reportados por el IMT en su Publicación Técnica 526 "Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2018; José Antonio Arroyo Osorno, Guillermo Torres Vargas, José Alejandro González García, Salvador Hernández García", sobre las características técnicas de los vehículos que operan en México, así como de las características representativas de las carreteras en México para los diferentes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Los parámetros con los que se alimentó el VOC.

Tabla 5. 4 Variables para el cálculo del Costo de Operación Vehicular (pesos 2021)

Parámetro	Unidad	Automóvil	Autobús	Camión
Utilización del vehículo				
1 No. kilómetros conducidos por año	Km	20,000.00	240,000.00	180,000.00
2 No. horas conducidas por año	Horas	1,716.00	2,860.00	2,860.00
3 Índice de utilización horaria	Fracción	0.60	0.80	0.85
4 Vida útil promedio de servicio	Años	6.00	8.00	8.00
5 ¿Usar vida útil constante?	1=Si 0=No	1.00	1.00	1.00
6 Edad del vehículo en kilómetros	Km	70,000.00	750,000.00	600,000.00
7 Número de pasajeros por vehículo	#	2.00	23.00	0.00
Costos unitarios				
1 Precio del vehículo Nuevo	\$	292,051.00	2,211,961.7	1,391,080.00
2 Costo del combustible	\$/litro	15.21	16.15	16.15
3 Costo de los lubricantes	\$/litro	34.48	33.62	33.62
4 Costo por llanta nueva	\$/llanta	1,010.00	2,830.7	2,650
5 Tiempo de los operarios	\$/hora	27.70	71.6	58
6 Tiempo de los pasajeros	\$/hora	0.00	0.00	0.00
7 Mano de obra de mantenimiento	\$/hora	27.15	62.15	43
8 Retención de la carga	\$/hora	0.00	0.00	0.00
9 Tasa de interés anual real	%	3.31	3.31	3.31
10 Costos indirectos por vehículo-km	\$	0.45	1.30	2.09

Fuente: "Publicación Técnica 526 "Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2018" SCT

Los beneficios anuales por este concepto se obtienen con la resta de los costos de operación vehicular anuales totales de la situación sin proyecto menos los correspondientes a la situación con proyecto, año por año para los 30 años del horizonte del proyecto. Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo y se encuentran en las hojas de cálculo anexas.

5.3 Cálculo de indicadores de rentabilidad

La evaluación económica del proyecto se realizó a nivel prefactibilidad utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y costos de obra a partir de precios índice, bajo las siguientes premisas:

- En la situación sin proyecto se considera la situación actual optimizada en cuanto a la calidad de la superficie de rodamiento, eliminación de reductores de velocidad, buen estado físico del señalamiento horizontal y vertical, y una tasa de crecimiento del tránsito del 3.0 % anual durante el periodo de análisis.

- Se consideran costos por molestias, por las características de tránsito urbano.

Valor Actual Neto (VAN):

El VAN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VAN, tanto los costos como los beneficios futuros del programa o proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VAN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VAN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios. Como se menciona anteriormente la tasa social de descuento considerada para el presente proyecto es del 10 %, según lo establecido por la SHCP.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

Se define como la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio del proyecto, es decir, el valor presente de los beneficios netos del proyecto es igual a cero y se debe comparar contra una tasa de retorno deseada.

En este sentido si la TIR calculada para el proyecto es superior a la Tasa Social de Descuento utilizada para el proyecto, nos indica que el proyecto tiene rentabilidad positiva.

Tasa de Rentabilidad Inmediata:

Momento Óptimo de Inversión nos permite identificar en qué momento es más conveniente realizar la inversión, lo que nos permitirá alcanzar una mayor rentabilidad en el proyecto, toda vez que en ocasiones se pueden presentar proyectos que aun cuando presenten un VAN positivo, de postergar la inversión, se incrementaría la rentabilidad del mismo.

Para determinar el Momento Óptimo de Inversión, se realizó el cálculo de la Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI) la cual nos indica que el MOI se presenta cuando la TRI calculada para el primer año de operación es igual o mayor que la tasa social de descuento utilizada para la evaluación del proyecto.

Tabla 5.5 Indicadores de rentabilidad calculados para el presente proyecto (pesos 2021)

Indicador	Monto
Inversión privada con IVA	150,000,000
Inversión social	129,310,344
Valor Actual Neto (VAN)	225,618,790
Tasa Interna de Retorno (TIR)	22.38 %
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)	19.23 %

Fuente: Elaboración propia

5.4 Análisis de sensibilidad

Con el propósito de identificar los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes a proyecto costos de inversión y beneficios 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 (VAN = 0).

De analizó el comportamiento del proyecto ante incrementos en el costo de inversión y decrementos en el volumen vehicular considerado para el proyecto, pues se consideró que estos factores son los que inciden de mayor manera en la rentabilidad del proyecto.

- Incremento en el costo de inversión

Tabla 5.6 Variación en la rentabilidad ante incrementos en la inversión inicial (pesos 2021)

Variación	Inversión Sin IVA	Inversión Con IVA	TIR	VPN (miles)	TRI
1.4	181,034,483	210,000,000	17.42%	173,895	14.42%
1.3	168,103,448	195,000,000	18.43%	186,826	15.38%
1.2	155,172,414	180,000,000	19.57%	199,757	16.48%
1.1	142,241,379	165,000,000	20.87%	212,688	17.75%
1.0	129,310,345	150,000,000	22.38%	225,619	19.23%
0.9	116,379,310	135,000,000	24.15%	238,550	20.97%
0.8	103,448,276	120,000,000	26.27%	251,481	23.06%
0.7	90,517,241	105,000,000	28.84%	264,412	25.62%
0.6	77,586,207	90,000,000	32.04%	277,343	28.82%
2.74479	354,929,095	411,717,750	10%	0	8%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el proyecto es muy poco sensible a incrementos en los costos de la inversión inicial, soportando un incremento hasta

del 174.47 % lo que representa una inversión de 411.71 millones, sin que deje de ser rentable.

- Cambios en el flujo vehicular

Al igual que en el concepto anterior, la rentabilidad del proyecto se comporta muy poco sensible a cambios en el Tránsito Diario Promedio Anual considerado en el presente estudio.

Tabla 5.7 Variación en la rentabilidad ante cambios en el flujo vehicular (pesos 2021)

Variación	TIR (%)	VAN (miles pesos)	TRI (%)
1.4	28.53%	370,523	25.26%
1.3	27.08%	334,297	23.82%
1.2	25.57%	298,071	22.34%
1.1	24.01%	261,845	20.81%
1.0	22.38%	225,619	19.23%
0.9	20.68%	189,393	17.59%
0.8	18.91%	153,167	15.89%
0.7	17.04%	116,941	14.14%
0.6	15.06%	80,715	12.32%
0.37719	10.00%	0	8.0%

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de tener mayor información sobre la fortaleza del proyecto ante cambios en sus variables de inversión y operación, se procedió a determinar los puntos de inflexión con lo cual el proyecto dejaría de ser rentable.

Tabla 5.8 Puntos de inflexión en la rentabilidad del proyecto

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el indicador de rentabilidad
Inversión	Incremento en 1174 %	VPN = 0
Demanda (TDPA)	Decremento de 62.28%	VPN = 0

Fuente: Elaboración propia

5.5 Análisis de riesgo

Con la finalidad de identificar los factores de riesgo que pudieran incidir en la realización u operación del proyecto, se procedió a realizar un análisis de riesgo

Tabla 5.9 Análisis de riesgo

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

Descripción	Impacto	Probabilidad	Medidas de Mitigación
Riesgo de que el proyecto no sea rentable si la demanda es menor a la esperada.	El proyecto deja de ser rentable si el TPDA es un 62.3 % menor al esperado.	Baja	Efectuar las proyecciones del tránsito de forma conservadora, analizar el comportamiento que ha tenido el TPDA en el tramo a través del tiempo.
Incremento sensible en el monto de inversión.	Un incremento del 147 % en el monto de inversión provoca que el proyecto deje de ser rentable.	Baja	Se debe realizar un adecuado proceso de supervisión de la obra y seguimiento de avances físicos y financieros. Esto permitirá identificar desviaciones respecto a lo programado y con ello tomar las medidas correspondientes a fin de evitar sobrecostos
Posibilidad de demandas sociales, oposición vecinal y de los comercios de la zona respecto al proyecto, ante la posibilidad de molestias por las obras o pérdidas económicas en el periodo de obras	Retrasos en el inicio y/o ejecución de las obras, desfases respecto a programa con sus respectivos sobrecostos. Posibilidad de pagos por indemnización a afectados.	Baja	Realizar campañas de información a la sociedad, principalmente a los pobladores de la zona de obras; a fin de concientizarlos de los beneficios del proyecto. Es importante una adecuada selección de los encargados de estas tareas a fin de que tengan el perfil idóneo y la experiencia necesaria.

Fuente: Elaboración propia

VI. Conclusiones y recomendaciones

Con la construcción del Paso a Desnivel, se contribuye a mejorar las condiciones viales en las Avenidas implicadas, así como en sus áreas de influencia, impulsando el desarrollo social y económico, y además:

- Se obtendrán importantes ahorros en los costos de operación vehicular.
- Se incrementará notablemente la seguridad de los usuarios.

Este proyecto cumple su propósito de mejorar el nivel de servicio de esa vialidad permitiendo así un desplazamiento con mayores velocidades, contribuyendo en la disminución de los costos de operación vehicular y tiempos de recorrido, lo que se traduce en una mayor competitividad del transporte carretero de la región.

VII. Anexos

- a) Hoja de cálculo para la determinación de los indicadores de rentabilidad

VIII. Bibliografía

1. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Raúl Coss Bu, Editorial Limusa, 2006.
2. Boletín Notas Número 153, marzo-abril de 2015, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García, Instituto Mexicano del Transporte.
3. Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2014; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 407.
4. Criterios de Evaluación de Proyectos, Nassir Sapag Chain, Mc Graw Hill, 1993.
5. Datos Viales de 1999 a 2014, Secretaría de Comunicaciones y Transportes
6. Estimating Vehicle Operating Costs, Rodrigo S. Archondo Callao y Asif Faiz, World Bank Technical Paper Number 234, Washington, D. C. 1994.
7. Evaluación de proyectos, Gabriel Baca Urbina, Editorial Mc Graw Hill, 2000.
8. Gestión de Infraestructura Vial, Hernán de Solminihac Tampier; Universidad Católica de Chile, 1998.
10. La Conservación de Carreteras en México, la experiencia reciente, Cedric Iván Escalante Sauri, Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres A. C., 2002.
11. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. DOF del 30 de diciembre de 2013.
12. Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C. 2006.
13. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SCT, 1991.
14. Metodología General para la Evaluación de Proyectos, CEPEP Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F. 2008.
15. Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México, el caso del transporte de pasajeros, Dr. Guillermo Torres Vargas y Salvador Hernández García. IMT Publicación Técnica 291. 2006.

Análisis Costo Beneficio para la construcción del Puente en Av. Aguascalientes y Av. Miguel Ángel Barberena Vega.

16. The Little Book of Profiling, Michael W. Sayers and Steven M. Karamihas, University Of Michigan, 1998.