



Análisis Costo Beneficio del Proyecto de Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd Siglo XXI

2022

Estudio elaborado por:



IAMSA

Ingeniería Aplicada Mexicana S.A. de C.V.

Tabachín # 351, Colonia Las Arboledas

CP 20020, Aguascalientes, Ags.

Tel (449) 996 9196

www.grupoiamsa.com.mx

Índice

I. Resumen Ejecutivo	1
a) Problemática, objetivo y descripción del proyecto	1
1) Objetivo del proyecto.....	1
2) Problemática identificada.....	1
3) Descripción del proyecto.....	2
b) Horizonte de evaluación, costos y beneficios del proyecto	2
1) Horizonte de evaluación	2
2) Descripción de los principales costos del proyecto.....	3
3) Descripción de los principales beneficios del proyecto	4
4) Monto de inversión de la obra.....	4
5) Riesgos del proyecto	5
c) Indicadores de rentabilidad	5
d) Conclusiones y recomendaciones.....	7
II. Situación actual del proyecto.....	9
a) Diagnóstico de la situación actual.....	9
b) Análisis de la oferta existente	18
c) Análisis de la demanda existente	21
d) Análisis de la Oferta – Demanda	29
III. Situación sin proyecto	30
a) Optimizaciones	30
b) Análisis de la oferta	30
c) Análisis de la demanda	31
d) Diagnóstico de la interacción oferta – demanda	31
e) Alternativas de solución.....	33
IV. Situación con proyecto	35
a) Descripción general	35
b) Alineación estratégica.....	38
d) Calendario de actividades	42
e) Monto total de inversión	42

f) Fuentes de financiamiento	43
g) Capacidad instalada	43
h) Metas anuales y totales del proyecto	43
j) Descripción de los aspectos más relevantes del proyecto	44
k) Análisis de la oferta.....	45
l) Análisis de la demanda.....	45
m) Interacción de la oferta y demanda	45
V. Evaluación del proyecto.....	47
a) Identificación, cuantificación y valoración de costos.....	47
1) Costos por tiempo de viaje	48
2) Costos por mantenimiento y conservación	50
3) Costos de operación vehicular	51
b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios	52
1) Ahorro en tiempo de viaje.....	52
2) Por ahorro en costos de operación vehicular	53
c) Cálculo de los indicadores de rentabilidad	54
d) Análisis de sensibilidad	56
e) Análisis de riesgos.....	56
VI. Conclusiones y recomendaciones.....	57
VII. Anexos	58
VIII. Bibliografía	59

Tabla 1. 1 Alcances del proyecto rehabilitación integral de la superficie de rodamiento del Blvd. Siglo XXI	2
Tabla 1. 2 Costo de los componentes de inversión (pesos 2022)	4
Tabla 1. 3 Indicadores de rentabilidad.....	7

Tabla 2. 1 Tramos de análisis del proyecto de Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd. Siglo XXI.....	19
Tabla 2. 2 Condiciones de la Blvd. Siglo XXI en la sección a intervenir	21
Tabla 2. 3 Tránsito Diario Promedio Anual Blvd. Siglo XXI	23
Tabla 2. 4 Composición del tráfico en la Blvd. Siglo XXI.....	24
Tabla 2.5 Tasa de crecimiento anual de vehículos	28
Tabla 2.6 Interacción oferta demanda sin proyecto.....	29

Tabla 3. 1 Condiciones de la Blvd. Siglo XXI en la sección a repavimentar	31
Tabla 3. 2 Interacción oferta demanda de la situación actual optimizada	32
Tabla 3. 3 Composición del tráfico en la Blvd. Siglo XXI en congestión al año 2014	32
Tabla 4. 1 Tipo de programa o proyecto de inversión	35
Tabla 4. 2 Características constructivas del pavimento propuesto	37
Tabla 4. 3 Calendario de actividades IVA Incluido(pesos 2022)	42
Tabla 4. 4 Monto de inversión (pesos 2022)	43
Tabla 4. 5 Fuentes de inversión (pesos 2022)	43
Tabla 4. 6 Fuentes de inversión (pesos 2022 Incluye IVA).....	44
Tabla 4. 7 Interacción oferta demanda de la situación actual optimizada.....	45
Tabla 5. 1 Monto de inversión (pesos 2022).....	47
Tabla 5. 2 Calendario de actividades (Pesos 2022)	48
Tabla 5.3 Configuración del valor del tiempo (pesos 2022).....	49
Tabla 5.4 Parámetros para estimar el valor del tiempo (Pesos 2022).....	51
Tabla 5.5 Parámetros para obtener el costo de operación vehicular (pesos 2022)	52
Tabla 5.6 Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación (pesos 2022)	53
Tabla 5.7 Beneficios por ahorro en costos de operación viaje para el primer año (pesos 2022)	53
Tabla 5.8 Indicadores de rentabilidad	55

I. Resumen Ejecutivo

a) Problemática, objetivo y descripción del proyecto

1) Objetivo del proyecto

Con el proyecto de Construcción de Pavimento con Concreto Hidráulico de la Av. Siglo XXI, se pretende mejorar las condiciones de tránsito y los niveles de servicio sobre esta vía. Esto se verá traducido en un incremento de las velocidades de operación, mayor nivel de seguridad y por consecuencia ahorro en los costos de operación.

El Blvd. Siglo XXI es una de las principales vialidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Aguascalientes, además es un anillo periférico que conecta los diferentes accesos a la ciudad, así como permite el traslado de personas y mercancías a las zonas industriales y centros de trabajo.

2) Problemática identificada

El principal problema que se presenta en Av. Siglo XXI, en diferentes segmentos que lo conforman, es la presencia de un pavimento asfáltico dañado con deformaciones y grietas, que genera bajas velocidades del tránsito y por consiguiente elevados tiempos de recorrido, situación que se agrava por ser una de las vialidades más importantes de la ciudad de Aguascalientes.

Si bien se han venido realizando algunos trabajos de reparaciones y repavimentaciones a lo largo del boulevard, estos no han cubierto la totalidad de la vialidad, pudiéndose observar importantes zonas de baches, grietas y deformaciones, con escaso y poco visible señalamiento sobre la condición del pavimento, afectando las velocidades e incrementa los costos de operación de los vehículos que transitan.

3) Descripción del proyecto

El proyecto contempla la rehabilitación integral de la superficie de rodamiento en nueve (9) diferentes tramos, con lo que se lograría la consolidación de la vialidad, teniendo como objetivo principal dar continuidad y ofrecer mejores condiciones de operación al tránsito que circula a través de esta Avenida.

Tabla 1. 1 Alcances del proyecto rehabilitación integral de la superficie de rodamiento del Blvd. Siglo XXI

No	Tramo	Longitud (km)
1	Av. Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	8.2
2	Carretera 70 Poniente - Blvd. Juan Pablo II	4.3
3	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	3
4	Agostaderito - Belisario Domínguez	0.3
5	José María Chávez Calle Misión de San Margarito García	1.92
6	Calle Misión de San Margarito García - Carretera 70 Oriente	3.8
7	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho Y Blvd. Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	2
8	Blvd. Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	2.4
9	Blvd. Maravillas - Blvd Chichahuales	0.8
Total		26.72

Fuente Secretaría de Obras Públicas (SOP)

Esta obra beneficiará principalmente a los flujos de mediano y largo itinerario, mediante la repavimentación a concreto hidráulico para lograr mejores velocidades y tiempos de recorrido para el transporte de carga y pasajeros de la región.

La visión de este proyecto es a largo plazo, pues aun cuando de inicio representa un mayor costo de inversión, estos se ven compensados al disminuir los costos de mantenimiento en comparación con otras alternativas.

b) Horizonte de evaluación, costos y beneficios del proyecto

1) Horizonte de evaluación

Se contempla un horizonte de evaluación de 30 años, requiriéndose de dos años para la construcción y el resto para la operación.

2) Descripción de los principales costos del proyecto

- Etapa de ejecución: Para la colocación de pavimento hidráulico se contempla una inversión total de \$ 1,323,000,000.00, incluido el Impuesto al Valor Agregado (IVA).
- Etapa de operación: Para concreto hidráulico el mantenimiento consta de tres actividades programadas:
 - (i) El primer nivel lo integra la conservación rutinaria, que es la atención mínima que se debe dar a una carretera, y tiene como objetivo corregir rápidamente con trabajos de mantenimiento menor, daños ligeros en la superficie de rodamiento, retiro de derrumbes en la misma, asolve de drenaje y crecimiento de la hierba al costado del camino, para con ello evitar que los daños progresen e incrementen el deterioro y fatiga natural del pavimento. Por lo que este tipo de atención se le da en forma permanente al camino;
 - (ii) La reparación superficial de losas de concreto hidráulico integra el segundo nivel de conservación, la cual comprende la limpieza de juntas, calafateo de agrietamientos y el fresado de superficie para dar remarcar la macrotextura a la misma;
 - (iii) El tercer nivel lo integran los trabajos de reparación mayor, entre los cuales se consideran rebajar orillas de la losa cuando se alabea con la concavidad hacia arriba, inyecciones de mortero fluido para llenar huecos en caso de haber indicios de fenómenos de socavación, bombeo o sustitución de losas cuando tramos específicos presenten daños severos y

sea mejor demolerlas y construir una nueva losa.

3) Descripción de los principales beneficios del proyecto

- **Ahorro en tiempo de viaje:** Los beneficios anuales por ahorro en tiempo de viaje se obtienen con la diferencia de los costos por tiempo 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.
- **Ahorro en costo de operación vehicular:** 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.

4) Monto de inversión de la obra

La Secretaría de Obras Públicas han desarrollado el proyecto de rehabilitación integral de la superficie de rodamiento del Blvd. Siglo XXI, contempla el diseño del pavimento a partir de los muestreos de tránsito, así como las obras complementarias que se requerirán tanto a infraestructura de agua potable, alcantarillado, alumbrado público, etc.

Tabla 1. 2 Costo de los componentes de inversión (pesos 2022)

No	Tramo	Longitud (km)	Inversión (IVA Incluido)
----	-------	---------------	--------------------------

Resumen ejecutivo

1	Av. Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	8.2	356,000,000
2	Carretera 70 Poniente - Blvd. Juan Pablo II	4.3	186,000,000
3	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	3	130,000,000
4	Agostaderito - Belisario Domínguez	0.3	13,000,000
5	José María Chávez Calle Misión de San Margarito García	1.92	83,000,000
6	Calle Misión de San Margarito García - Carretera 70 Oriente	3.8	241,000,000
7	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho Y Blvd. Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	2	127,000,000
8	Blvd. Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	2.4	152,000,000
9	Blvd. Maravillas - Blvd Chichahuales	0.8	35,000,000
Total		26.72	1,323,000,000

Fuente Secretaría de Obras Públicas (SOP)

5) Riesgos del proyecto

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

No se vislumbran exigencias sociales de gran impacto derivadas de la realización del proyecto.

c) 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 2 % 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.

Momento Óptimo de Inversión (MOI):

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.

Resumen ejecutivo

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 1. 3 Indicadores de rentabilidad

Indicador	Monto
Inversión con IVA 2022	87,000,000.00
Inversión con IVA 2023	667,400,000.00
Inversión con IVA 2024	568,600,000.00
Inversión total con IVA	1,323,000,000.00
Inversión total sin IVA	1,140,517,241.00
Valor Actual Neto (VAN)	1,266,149,543.49
Tasa Interna de Retorno (TIR)	19.50%
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)	18.45%

Fuente Elaboración propia

d) Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

En síntesis, con la Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd. Siglo XXI, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- 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

- Mejorar los niveles de servicio
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido

Con todo lo anterior se mejorará la actividad económica y productiva de la ciudad de Aguascalientes y el traslado de mercancías, al ser el Blvd. Siglo XXI una de las principales arterias por donde transitan vehículos de carga o pesados, por lo que, de acuerdo con los indicadores obtenidos, se recomienda la realización de este proyecto.

II. Situación actual del proyecto

a) Diagnóstico de la situación actual

La ciudad de Aguascalientes conforma junto con los municipios de Jesús María y San Francisco de los Romo la Zona Metropolitana de Aguascalientes y se constituye en la actualidad como la decimocuarta zona metropolitana más grande de México y actualmente supera el millón de habitantes.

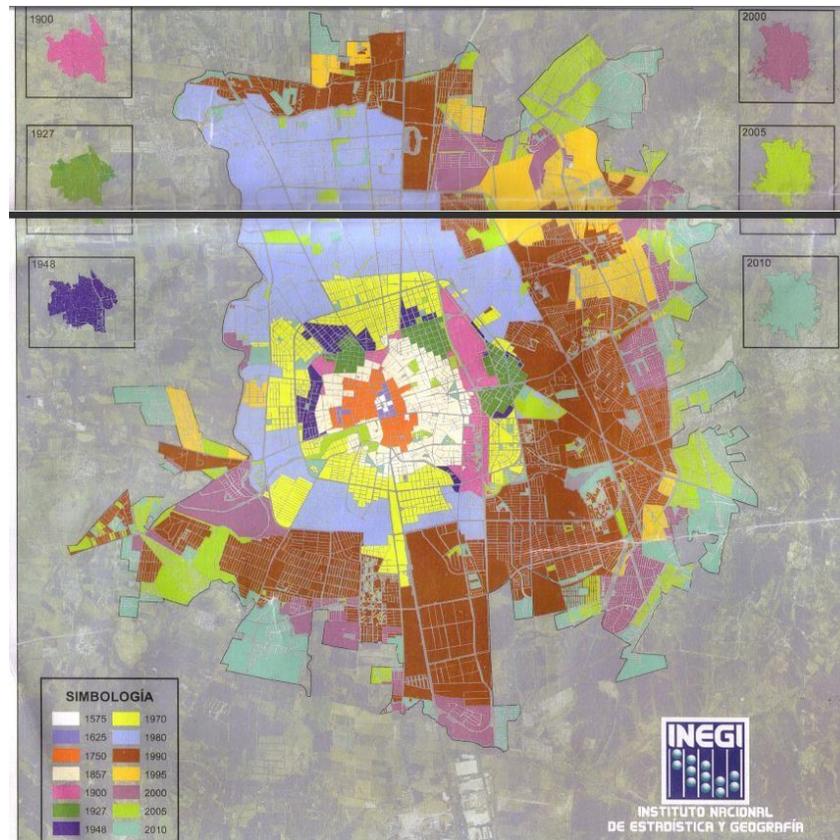


Figura 1 Evolución del crecimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Aguascalientes

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

Situación actual del proyecto 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", hizo las veces de periférico también y el 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.

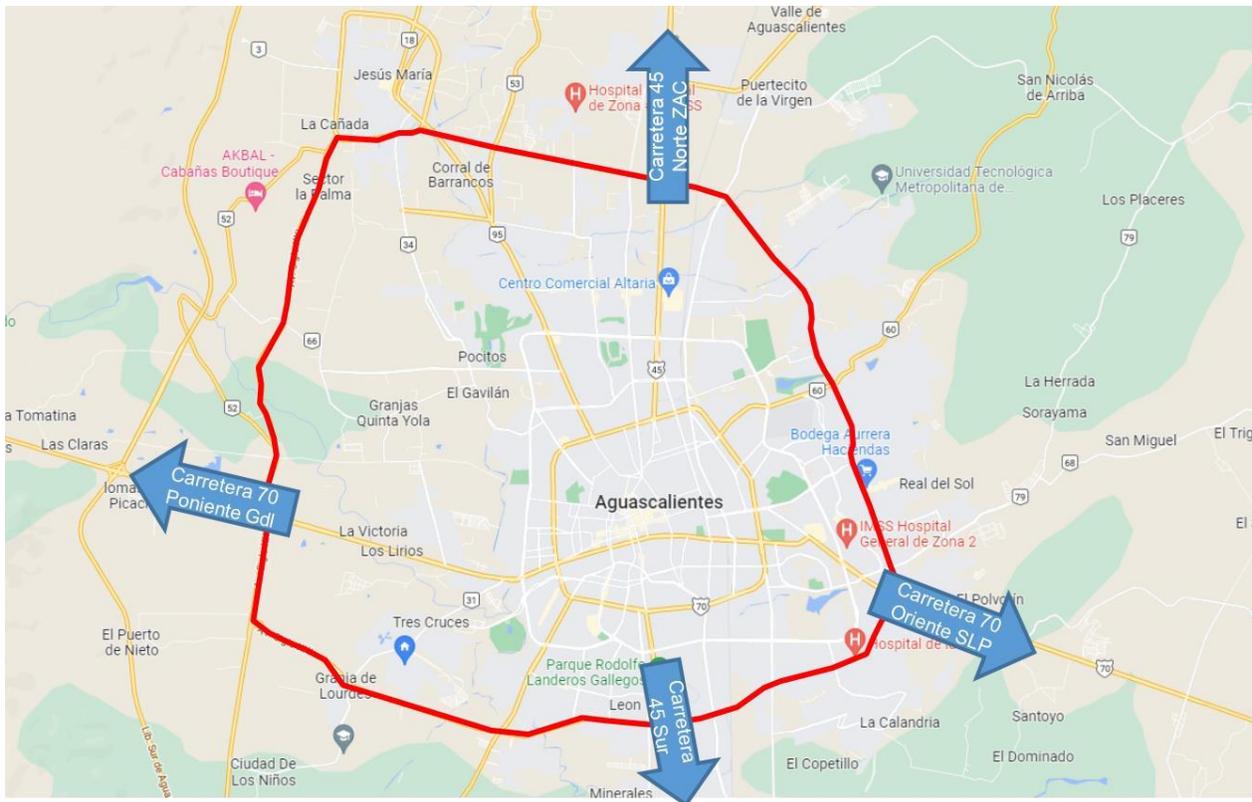


Figura 2 Ubicación del Blvd Siglo XXI

El crecimiento del parque vehicular de la ciudad de Aguascalientes, ha ocasionado que se incrementen los niveles de congestión en algunos puntos de la ciudad, sobre todo en horas pico.

Para mejorar esta situación se implementaron diferentes medidas con la participación coordinada de los tres niveles de gobierno, como fue la construcción de varios pasos a desnivel a lo largo de la Av. de la Convención (primer anillo) y Av. Aguascalientes (segundo anillo), lo que ha contribuido a incrementar las velocidades promedio en que se circula; sin embargo, a lo largo del Blvd. Siglo XXI no se han llevado a cabo estas acciones, repercutiendo en los niveles de servicio de esta vía.

El principal problema que se presenta en Av. Siglo XXI, es la presencia de un pavimento asfáltico dañado con deformaciones y grietas, que genera bajas velocidades del tránsito y por consiguiente elevados tiempos de recorrido, situación que se agrava por ser una de las vialidades más importantes de la ciudad de Aguascalientes.

Se han llevado a cabo trabajos de reparaciones a lo largo del Blvd. Siglo XXI, sin embargo, estos no han comprendido la totalidad de la vialidad pudiéndose observar aun importantes zonas de baches, grietas y deformaciones, con escaso y poco visible señalamiento sobre la condición del pavimento, lo que combinado con el importante volumen vehicular que transita por esta arteria, producen que no se obtengan las velocidades de operación adecuadas.

El Blvd. Siglo XXI cuenta con tres carriles de circulación por sentido, en la mayor parte de su trayecto de 3.5 m de ancho y la presencia de carriles laterales en algunos de los tramos sobre todo en la zona oriente de la ciudad.

Situación actual del proyecto



Figura 3 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Av. Juan Pablo II



Figura 4 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Av.
Agostaderito

Situación actual del proyecto



Figura 5 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Av. Héroe de Nacozari

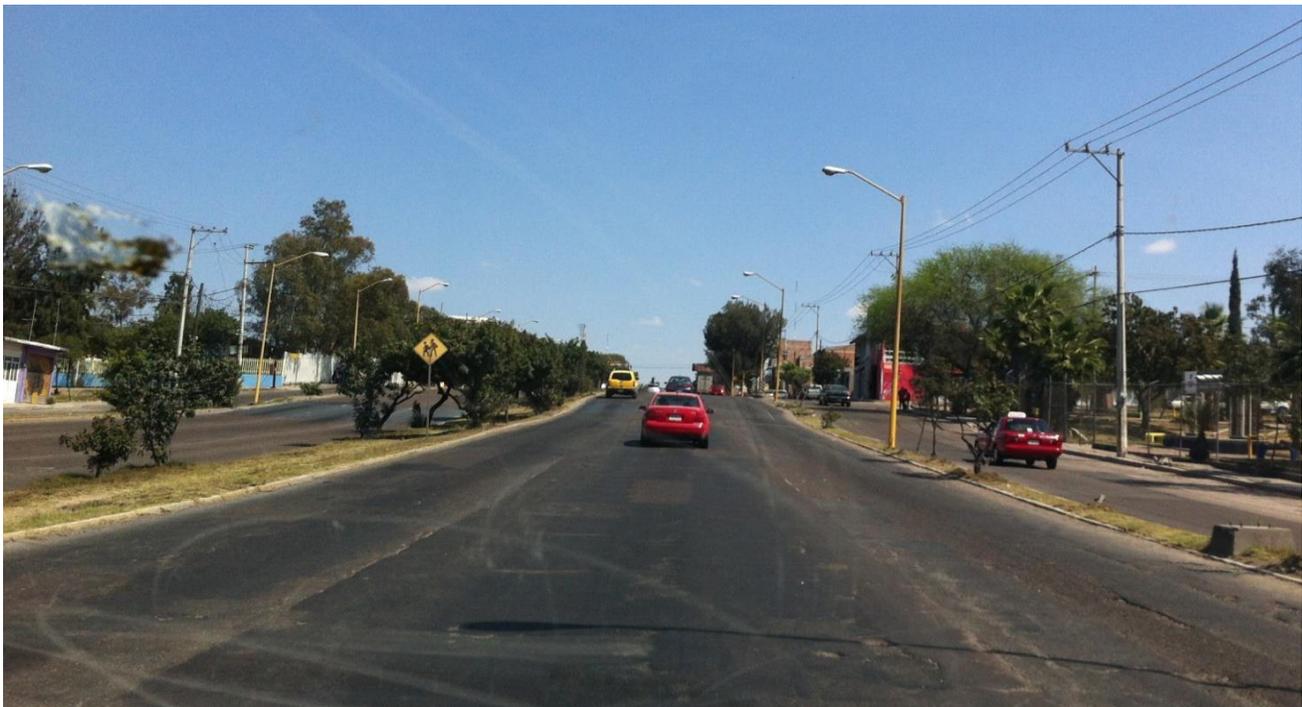


Figura 6 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Av. Héroe

Situación actual del proyecto

Inmortal



Figura 7 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Carretera 70 Oriente

Situación actual del proyecto



Figura 8 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Av. Esfuerzo Nacional



Figura 9 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Blvd. Guadalupano



Figura 10 Condiciones de pavimento en Blvd. Siglo XXI casi esquina Carretera 45 norte

Como se puede observar en las diferentes imágenes de las condiciones del pavimento que se presentan a lo largo de la Blvd. Siglo XXI, se han hecho esfuerzos por mantener de la mejor manera posible las condiciones de rodamiento, sin embargo, el desgaste que presenta el pavimento obliga a realizar una repavimentación general.

Sistema de evaluación de pavimentos

De acuerdo al documento denominado "Sistema de evaluación de pavimentos, Versión 2.0", publicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Mexicano del Transporte en el año 2004", el objetivo principal de la superficie de rodamiento en pavimentos en vialidades, es proporcionar al usuario características de comodidad, seguridad y durabilidad.

La superficie de rodamiento de un pavimento se clasifica considerando la

Situación actual del proyecto

naturaleza de las irregularidades superficiales, las cuales afectan la seguridad, la comodidad y el costo de los usuarios.

Se utilizan dos indicadores para la situación que presentan los pavimentos:

- Rugosidad: Índice de Rugosidad Internacional (IRI)
- Fricción: Índice de Fricción Internacional (IFI)

En la ingeniería de carreteras, la calidad del pavimento se analiza determinando la regularidad superficial, que tiene que ver con las irregularidades verticales acumuladas a lo largo de un kilómetro con respecto a un plano horizontal en un pavimento.

Estas irregularidades son causadas principalmente por dos factores: el procedimiento constructivo y el daño producido a la carretera misma por el tránsito vehicular, presentándose en ocasiones la combinación de ambas, así por ejemplo, las diferentes capas que constituyen un pavimento suelen presentar afectaciones debidas a asentamientos o acomodos de los materiales que las constituyen y estas se producen en función de las cargas que circulan sobre el pavimento.

La regularidad superficial se define por un índice en una longitud de carretera establecida que se obtienen midiendo el perfil longitudinal y aplicando un modelo matemático para determinar el índice estandarizado.

Actualmente, se utilizan equipos como el perfilógrafo longitudinal, ya sea de la magnitud de 3 o 7 m, que mediante un sistema computarizado, determina la magnitud de las irregularidades respecto a los dos extremos.

También se utilizan otros equipos, como el analizador dinámico del perfil longitudinal (APL), el analizador de la regularidad superficial (ARS) y el Mays Ride

Situación actual del proyecto

Meter; todos ellos se caracterizan por desplazarse a velocidades de operación de los demás vehículos en las carreteras, no interfiriendo con el flujo vehicular.

Con el fin de estandarizar el valor de la regularidad superficial, el Banco Mundial propuso el índice internacional de rugosidad (IRI) que se basa en un modelo matemático denominado cuarto de carro normalizado (Golden Quarter Car).

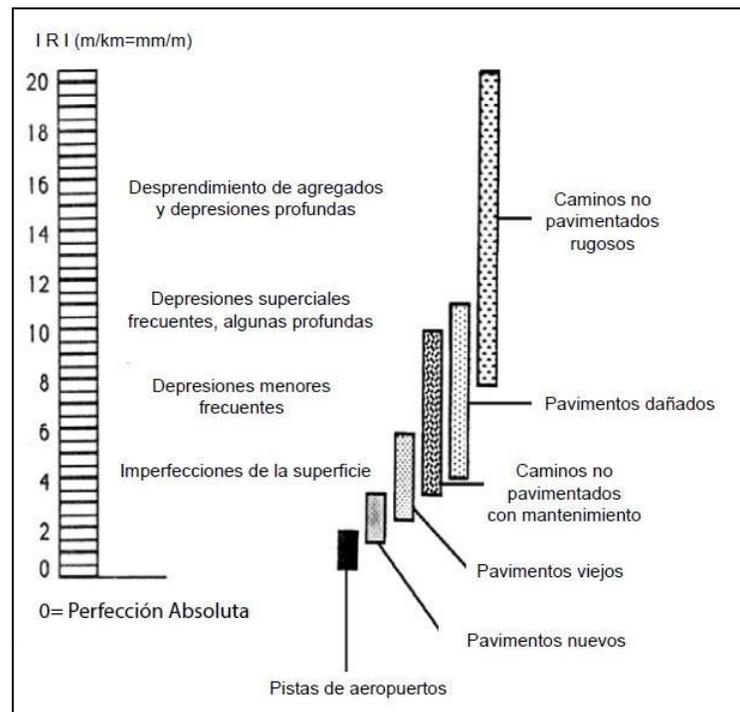


Figura 11 Escala IRI según el Banco Mundial

b) Análisis de la oferta existente

El Blvd. Siglo XXI cuenta en algunas zonas con cinco (5) carriles de circulación por sentido, tres carriles centrales de 3.5 m de ancho y sin acotamiento lateral, dos carriles laterales de 3.0 m de ancho y sin acotamientos, un camellón central de 3.0 m y camellones laterales de 1.0 m de ancho.

Situación actual del proyecto



Figura 12 Sección tipo en Blvd. Siglo XXI

El resto de su trayecto cuenta en su sección sur de 3 carriles de 3.5 m, sin acotamiento y un camellón central de 3 m.



Figura 13 Sección tipo en Blvd. Siglo XXI

La longitud total que comprende los trabajos del proyecto de rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento en el Blvd. Siglo XXI es de 26.72 km.

Con la finalidad de analizar más a detalle las condiciones que se presentan a lo largo de la Boulevard, se ha decidido segmentar el análisis en los siguientes tramos.

Tabla 2. 1 Tramos de análisis del proyecto de Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd. Siglo XXI

No	Tramo	Longitud (km)
----	-------	---------------

Situación actual del proyecto

1	Av. Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	8.2
2	Carretera 70 Poniente - Blvd. Juan Pablo II	4.3
3	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	3
4	Agostaderito - Belisario Domínguez	0.3
5	José María Chávez Calle Misión de San Margarito García	1.92
6	Calle Misión de San Margarito García - Carretera 70 Oriente	3.8
7	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho Y Blvd. Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	2
8	Blvd. Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	2.4
9	Blvd. Maravillas - Blvd Chichahuales	0.8
Total		26.72

Fuente SOP

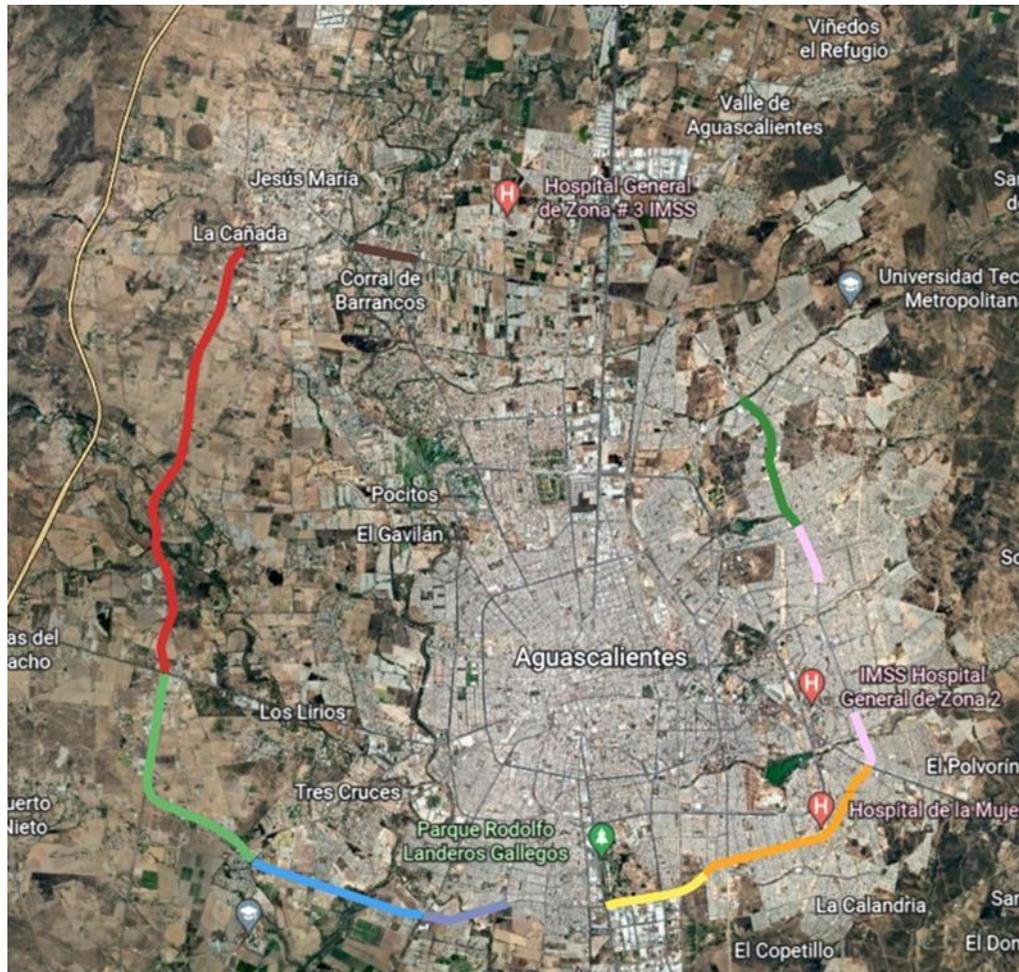


Figura 14 Tramos de análisis de la Blvd. Siglo XXI (tercer anillo)

Situación actual del proyecto

Tabla 2. 2 Condiciones de la Blvd. Siglo XXI en la sección a intervenir

Concepto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Longitud	8.2	4.3	3	0.3	1.92	3.8	2	2.4	0.8
Número de carriles	6	6	6	6	6	6	10	10	6
Sección tipo a intervenir (m)	21	21	21	21	21	21	35	35	21
Laterales	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No
Velocidad promedio (km/hr) Vehículos (A)	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Estado Físico	Malo								
Índice de Rugosidad (IRI)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Fuente Elaboración propia

c) Análisis de la demanda existente

Para la determinación de los aforos vehiculares se tomaron como referencia los aforos estimados en los cruceros de la Blvd. Siglo XXI con varias avenidas.

En las siguientes figuras se puede observar el resumen del aforo vehicular elaborado con información de campo en los cruceros de Blvd. Siglo XXI y las principales avenidas que la intersectan.

Situación actual del proyecto

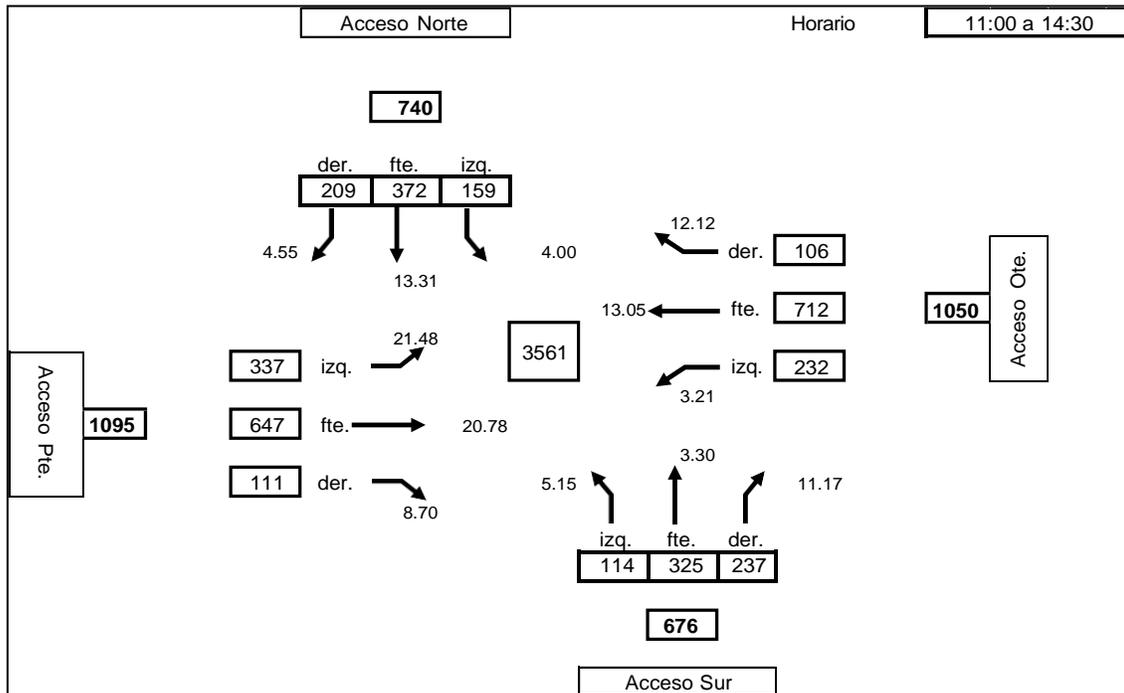


Figura 15 Resumen de aforo vehicular en Blvd. Siglo XXI y Av. Héroe de Nacozari

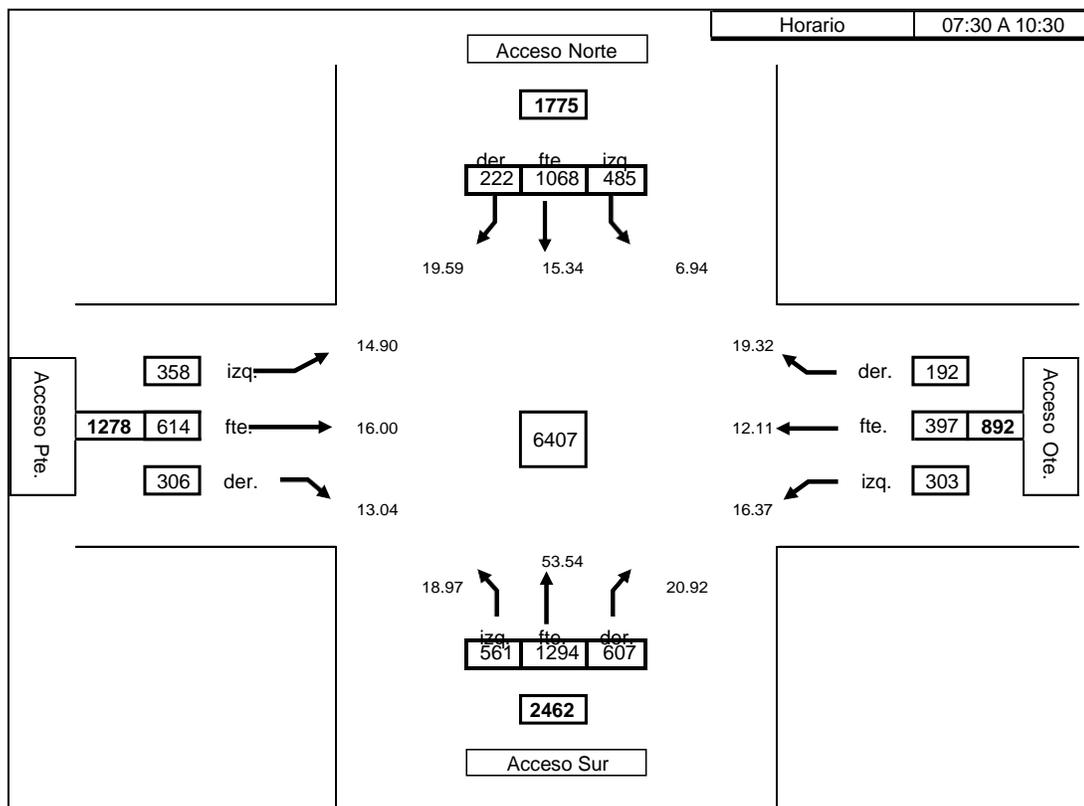


Figura 16 Resumen de aforo vehicular en Blvd. Siglo XXI y Carretera 70 Oriente

Situación actual del proyecto

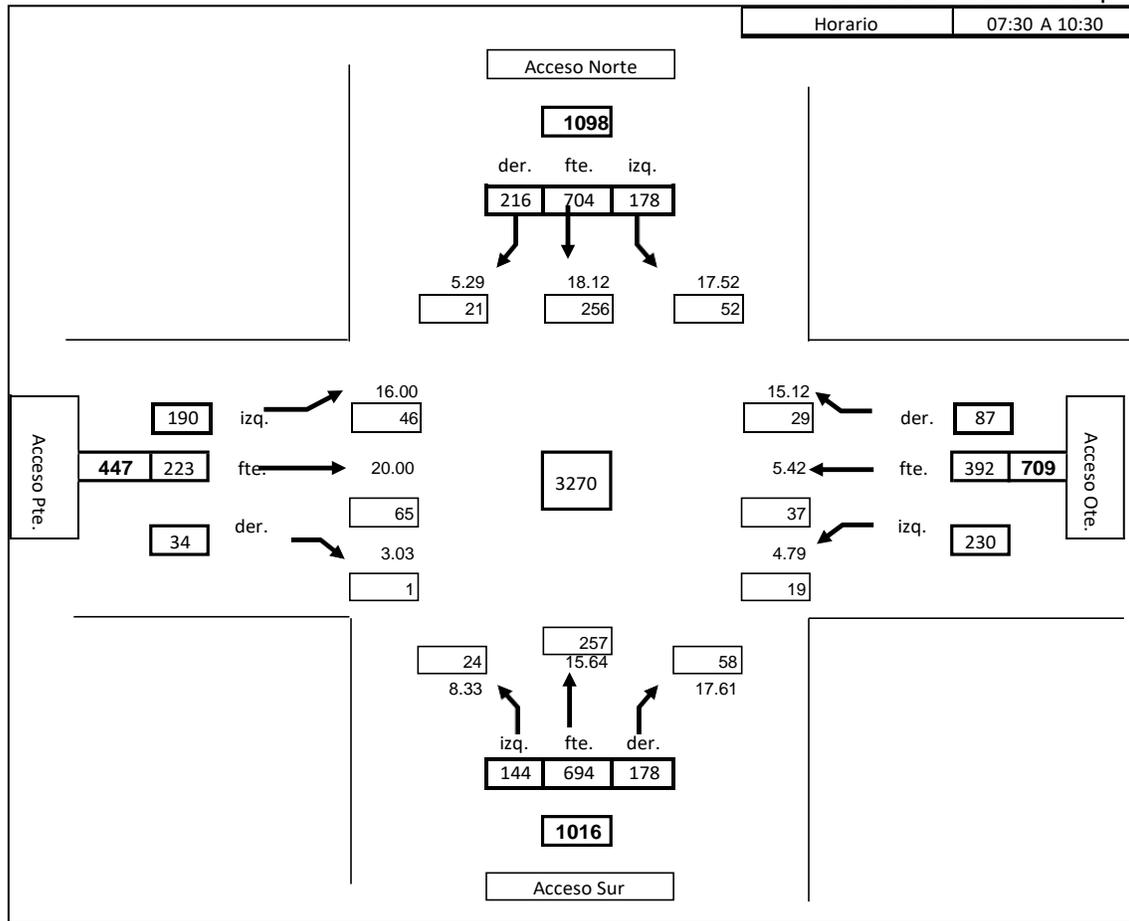


Figura 17 Resumen de aforo vehicular en Blvd. Siglo XXI y Blvd. Guadalupano

A partir de los datos de los muestreos puntuales realizados en estos cruces, como con información estadística, se procedió a determinar el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) para esta vialidad, así como determinar los periodos de congestión y no congestión que se presentan.

Como se mencionó anteriormente, con la finalidad de que estas estimaciones fueran más precisas, el TDPA fue estimado para cada uno de los tramos establecidos.

Tabla 2. 3 Tránsito Diario Promedio Anual Blvd. Siglo XXI

No	Tramo	Long	con congestión	sin congestión	TDPA
----	-------	------	----------------	----------------	------

Situación actual del proyecto

1.-	Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	8.2	675	2,458	3,133
2.-	Carretera 70 Poniente - Blvd. Juan Pablo II	4.3	478	3,248	3,726
3.-	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	3	2,481	365	2,846
4.-	Agostaderito - Belisario Domínguez	0.3	4,160	394	4,554
5.-	José María Chávez - Misión De San Margarito García	1.92	5,624	754	6,378
6.-	Misión de San Margarito García - Carretera 70 Oriente	3.8	8,648	645	9,293
7.-	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho y Blvd Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	2	9,475	848	10,323
8.-	Blvd Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	2.4	15,248	1,756	17,004
9.-	Blvd Maravillas - Blvd Chichahuales	0.8	12,369	974	13,343

Fuente Elaboración propia

De la misma forma se procedió a calcular la composición del tránsito existente, agrupando los vehículos en tres categorías: a) vehículos, b) camiones de pasajeros, y c) camiones de carga.

Tabla 2. 4 Composición del tráfico en la Blvd. Siglo XXI

No.	Tramo	TDPA	A	B	C
1.-	Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	3,133	94.5%	2.5%	3.0%
2.-	Carretera 70 Poniente - Blvd. Juan Pablo II	3,726	94.2%	2.6%	3.2%
3.-	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	2,846	95.0%	2.7%	2.3%
4.-	Agostaderito - Belisario Domínguez	4,554	95.0%	2.7%	2.3%
5.-	José María Chávez - Misión De San Margarito García	6,378	98.4%	1.5%	0.1%
6.-	Misión de San Margarito Garcia - Carretera 70 Oriente	9,293	97.8%	1.5%	0.7%
7.-	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho y Blvd Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	10,323	97.6%	1.5%	0.9%
8.-	Blvd Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	17,004	95.0%	2.7%	2.3%
9.-	Blvd Maravillas - Blvd Chichahuales	13,343	95.0%	2.7%	2.3%

Fuente Elaboración propia

Del aforo promedio realizados se obtuvo la variación horaria en la Blvd. Siglo XXI en el tramo en estudio, detectando las horas con y sin congestión.

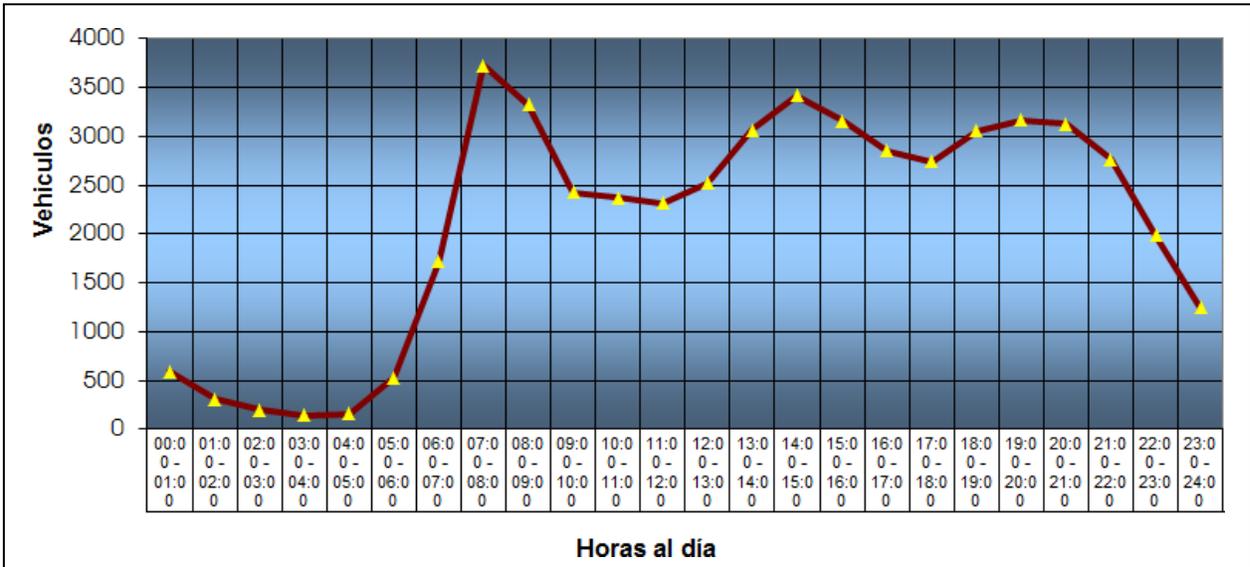


Figura 2.17 Variación horaria del tránsito en Blvd Siglo XXI

Nivel 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 afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que correspondan 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, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre

Situación actual del proyecto

lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

El Manual de Capacidad Vial HCM 2000 del TRB (Transportation Research Board) ha establecido seis (6) Niveles de Servicio denominados: A, B, C, D, E, y F, que van del mejor al peor y se definen según que las condiciones de operación, sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante.

Las condiciones de operación de los Niveles de Servicio 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

Situación actual del proyecto

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 el 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.

Debido a las condiciones que presenta el Blvd. Siglo XXI, en la totalidad de los tramos analizados se presentan niveles de servicio durante los periodos de congestión entre D y F, lo que representa complicaciones para mantener una velocidad constante de desplazamiento.

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 2007 al 2016, que es el último año reportado. Se tomó la información proporcionada por el INEGI, toda vez que esta

Situación actual del proyecto

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, el Blvd. Siglo XXI 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 sí presentan datos históricos, no se encuentran cerca de este punto y su información pudiera ser menos relevante.

Tabla 2.5 Tasa de crecimiento anual de vehículos

Año	Nacional	Aguascalientes
2011	7.4 %	8.2 %
2012	9.5 %	5.8 %
2013	5.5 %	3.7 %
2014	2.4 %	4.6 %
2015	5.2 %	3.1 %
2016	4.8 %	2.2 %
2017	5.4 %	3.7 %
2018	3.5 %	3.7 %
2019	5.8 %	5.7 %
2020	6.7 %	5.3 %

Fuente INEGI Vehículos de motor registrados en circulación

Los datos históricos registrados para los años 2011 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 5.6 %; sin embargo, para realizar un análisis conservador se decidió adoptar la tasa de 2.0 % anual como TCMA del proyecto.

Situación actual del proyecto

d) Análisis de la Oferta – Demanda

De acuerdo con la TCMA considerada del 2.0%, 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 presentara en Blvd. Siglo XXI operando en las condiciones actuales.

Tabla 2.6 Interacción oferta demanda sin proyecto

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,133	3,726	2,846	4,554	6,378	9,293	10,323	17,004	17,004
1	3,196	3,801	2,903	4,645	6,506	9,479	10,529	17,344	17,344
2	3,260	3,877	2,961	4,738	6,636	9,668	10,740	17,691	17,691
3	3,325	3,954	3,020	4,833	6,768	9,862	10,955	18,045	18,045
4	3,391	4,033	3,081	4,929	6,904	10,059	11,174	18,406	18,406
5	3,459	4,114	3,142	5,028	7,042	10,260	11,397	18,774	18,774
6	3,528	4,196	3,205	5,129	7,183	10,465	11,625	19,149	19,149
7	3,599	4,280	3,269	5,231	7,326	10,675	11,858	19,532	19,532
8	3,671	4,366	3,335	5,336	7,473	10,888	12,095	19,923	19,923
9	3,744	4,453	3,401	5,442	7,622	11,106	12,337	20,321	20,321
10	3,819	4,542	3,469	5,551	7,775	11,328	12,584	20,728	20,728
11	3,895	4,633	3,539	5,662	7,930	11,555	12,835	21,142	21,142
12	3,973	4,725	3,609	5,776	8,089	11,786	13,092	21,565	21,565
13	4,053	4,820	3,682	5,891	8,251	12,021	13,354	21,996	21,996
14	4,134	4,916	3,755	6,009	8,416	12,262	13,621	22,436	22,436
15	4,217	5,015	3,830	6,129	8,584	12,507	13,893	22,885	22,885
16	4,301	5,115	3,907	6,252	8,756	12,757	14,171	23,343	23,343
17	4,387	5,217	3,985	6,377	8,931	13,012	14,455	23,810	23,810
18	4,475	5,322	4,065	6,504	9,109	13,273	14,744	24,286	24,286
19	4,564	5,428	4,146	6,634	9,292	13,538	15,039	24,772	24,772
20	4,655	5,537	4,229	6,767	9,477	13,809	15,339	25,267	25,267
21	4,749	5,647	4,314	6,902	9,667	14,085	15,646	25,772	25,772
22	4,844	5,760	4,400	7,040	9,860	14,367	15,959	26,288	26,288
23	4,940	5,876	4,488	7,181	10,057	14,654	16,278	26,814	26,814
24	5,039	5,993	4,578	7,325	10,259	14,947	16,604	27,350	27,350
25	5,140	6,113	4,669	7,471	10,464	15,246	16,936	27,897	27,897
26	5,243	6,235	4,763	7,621	10,673	15,551	17,275	28,455	28,455
27	5,348	6,360	4,858	7,773	10,887	15,862	17,620	29,024	29,024
28	5,455	6,487	4,955	7,929	11,104	16,179	17,973	29,604	29,604
29	5,564	6,617	5,054	8,087	11,326	16,503	18,332	30,196	30,196
30	5,675	6,749	5,155	8,249	11,553	16,833	18,699	30,800	30,800

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección Municipal de Tránsito de Aguascalientes

III. Situación sin proyecto

La situación actual que se presenta al transitar por el Blvd. Av Siglo XXI, es el incremento a los costos generalizados de viaje entre todos los vehículos, mismos que se irán aumentando en el tiempo por el crecimiento del parque vehicular, lo que motivará a su vez una mayor contaminación.

a) Optimizaciones

Con la finalidad de no atribuirle al proyecto beneficios que pudieran obtenerse con medidas de bajo costo o administrativas, se procedió a verificar las acciones que se han implementado en este punto para mejorar las condiciones de tránsito.

Las Autoridades gubernamentales han implementado un ambicioso esquema de sincronización de los semáforos en la totalidad de las vialidades principales, adecuándose los ciclos del semáforo para periodos de congestión y de no congestión.

Aunado a lo anterior, se cuenta con un importante esquema de video vigilancia, que le permite a las Autoridades atender los contratiempos viales que se presentan en este punto.

Con todo esto, no se visualizan medidas de optimización que pudieran implementarse, por lo que la situación actual se considera la situación actual optimizada.

b) Análisis de la oferta

Como se menciona anteriormente, la oferta existente se mantiene en las mismas condiciones que en la situación actual.

Si bien se pudiera hacer un proyecto para ampliar la sección, esta acción afectaría a los predios aledaños, implicando inversiones que por su monto se requiere de

Situación sin el proyecto

hacer una evaluación como proyecto independiente.

Tabla 3. 1 Condiciones de la Blvd. Siglo XXI en la sección a repavimentar

Concepto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Longitud	8.2	4.3	3	0.3	1.92	3.8	2	2.4	0.8
Número de carriles	6	6	6	6	6	6	10	10	6
Sección tipo a intervenir (m)	21	21	21	21	21	21	35	35	21
Laterales	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No
Velocidad promedio (km/hr) vehículos A	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Estado Físico	Malo								
Índice de Rugosidad (IRI)	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente Elaboración propia

c) Análisis de la demanda

De acuerdo con los datos obtenidos de la información existente, la demanda se comportará de la misma forma como se establecer en la situación actual, con una tasa de crecimiento de 2.0% anual, misma que se considera decreciente en el tiempo.

d) Diagnóstico de la interacción oferta – demanda

De acuerdo a la tasa de crecimiento planteada se procedió a realizar el cálculo del volumen de tránsito futuro durante el horizonte de evaluación y se realizó un análisis de capacidad con la interacción oferta y demanda para conocer la problemática que se presentaría de no hacer el proyecto.

Del análisis se observa que en este punto actualmente se cuentan con niveles de servicio tipo D y F, que, si bien pudieran considerarse aún manejables, con el crecimiento del parque vehicular se visualiza que en el corto tiempo se comience a agudizar el problema de congestión en este punto en específico.

Situación sin el proyecto

Tabla 3. 2 Interacción oferta demanda de la situación actual optimizada

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,133	3,726	2,846	4,554	6,378	9,293	10,323	17,004	17,004
1	3,196	3,801	2,903	4,645	6,506	9,479	10,529	17,344	17,344
2	3,260	3,877	2,961	4,738	6,636	9,668	10,740	17,691	17,691
3	3,325	3,954	3,020	4,833	6,768	9,862	10,955	18,045	18,045
4	3,391	4,033	3,081	4,929	6,904	10,059	11,174	18,406	18,406
5	3,459	4,114	3,142	5,028	7,042	10,260	11,397	18,774	18,774
6	3,528	4,196	3,205	5,129	7,183	10,465	11,625	19,149	19,149
7	3,599	4,280	3,269	5,231	7,326	10,675	11,858	19,532	19,532
8	3,671	4,366	3,335	5,336	7,473	10,888	12,095	19,923	19,923
9	3,744	4,453	3,401	5,442	7,622	11,106	12,337	20,321	20,321
10	3,819	4,542	3,469	5,551	7,775	11,328	12,584	20,728	20,728
11	3,895	4,633	3,539	5,662	7,930	11,555	12,835	21,142	21,142
12	3,973	4,725	3,609	5,776	8,089	11,786	13,092	21,565	21,565
13	4,053	4,820	3,682	5,891	8,251	12,021	13,354	21,996	21,996
14	4,134	4,916	3,755	6,009	8,416	12,262	13,621	22,436	22,436
15	4,217	5,015	3,830	6,129	8,584	12,507	13,893	22,885	22,885
16	4,301	5,115	3,907	6,252	8,756	12,757	14,171	23,343	23,343
17	4,387	5,217	3,985	6,377	8,931	13,012	14,455	23,810	23,810
18	4,475	5,322	4,065	6,504	9,109	13,273	14,744	24,286	24,286
19	4,564	5,428	4,146	6,634	9,292	13,538	15,039	24,772	24,772
20	4,655	5,537	4,229	6,767	9,477	13,809	15,339	25,267	25,267
21	4,749	5,647	4,314	6,902	9,667	14,085	15,646	25,772	25,772
22	4,844	5,760	4,400	7,040	9,860	14,367	15,959	26,288	26,288
23	4,940	5,876	4,488	7,181	10,057	14,654	16,278	26,814	26,814
24	5,039	5,993	4,578	7,325	10,259	14,947	16,604	27,350	27,350
25	5,140	6,113	4,669	7,471	10,464	15,246	16,936	27,897	27,897
26	5,243	6,235	4,763	7,621	10,673	15,551	17,275	28,455	28,455
27	5,348	6,360	4,858	7,773	10,887	15,862	17,620	29,024	29,024
28	5,455	6,487	4,955	7,929	11,104	16,179	17,973	29,604	29,604
29	5,564	6,617	5,054	8,087	11,326	16,503	18,332	30,196	30,196
30	5,675	6,749	5,155	8,249	11,553	16,833	18,699	30,800	30,800

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección Municipal de Tránsito de Aguascalientes

De igual forma se considerará que la composición del tráfico es igual que en la situación actual.

Tabla 3. 3 Composición del tráfico en la Blvd. Siglo XXI en congestión al año 2014

No.	Tramo	TDPA	A	B	C
1.-	Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	3,133	94.5%	2.5%	3.0%

			Situación sin el proyecto		
2.-	Carretera 70 Poniente - Blvd. Juan Pablo II	3,726	94.2%	2.6%	3.2%
3.-	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	2,846	95.0%	2.7%	2.3%
4.-	Agostaderito - Belisario Domínguez	4,554	95.0%	2.7%	2.3%
5.-	José María Chávez - Misión De San Margarito García	6,378	98.4%	1.5%	0.1%
6.-	Misión de San Margarito Garcia - Carretera 70 Oriente	9,293	97.8%	1.5%	0.7%
7.-	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho y Blvd Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	10,323	97.6%	1.5%	0.9%
8.-	Blvd Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	17,004	95.0%	2.7%	2.3%
9.-	Blvd Maravillas - Blvd Chichahuales	13,343	95.0%	2.7%	2.3%

Fuente Elaboración propia

e) Alternativas de solución

Con la finalidad de evaluar la mejor alternativa de solución a la problemática planteada, se realizó un análisis de alternativas, para permitir identificar las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

- **Alternativa 1** La posibilidad de la reconstrucción total del pavimento existente, esta solución costaría del orden de los 1,658 millones de pesos contantes al año 2022, pero se tendría una mayor inversión con respecto al presente estudio, los beneficios serían importantes.

Ventajas:

- Mayores velocidades de operación.
- Mayor comodidad para los conductores

Desventajas:

- Mayor inversión comparada con el presente estudio.
- Mayor tiempo en la ejecución de la obra.
- Mayores molestias a los conductores durante la construcción.

Situación sin el proyecto

- **Alternativa 2:** La posibilidad de aplicar una sobre carpeta de 0.1 metros de espesor, con un costo del orden de 685 millones de pesos constantes al año 2022. Sin embargo, esta opción se desechó pues las condiciones de la estructura interna del pavimento se encuentran muy afectadas, por lo que se requiere una inversión mayor para la Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd Siglo XXI.

Ventajas:

Menor inversión comparada con el presente estudio.

Menor tiempo en la ejecución de la obra.

Desventajas:

Poca vida útil.

Mayor índice de accidentes.

No es una solución a largo plazo.

Ante lo descrito en los apartados anteriores se considera que la alternativa más conveniente es la A, que consiste en la Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd. Siglo XXI.

IV. Situación con proyecto

a) Descripción general

Tabla 4. 1 Tipo de programa o proyecto de inversión

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

El proyecto contempla la repavimentación de 26.72 km de la Blvd. Siglo XXI en nueve (9) diferentes secciones, que permitirá tener una continuidad en la calidad de la superficie de rodamiento. Teniendo como objetivo principal dar continuidad y ofrecer mejores condiciones de operación al tránsito que circula a través de esta Avenida.

Esta obra beneficiará no solo a los habitantes que residen en las cercanías a la vialidad, sino prácticamente la totalidad de los pobladores de la Zona Metropolitana de Aguascalientes pues la rehabilitación integral de la superficie de rodamiento mayormente a base concreto hidráulico para lograr mejores velocidades y tiempos de recorrido de los miles de vehículos que diariamente transitan esta vía.

La visión de este proyecto es a largo plazo, pues aun cuando de inicio representa un mayor costo de inversión, estos se ven compensados al disminuir los costos de mantenimiento en comparación con otras alternativas.

Situación con proyecto

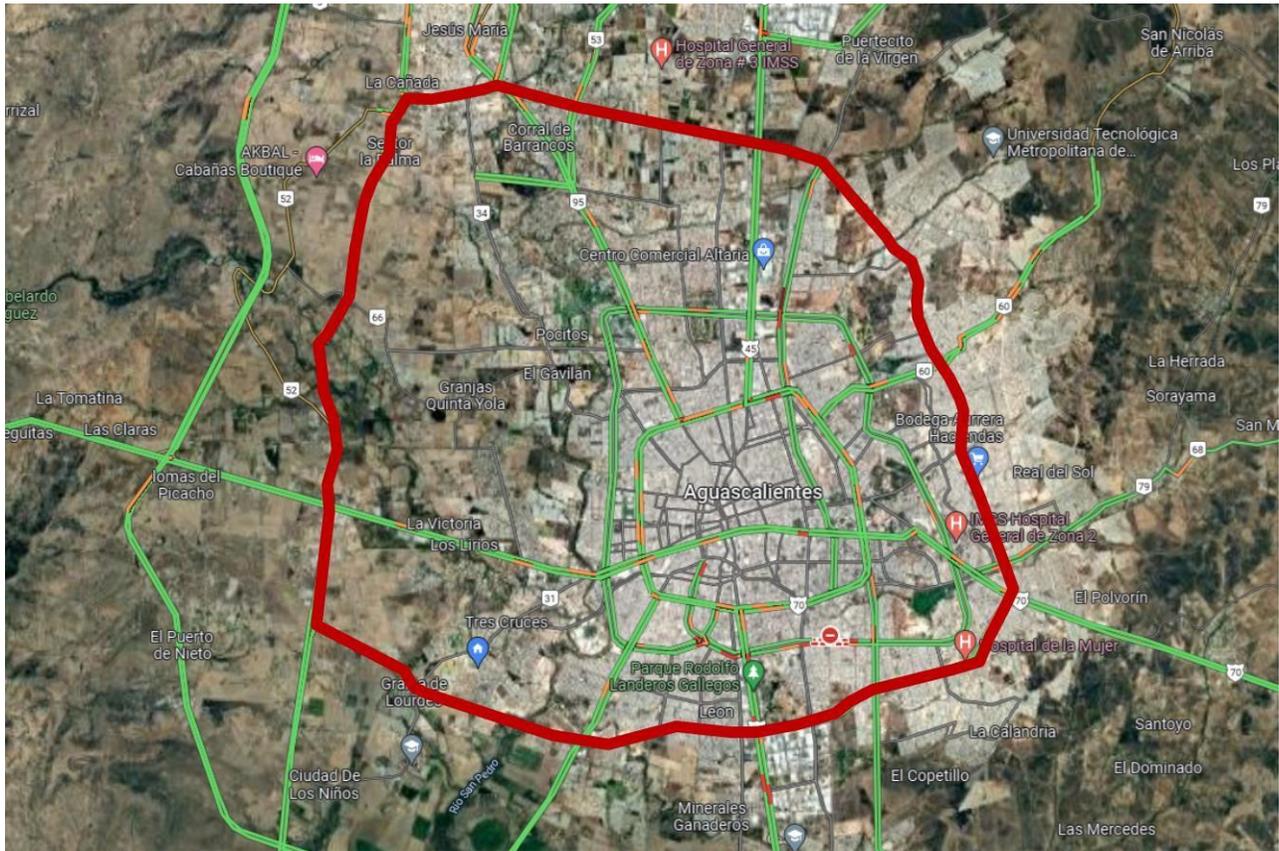


Figura 18 Localización del proyecto

De acuerdo al Estudio de Diseño de Pavimentos elaborado por parte de la empresa Heemze, contratada por la SOP, la estructura diseñada deberá construirse con tres (3) capas básicas, que son en primer lugar, la conformación de la plantilla (terreno natural), utilizando material de lugar, siempre y cuando cumpla con la calidad de terraplén que se deberá agregar el agua necesaria para alcanzar la óptima de compactación, homogenizar, tender y compactar, si el suelo descubierto se encuentra bien consolidado es preferible no romper la estructura natural, aunque es un poco más tardada la nivelación, en caso de que la humedad de suelo natural exceda el contenido de humedad óptimo, esta se podrá reducir por secado o agregando cal en porcentajes adecuados según los contenidos de agua natural.

La siguiente estructural es la sub-base; se deberá conformar con material de

Situación con proyecto

banco de al menos 30 centímetros de espesor, siempre y cuando se obtengan un VRS de campo de 60 %. Se le agrega el agua necesaria para alcanzar el contenido óptimo de humedad, luego de homogenizar evitando la clasificación de los granulares, se deberá tender y compactar al 100 % de su masa volumétrica, conformando una capa de 30 centímetros de espesor medido ya compactado.

Para formar la capa de base hidráulica se deberá usar material de banco que cumpla con las especificaciones SCT vigentes, a este material se le agrega el agua necesaria para alcanzar el contenido óptimo de humedad, luego de homogenizar evitando la clasificación de los granulares, se deberá tender y compactar al 100 % de su masa volumétrica, conformando una capa de 30 centímetros de espesor medido ya compactado.

La capa estructural y de rodamiento deberán construirse con concreto hidráulico con resistencia a la flexión de 45 kg/cm². Según la carga vehicular en la losa del diseño calculada es 25 centímetros de espesor.

En las zonas en las que se requiera el uso de terraplenes, estos deberán conformarse según el espesor requerido por los niveles marcados en el proyecto geométrico por medio de capas con espesores máximos de 25 centímetros.

Tabla 4. 2 Características constructivas del pavimento propuesto

Losa de pavimento	Concreto MR 45 Kg/cm ²
Base	VRS min = 100%
Sub base	VRS min = 60%
Sub rasante	VRS min = 20%
Plantilla	VRS min = 15%

Fuente Secretaría de Obras Públicas

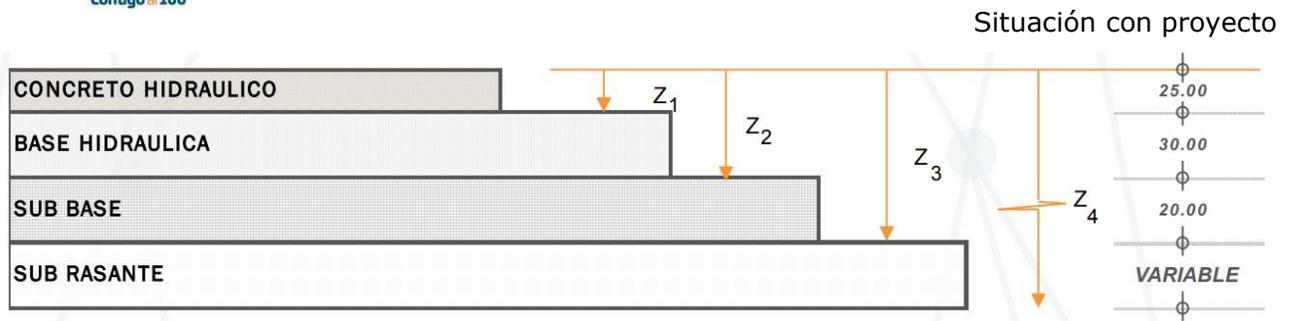


Figura 19 Composición del pavimento hidráulico propuesto

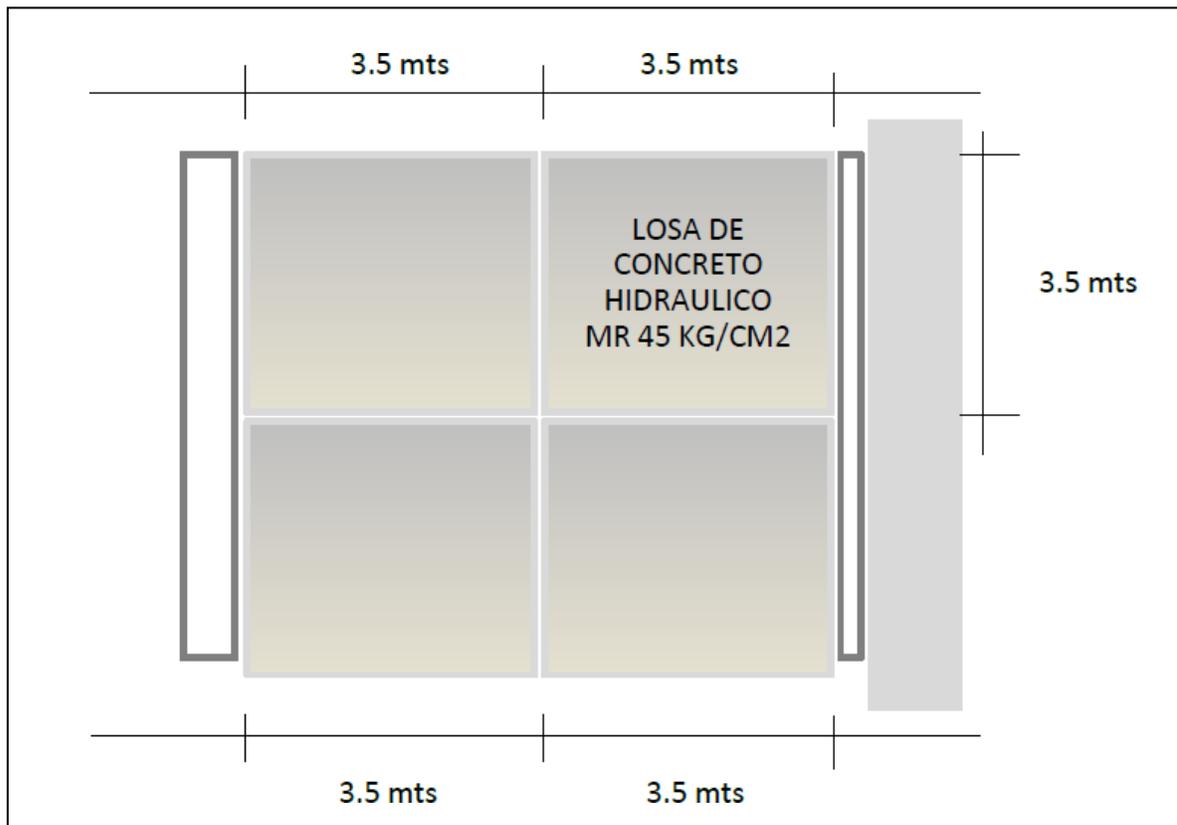


Figura 4.3 Modulación de losas de concreto hidráulico

b) Alineación estratégica

Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024

IV. Ejes generales

IV.3 Desarrollo económico

Situación con proyecto

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 la siguiente estrategia:

3.6.2 Porcentaje de la red federal de carreteras libres de peaje en estado bueno o regular.

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 personas y la planta productiva.

Línea de acción:

Situación con proyecto

1. Consolidad y modernizar las vialidades y carretera en el estado)

c) Localización geográfica

El proyecto se ubica en el municipio de Aguascalientes, en el estado del mismo nombre. La ciudad de Aguascalientes está situada en la región occidental de la Altiplanicie Mexicana, en las coordenadas 21° 53" latitud norte y 102° 18" longitud oeste a una altura de 1,870 metros sobre el nivel medio del mar.

Limita al norte con los municipios Jesús María y San Francisco de los Romo, al oriente con el municipio de El Llano, al sur y oriente con el estado de Jalisco y al poniente con Jesús María y Calvillo, abarcando una superficie de 1,168.72 km², representando poco más del 20 % de la extensión total del Estado.



Figura 4.4 Ubicación del Estado de Aguascalientes

La ciudad de Aguascalientes conforma junto con los municipios de Jesús María y San Francisco de los Romo la Zona Metropolitana de Aguascalientes y se constituye en la actualidad como la decimocuarta zona metropolitana más

Situación con proyecto grande de México y actualmente supera el millón de habitantes.

El clima en la ciudad de Aguascalientes, al igual que en el resto del Estado, es semiárido con una temperatura media anual de 17°C, registrándose las más altas temperaturas en los meses de abril, mayo y junio, y las más bajas en los meses de diciembre, enero y febrero.

La precipitación pluvial es de 526 milímetros, concentrándose la mayor parte de ellas entre los meses de julio y septiembre.

En torno a la producción agrícola en el Estado, destacan la producción bajo sistemas de riego de forrajes para apoyar la ganadería, así como los cultivos de guayaba, durazno y nopal. Con respecto a la producción de temporal, esta se concentra en el cultivo de maíz.

En los últimos años se ha incrementado de manera importante la industria automotriz, la cual ha recibido importantes inversiones derivadas de la construcción de la segunda planta de la empresa Nissan en el Estado, que, según cifras publicadas, se estima que la capacidad de producción instalada en el Estado será de un vehículo por cada 30 segundos.

En cuanto al comercio, el municipio cuenta con gran variedad de pequeños establecimientos y grandes centros comerciales; se comercializan artículos de primera y segunda necesidad, tales como alimentos, calzado, vestido, muebles para el hogar, aparatos eléctricos, materiales de ferreterías para la construcción, libros, papelerías, discos, partes y repuestos automotrices y bebidas, entre otros.

En torno a la actividad turística en el Estado, la actividad que acarrea a un mayor número de turistas es la Feria Nacional de San Marcos, que se realiza la segunda semana del mes de abril y se estima es visitada por poco más de 7 millones feriantes cada año. Aunado a lo anterior, se ha impulsado el denominado turismo

Situación con proyecto de negocios, además para la realización de congresos, exposiciones y convenciones, con lo que se espera incrementar la afluencia de visitantes a lo largo del año.

d) Calendario de actividades

Programación de las principales acciones para la realización del proyecto:

Tabla 4. 3 Calendario de actividades IVA Incluido(pesos 2022)

No	Tramo	Longitud (km)	2022	2023	2024
1	Av. Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	8.2	0	356,000,000	0
2	Carretera 70 Poniente - BBlvd. Juan Pablo II	4.3	0	0	186,000,000
3	Bldv. Juan Pablo II - Agostaderito	3	0	130,000,000	0
4	Agostaderito - Belisario Domínguez	0.3	0	0	13,000,000
5	José María Chávez Call Misión de San Margarito García	1.92	0	0	83,000,000
6	Calle Misión de San Margarito García - Carretera 70 Oriente	3.8	0	0	241,000,000
7	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho Y Blvd. Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	2	87,000,000	40,000,000	0
8	Bldv. Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	2.4	0	106,400,000	45,600,000
9	Bldv. Maravillas - Blvd Chicahuales	0.8	0	35,000,000	0
Total		26.72	87,000,000	667,400,000	568,600,000

Fuente SOP

e) Monto total de inversión

Calendario de programación de las principales acciones a realizar para generar los componentes del proyecto:

Situación con proyecto

Tabla 4. 4 Monto de inversión (pesos 2022)

Año	2022	2023	2024	Total
Subtotal	75,000,000	575,344,828	490,172,414	1,140,517,241
IVA	12,000,000	92,055,172	78,427,586	182,482,759
Total	87,000,000	667,400,000	568,600,000	1,323,000,000

Fuente: SOP

f) Fuentes de financiamiento

Los recursos para el proyecto de Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento en Blvd. Siglo XXI son:

Tabla 4. 5 Fuentes de inversión (pesos 2022)

Concepto	Procedencia	Monto	Porcentaje
Federal	Recursos Propios	1,322,000,000	100 %
Estatal			
Municipal			
Fideicomiso Otros			
Total		1,322,000,000	100 %

Fuente Elaboración propia con información del Instituto Municipal de Planeación

g) Capacidad instalada

De acuerdo a lo mencionado, los análisis de aforo vehicular y las proyecciones durante el horizonte de análisis (30 años), la capacidad del Blvd. Siglo XXI una vez realizado el proyecto permitirá mantener niveles de servicio B y C

h) Metas anuales y totales del proyecto

Para el presente proyecto se considera un periodo de ejecución de tres años, donde prácticamente la totalidad de la obra se tiene contemplada realizar en el año 2024.

Tabla 4. 6 Fuentes de inversión (pesos 2022 Incluye IVA)

Año	Etapa	Monto	Porcentaje
2022	Primer etapa	87,000,000	6.58
2023	Segunda etapa	667,400,000	50.45
2024	Tercer etapa	568,600,000	42.98
Total		1,323,000,000	100.00

Fuente Elaboración propia con información del Instituto Municipal de Planeación

i) Vida útil

Para el presente proyecto se considera un horizonte de evaluación de 30 años, con dos años de ejecución y 28 de operación.

j) Descripción de los aspectos más relevantes del proyecto

- Estudios Técnicos: El proyecto ejecutivo ha sido realizado de acuerdo a la normatividad vigente de la SCT y la Secretaría de Obras Públicas, donde se tiene concluido al 100 % del proyecto geométrico, análisis estructural y mecánica de suelos.
- Estudios legales: En el ámbito jurídico, toda vez que este proyecto se realizará en vialidades que ya están en operación en la ciudad de Aguascalientes, se tiene liberada la situación de derechos de vía, puesto que el proyecto a desarrollar no contempla afectaciones a predios aledaños.
- Estudios ambientales: Se cuenta con el Manifiesto de Impacto Ambiental en su modalidad Regional y se está en espera de que se emita el Dictamen por la Autoridad correspondiente.
- Estudios de mercado: El valor de la demanda vehicular se tomó de acuerdo a mediciones de aforos realizados en las intersecciones del Blvd. Siglo XXI y avenidas primarias en la zona. Se considera un crecimiento en el parque

vehicular de 2.0 % anual.

k) Análisis de la oferta

Para poder ofrecer un mejor nivel de servicio de operación vehicular en el Blvd. Siglo XXI, se contempla la repavimentación de 26.72 km de pavimento hidráulico. En el cual se incrementará la velocidad promedio de 53 a 60 km/hora.

l) Análisis de la demanda

De acuerdo a la información estimada de los flujos vehiculares en la Zona Metropolitana de Aguascalientes, así como los aforos puntuales que se realizaron, se puede estimar que con la construcción del proyecto se generará un tránsito de vehículos que actualmente están utilizando otras vialidades. Para los términos del presente análisis únicamente se calculará el beneficio de los vehículos que ya se encuentran transitando por estas vías.

m) Interacción de la oferta y demanda

Con el desarrollo del proyecto de Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd. Siglo XXI se contempla que los niveles de servicio para la totalidad de la vialidad se mantendrán en C y D.

Tabla 4. 7 Interacción oferta demanda de la situación actual optimizada

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,133	3,726	2,846	4,554	6,378	9,293	10,323	17,004	17,004
1	3,196	3,801	2,903	4,645	6,506	9,479	10,529	17,344	17,344
2	3,260	3,877	2,961	4,738	6,636	9,668	10,740	17,691	17,691
3	3,325	3,954	3,020	4,833	6,768	9,862	10,955	18,045	18,045
4	3,391	4,033	3,081	4,929	6,904	10,059	11,174	18,406	18,406
5	3,459	4,114	3,142	5,028	7,042	10,260	11,397	18,774	18,774
6	3,528	4,196	3,205	5,129	7,183	10,465	11,625	19,149	19,149
7	3,599	4,280	3,269	5,231	7,326	10,675	11,858	19,532	19,532
8	3,671	4,366	3,335	5,336	7,473	10,888	12,095	19,923	19,923
9	3,744	4,453	3,401	5,442	7,622	11,106	12,337	20,321	20,321
10	3,819	4,542	3,469	5,551	7,775	11,328	12,584	20,728	20,728

	Situación con proyecto								
11	3,895	4,633	3,539	5,662	7,930	11,555	12,835	21,142	21,142
12	3,973	4,725	3,609	5,776	8,089	11,786	13,092	21,565	21,565
13	4,053	4,820	3,682	5,891	8,251	12,021	13,354	21,996	21,996
14	4,134	4,916	3,755	6,009	8,416	12,262	13,621	22,436	22,436
15	4,217	5,015	3,830	6,129	8,584	12,507	13,893	22,885	22,885
16	4,301	5,115	3,907	6,252	8,756	12,757	14,171	23,343	23,343
17	4,387	5,217	3,985	6,377	8,931	13,012	14,455	23,810	23,810
18	4,475	5,322	4,065	6,504	9,109	13,273	14,744	24,286	24,286
19	4,564	5,428	4,146	6,634	9,292	13,538	15,039	24,772	24,772
20	4,655	5,537	4,229	6,767	9,477	13,809	15,339	25,267	25,267
21	4,749	5,647	4,314	6,902	9,667	14,085	15,646	25,772	25,772
22	4,844	5,760	4,400	7,040	9,860	14,367	15,959	26,288	26,288
23	4,940	5,876	4,488	7,181	10,057	14,654	16,278	26,814	26,814
24	5,039	5,993	4,578	7,325	10,259	14,947	16,604	27,350	27,350
25	5,140	6,113	4,669	7,471	10,464	15,246	16,936	27,897	27,897
26	5,243	6,235	4,763	7,621	10,673	15,551	17,275	28,455	28,455
27	5,348	6,360	4,858	7,773	10,887	15,862	17,620	29,024	29,024
28	5,455	6,487	4,955	7,929	11,104	16,179	17,973	29,604	29,604
29	5,564	6,617	5,054	8,087	11,326	16,503	18,332	30,196	30,196
30	5,675	6,749	5,155	8,249	11,553	16,833	18,699	30,800	30,800

Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección Municipal de Tránsito de Aguascalientes

V. Evaluación del proyecto

El presente análisis se realiza en apego a lo establecido en los Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de Inversiones de la SHCP, donde se establece que para el monto del proyecto se deberá realizar un análisis costo - beneficio.

a) Identificación, cuantificación y valoración de costos

De acuerdo a lo establecido metodológicamente para el cálculo de los costos de construcción y conservación, toda vez que el nivel de análisis es costos – beneficio simplificado, es posible utilizar costos índice. Sin embargo, en el caso del presente proyecto se cuenta con el presupuesto a detalle, así como con el proyecto ejecutivo concluidos al 100 %.

Tabla 5. 1 Monto de inversión (pesos 2022)

No	Tramo	Longitud (km)	2022	2023	2024
1	Av. Alejandro de la Cruz - Carretera 70 Poniente	8.2	0	356,000,000	0
2	Carretera 70 Poniente - BBlvd. Juan Pablo II	4.3	0	0	186,000,000
3	Blvd. Juan Pablo II - Agostaderito	3	0	130,000,000	0
4	Agostaderito - Belisario Domínguez	0.3	0	0	13,000,000
5	José María Chávez Call Misión de San Margarito García	1.92	0	0	83,000,000
6	Calle Misión de San Margarito García - Carretera 70 Oriente	3.8	0	0	241,000,000
7	Carretera 70 Oriente - Calle El Mocho Y Blvd. Miguel Ángel Barberena - Blvd. Guadalupano	2	87,000,000	40,000,000	0
8	Blvd. Guadalupano - Blvd Gerónimo de la Cueva	2.4	0	106,400,000	45,600,000

Evaluación del proyecto

9	Blvd. Maravillas - Blvd Chichahuales	0.8	0	35,000,000	0
Total		26.72	87,000,000	667,400,000	568,600,000

Fuente: SOP

Se contempla un calendario de ejecución para realizar el proyecto en tres años, iniciando la ejecución de la primera etapa en el mes de octubre del 2022 para continuar de manera subsecuente los años 2023 y 2024

Tabla 5. 2 Calendario de actividades (Pesos 2022)

	2022	2023	2024	Total
Subtotal	75,000,000	575,344,828	490,172,414	1,140,517,241
IVA	12,000,000	92,055,172	78,427,586	182,482,759
Total	87,000,000	667,400,000	568,600,000	1,323,000,000

Fuente SOP

Para la realización de la evaluación socioeconómica del proyecto se toman en cuenta los beneficios obtenidos por concepto de ahorros en costos de operación vehicular y los ahorros en los tiempos de recorrido; así como los costos del proyecto, los correspondientes a inversión y mantenimiento, tal como se especifica anteriormente.

- El horizonte de evaluación es de 30 años, con dos de ejecución y 28 años de operación
- La tasa anual de crecimiento del tránsito se consideró del 2.0%
- La tasa social de descuento es del 10 % de acuerdo a lo establecido en los lineamientos emitidos por la SHCP
- Se consideran precios constantes del año 2022 a lo largo del horizonte de evaluación, debido a que se está realizando un análisis en términos reales

1) Costos por tiempo de viaje

Evaluación del proyecto

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, 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 Notas 189 de Enero - 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 para el estado de Aguascalientes, que viajan por motivo de trabajo es de \$ 80.58 y por motivo de placer de \$ 48.35 pesos 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 61.8 % de los pasajeros viaja con motivo de trabajo y un 32.2 % con motivo de placer, tanto para automóvil como para autobús.

Tabla 5.3 Configuración del valor del tiempo (pesos 2022)

Concepto	Valor	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo	80.58	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer	48.35	\$/hr
Porcentaje de viajeros por motivo de trabajo	61.8	%
Número de pasajeros auto	2.32	pas/veh
Número de pasajeros autobus	20.49	pas/veh
Valor del tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	2.50	ton/veh

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Mexicano del Transporte

Evaluación del proyecto

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

2) Costos por mantenimiento y conservación

Para concreto hidráulico el mantenimiento consta de tres actividades programadas (que son las usualmente utilizadas para este tipo de pavimentos).

(i) El primer nivel lo integra la conservación rutinaria que es la atención mínima que se debe dar a una carretera y tiene como objetivo corregir rápidamente, con trabajos de mantenimiento menor, daños ligeros en la superficie de rodamiento, barrido y limpieza de guarniciones, desazolve de bocas de tormenta, para con ello evitar que los daños progresen e incrementen el deterioro y fatiga natural del pavimento. Por lo que este tipo de atención se le da en forma permanente la vialidad;

(ii) La reparación superficial de losas de concreto hidráulico integra el segundo nivel de conservación, la cual comprende la limpieza de juntas, calafateo de agrietamientos y el fresado de superficie para dar remarcar la macrotextura a la misma;

(iii) El tercer nivel lo integran los trabajos de reparación mayor, entre los cuales se consideran rebajar orillas de la losa cuando se alabea con la concavidad hacia arriba, inyecciones de mortero fluido para llenar huecos en caso de haber indicios

Evaluación del proyecto

de fenómenos de socavación, bombeo o sustitución de losas cuando tramos específicos presenten daños severos y sea mejor demolerlas y construir una nueva losa.

Tabla 5.4 Parámetros para estimar el valor del tiempo (Pesos 2022)

Concepto	Valor	Unidad
Tipo de pavimento	hidráulico	
Periódica	142,500	\$/km/carril
Mantenimiento Menor	775,000	\$/km/carril
Mantenimiento Mayor	1,200,000	\$/km/carril

Fuente Elaboración propia con datos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT)

3) Costos de operación vehicular

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

Para la situación actual optimizada sin proyecto se consideró una calidad de la superficie de rodamiento correspondiente a la meta del promedio nacional de la red federal de carreteras, así como la eliminación de los reductores de velocidad, y un señalamiento horizontal y vertical en buen estado.

Los costos de operación vehicular anuales se obtienen por tipo de vehículo.

La tabla siguiente presenta los parámetros para la obtención de los costos de operación vehicular para la evaluación económica del proyecto.

Tabla 5.5 Parámetros para obtener el costo de operación vehicular (pesos 2022)

Parámetro	Unidad	Automóvil	Autobus	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	Fracció n	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 Elaboración propia con datos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT)

b) Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios

1) Ahorro en tiempo de viaje

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. En la siguiente tabla se muestran los resultados y beneficios para el primer año de operación del proyecto.

Tabla 5.6 Beneficios por ahorro en tiempo de viaje para el primer año de operación (pesos 2022)

Costos	Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio
Por tiempo de viaje del tránsito	265,152,610	161,868,479	103,284,132

Fuente Elaboración propia

2) Por ahorro en costos de operación vehicular

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. En la tabla siguiente se presentan los costos totales de operación vehicular para las situaciones sin y con proyecto, para el primer año de operación del proyecto.

Tabla 5.7 Beneficios por ahorro en costos de operación viaje para el primer año (pesos 2022)

Costos	Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio
Operación vehicular	446,901,254	289,281,932	157,619,323

Fuente Elaboración propia

La evaluación económica del proyecto se realizó utilizando velocidades de operación para la situación con proyecto estimadas y los costos de obra se tomaron de acuerdo al proyecto ejecutivo desarrollado por la Secretaría de Obras Públicas Municipales.

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 y una tasa de crecimiento del tránsito conservadora del 2.0 % anual, misma que irá decreciendo durante el

periodo de análisis.

En la situación con proyecto se consideraron las características geométricas indicadas en la descripción del proyecto. No incluye costos por molestias a los predios aledaños al lugar donde se desarrollarán las obras.

c) Cálculo de los 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 2 % 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):

Evaluación del proyecto

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.

Momento Óptimo de Inversión (MOI):

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 5.8 Indicadores de rentabilidad

Indicador	Monto
Inversión con IVA 2022	87,000,000.00
Inversión con IVA 2023	667,400,000.00
Inversión con IVA 2024	568,600,000.00
Inversión total con IVA	1,323,000,000.00
Inversión total sin IVA	1,140,517,241.00
Valor Actual Neto (VAN)	1,266,149,543.49
Tasa Interna de Retorno (TIR)	19.50 %
Tasa de rentabilidad inmediata (TRI)	18.45 %

Fuente Elaboración propia

d) Análisis de sensibilidad

Para poder identificar que tan sensibles son los indicadores del proyecto ante cambios en sus principales variables, se analizaron cambios en el monto de inversión inicial, en los costos de operación y en el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).

Tabla 5.11 Sensibilidad ante los cambios en la inversión (pesos 2022)

Variación	Inversión	TIR	VPN	TRI
1.4	1,852.20	14.60 %	800,692	13.18 %
1.3	1,719.90	15.58 %	917,056	14.19 %
1.2	1,587.60	16.70 %	1,033,421	15.37 %
1.1	1,455.30	18.00 %	1,149,785	16.77 %
1.0	1,323.00	19.50 %	1,266,150	18.45 %
0.9	1,190.70	21.30 %	1,382,514	20.50 %
0.8	1,058.40	23.47 %	1,498,878	23.06 %
0.7	926.10	26.17 %	1,615,243	26.35 %
0.6	793.80	29.65 %	1,731,607	30.74 %

Fuente Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, el proyecto presenta una sensibilidad baja ante el incremento en el monto de inversión pues la rentabilidad del proyecto se mantiene positiva aun cuando la inversión se incremente en más del 101 %.

e) Análisis de riesgos

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

No se vislumbran exigencias sociales de gran impacto derivadas de la realización del proyecto.

VI. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto es económicamente rentable, pues permitirá ofrecer beneficios significativos debido a ahorros en costos de operación y reducción en tiempos de recorrido, los cuales son superiores a los costos de inversión y conservación necesarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

En síntesis, con la Rehabilitación Integral de la Superficie de Rodamiento del Blvd. Siglo XXI, la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos:

- 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
- Mejorar los niveles de servicio
- Reducir la contaminación ambiental por gases y por ruido

Con todo lo anterior se mejorará la actividad económica y productiva de la ciudad de Aguascalientes y el traslado de mercancías al ser el Blvd. Siglo XXI una de las principales arterias por donde transitan vehículos de carga o pesados.

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

VII. Anexos

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	Se adjunta de manera electrónica archivo con cálculos para la determinación de los costos y beneficios

VIII. Bibliografía

- Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, emitidos el 30 de diciembre de 2013 por la Unidad de inversiones de la SHCP.
- Datos viales de la S.C.T., publicaciones relativas a los años 2007 al 2013.
- Boletín Notas 140, Artículo 2, Enero-Febrero de 2013. Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Costos de operación Base de los Vehículos Representativos del Transporte Interurbano 2012; José Antonio Arroyo Osorno, Roberto Aguerrebere Salido, Guillermo Torres Vargas; IMT Publicación Técnica 368