

Departamento de Posgrado y Educación Continua

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe

**Tesis para optar al título de Máster en
Gerencia de Proyectos de Desarrollo**

Elaborado por:

Ing. Nigel Omar
Useda Molina

Ing. Elvis Moisés
Medina Rivera

Tutor:

Ing. Pavel Gerardo
Pastora Estrella, MSc

AGRADECIMIENTO

A Dios, por sobre todas las cosas, agradecemos por habernos dado la vida, la energía, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar con éxito nuestros estudios.

A nuestras familias, en especial a nuestros Padres, por su apoyo incondicional y constante durante estos años.

A nuestro tutor, por dedicarnos su tiempo y compartir generosamente sus conocimientos para la realización de este proyecto de tesis.

Al personal docente del Departamento de Posgrado y Educación Continua de la Universidad Nacional de Ingeniería, por transmitirnos sus conocimientos de manera amena y enriquecedora a lo largo de estos años.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, nuestra alma mater, que nos abrió sus puertas nuevamente y nos brindó las herramientas para convertirnos en mejores profesionales.

Nigel Useda y Elvis Medina

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis, en primer lugar, a Dios, por concederme la sabiduría para avanzar en mis estudios y por brindarme la fuerza necesaria para superar los obstáculos en mi camino, por ser mi guía en la toma de decisiones en mi vida personal y profesional.

A mi Madre, Zaida Molina Espinoza; y mi Padre, Carlos Alberto Useda Ramírez; por su apoyo incondicional, moral y personal, durante esta etapa de mi vida. Agradezco de corazón todos los consejos que me han brindado.

Nigel Omar Useda Molina

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la sabiduría para poder culminar mis estudios y por haberme brindado su guía durante toda mi vida.

A mis Padres, por su apoyo incondicional y constante durante estos años, apoyo que ha sido fundamental en cada paso de este proceso.

A mi familia en general, por su apoyo y respaldo en cada etapa de mi vida.

Elvis Moisés Medina Rivera

ABREVIATURAS

AASHTO	American Associations of State Highway and Transportation Officials, o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte
ASTM	American Society for Testing Materials, o Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales
BΔ+C	Beneficio por Aumento del Consumo
BCN	Banco Central de Nicaragua
BLR	Beneficio por Liberación de Recursos
CBR	California Bearing Ratio, o Valor Soporte California
CGV	Costo Generalizado de Viaje
COV	Costo de Operación Vehicular
CTv	Costo del Tiempo de Viaje
ECD	Estación de Corta Duración
ECS	Estación de Conteo Sumaria
EMC	Estación de Mayor Cobertura
ESAL	Equivalent Axial Load, o Ejes Equivalentes de Carga
HDM-4	Highway Development and Mangement Series
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua
NIC-2019	Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes
PIB	Producto Interno Bruto
R B/C	Relación Beneficio Costo
RED MODEL	Modelo de Evaluación Económica
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
TIR	Tasa Interna de Retorno
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
VAN	Valor Actual Neto
Veh/día	Vehículos por Día

GLOSARIO

Adoquín: Piedra labrada, concreto u otro material en forma de un prisma para uso en pavimento.

Arcillas: Partículas finas con tamaño de grano menor 0,002 mm.

Arena: Partícula de roca que pasan la malla número 4 (4.75 mm) y son retenidas por la malla número 200.

Base: Capa destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes.

Banco de materiales: Materiales que se encuentran en depósitos naturales y usualmente mesclado en mayor o menor cantidad con material fino.

Calzada: Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos.

Caminos revestidos: Caminos cuya superficie es de grava o suelos estables cuyo espesor mínimo es de 25 cm. Poseen un ancho de corona entre 4 y 8 m.

Carpeta de rodadura: La parte superior de un pavimento, por lo general de pavimento bituminoso o rígido, que sostiene directamente la circulación vehicular.

Derecho de vía: El área de terreno que el gobierno suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, anexos y futuras ampliaciones.

Grava: Agregado gruesos obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

Limos: Partículas de roca o minerales con dimensiones entre 0.02 y 0.002 mm.

Pavimento: Estructura integral de las capas de sub-base, base y carpeta de rodadura, destinadas a sostener las cargas vehiculares.

Rasante: Es el nivel final de la superficie de rodamiento de una carretera.

Sub-base: Capa de material especificado de espesor establecido según el valor soporte, colocado sobre una subrasante para sostener la capa de base superior.

RESUMEN

La presente tesis tuvo como principal objetivo elaborar el estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe. El estudio fue de carácter descriptivo y exploratorio, combinando datos de campo con un proceso de investigación documental.

La importancia de este trabajo reside en proponer una solución integral a la problemática del transporte en el tramo comprendido entre Punta San Pedro y Mérida, que asegure niveles adecuados de transitabilidad, seguridad vial y comodidad para los usuarios, en línea con los estándares modernos. Al mismo tiempo que contribuya a la reducción de los Costos generalizados de viaje (CGV).

La realización de este trabajo requirió del desarrollo de un estudio de mercado para caracterizar la oferta y demanda en el tramo; un estudio técnico, mediante el cual se diseñaron las alternativas óptimas de proyecto; un estudio financiero para determinar los costos de inversión y gastos de mantenimiento asociados a cada alternativa; así como una evaluación económica aplicando el enfoque del excedente del consumidor para determinar la conveniencia de cada inversión, mediante el cálculo de indicadores de rentabilidad.

Como resultado del estudio técnico y su integración con los hallazgos del análisis de oferta y demanda, se definieron las tres (3) alternativas de proyecto: Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica, Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico y Alternativa 3. Pavimento de adoquines.

Tras realizar la evaluación técnica y económica de las tres (3) alternativas de proyectos para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, se concluyó que la Alternativa 3 que contempla un Pavimento de adoquines, es la que presenta la mayor conveniencia para su implementación.

Palabras claves: mejoramiento, transitabilidad, evaluación económica.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to develop a pre-feasibility study for the improvement of the Punta San Pedro – Mérida road (13 km), in the municipality of Altigracia, Ometepe Island. The study was descriptive and exploratory, combining field data with a documentary research process.

The importance of this work lies in proposing a comprehensive solution to the transportation problems on the section between Punta San Pedro and Mérida, ensuring adequate levels of trafficability, road safety, and user comfort, in line with modern standards. At the same time, it aims to contribute to reducing Generalized Travel Costs (GTCCs).

This work required the development of a market study to characterize supply and demand on the section; a technical study, through which the optimal project alternatives were designed; a financial study to determine the investment costs and maintenance expenses associated with each alternative; and an economic evaluation applying the consumer surplus approach to determine the advisability of each investment by calculating profitability indicators.

As a result of the technical study and its integration with the findings of the supply and demand analysis, three (3) project alternatives were defined: Alternative 1. Asphalt mix pavement, Alternative 2. Hydraulic concrete pavement, and Alternative 3. Cobblestone pavement.

After conducting the technical and economic evaluation of the three (3) project alternatives for the improvement of the Punta San Pedro – Mérida road, it was concluded that Alternative 3, which involves cobblestone pavement, is the most suitable for implementation.

Keyword: improvement, transitability, economic evaluation.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Limitantes y riesgos.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Importancia de la red vial.....	7
2.2. Consecuencias del mal estado de las vías.....	7
2.3. Marco institucional, normativo y jurídico de Nicaragua.....	8
2.3.1. Marco institucional.....	8
2.3.2. Marco normativo	9
2.3.3. Marco jurídico.....	9
2.4. Estudio de Pre factibilidad	9
2.5. Formulación y evaluación de proyectos de infraestructura vial.....	10
2.5.1. Estudio de mercado	10
2.5.2. Estudio técnico.....	12
2.5.3. Estudio financiero	13
2.5.4. Evaluación económica.....	14
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	16
3.1. Área de localización del estudio	16
3.2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período	17

3.3.	Población, muestra	17
3.3.1.	Tipo de muestra y muestreo	17
3.3.2.	Técnicas e instrumentos de la investigación.....	17
3.4.	Diseño	18
3.4.1.	Recolección de datos.....	18
3.4.2.	Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad	18
3.5.	Operacionalización de variables.....	19
3.6.	Análisis de datos	20
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO.....		21
4.1.	Estudio de mercado	21
4.1.1.	Caracterización del área de influencia del proyecto	21
4.1.2.	Análisis de la demanda escenario “sin proyecto”	27
4.1.3.	Análisis de la oferta escenario “sin proyecto”	42
4.1.4.	Balance oferta-demanda escenario “sin proyecto”	49
4.1.5.	Balance oferta-demanda escenario “con proyecto”	55
4.2.	Estudio técnico	66
4.2.1.	Estudio geotécnico	66
4.2.2.	Estudio hidrotécnico.....	74
4.2.3.	Diseño geométrico.....	75
4.2.4.	Estructura de pavimento.....	87
4.2.5.	Propuestas técnicas.....	93
4.3.	Estudio financiero.....	97
4.3.1.	Costos de inversión.....	97
4.3.2.	Gastos de mantenimiento	108
4.4.	Evaluación económica	115
4.4.1.	Metodología de la evaluación económica.....	115
4.4.2.	Cálculo de los Beneficios por liberación de recursos (BLR).....	116
4.4.3.	Cálculo de los Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C).....	119
4.4.4.	Conversión a costos económicos	123
4.4.5.	Parámetros de la evaluación económica.....	127
4.4.6.	Cálculo de la rentabilidad económica.....	127
4.4.7.	Análisis de sensibilidad.....	131
4.4.8.	Cálculo de la Tasa de rentabilidad instantánea (TRI).....	133

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES	
HALLAZGOS.....	134
5.1. Resultados del estudio de mercado.....	134
5.1.1. Resultados del análisis de la demanda escenario “sin proyecto”.....	134
5.1.2. Resultados del análisis de la oferta escenario “sin proyecto”.....	134
5.1.3. Resultados del balance oferta-demanda escenario “sin proyecto”.....	135
5.1.4. Resultados del balance oferta-demanda escenario “con proyecto”.....	136
5.2. Resultados del estudio técnico.....	138
5.2.1. Resultados del estudio geotécnico.....	138
5.2.2. Resultados del estudio hidrotécnico.....	139
5.2.3. Resultados del diseño geométrico.....	139
5.2.4. Resultados del diseño de la estructura de pavimento.....	140
5.2.5. Propuestas técnicas.....	140
5.2.6. Viabilidad técnica.....	141
5.3. Resultados del estudio financiero.....	143
5.4. Resultados de la evaluación económica.....	144
5.4.1. Resultados de los indicadores de rentabilidad económica.....	144
5.4.2. Resultados del análisis de sensibilidad.....	145
5.4.3. Momento óptimo de la inversión.....	145
5.4.4. Viabilidad económica.....	146
CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	147
6.1. Ventajas del proyecto de adoquinado.....	147
6.2. Beneficios sociales generados.....	148
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....	151
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES.....	152
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS.....	154
ANEXOS.....	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2	Distribución de la red vial del municipio de Altagracia.....	26
Tabla 3	Conteo vehicular estación 1: Balgue.....	28
Tabla 4	Conteo vehicular estación 2: San Pedro	28
Tabla 5	Conteo vehicular estación 3: Mérida.....	29
Tabla 6	Factores de ajuste EMC 1802 San Marcos – Masatepe, segundo cuatrimestre del año (mayo – agosto).....	30
Tabla 7	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) estación 1: Balgue	31
Tabla 8	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) estación 2: San Pedro.....	32
Tabla 9	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) estación 3: Mérida.....	32
Tabla 10	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) camino Punta San Pedro – Mérida.....	33
Tabla 11	Motivo de viaje de los usuarios del camino	35
Tabla 12	Tasa de crecimiento del TPDA EMC 1802 San Marcos - Masatepe (2010 – 2020)	37
Tabla 13	Tasa de crecimiento del PIB de Nicaragua (2006 – 2024)	38
Tabla 14	Tasa de crecimiento poblacional de Nicaragua (2006 – 2023).....	39
Tabla 15	Tasas de crecimiento por tipología vehicular camino Punta San Pedro – Mérida	40
Tabla 16	Proyección del tráfico normal camino Punta San Pedro – Mérida.....	41
Tabla 17	Coordenadas geográficas del punto inicial y final del proyecto	43
Tabla 18	Inventario de obras de drenaje existentes camino Punta San Pedro – Mérida.	47
Tabla 19	Oferta actual camino Punta San Pedro – Mérida escenario “sin proyecto”.....	49
Tabla 20	Salario promedio por actividad económica - asegurados del INSS 2025	50
Tabla 21	Costo horario del pasajero (Cho)	50
Tabla 22	Costos económicos de vehículos e insumos de transporte.....	52
Tabla 23	Costo de operación vehicular (COV) escenario “sin proyecto”	54
Tabla 24	Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "sin proyecto"	55
Tabla 25	Costo de operación vehicular (COV) escenario “con proyecto”.....	58
Tabla 26	Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto" pavimento de asfalto.....	58
Tabla 27	Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto" pavimento de concreto.....	59

Tabla 28 Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto" pavimento de adoquín.....	59
Tabla 29 % Reducción en el Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto"	60
Tabla 30 Tráfico generado escenario "con proyecto"	61
Tabla 31 Tráfico total en el periodo de análisis pavimento de mezcla asfáltica.....	63
Tabla 32 Tráfico total en el periodo de análisis pavimento de concreto hidráulico	64
Tabla 33 Tráfico total en el periodo de análisis pavimento de adoquines	65
Tabla 34 Ensayos de laboratorio realizados a muestras de suelos de la línea	66
Tabla 35 Suelos característicos por rangos de estaciones	67
Tabla 36 Resultados de los ensayos de CBR en la línea	68
Tabla 37 Ensayos de laboratorio realizados a muestras de suelos de bancos	69
Tabla 38 Resultados de los ensayos de laboratorio en bancos de materiales	70
Tabla 39 Sitios de sub excavación	73
Tabla 40 Inventario de obras de drenaje propuestas camino Punta San Pedro – Mérida	74
Tabla 41 Clasificación funcional de las carreteras regionales.....	75
Tabla 42 Velocidad de diseño	76
Tabla 43 Reporte de curvas horizontales C3D tramo Punta San Pedro – Mérida.....	80
Tabla 44 Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales	82
Tabla 45 Reporte de curvas verticales C3D tramo Punta San Pedro – Mérida.....	84
Tabla 46 Volúmenes de movimiento de tierras camino Punta San Pedro – Mérida.....	85
Tabla 47 Normas de diseño geométrico camino Punta San Pedro – Mérida	85
Tabla 48 Resumen de variables de diseño pavimento de mezcla asfáltica.....	89
Tabla 49 Estructura de pavimento de mezcla asfáltica propuesta	90
Tabla 50 Resumen de variables de diseño pavimento de adoquines	91
Tabla 51 Estructura de pavimento de adoquines propuesta	91
Tabla 52 Resumen de variables de diseño pavimento de concreto hidráulico	92
Tabla 53 Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica	98
Tabla 54 Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico.....	101
Tabla 55 Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 3. Pavimento de adoquines	104
Tabla 56 Resumen de los costos de construcción.....	107

Tabla 57 Costos de supervisión camino Punta San Pedro – Mérida.....	108
Tabla 58 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario escenario “sin proyecto”	110
Tabla 59 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica.....	110
Tabla 60 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico	111
Tabla 61 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario Alternativa 3. Pavimento de adoquines	111
Tabla 62 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico escenario “sin proyecto”	112
Tabla 63 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica.....	112
Tabla 64 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico	113
Tabla 65 Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico Alternativa 3. Pavimento de adoquines	113
Tabla 66 Resumen de los gastos de mantenimiento	114
Tabla 67 Beneficios por liberación de recursos (BLR) Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica	117
Tabla 68 Beneficios por liberación de recursos (BLR) Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico.....	118
Tabla 69 Beneficios por liberación de recursos (BLR) Alternativa 3. Pavimento de adoquines	119
Tabla 70 Beneficios por aumento del consumo ($B\Delta+C$) Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica	120
Tabla 71 Beneficios por aumento del consumo ($B\Delta+C$) Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico.....	121
Tabla 72 Beneficios por aumento del consumo ($B\Delta+C$) Alternativa 3. Pavimento de adoquines	122
Tabla 73 Precios sociales de Nicaragua.....	123
Tabla 74 Flujo económico Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica	128
Tabla 75 Flujo económico Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico	129
Tabla 76 Flujo económico Alternativa 3. Pavimento de adoquines	130

Tabla 77	Resumen de los indicadores económicos	131
Tabla 78	Resumen de los indicadores económicos análisis de sensibilidad	132
Tabla 79	Cálculo de la Tasa de rentabilidad instantánea (TRI) alternativa de pavimento de adoquines	133
Tabla 80	Análisis comparativo del costo de construcción por kilómetro	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Equilibrio en el escenario ‘sin proyecto’	12
Figura 2	Localización del sitio del estudio	16
Figura 3	Red vial primaria Isla de Ometepe	25
Figura 4	Composición del tránsito camino Punta San Pedro – Mérida	33
Figura 5	Composición del tránsito por tipo de vehículo Punta San Pedro – Mérida.....	34
Figura 6	Macro localización del camino Punta San Pedro – Mérida	42
Figura 7	Micro localización del camino Punta San Pedro – Mérida	43
Figura 8	Ancho de rodadura camino Punta San Pedro – Mérida.....	44
Figura 9	Estado estructural del camino Punta San Pedro – Mérida.....	45
Figura 10	Equilibrio en el escenario “con proyecto”	56
Figura 11	Esquema de la estructura de pavimento de mezcla asfáltica	90
Figura 12	Esquema de la estructura de pavimento de adoquines	92
Figura 13	Esquema de la estructura de pavimento de concreto hidráulico.....	93
Figura 14	Sección típica pavimento de mezcla asfáltica en caliente	94
Figura 15	Sección típica pavimento de concreto hidráulico	95
Figura 16	Sección típica pavimento de adoquines	96
Figura 17	Beneficios del proyecto enfoque del Excedente del consumidor	115
Figura 18	Balance oferta-demanda escenario “sin proyecto” camionetas	136
Figura 19	Análisis comparativo escenario “sin proyecto” vs “con proyecto (adoquinado)”	137
Figura 20	Balance oferta-demanda escenario “con proyecto” camionetas	138

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL

1.1. Antecedentes

Las vías de transporte terrestres constituyen una necesidad primordial para el desarrollo económico y social de un país, puesto que, a través de ellas se moviliza gran parte de la producción de los distintos sectores que contribuyen al Producto Interno Bruto (PIB).

En el caso de Nicaragua, las estadísticas oficiales del Banco Central muestran que, en el año 2024, el sector transporte y comunicaciones tuvo una contribución del 4.4% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (BCN, 2025). Estos datos reflejan la importancia de contar con una infraestructura vial funcional como medio para fortalecer la integración territorial y potenciar el desarrollo económico del país.

Según la última actualización publicada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), de su anuario Red vial de Nicaragua 2020 (MTI, 2021), el municipio de Altagracia cuenta con una red vial de 95.51 km, de los cuales solamente 26.14 km (27.4%) cuentan con una carpeta de rodadura; 25.53 km adoquinados (26.7%), 0.53 km asfaltados (0.6%) y 0.08 km (0.1%) en concreto hidráulico. Los 69.37 km (72.6%) restantes carecen de una carpeta de rodadura y se componen de caminos revestidos, de todo tiempo y de estación seca.

En el caso particular del camino Punta San Pedro – Mérida, este se encuentra bajo la jurisdicción de la Red vial básica NN – 226, clasificada funcionalmente como una vía Colectora Secundaria, compuesta por los tramos El Quino – Santa Cruz, Santa Cruz – Balgue, Balgue – San Pedro, San Pedro – San Ramón y San Ramón – Santa Cruz.

Por su importancia estratégica como la principal vía de comunicación entre los poblados rurales de Altagracia, y por su papel fundamental en el desarrollo turístico y productivo de la Isla de Ometepe, la NN – 226 ha sido objeto de diversas intervenciones en los últimos 15 años. Estas acciones, llevadas a cabo por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), han incluido proyectos de mejoramiento en distintos tramos de la vía, entre los cuales destacan:

- Proyecto de Mejoramiento del tramo de carretera El Quino – Santa Cruz, con una longitud de 6.5 km de adoquinado, ejecutado entre los años 2009 – 2010.
- Proyecto de Mejoramiento del tramo de carretera Santa Cruz – Balgue, con una longitud de 4.5 km de adoquinado, ejecutado en el año 2012.
- Proyecto de Mejoramiento del tramo de carretera Balgue – Punta Gorda, con una longitud de 3 km de adoquinado, ejecutado en el año 2022.
- Proyecto de Mejoramiento del tramo de carretera Santa Cruz – Mérida, con una longitud de 4 km de adoquinado, ejecutado en el año 2024.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados en años recientes, aproximadamente 20 km de la vía NN – 226, aún permanecen como camino de todo tiempo, con rodadura de tierra, lo que limita en gran medida la capacidad y el nivel de servicio que este puede ofrecer a los usuarios.

El presente estudio representa una continuación de los proyectos previos de pavimentación ejecutados en la red vial NN – 226, con el objetivo estratégico de dotar al camino Punta San Pedro – Mérida de las características y condiciones funcionales adecuadas para consolidarlo como una vía colectora. La implementación de estas mejoras permitirá optimizar el transporte y facilitará la conectividad dentro del municipio, lo que ayudará a promover el desarrollo turístico y productivo de Altagracia.

1.2. Planteamiento del problema

El camino Punta San Pedro – Mérida, del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe, con una longitud de 13 km, presenta una superficie de rodadura de tierra, estando la mayor parte de está entre regular y mal regular estado. El camino cuenta con un ancho promedio de 5 m, la calzada no dispone de hombros laterales para el resguardo de los vehículos, y de igual manera carece de un sistema de drenaje (cunetas y alcantarillas).

Por tratarse de un camino de todo tiempo este presenta una superficie de rodadura irregular y pedregosa. El material de revestimiento exhibe características principalmente gravosas, en combinación con material fino, lo que lo hace inestable, especialmente en épocas de invierno, favoreciendo la formación de baches y encharcamientos que dificultan la transitabilidad y comprometen la seguridad de los usuarios.

Las características funcionales y las condiciones actuales del camino limitan en gran medida la capacidad y el nivel de servicio que este puede ofrecer a los usuarios, lo que se traduce en demoras en los tiempos de viaje, incrementos en los costos de operación vehicular y mayores dificultades para el transporte de la producción agrícola; además de obstaculizar el libre acceso de la población de las comunidades rurales de Altagracia a servicios básicos como salud y educación, e interferir con el desarrollo turístico local.

Este conjunto de situaciones adversas y problemáticas derivadas del mal estado del camino son un reflejo de la imperante necesidad de una intervención para su mejoramiento. Esto con el propósito de dotar a la vía de condiciones óptimas que propicien una transitabilidad segura y cómoda para los usuarios, al tiempo que se contribuye al fortalecimiento de la actividad económica y desarrollo del turismo local.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Elaborar el estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de mercado que permita conocer la demanda vehicular actual y futura del proyecto.
- Elaborar un estudio técnico para determinar las alternativas de carpeta de rodamiento más adecuadas para el tramo.
- Realizar un estudio financiero para determinar los costos de inversión y gastos de mantenimiento asociados a cada alternativa.
- Realizar una evaluación económica para identificar la alternativa de carpeta de rodamiento que ofrece la mayor rentabilidad.

1.4. Justificación

Una carretera en mal estado obstaculiza el acceso a cualquier territorio, de igual manera hace que los servicios básicos como sanidad y educación se vean restringidos, y la cohesión local se vea comprometida. Las afectaciones también se ven reflejadas en el parque vehicular con el aumento en el consumo de combustible, la disminución en la vida útil de los vehículos y el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero, intensificando el daño al medio ambiente.

El proyecto de mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, del municipio de Altagracia, representa una inversión estratégica con la que se pretende potenciar la competitividad productiva local, fomentar el desarrollo turístico, mejorar la calidad de vida de la población, y fortalecer la integración territorial de la Isla de Ometepe.

Con la implementación del proyecto se contribuirá al fortalecimiento de la economía del municipio de Altagracia, logrando una reducción de los costos logísticos asociados al transporte de productos y facilitando la libre movilización de la producción, particularmente de plátano, hacia los principales centros de comercio locales y del municipio de Rivas.

La actividad turística también se verá favorecida gracias a las mejoras en la accesibilidad. El nuevo camino garantizará mejores condiciones de seguridad y confort para los visitantes, al tiempo que potenciará el atractivo de las playas sobre la ruta.

Asimismo, mejorará el acceso de la población rural a servicios básicos como salud y educación, contribuyendo al bienestar social y promoviendo el encuentro y la comunicación entre las familias. Los beneficios también se verán reflejados en los usuarios y transportistas, con la reducción de los tiempos de viaje y la disminución de los costos de operación y mantenimiento de los vehículos privados y de pasajeros.

Con el desarrollo del presente estudio se busca ofrecer una solución integral a la problemática del transporte entre Punta San Pedro y Mérida, en el municipio de Altagracia, ofreciendo una propuesta técnica y económica que asegure niveles adecuados de transitabilidad, seguridad vial y comodidad para los usuarios, en línea con los estándares modernos.

1.4.1. Limitantes y riesgos

La principal limitante para la realización del presente estudio fue el acceso a la base de datos de los estudios de ingeniería realizados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en el área de influencia del proyecto.

El principal riesgo asociado al desarrollo del estudio residió en la posibilidad de que las actividades no pudieran ser completadas en los plazos establecidos, debido a la dependencia de información primaria del MTI.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia de la red vial

La disponibilidad de vías de transporte adecuadas resulta esencial, tanto para garantizar la competitividad y capacidad exportadora de los países como para promover su desarrollo local y la integración social de sus habitantes. Estimaciones efectuadas en diversos países señalan que las pérdidas ocasionadas por deficiencias en el estado de las vías pueden alcanzar anualmente el 2% del PIB (Bull, 2014).

En el caso de Nicaragua, el desarrollo social y económico del país se ha visto históricamente ligado al sector de la infraestructura vial. Esto se debe a que el país carece de una infraestructura estratégica de transporte masivo como ferrocarriles y metros. En consecuencia, las carreteras constituyen el principal medio de transporte para mercancías y pasajeros, y que además desempeñan una función social importante al facilitar el encuentro y la comunicación entre las personas.

En el marco de las políticas gubernamentales orientadas a promover el desarrollo económico, resulta crucial el conservar la red vial en condiciones adecuadas de servicio, dados los múltiples beneficios que ello conlleva:

- 1) Ahorros en los costos de operación de vehículos.
- 2) Ahorro de tiempo para los usuarios.
- 3) Preserva la inversión realizada por las instituciones administradoras viales.
- 4) Brinda a los usuarios seguridad, rapidez y confort.
- 5) Permite acceder a servicios (salud, educación, etc.) y centros de comercio.

2.2. Consecuencias del mal estado de las vías

Nuño y Pescador, S.A. (NYPSA, 2024) describe algunas de estas consecuencias:

1) Aumento en los costos de operación vehicular

El deterioro de las carreteras puede repercutir en el bolsillo de los usuarios, generando:

- Daños a los vehículos: Por las vibraciones ocasionadas por las irregularidades.
- Aumento en el gasto de combustible: Por frenados frecuentes.

2) Aumento de los costos de mantenimiento

Alcanzar altos niveles de deterioro aumenta los costos de mantenimiento y reparación para los gobiernos, al requerir reparaciones más frecuentes y costosas.

3) Incremento de los tiempos de viaje

Una vía en mal estado ocasiona un aumento en el tiempo de traslado, producto de la reducción de la velocidad y los efectos sobre la fluidez del tráfico (congestionamiento).

4) Efectos sobre la economía

- Disminución de la productividad: Puede causar retrasos en la entrega de bienes y servicios, afectando la eficiencia operativa de las empresas.
- Impacto en el comercio: Puede dificultar la conectividad entre mercados.

5) Impacto en la seguridad vial

- Riesgos en la conducción: Pérdida de tracción, derrapes y dificultades de frenado.
- Visibilidad de señales de tráfico: Las superficies desgastadas pueden hacer que las marcas viales sean menos visibles, complicando más la conducción segura.

6) Aumento de la contaminación

Las carreteras deterioradas pueden contribuir a la contaminación, ya que los vehículos tienden a emitir más gases contaminantes en condiciones adversas.

7) Menor calidad de vida de la población

Una carretera en mal estado obstaculiza la libre movilidad, dificulta el acceso a servicios esenciales, deteriora la calidad del aire, ocasiona contaminación acústica y obstaculiza el comercio local. Todas estas condiciones tienen un impacto negativo sobre la calidad de vida de las personas que habitan cerca del prisma de la vía.

2.3. Marco institucional, normativo y jurídico de Nicaragua

2.3.1. Marco institucional

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) es la entidad responsable de administrar, regular y controlar la red vial nacional. De igual manera, funge como ente

normador, supervisor y ejecutor en materia de diseño, construcción y mantenimiento de todos los proyectos de inversión de carreteras, caminos y puentes del país.

2.3.2. Marco normativo

Como miembro del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), Nicaragua adopta como principales guías técnicas en materia de diseño de carreteras, las normativas regionales elaboradas por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA):

- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA, 2002).
- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011).

Asimismo, son implementadas normativas internacionales como las desarrolladas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO):

- Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento (AASHTO, 1993)
- Guía de Diseño Geométrico de Carreteras (AASHTO, 2011)

2.3.3. Marco jurídico

El marco jurídico nacional en materia de infraestructura vial se compone de las siguientes leyes y decretos:

- Ley No. 217-1996. Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley No. 1238-2025. Ley de Contrataciones Administrativas del Estado.
- Decreto legislativo No. 46-1952. Ley de Derecho de Vía y su Reforma.
- Decreto ejecutivo No. 76-2006. Sistema de evaluación ambiental.
- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes. NIC 2019.

2.4. Estudio de Pre factibilidad

Un estudio de pre factibilidad se realiza con el propósito de obtener información detallada sobre el proyecto propuesto, incluyendo las diferentes alternativas

disponibles y las condiciones ambientales, sociales y técnicas que rodean su ejecución.

En esta etapa se profundiza el estudio de las alternativas encontradas y recomendadas en la etapa de perfil, tanto en los aspectos técnicos como económicos. Para ello se recopila información de origen primario, es decir información levantada específicamente para el proyecto a través de estudios de campo, entrevistas, estudios específicos, entre otros (MIDEPLAN, 2022, p. 7).

En el caso particular de los proyectos de infraestructura vial, el Manual para la elaboración de estudios de Pre factibilidad y Factibilidad (MTI, 2008), señala que, habrá evidencias claras que permitan determinar si la mejora del camino es conveniente o no. De ser así, la prefactibilidad generalmente identifica el tipo de proyecto más adecuado, evalúa si la iniciativa no resulta prematura y proporciona la información necesaria para avanzar hacia el estudio de factibilidad (p. 28).

2.5. Formulación y evaluación de proyectos de infraestructura vial

El Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua (MHCP), a través del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) ha elaborado la “Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial” (SNIP, 2016).

Este documento establece un procedimiento estructurado para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de carreteras en el país. Su propósito es determinar la conveniencia de la ejecución del proyecto y garantizar la selección de la mejor alternativa, fundamentando la toma de decisiones en criterios objetivos como la oferta – demanda (Estudio de mercado) y de parámetros y criterios técnicos (Estudio técnico).

2.5.1. Estudio de mercado

En proyectos viales, el estudio de mercado busca establecer la demanda existente y proyectada del servicio de transporte, así como la oferta actual de infraestructura disponible. En esta etapa no se aborda el análisis desde un enfoque comercial, sino desde la lógica de acceso, cobertura y funcionalidad del bien público (CEPAL, 2011).

La demanda en proyectos de infraestructura vial se relaciona con el volumen de tránsito, tipo de usuarios, frecuencia de uso, entre otros factores que evidencian la necesidad de la intervención.

2.5.1.1. Análisis de la demanda

El volumen de tráfico que circula por día sobre un tramo de carretera se conoce genéricamente como Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). La meta del análisis de la demanda es el determinar el TPDA actual y futuro del tramo a intervenir.

La metodología SNIP (2016) recomienda consultar los anuarios estadísticos sobre volúmenes de tráfico publicados por el MTI. En caso de que no se disponga de datos de conteos vehiculares para el tramo en estudio, se deberán realizar conteos específicos para obtener dicha información (p. 26).

2.5.1.2. Análisis de la oferta

El análisis de la oferta consiste en una descripción de las condiciones de transitabilidad ofrecida por el tramo en estudio, y de forma más general de la red vial relevante (SNIP, 2016, p. 30).

Se debe incluir una descripción detallada de aspectos relevantes, tales como:

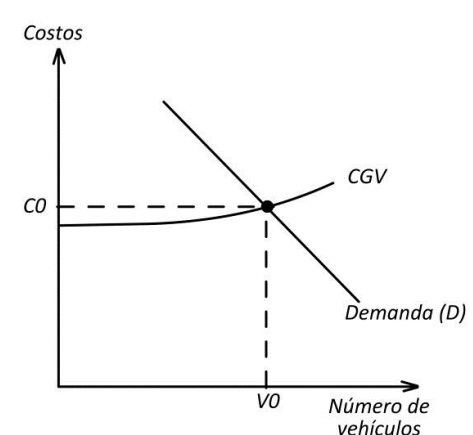
- Condición física de la carretera (tipo de superficie, estado estructural).
- Ancho de calzada y capacidad portante.
- Continuidad de la ruta y conectividad con otras vías.
- Presencia de drenajes, señalización y seguridad vial.
- Accesibilidad estacional (vialidad en época lluviosa).

2.5.1.3. Balance oferta-demanda

El balance oferta-demanda, tiene el propósito de establecer la situación de “equilibrio” entre los vehículos que transitan por el tramo y las condiciones de transitabilidad de dicho tramo (SNIP, 2016, p. 31).

Figura 1

Equilibrio en el escenario 'sin proyecto'



Nota. Adaptado de *Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial* (p. 31), por Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), 2016.

Para contextualizar esta situación de equilibrio, se debe determinar, además de la cantidad de vehículos que transita por el tramo (TPDA), el Costo generalizado de viaje (CGV) para dichos vehículos. Donde el CGV es la suma de los Costos de operación vehicular (COV) y del Costo del tiempo de viaje (CTv).

En el caso de los Costos generalizados de viaje (CGV) por tipo de vehículo, estos vienen determinados por las características técnicas-mecánicas de los vehículos y por las condiciones de transitabilidad del tramo, expresadas por medio del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la vía (SNIP, 2016, p. 32).

Por su parte, el Costo del tiempo de viaje (CTv) está dado por el costo de oportunidad del tiempo de los pasajeros, el cual depende de las actividades económicas-productivas de estos, y por la duración del viaje (SNIP, 2016, p. 32).

2.5.2. Estudio técnico

Según la metodología SNIP (2016) una vez determinadas las alternativas de intervención se deberá desarrollar la configuración técnica de las mismas. En un proyecto de infraestructura vial, los elementos técnicos están referidos principalmente al diseño de la carpeta de rodamiento (estructura de pavimentación), y de todas las

demás obras complementarias (obras de drenaje mayor y menor, hombros, cunetas, aceras, bahías de buses, ciclovías y demás).

El estudio técnico para proyectos de carreteras debe fundamentarse en un conjunto integral de estudios de ingeniería que incluyen:

- Estudio topográfico
- Estudio de tráfico
- Estudio geotécnico
- Estudio hidrotécnico
- Diseño geométrico vial
- Diseño de la estructura de pavimento

2.5.3. Estudio financiero

La utilidad del estudio financiero radica en poder determinar los recursos, a precios de mercado, requeridos para ejecutar y operar el proyecto. Estos recursos se conocen genéricamente como los costos del proyecto, los cuales se dividen en costos de inversión, que son incurridos durante la ejecución del proyecto, y los gastos de mantenimiento que ocurren cuando el proyecto está en operación.

2.5.3.1. Costos de inversión

Los costos de inversión corresponden a los recursos necesarios para ejecutar el proyecto. La metodología SNIP (2016) reconoce las siguientes categorías de costos de inversión:

- Estudios técnicos y diseños.
- Infraestructura.
- Maquinaria y equipamiento.
- Supervisión.
- Administración.
- Cualquier otro costo asociado a la ejecución del proyecto.

2.5.3.2. Gastos de operación y mantenimiento

Incluye todos aquellos gastos asociados al funcionamiento y mantenimiento de la vía una vez concluida la construcción. En un proyecto de infraestructura vial es común no tener gastos de operación, sin embargo, son necesarios gastos programados para preservar o mantener la capacidad y nivel de servicio de la infraestructura. Entre estos gastos se incluyen:

- Mantenimiento rutinario.
- Mantenimiento periódico.
- Insumos y transporte de materiales de mantenimiento.

2.5.4. Evaluación económica

La evaluación económica mide los beneficios del proyecto desde el punto de vista de la sociedad, a diferencia de la financiera, está considera beneficios sociales, no monetarios. Para el caso particular de los proyectos de infraestructura vial, estos beneficios incluyen:

- Reducción de tiempos de viaje: Con ello mejora el acceso a educación, salud y oportunidades laborales.
- Reducción de accidentes viales: Al mejorar la geometría de la vía y la superficie de rodadura.
- Ahorro en costos de operación vehicular: Por menor desgaste y mayor eficiencia del transporte.
- Incremento en la productividad: Al facilitar el traslado de productos agrícolas y ganaderos hacia los mercados.
- Inclusión social y equidad territorial: Al integrar comunidades rurales aisladas al circuito económico local y regional.

2.5.4.1. Metodologías de evaluación económica SNIP

Para llevar a cabo la evaluación económica de proyectos de infraestructura vial, la Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial (SNIP, 2016) propone 2 enfoques:

- El Enfoque del Excedente del Consumidor.
- El Enfoque del Excedente del Productor.

1) Enfoque del Excedente del Consumidor

Este enfoque consiste en analizar los efectos del proyecto de infraestructura vial directamente en el “mercado del transporte”, analizando los ahorros en el Costo generalizado de viaje (CGV), que incluye: los Costos de operación vehicular y el Costo del tiempo de viaje (SNIP, 2016, p. 47).

2) Enfoque del Excedente del Productor

El análisis del Enfoque de Productor se realiza en el “mercado de los bienes” que se producen en el área de influencia del proyecto, valorando los ahorros en los costos de abastecimiento de insumos y de comercialización. Así, la reducción en los costos de transporte podría ocasionar una disminución en los costos de comercialización de los productos (reducción del flete) y a su vez, una reducción de los costos de producción, con el eventual aumento de la productividad (SNIP, 2016, p. 60).

Para el desarrollo del presente estudio se ha considerado únicamente el Enfoque del Excedente del Consumidor.

2.5.4.2. Indicadores de rentabilidad económica

Para evaluar la rentabilidad económica de proyectos viales, SNIP (2016), recomienda el empleo de los tres (3) indicadores comúnmente utilizados en proyectos de inversión:

- El Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Relación Beneficio/Costo (R B/C).

Considerando una Tasa Social de Descuento (TSD) del 8%.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Área de localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Altagracia, Isla de Ometepe, departamento de Rivas, Nicaragua. El municipio de Altagracia se localiza a 150 kilómetros de la capital Managua, entre las coordenadas 11° 34' de latitud norte y 85° 34' de longitud oeste. Tiene una extensión territorial de 211.21 km², y una población de 23,456 habitantes (INIDE, 2024).

Las principales actividades económicas del municipio son el turismo y la agricultura, cuyos rubros más importantes son el plátano, sandía, arroz, frijoles, ajonjolí y maíz.

Figura 2

Localización del sitio del estudio



Nota. Adaptado de *Mapa de la división Política Administrativa de Nicaragua*, por Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Recuperado de <https://n9.cl/37wdq>.

3.2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período

Por tratarse de una propuesta de proyecto de infraestructura, el estudio fue de tipo descriptivo y exploratorio, ya que requirió un proceso exploratorio de campo combinado con un proceso de investigación documental.

Debido a la naturaleza de los datos necesarios para llevar a cabo el análisis de la oferta-demanda (Estudio de mercado) y el diseño de las propuestas técnicas (Estudio técnico), se aplicó un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos.

El estudio se llevó a cabo en un corte transversal, entre los meses de septiembre a noviembre de 2025.

3.3. Población, muestra

El tramo en estudio, Punta San Pedro – Mérida, se encuentra bajo la jurisdicción de la Red vial básica NN – 226, clasificada funcionalmente como una vía Colectora Secundaria, compuesta por los tramos: El Quino – Santa Cruz, Santa Cruz – Balgue, Balgue – San Pedro, San Pedro – San Ramón y San Ramón – Santa Cruz.

3.3.1. Tipo de muestra y muestreo

Para el estudio específico del camino Punta San Pedro – Mérida, la muestra estuvo conformada por los usuarios que transitan por la vía, quienes fueron caracterizados mediante el TPDA y clasificados de acuerdo a su tipología vehicular.

3.3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación

Estudio de mercado: La base de datos necesaria para llevar a cabo el análisis oferta-demanda del camino en estudio, partió de un proceso de aforo vehicular, esto con el objetivo de caracterizar las dinámicas de movilidad y el comportamiento del flujo vehicular en la zona, mediante la determinación del TPDA de la vía.

Estudio técnico: Adicional al tráfico estimado, el diseño de las propuestas técnicas se fundamentó en una serie de datos de campo, incluidos: inventario de las obras de drenaje existentes y sondeos de exploración de suelos sobre la línea y bancos de materiales.

3.4. Diseño

3.4.1. Recolección de datos

Durante la elaboración del Estudio de Pre factibilidad del camino Punta San Pedro – Mérida se utilizaron diversas fuentes de datos primarias y secundarias:

Fuentes primarias: Como fuente primaria, se empleó la base de datos recopilada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a través de los estudios de ingeniería realizados en años anteriores en el área de influencia del proyecto. Esta base de datos incluyó: conteos vehiculares, inventarios de las obras de drenaje y los resultados del proceso de exploración de suelos sobre la línea y bancos de materiales.

Fuentes secundarias: Las fuentes secundarias estuvieron conformadas por documentos técnicos, estudios previos, bases de datos y registros oficiales adicionales facilitados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Además de las estadísticas socioeconómicas del área de estudio elaboradas por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) y el Banco Central de Nicaragua (BCN).

La integración de todas estas fuentes de datos primarias y secundarias, permitió un análisis lo suficientemente detallado de la oferta-demanda del camino, así como el desarrollo de propuestas técnicas concretas y realistas, adaptadas al contexto social y económico de la región, que respondan de manera efectiva a las necesidades de los usuarios de la vía.

3.4.2. Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

Dado que el presente estudio se sustentó en bases de datos oficiales recopiladas por la entidad responsable de la gestión de la red vial del país, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), se considera que esto es suficiente garantía de calidad y fiabilidad de la información expuesta, y aporta mayor credibilidad y validez a los resultados obtenidos.

3.5. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Tipo	Indicador	Indicador
Objetivo específico 1: Realizar un estudio de mercado que permita conocer la demanda vehicular actual y futura del proyecto.			
Demanda	Variable interviniente	Volumen de tráfico que circula por un tramo de carretera.	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)
Oferta	Variable interviniente	Descripción de las condiciones de transitabilidad ofrecida por el tramo en estudio.	Condiciones de transitabilidad
Balance oferta-demanda	Variable dependiente	Establece la situación de equilibrio entre los vehículos que transitan por el tramo y las condiciones de transitabilidad.	Costo Generalizado de Viaje (CGV)
Objetivo específico 2: Elaborar un estudio técnico para determinar las alternativas de carpeta de rodamiento más adecuadas para el tramo.			
Estudio geotécnico	Variable interviniente	Caracterización de los suelos de la subrasante y bancos de materiales a partir de sus propiedades físico mecánicas.	Resultas de sondeos de línea
			Resultados de sondeos en bancos
Estudio hidrotécnico	Variable interviniente	Dimensionamiento de las obras que conformarán el sistema de drenaje longitudinal y transversal de la vía.	Inventario de obras de drenaje propuestas
Diseño geométrico vial	Variable dependiente	Definición de las características físicas de la vía, alineaciones, radios de curvas, pendientes, etc.	Normas de diseño geométrico
Diseño de la estructura de pavimento	Variable dependiente	Dimensionamiento de las capas que conforman el pavimento (subbase, base, capa de rodadura).	Estructura de pavimento propuesta
Objetivo específico 3: Realizar un estudio financiero para determinar los costos de inversión y gastos de mantenimiento asociados a cada alternativa.			
Costos de inversión	Variable dependiente	Recursos necesarios para ejecutar el proyecto.	Costos de construcción y costos de supervisión
Gastos de mantenimiento	Variable dependiente	Recursos necesarios para conservar la carretera en condiciones adecuadas de uso.	Gastos de mantenimiento rutinario y periódico

Matriz de operacionalización de variables (continuación)

Variables	Tipo	Indicador	Indicador
Objetivo específico 4: Realizar una evaluación económica para identificar la alternativa de carpeta de rodamiento que ofrece la mayor rentabilidad.			
Rentabilidad económica	Variable dependiente	Permite determinar si la inversión en infraestructura es conveniente desde el punto de vista económico.	Valor Actual Neto (VAN)
			Tasa Interna de Retorno (TIR)
			Relación Beneficio / Costo (R B/C)

3.6. Análisis de datos

Como principales herramientas para el análisis de datos se emplearon los programas: Microsoft Excel y AutoCAD CIVIL 3D.

Microsoft Excel:

El programa fue utilizado en las siguientes actividades:

- Procesamiento de la base de datos de conteos vehiculares para determinar el TPDA del tramo en estudio y realizar su proyección durante la vida del proyecto.
- Cálculo de los Ejes Equivalentes de Carga (ESAL) y dimensionamiento de la estructura de pavimento aplicando la metodología de diseño AASHTO-93.
- Evaluación económica del proyecto de Mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, cálculo de indicadores de rentabilidad económica TIR, VAN y R B/C.

AutoCAD CIVIL 3D:

El programa fue utilizado en las siguientes actividades:

- Elaboración del diseño geométrico vial planimétrico y altimétrico del camino.
- Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Estudio de mercado

4.1.1. Caracterización del área de influencia del proyecto

El camino Punta San Pedro – Mérida forma parte de la red vial del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe, departamento de Rivas, Nicaragua.

4.1.1.1. Localización y extensión territorial

El municipio de Altagracia se localiza a 150 kilómetros de la capital Managua, entre las coordenadas 11° 34' de latitud norte y 85° 34' de longitud oeste. Cuenta con una extensión territorial de 211.21 km² (INIDE, 2024).

4.1.1.2. Límites

Por situarse en la Isla de Ometepe, el municipio de Altagracia limita al norte, sur y este con el Gran Lago de Nicaragua y al oeste con el municipio de Moyogalpa.

4.1.1.3. Temperatura promedio anual

La temperatura promedio anual en la Isla de Ometepe oscila entre los 28 y 32 grados centígrados.

4.1.1.4. Precipitación promedio

En las faldas de los volcanes las precipitaciones anuales oscilan entre 1200 a 1600 mm y en los conos volcánicos entre 1600 a 2000 mm. En el Municipio de Altagracia la precipitación media anual está comprendida entre los 1,400 y los 1,800 mm.

4.1.1.5. Demografía

El municipio de Altagracia presenta una población de 23,456 habitantes, compuesta por un 50.6% de hombres y un 49.4% de mujeres. El 37.3% de la población se concentra en el casco urbano de la ciudad, mientras que el 62.7% restante habita en zona rural (INIDE, 2024). En relación a la distribución territorial, el municipio cuenta con 1 barrio (barrio Altagracia) y 23 comarcas.

4.1.1.6. Contexto social

Según el mapa de incidencia de la pobreza extrema de Nicaragua, el municipio de Altagracia se encuentra dentro de la categoría de Pobreza Baja, con un 21.7% de la población municipal clasificada como No Pobres, un 34.2% de Pobres No Extremos y un 44.2% de Pobres Extremos (INIDE, 2008).

4.1.1.7. Contexto económico

Las actividades económicas del municipio de Altagracia se centran en el sector primario, con énfasis en la agricultura y la ganadería, así como el turismo y la práctica de la pesca. El sector terciario, que incluye hoteles y restaurantes, se beneficia de los atractivos turísticos de la isla.

1) Sectores económicos

Sector primario: Este sector es fundamental para la economía de Altagracia, abarcando la agricultura, la ganadería y la pesca.

Sector terciario: El turismo, especialmente el que se desarrolla en torno a los atractivos naturales de la Isla de Ometepe, es una actividad económica en continuo crecimiento.

2) Actividades económicas principales

Agricultura y ganadería: Altagracia se beneficia de tierras fértiles, ideales para la producción de alimentos y la cría de ganado. La agricultura representa la principal actividad económica del municipio, siendo los rubros más importantes el plátano, sandía, arroz, frijoles, ajonjolí y maíz. La ganadería se desarrolla a muy pequeña escala, con práctica tradicional y semi-tecnificada, con una producción de carnes y leche destinada al consumo local, y en menor medida para la exportación fuera del municipio.

Pesca: Dada su ubicación en el Lago de Nicaragua, la pesca representa el medio de subsistencia para una significativa parte de la población de Altagracia.

Turismo: El interés por la Isla de Ometepe, con sus paisajes naturales y cultura, impulsa la actividad turística, incluyendo hoteles y restaurantes.

4.1.1.8. Patrimonio cultural

Expresiones artísticas, música y bailes tradicionales: Altagracia es el único municipio del país donde se baila la Danza del Zompopo. Los grupos de baile folclórico tradicional realizan presentaciones durante las fiestas tradicionales y en ocasión de ferias y eventos especiales del gobierno municipal.

Artesanía y oficio tradicionales: La comunidad de Pull se caracteriza por la producción de objetos de cerámicas para uso doméstico como ollas, comales, platos, elaborado por talleres familiares. La madera fina también es usada para hacer figuras que son ofertadas como decoraciones.

Sitios de petroglifos: Altagracia cuenta con 4 sitios de petroglifos con esculpido de formas zoomorfas, antropomorfas y diseños geométricos: el Porvenir, el Corozal, el Guineo y Finca Magdalena.

4.1.1.9. Turismo

El turismo representa un sector económico de gran relevancia para una significativa parte de la población económicamente activa de Altagracia. La Isla de Ometepe es la única isla en el mundo con dos volcanes situados en medio de un lago de agua dulce, por lo que posee un potencial turístico excepcional. Cada año recibe la visita de numerosos turistas nacionales y extranjeros, consolidándose como uno de los destinos más destacados de Nicaragua y de la región.

Para atender la demanda de sus visitantes, el municipio de Altagracia cuenta con una base de 25 alojamientos, entre hoteles, hostales y hospedajes menores. Entre los más destacados se encuentran: Albergue Ecológico El Porvenir, Hospedaje Caballito de Mar, Hotel Hacienda Mérida, Hotel Omaja, Hotel Monkey's Island, Hotel Finca Magdalena, Hospedaje Las Peñitas y el Albergue Ecológico San Ramón.

Entre los principales sitios y atractivos turísticos del municipio de Altagracia y sus alrededores se encuentran: Playa Tagüizapa, Playa El Paso Real, Playa Santo Domingo, Ojo de Agua Ometepe, Playa Venecia, Parque Ecológico Charco Verde,

Playa de Charco Verde, Cascada San Ramón, Finca Magdalena, Playa Mérida, Istmo Istian, Escalada del Volcán Concepción y Escalada del Volcán Madera.

4.1.1.10. Salud

El municipio de Altagracia cuenta con un sistema de salud público que incluye principalmente, un centro de salud y la visita periódica de clínicas móviles.

Centro de Salud Altagracia: Brinda atención médica permanente y es el principal centro asistencial del municipio.

Clínicas móviles: El Ministerio de Salud (MINSA) envía clínicas móviles con regularidad para acercar la atención médica a las familias de las comunidades rurales más alejadas.

Modelo de salud familiar y comunitario: El sistema de salud se enfoca en la prevención de enfermedades y en la promoción de la salud dentro de las familias y la comunidad.

Vacunación: El MINSA organiza jornadas de vacunación en el municipio de forma frecuente.

4.1.1.11. Educación

En la zona rural de Altagracia se localizan un total de 6 escuelas, 5 escuelas primarias y una escuela secundaria ubicada en la comunidad de Mérida. Además, Mérida alberga un Centro infantil comunitario.

Sobre el camino Punta San Pedro – Mérida, se localizan únicamente 2 escuelas, ambas de educación primaria.

4.1.1.12. Vialidad y transporte

El transporte dentro de la Isla de Ometepe está conformado por rutas de pasajeros que recorren todas las comunidades de la Isla, así como por servicios de taxis y transporte turístico. En el ámbito acuático, el municipio de Altagracia cuenta con un puerto y un servicio de ferry para carga y pasajeros.

4.1.1.13. Infraestructura vial existente

La Isla de Ometepe cuenta con dos carreteras principales:

- 1) La NIC – 64, que recorre el tramo: Moyogalpa – San José – Altagracia – Moyogalpa y que rodea al volcán Concepción.
- 2) La NN – 226, que recorre el tramo: El Quino – Santa Cruz – Balgue – San Pedro – San Ramón – Santa Cruz y que rodea al volcán Maderas.

Figura 3

Red vial primaria Isla de Ometepe



Nota. Adaptado de Google Earth. (2025). [Isla de Ometepe]. Recuperado de <https://n9.cl/yf4q7f>.

En el caso particular del tramo en estudio, Punta San Pedro – Mérida, este se encuentra bajo la jurisdicción de la red vial NN – 226 de Altagracia, clasificada funcionalmente como una vía Colectora Menor.

En relación a la red vial del municipio de Altagracia, según la última actualización publicada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), de su anuario Red vial de Nicaragua 2020 (MTI, 2021), Altagracia cuenta con una red de 95.51 km de carretas y caminos, de los cuales solamente 26.14 km (27.4%) cuentan con una carpeta de rodadura; 25.53 km adoquinados (26.7%), 0.53 km asfaltados (0.6%) y 0.08 km (0.1%) en concreto hidráulico. Los 69.37 km (72.6%) restantes carecen de una carpeta de rodadura y se componen de caminos revestidos, de todo tiempo y de estación seca.

Tabla 2

Distribución de la red vial del municipio de Altagracia

Tipo de superficie	Longitud (km)	Porcentaje
Asfalto	0.53	0.6%
Adoquín	25.53	26.7%
Concreto Hidráulico	0.08	0.1%
Empedrado	3.1	3.2%
Revestido	10.45	10.9%
Todo Tiempo	42.89	44.9%
Estación Seca	12.94	13.5%
Total	95.51	100.0%

Nota. Adaptado de *Red vial de Nicaragua 2020* (p. 112), por Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2021.

A pesar de los esfuerzos realizados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en años recientes con los proyectos de pavimentación en Ometepe, aproximadamente 20 km de la red vial NN – 226 aún permanecen como camino de todo tiempo, con rodadura de tierra, incluido el tramo Punta San Pedro – Mérida.

4.1.2. Análisis de la demanda escenario “sin proyecto”

El análisis de la demanda de tránsito del camino Punta San Pedro – Mérida incluyó un análisis del flujo vehicular, su composición y su proyección.

4.1.2.1. Recopilación de datos

La base de datos necesaria para llevar a cabo el análisis de la demanda del camino Punta San Pedro – Mérida, fue suministrada por la Dirección de Pre Inversión del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), como parte de los estudios técnicos realizados sobre la red vial NN – 226 del municipio de Altagracia.

Los registros suministrados fueron recopilados mediante un proceso de aforo vehicular realizado en tres (3) estaciones de conteo:

- Estación de conteo 1: localizada en el poblado de Balgue.
- Estación de conteo 2: localizada en el poblado de San Pedro.
- Estación de conteo 3: localizada en el poblado de Mérida.

Dichos conteos fueron realizados durante 7 días consecutivos, comprendidos del lunes 23 al domingo 29 de agosto de 2019, en un periodo de 12 horas, desde las 06:00 am a las 06:00 pm.

4.1.2.2. Procesamiento y análisis de datos

A partir de la base de datos de los conteos se obtuvieron los volúmenes de tránsito distribuidos por categoría de vehículo, por sentido y por estación. Estos datos fueron ingresados y procesados en el software Microsoft Excel con la finalidad de generar un consolidado por estación de aforo y finalmente determinar el total de vehículos que circulan por el tramo en estudio.

4.1.2.3. Resultados del conteo vehicular

Los resultados del conteo vehicular en las 3 estaciones de aforo se presentan a continuación:

Tabla 3*Conteo vehicular estación 1: Balgue*

FECHA	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
Lunes	229	1	0	13	2	0	5	17	2	269
Martes	221	6	0	12	2	0	5	20	1	267
Miércoles	251	0	3	13	1	0	6	12	0	286
Jueves	238	2	0	10	2	0	5	12	0	269
Viernes	215	0	0	11	0	0	7	5	1	239
Sábado	230	2	0	16	0	0	5	18	1	272
Domingo	215	3	0	17	0	0	1	9	0	245
TOTAL	1,599	14	3	92	7	0	34	93	5	1,847
TPD	228	2	0	13	1	0	5	13	1	264
% TPD	86.57%	0.76%	0.16%	4.98%	0.38%	0.00%	1.84%	5.04%	0.27%	100%
	92.47%				2.22%			5.31%		100%

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.**Tabla 4***Conteo vehicular estación 2: San Pedro*

FECHA	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
Lunes	44	1	0	4	0	4	0	4	4	61
Martes	43	0	1	9	0	5	0	2	2	62
Miércoles	59	0	0	2	1	4	1	2	1	70
Jueves	50	0	0	0	0	2	0	0	1	53
Viernes	39	0	0	5	0	4	1	5	0	54
Sábado	66	0	1	9	0	4	2	4	1	89
Domingo	46	0	1	6	0	0	0	0	3	56
TOTAL	347	1	3	35	1	23	4	17	12	445
TPD	50	0	0	5	0	3	1	2	2	64
% TPD	77.98%	0.22%	0.67%	7.87%	0.22%	5.17%	0.90%	3.82%	2.70%	100%
	86.74%				6.29%			6.74%		100%

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

Tabla 5*Conteo vehicular estación 3: Mérida*

FECHA	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
Lunes	343	7	6	38	3	1	4	0	5	408
Martes	200	3	0	39	3	4	4	6	10	269
Miércoles	88	5	3	15	1	0	6	2	2	122
Jueves	197	3	4	34	0	0	3	5	8	254
Viernes	238	11	6	46	1	0	5	7	2	316
Sábado	228	6	1	26	2	2	3	9	3	280
Domingo	191	6	5	20	1	0	2	7	0	232
TOTAL	1,485	41	25	218	11	7	27	36	30	1,881
TPD	212	6	4	31	2	1	4	5	4	269
% TPD	78.95%	2.18%	1.33%	11.59%	0.58%	0.37%	1.44%	1.91%	1.59%	100%
	94.05%				2.39%			3.51%		100%

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

4.1.2.4. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El procedimiento de cálculo del TPDA descrito en el Anuario de Aforos de Tráfico (MTI, 2021) se fundamenta en la aplicación de Factores de Ajuste definidos para las Estaciones de Mayor Cobertura (EMC). A cada tramo de carretera/camino del país se le asigna dependencia a una determinada EMC, de la cual se adoptan los factores de ajuste según el cuatrimestre del año en que se hayan realizado los conteos vehiculares.

Por consiguiente, la definición de los factores correspondientes, se basa en la selección de una estación de conteo apropiada, Estación de Conteo Discontinuo (ECD) o Estación de Conteo Sumaria (ECS), que presente un perfil de flujo vehicular similar al tramo en estudio.

a) Dependencia

Como parte del Sistema de Conteo de Tráfico Nacional, la red vial NN – 226 dispone de 5 estaciones de conteo vehicular, 4 Estaciones de Conteo Sumarias (ECS) y una Estación de Conteo Discontinuo (ECD).

- ECD 6407: El Quino – Santa Cruz
- ECS 6409: Santa Cruz – Balgue
- ECS 6410: Balgue – San Pedro
- ECS 6411: San Pedro – San Ramón
- ECS 6412: San Ramón – Santa Cruz

Siendo estas 5 estaciones dependientes de la Estación de Mayor Cobertura EMC 1408 San Marcos – Masatepe (ver Anexo 3, Pág. 158), por consiguiente, cualquier conteo de tráfico que sea realizado sobre la NN – 226, tendrá dependencia a la EMC 1408.

b) Factores de Ajuste

De acuerdo con la metodología descrita en el Anuario de Aforos de tráfico (MTI, 2021), las Estaciones de Mayor Cobertura (EMC) cuenta con factores diferentes para cada cuatrimestre del año, por lo que deben ser aplicados de conformidad con el período en el cual fue realizado el conteo de tráfico.

Dado que los conteos en el tramo en estudio fueron realizados en el periodo comprendido del 23 al 29 de agosto, los factores de ajuste correspondientes son los del segundo cuatrimestre del año (mayo - agosto).

En la siguiente tabla se presentan los factores de ajuste del segundo cuatrimestre del año (mayo - agosto) de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe, extraídos del Anuario de tráfico (MTI, 2021).

Tabla 6

Factores de ajuste EMC 1802 San Marcos – Masatepe, segundo cuatrimestre del año (mayo – agosto)

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>=5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,33	1,19	1,24	1,28	1,25	1,36	1,20	1,26	1,20	1,00	1,38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09
Factor Semana	0,98	1,06	1,10	1,03	0,94	0,91	0,89	0,92	0,85	0,88	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85
Factor Fin de Semana	1,05	0,87	0,81	0,93	1,19	1,33	1,43	1,30	1,78	1,51	1,00	1,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,82
Factor Expansión a TPDA	1,02	0,99	0,95	1,00	1,02	0,89	1,01	0,97	1,01	1,01	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66

Nota. Adaptado de *Anuario de Aforos de Tráfico año 2020* (p. 385), por Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), 2021.

En Anexo 4, Pág. 159, se muestran los factores de ajuste de la EMC 1802 para los tres (3) cuatrimestres del año.

c) Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para cada una de las 3 estaciones de conteo vehicular se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$TPDA = TPD * FD * FS * FE$$

Ec-1. Tomada de Anuario de Tráfico
(MTI, 2021)

Dónde:

TPD: Tráfico Promedio Diario (promedio de los conteos diarios)

FD: Factor Día

FS: Factor Semana

FE: Factor Expansión

Dado que los conteos vehiculares fueron realizados en un periodo de 7 días continuos, para expandir el tráfico a TPDA únicamente se precisó aplicar el Factor Día (FD) y el Factor Expansión (FE).

En siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del TPDA para las 3 estaciones, aplicando la Ec-1 y los factores de ajuste de la EMC 1802.

Tabla 7

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) estación 1: Balgue

DESCRIPCIÓN	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
TPD	228	2	0	13	1	0	5	13	1	264
Factor Día	1.37	1.33	1.19	1.24	1.28	1.25	1.36	1.20	1.26	
Factor Semana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Factor Expansión	1.02	0.99	0.95	1.00	1.02	0.89	1.01	0.97	1.01	
TPDA	319	3	0	16	1	0	7	15	1	362
% TPDA	88.12%	0.83%	0.00%	4.42%	0.28%	0.00%	1.93%	4.14%	0.28%	100%
	93.37%				2.21%			4.42%		100%

Tabla 8*Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) estación 2: San Pedro*

DESCRIPCIÓN	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
TPD	50	0	0	5	0	3	1	2	2	64
Factor Día	1.37	1.33	1.19	1.24	1.28	1.25	1.36	1.20	1.26	
Factor Semana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Factor Expansión	1.02	0.99	0.95	1.00	1.02	0.89	1.01	0.97	1.01	
TPDA	69	0	0	6	0	4	1	3	2	85
% TPDA	81.18%	0.00%	0.00%	7.06%	0.00%	4.71%	1.18%	3.53%	2.35%	100%
	88.24%				5.88%			5.88%		100%

Tabla 9*Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) estación 3: Mérida*

DESCRIPCIÓN	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
TPD	212	6	4	31	2	1	4	5	4	269
Factor Día	1.37	1.33	1.19	1.24	1.28	1.25	1.36	1.20	1.26	
Factor Semana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Factor Expansión	1.02	0.99	0.95	1.00	1.02	0.89	1.01	0.97	1.01	
TPDA	296	8	4	39	2	1	5	6	5	366
% TPDA	80.87%	2.19%	1.09%	10.66%	0.55%	0.27%	1.37%	1.64%	1.37%	100%
	94.81%				2.19%			3.01%		100%

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el camino Punta San Pedro – Mérida se determinó promediando los TPDA calculados para las 3 estaciones de conteo vehicular. En la siguiente tabla se presenta el TPDA resultante para el camino en estudio.

Tabla 10

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) camino Punta San Pedro – Mérida

DESCRIPCIÓN	VEHICULOS LIVIANOS				VEHICULOS DE PASAJEROS			VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Moto	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	
Estación 1	319	3	0	16	1	0	7	15	1	362
Estación 2	69	0	0	6	0	4	1	3	2	85
Estación 3	296	8	4	39	2	1	5	6	5	366
TPDA	228	4	1	20	1	2	4	8	3	271
% TPDA	84.13%	1.48%	0.37%	7.38%	0.37%	0.74%	1.48%	2.95%	1.11%	100%
	93.36%				2.58%			4.06%		100%

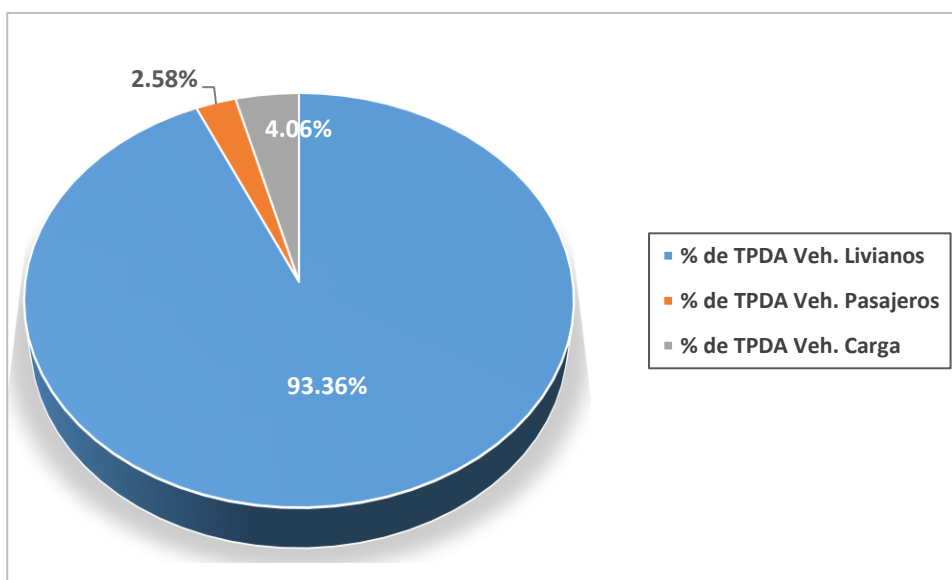
Como resultado se determinó que el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del camino Punta San Pedro – Mérida, es de 271 veh/día (incluidas las motos).

4.1.2.5. Composición del tránsito

El TPDA del camino Punta San Pedro – Mérida se compone de un 93.36% de vehículos livianos, 2.58% de vehículos de pasajeros y 4.06% de vehículos de carga (ver Figura 4, Pág. 33).

Figura 4

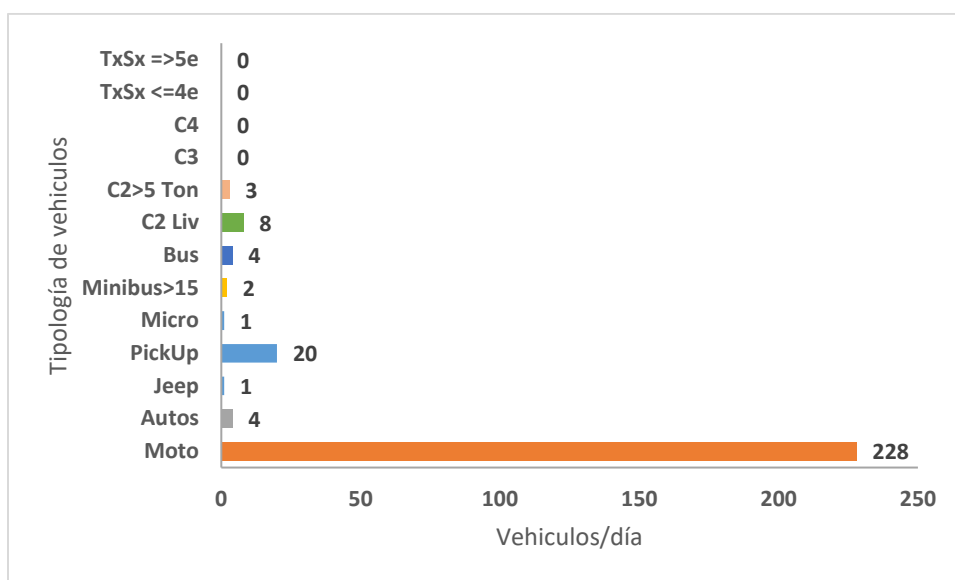
Composición del tránsito camino Punta San Pedro – Mérida



Al analizar la composición vehicular se aprecia un predominio de vehículos livianos, especialmente de motos y camionetas. Esto podría ser un indicador de que las condiciones actuales del camino dificultan la circulación de automóviles de tipo sedan. Así mismo, destaca la considerable afluencia de vehículos ligeros de carga, siendo incluso mayor que la de algunos vehículos livianos como los automóviles y jeeps (ver Figura 5, Pág. 34).

Figura 5

Composición del tránsito por tipo de vehículo Punta San Pedro – Mérida



4.1.2.6. Distribución direccional del tráfico

Según la información suministrada, el camino Punta San Pedro – Mérida presenta una distribución direccional del tráfico de 53% en el sentido Punta San Pedro – Mérida y 47% en el sentido Mérida – Punta San Pedro, dando como resultado una DD de 53/47.

4.1.2.7. Dinámicas de movilidad

A continuación, se presentan la información suministrada acerca de las dinámicas de movilidad del tráfico que circula por la red vial NN – 226. Información que también puede ser extrapolada al tramo en estudio, Punta San Pedro – Mérida.

1) Origen-Destino de los viajes

En términos generales, se puede afirmar que, dado que la red vial NN – 226 es la única vía de comunicación entre las comunidades rurales y las cabeceras municipales de Altagracia y Moyogalpa, los vehículos privados que transitan por el tramo Punta San Pedro – Mérida, realizan principalmente desplazamientos de carácter local, entre poblados vecinos, o tienen como destino las ciudades de Altagracia y Moyogalpa.

La dependencia exclusiva de la red vial NN – 226, resalta su importancia estratégica en la conectividad y en la dinámica social y económica de la Isla de Ometepe.

2) Motivo de viaje de los usuarios del camino

En su mayoría los viajes realizados en la vía son por motivos de trabajo (53%), seguido de los viajes por Turismo (13%) y viajes por Comercio (9%).

Tabla 11

Motivo de viaje de los usuarios del camino

Propósito de viaje	Comercio	Trabajo	Turismo	Estudio	Compras	Otros	Total
Nº de viajes	274	1662	404	102	193	512	3147
Distribución	9%	53%	13%	3%	6%	16%	100%

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

3) Velocidad de recorrido

Según la información suministrada, la velocidad promedio de recorrido sobre la red vial NN – 226, incluido el tramo en estudio, es de 24 km/h.

4.1.2.8. Tasas de crecimiento vehicular

Un análisis preliminar para determinar las tasas de crecimiento vehicular se suele fundamentar en la información histórica disponible sobre el comportamiento del flujo vehicular, donde resulta crucial valorar la cantidad y la periodicidad de los datos disponibles para identificar algún tipo de tendencia en los datos de TPDA.

No obstante, este análisis basado únicamente en el TPDA, resulta insuficiente para estimar la tasa de crecimiento por tipología vehicular, ya que para vehículos de pasajeros y de carga, influyen otras variables de tipo socioeconómicas y macroeconómicas como el Crecimiento poblacional y del Producto interno bruto (PIB), respectivamente, que influyen directamente en la evolución de este tipo de vehículos.

“Cada tipo de vehículo puede tener una tasa de crecimiento distinta, ya que no todos los tipos de vehículos tienen que crecer a la misma tasa” (SIECA, 2002, p. 28).

Para el presente estudio, el análisis de los antecedentes del TPDA en el camino Punta San Pedro – Mérida, se complementó con el análisis del Crecimiento Poblacional y del Producto interno bruto (PIB) de Nicaragua, estimando tasas de crecimiento independientes para vehículos livianos, vehículos de pasajeros y vehículos de carga.

- ❖ Tasa de crecimiento de vehículos Livianos: Se estimó con base en el análisis de los registros históricos oficiales del TPDA de las estaciones afines al tramo en estudio.
- ❖ Tasa de crecimiento de vehículos de Pasajeros: Se estimó con base en el análisis de la evolución de los registros históricos oficiales de población del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).
- ❖ Tasa de crecimiento de vehículos de Carga: Se estimó con base en el análisis de la evolución de los registros históricos oficiales del Producto interno bruto (PIB) publicados por el Banco Central de Nicaragua (BCN).

1) Evolución del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Para determinar la tasa de crecimiento del TPDA para el tramo en estudio se tomaron como referencia los registros históricos de la red de estaciones de la NN – 226 y de la Estación de Mayor Cobertura EMC 1802 San Marcos – Masatepe.

a) Red de estaciones de la NN – 226

Aunque la NN – 226 cuenta con una red propia de estaciones de conteo integradas en el Sistema de Conteo de Tráfico Nacional, estas estaciones disponen de únicamente 4 registros aislados para un periodo de 20 años. Esta limitada cantidad de datos impide

marcar una tendencia clara en el comportamiento del tráfico que pueda ser utilizada para elaborar los pronósticos. Por lo tanto, se decidió no considerar estos registros en el análisis.

b) EMC 1802 San Marcos - Masatepe

Considerando que el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha definido las tasas de crecimiento oficiales para la EMC 1802, publicadas en el Anuario de Aforos de Tráfico año 2020 (MTI, 2021) para el periodo 2010 al 2020 (ver Anexo 6, Pág. 161), la tasa a utilizada, se calculó promediando dichos valores.

Tabla 12

Tasa de crecimiento del TPDA EMC 1802 San Marcos - Masatepe (2010 – 2020)

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Prom.
Tasa de crecimiento	5.36	5.49	7.55	6.49	6.90	6.96	7.59	7.38	7.32	6.57	6.74	6.76%

Nota. Adaptado de *Anuario de Aforos de Tráfico año 2020* (p. 24), por Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), 2021.

Como resultado se obtuvo una tasa de crecimiento promedio del TPDA en la EMC 1802 de 6.76% para los últimos 11 años, por lo que resulta un valor más confiable para ser utilizado para la proyección del tráfico.

2) Evolución del Producto interno bruto (PIB)

El histórico del PIB de Nicaragua a precios corrientes fue extraído del Anuario de Estadísticas Macroeconómicas 2024, publicado por el Banco Central de Nicaragua (BCN, 2025) para el periodo comprendido entre el año 2006 al 2024.

Tabla 13*Tasa de crecimiento del PIB de Nicaragua (2006 – 2024)*

Año	PIB (millones C\$)	Tasa de crecimiento
2006	118,838	
2007	124,870	5.08%
2008	129,161	3.44%
2009	124,908	-3.29%
2010	130,416	4.41%
2011	138,654	6.32%
2012	147,661	6.50%
2013	154,937	4.93%
2014	162,351	4.79%
2015	170,132	4.79%
2016	177,895	4.56%
2017	186,134	4.63%
2018	179,873	-3.36%
2019	174,663	-2.90%
2020	170,756	-2.24%
2021	188,608	10.45%
2022	195,304	3.55%
2023	203,951	4.43%
2024	211,269	3.59%
Promedio		4.36%

Nota. Adaptado de *Anuario de Estadísticas Macroeconómicas 2024*, por Banco Central de Nicaragua (BCN), 2025.

En la estimación de la tasa de crecimiento promedio del PIB, no se consideraron los periodos de decrecimiento (tasas negativas), ni la tasa del año 2021 (10.45%), por encontrarse fuera del rango habitual de crecimiento del PIB de Nicaragua, que generalmente oscila entre el 4 al 5%. Como resultado se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 4.36% para los últimos 19 años.

3) Evolución de los registros de población (POB)

El histórico de la poblacional de Nicaragua fue extraído del Anuario Estadístico 2022, publicado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE, 2024).

Dado que en los últimos años el INIDE ha asumido una tasa de crecimiento poblacional constante en todas las estadísticas oficiales del país, se optó por considerar el periodo comprendido entre el año 2006 al 2023, con el fin de asegurar un resultado que no se distancie demasiado de dicha tasa.

Tabla 14

Tasa de crecimiento poblacional de Nicaragua (2006 – 2023)

Año	Población	Tasa de crecimiento
2006	5,522,606	
2007	5,595,541	1.32%
2008	5,668,876	1.31%
2009	5,742,310	1.30%
2010	5,815,524	1.27%
2011	5,996,619	3.11%
2012	6,071,045	1.24%
2013	6,134,270	1.04%
2014	6,198,154	1.04%
2015	6,262,703	1.04%
2016	6,327,927	1.04%
2017	6,393,824	1.04%
2018	6,460,411	1.04%
2019	6,527,691	1.04%
2020	6,595,674	1.04%
2021	6,664,364	1.04%
2022	6,733,763	1.04%
2023	6,803,886	1.04%
Promedio		1.24%

Nota. Adaptado de *Anuario Estadístico 2022* (p. 34), por Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), 2024.

Como resultado se obtuvo una tasa de crecimiento poblacional promedio de 1.24% para los últimos 18 años.

4) Consolidado tasas de crecimiento camino Punta San Pedro – Mérida

En la siguiente tabla se presenta el consolidado de las tasas de crecimiento estimadas por tipología vehicular para el camino Punta San Pedro – Mérida.

Tabla 15

Tasas de crecimiento por tipología vehicular camino Punta San Pedro – Mérida

Variable	Tipología vehicular		
	Liviano	Pasajeros	Carga
TPDA	6.76%		
POB		1.24%	
PIB			4.36%
Tasa de crecimiento	6.76%	1.24%	4.36%

Dichas tasas se consideran adecuadas y conservadoras, en vista de prever cualquier cambio en los factores que inciden en el flujo vehicular en el tramo en estudio.

Es importante reconocer que cualquier propuesta de tasas de crecimiento tiende a incluir algún grado de incertidumbre, por lo que es recomendable siempre proponer tasas de crecimiento conservadoras que permitan evaluar el proyecto con criterios que tengan un alto porcentaje de cumplimiento.

4.1.2.9. Proyección del tráfico

El tráfico proyectado de forma interanual se obtuvo aplicando la siguiente expresión:

$$TPDA_i = TPDA_0 * (1 + TC)$$

Ec-2. Tomada de Anuario de Tráfico (MTI, 2021)

Donde:

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual

TPDA₀: Tráfico Promedio Diario Actual del año base

TC: Tasa de Crecimiento

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la proyección del tráfico normal del camino Punta San Pedro – Mérida, aplicando la Ec-2 y las Tasas de crecimiento calculadas, considerando un periodo de análisis de 20 años.

Los volúmenes proyectados se presentan en orden cronológico año a año, a fin de ilustrar la evolución en el crecimiento del tráfico a lo largo del periodo de análisis.

Tabla 16

Proyección del tráfico normal camino Punta San Pedro – Mérida

Periodo	Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TPDA
	2019	228	4	1	20	1	2	4	8	3	271
	2020	243	4	1	21	1	2	4	8	3	289
	2021	260	5	1	23	1	2	4	9	3	308
	2022	277	5	1	24	1	2	4	9	3	328
	2023	296	5	1	26	1	2	4	9	4	349
	2024	316	6	1	28	1	2	4	10	4	372
DISEÑO	2025	338	6	1	30	1	2	4	10	4	396
FINANCIAMIENTO	2026	360	6	2	32	1	2	4	11	4	422
EJECUCIÓN	2027	385	7	2	34	1	2	4	11	4	450
1	2028	411	7	2	36	1	2	4	12	4	480
2	2029	439	8	2	38	1	2	5	12	5	511
3	2030	468	8	2	41	1	2	5	13	5	545
4	2031	500	9	2	44	1	2	5	13	5	581
5	2032	534	9	2	47	1	2	5	14	5	620
6	2033	570	10	2	50	1	2	5	15	5	660
7	2034	608	11	3	53	1	2	5	15	6	704
8	2035	649	11	3	57	1	2	5	16	6	751
9	2036	693	12	3	61	1	2	5	17	6	801
10	2037	740	13	3	65	1	2	5	17	6	854
11	2038	790	14	3	69	1	3	5	18	7	910
12	2039	844	15	4	74	1	3	5	19	7	971
13	2040	901	16	4	79	1	3	5	20	7	1035
14	2041	961	17	4	84	1	3	5	20	8	1104
15	2042	1026	18	5	90	1	3	5	21	8	1178
16	2043	1096	19	5	96	1	3	5	22	8	1256
17	2044	1170	21	5	103	1	3	5	23	9	1340
18	2045	1249	22	5	110	1	3	6	24	9	1429
19	2046	1333	23	6	117	1	3	6	25	9	1524
20	2047	1424	25	6	125	1	3	6	26	10	1626

Tabla 17

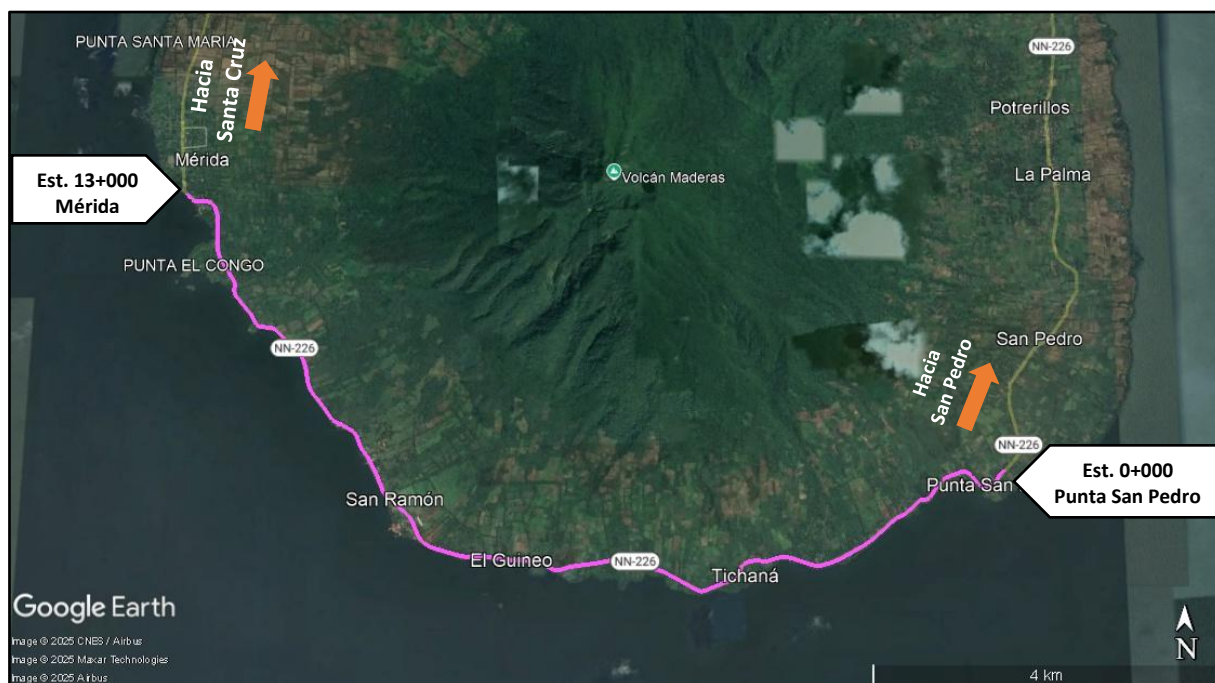
Coordenadas geográficas del punto inicial y final del proyecto

Poblado	Estación	Coordenadas geográficas UTM		
		Este (X)	Norte (Y)	Elev. (Z)
Punta San Pedro	0+000	666692.589	1262234.985	58.24
Mérida	13+000	656924.514	1265413.860	33.75

En su recorrida el tramo Punta San Pedro – Mérida, atraviesa los poblados de Tichaná, Los Ángeles, El Guineo, La Tijereta, El Congo y San Ramón.

Figura 7

Micro localización del camino Punta San Pedro – Mérida



Nota. Adaptado de Google Earth. (2025). [Punta San Pedro – Mérida]. Recuperado de <https://n9.cl/qash0l>.

4.1.3.2. Condiciones físicas del camino Punta San Pedro – Mérida

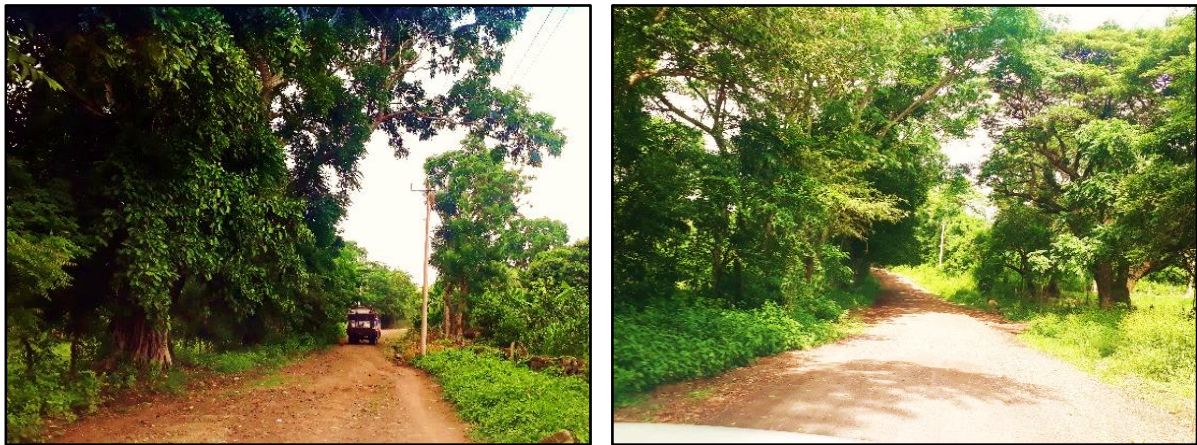
a) Ancho de calzada

El camino Punta San Pedro – Mérida cuenta con un ancho de rodadura promedio de 5 metros, la calzada no dispone de hombros laterales para el resguardo de los vehículos, y de igual manera carece de cunetas. El ancho del derecho de vía es de 20 metros, aunque en las zonas más pobladas llega a reducirse hasta los 12 metros.

El reducido ancho de la calzada dificulta considerablemente la circulación fluida de vehículos en ambos sentidos, especialmente cuando circulan vehículos de carga y autobuses de pasajeros simultáneamente, comprometiendo la seguridad de conductores y pasajeros.

Figura 8

Ancho de rodadura camino Punta San Pedro – Mérida



b) Superficie de rodadura

Al tratarse de un camino de todo tiempo este presenta una superficie de rodadura de tipo revestido. El material de revestimiento exhibe características principalmente gravosas, aunque también se evidencia la presencia de material fino. Esta combinación de materiales hace al camino vulnerable a las variaciones estacionales, afectando su estado estructural y por ende las condiciones de transitabilidad.

c) Estado estructural de la superficie de rodadura

En general la superficie de rodadura se encuentra entre regular y mal estado. Durante la estación seca, el estado estructural del camino puede considerarse regular, con deformaciones superficiales como baches y desniveles relativamente dispersos. No obstante, esta condición se agrava notablemente en invierno, debido al aumento de baches y encharcamientos que hacen al camino muy inestable e inseguro.

Figura 9

Estado estructural del camino Punta San Pedro – Mérida



Nota. (a) deformaciones superficiales en la rodadura, (b) acumulación de agua en la rodadura.

d) Transitabilidad

Aunque el camino es perfectamente transitable durante la estación seca en vehículos de dos y cuatro ruedas, la presencia de material suelto desprendido de la superficie de rodadura, genera nubes de polvo que pueden dificultar una conducción segura, además de afectar la salud de peatones y residentes.

Los mayores problemas surgen en invierno, cuando la escorrentía superficial deteriora la superficie de rodadura, favoreciendo la formación de baches y encharcamientos que dificultan la transitabilidad y comprometen la seguridad de los usuarios.

Dado que la vía no registra un volumen de tráfico especial elevado, no se presentan problemas de congestión. Sin embargo, el tipo de superficie de rodadura y el estado

estructural del camino influyen directamente en la velocidad de desplazamiento, la cual se ve restringida a unos 24 km/h, inclusive para vehículos livianos y de dos ruedas.

Las características funcionales y las condiciones actuales del camino limitan significativamente la capacidad y el nivel de servicio que este puede ofrecer a los usuarios, lo que provoca demoras en los tiempos de viaje, incremento en los costos de operación vehicular y genera dificultades para el transporte de la producción agrícola local. Además, obstaculiza el acceso de la población de las comunidades rurales a servicios básicos como salud y educación.

4.1.3.3. Condiciones técnicas y geométricas del trazado

Aunque el camino existente carece de un trazado geométrico, este presenta curvas con radios comprendidos entre los 60 y 250 metros, lo cual, en condiciones normales, permitiría alcanzar velocidades entre 40 y 50 km/h, siempre que no existieran las limitaciones derivadas del mal estado de la superficie de rodadura.

En relación a la altimetría, el camino presenta pendientes longitudinales moderadas que varían entre 0.2% a 13%, por lo que el terreno se podría clasificar entre plano y ondulado.

La sinuosidad moderada y las curvas relativamente amplias, constituyen condiciones favorables para desarrollar un diseño geométrico vial que garantice una conducción más cómoda y segura para los usuarios.

4.1.3.4. Sistema de drenaje

El sistema de drenaje del camino Punta San Pedro – Mérida actualmente presenta deficiencias importantes. Este se compone de 27 vados de mampostería, todos ellos en mal estado. Debido a su carácter superficial y a su tamaño reducido, la capacidad hidráulica de estas obras de drenaje resulta insuficiente para gestionar la demanda de los cruces de agua a lo largo de los 13 kilómetros de la vía, por lo que, en términos prácticos, se puede afirmar que el camino carece de un sistema de drenaje transversal.

Tabla 18*Inventario de obras de drenaje existentes camino Punta San Pedro – Mérida*

No.	Estación	Material	Ancho (m)	Longitud (m)	Observación
1	0+624.55	Mampostería	7.5	6.5	Mal estado
2	0+782.00	Mampostería	4.95	7.4	Mal estado
3	1+099.75	Mampostería	4.7	7.75	Mal estado
4	1+671.19	Mampostería	4.85	5.8	Mal estado
5	2+900.00	Mampostería	5	6	Mal estado
6	3+021.14	Mampostería	5.6	7.4	Mal estado
7	4+222.03	Mampostería	5.8	5.8	Mal estado
8	4+559.35	Mampostería	4.5	5.7	Mal estado
9	6+043.09	Mampostería	3.65	5.6	Mal estado
10	6+399.07	Mampostería	4.8	5.5	Mal estado
11	6+525.18	Mampostería	4.85	6.15	Mal estado
12	6+936.72	Mampostería	4.9	5.8	Mal estado
13	7+050.29	Mampostería	5.6	6.6	Mal estado
14	7+172.40	Mampostería	5.2	5.65	Mal estado
15	7+571.30	Mampostería	5.2	5.8	Mal estado
16	9+652.09	Mampostería	4.9	6	Mal estado
17	9+882.73	Mampostería	5.3	5.7	Mal estado
18	10+195.07	Mampostería	4.85	5.7	Mal estado
19	10+409.11	Mampostería	5.1	5.7	Mal estado
20	10+775.72	Mampostería	4.7	5.8	Mal estado
21	11+268.60	Mampostería	3.5	4.8	Mal estado
22	11+400.82	Mampostería	4.9	5.85	Mal estado
23	11+486.29	Mampostería	4.85	4.25	Mal estado
24	12+175.14	Mampostería	4.91	5.8	Mal estado
25	12+298.07	Mampostería	5	6	Mal estado
26	12+498.56	Mampostería	4.75	5.9	Mal estado
27	12+873.10	Mampostería	5.1	5.75	Mal estado

En relación al drenaje longitudinal, el camino carece de cunetas laterales para la evacuación del agua pluvial superficial. Esta situación prolonga la exposición de la superficie de rodadura a condiciones de humedad, lo que favorece la acumulación de agua y, en consecuencia, incrementa el riesgo de deterioro.

La falta de un sistema de drenaje efectivo, longitudinal y transversal, provoca que los procesos erosivos sobre la superficie de rodadura sean muy agresivos, siendo esta la principal causa del deteriorado estado que presenta el camino durante la temporada

de invierno. Además del deterioro de la infraestructura, el drenaje deficiente incrementa el riesgo de inundaciones en los poblados asentados a orillas del lago, siendo un peligro para la seguridad de las familias que allí residen.

4.1.3.5. Señalización y seguridad vial

El camino carece de cualquier tipo de señalización vertical que guíe a los conductores en su recorrido, por consiguiente, las medidas de protección y seguridad vial para conductores y peatones son nulas.

4.1.3.6. Mantenimiento vial

En años recientes el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha llevado a cabo proyectos de pavimentación sobre la red vial NN – 226, siendo los últimos, el “Proyecto de Mejoramiento del tramo de carretera Balgue – Punta Gorda”, con una longitud de 3 km de adoquinado, ejecutado en el año 2022, y el “Proyecto de Mejoramiento del tramo de carretera Santa Cruz – Mérida”, con una longitud de 4 km de adoquinado, ejecutado en el año 2024.

En aquellos tramos de la red vial NN – 226, en los que no ha sido posible desarrollar proyectos de pavimentación, el MTI ha priorizado acciones de rehabilitación. La intervención más reciente fue el “Proyecto de rehabilitación del Camino Santa Cruz– Mérida–San Ramón”, ejecutado en el año 2023 y que cubrió 25 kilómetros de longitud, incluyendo en este la mayor parte del camino Punta San Pedro – Mérida.

Es importante destacar que estos proyectos de rehabilitación se enfocan principalmente en la mejora de la superficie de rodadura, mediante la corrección de defectos superficiales y la aplicación de material de revestimiento. Estas acciones correctivas buscan mejorar de manera temporal la transitabilidad de la vía. Sin embargo, su vida útil es limitada, generalmente de unos pocos años, tras los cuales el camino vuelve a deteriorarse, requiriendo una nueva intervención de rehabilitación.

4.1.3.7. Resumen de la oferta escenario “sin proyecto”

En la siguiente tabla se presentan los parámetros actuales del camino que describen las condiciones de transitabilidad en el escenario “sin proyecto”.

Tabla 19*Oferta actual camino Punta San Pedro – Mérida escenario “sin proyecto”*

ITEM	PARÁMETRO	U/M	VALOR
1	Clasificación del camino	-	Camino de Todo Tiempo
2	Área/franja del derecho de vía	m	12 - 20
3	Superficie de rodadura	Tipo	Revestido
4	Número de carriles de rodamiento	Unidad	2
5	Ancho de rodamiento	m	5
6	Velocidad	KPH	24
7	Sobreelevación máxima (peralte)	%	-
8	Sobreancho en curvas	m	-
9	Pendiente longitudinal máxima	%	13
10	IRI estimado	m/km	16

4.1.4. Balance oferta-demanda escenario “sin proyecto”

4.1.4.1. Costo de tiempo de viaje escenario “sin proyecto”

El costo de tiempo de viaje incluye el costo de los usuarios que transitan por la vía tanto en transporte privado (vehículos livianos: motos, autos, jeeps, camionetas) como en transporte público (vehículos de pasajeros: microbús, minibús, bus). Debido a la gran diversidad en los empleos y, en consecuencia, en los niveles de ingreso de los usuarios, para simplificar el análisis, se ha establecido un costo promedio diferenciando para usuarios de transporte privado y de transporte público.

En el caso de los usuarios de transporte público, dado que gran parte de la población isleña, se dedica principalmente a la agricultura, se ha considerado como referencia el salario promedio mensual del sector agropecuario, el cual asciende a C\$10,267.50 córdobas, según las estadísticas oficiales del Banco Central de Nicaragua (BCN) para el año 2025 (ver Tabla 20, Pág. 50).

Tabla 20

Salario promedio por actividad económica - asegurados del INSS 2025

Conceptos	Salario (C\$)
Agropecuario, silvicultura, casa y pesca	10,267.50
Minas y Carteras	40,019.00
Industria manufacturera	14,067.90
Electricidad, gas y agua	23,497.50
Construcción	16,875.10
Comercio	15,836.70
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	19,622.20
Establecimientos financieros	18,880.60
Servicios Comunes, sociales y personales	15,663.00

Nota. Adaptado de *Salario promedio por actividad económica - Asegurados del INSS 2025*, por Banco Central de Nicaragua (BCN), 2025.

En el caso de los usuarios de transporte privado, se asume que cuentan con un mayor poder adquisitivo. Por ello, se ha utilizado como referencia el promedio de los salarios devengados en los sectores de Comercio, C\$15,836.70; y de Transporte, almacenamiento y comunicaciones, C\$19,622.20 (ver Tabla 20, Pág. 50).

Habiendo establecido el ingreso mensual, se determinó el Costo horario del pasajero (Cho) en términos económicos.

Tabla 21

Costo horario del pasajero (Cho)

Descripción	Transporte Privado	Transporte Público
Ingreso (US\$)	484.15	280.38
Costo horario (US\$/hr)	2.68	$1.55 \times 0.53\% = 0.82$
FCS	0.82	0.82
Costo horario económico (US\$/hr)	2.2	0.68

Nota. Tasa de cambio utilizado: C\$36.62 x US\$.

El Costo horario de los usuarios de transporte público fue afectado por un factor de 0.53, lo que representa que solamente el 53% de ellos viajan por motivos de trabajo.

Esta estimación se basó en los datos suministrados acerca de los motivos de viaje (ver Tabla 11, Pág. 35). En el caso de los vehículos privados se asumió que todos los ocupantes tienen el mismo costo horario.

La conversión a costo económico fue realizada aplicando los Factores de Corrección Social (FCS) estimados por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) de Nicaragua para un “escenario de economía con desempleo involuntario”. Tanto para los usuarios de transporte privado como para los usuarios de transporte público, se utilizó el $FCS = 0.82$, para mano de obra calificada. Se considera que el sector agropecuario actual cuenta con la suficiente tecnificación como para ser considerado como mano de obra calificada.

Como resultado se obtuvo un costo horario para el transporte privado $Cho = 2.20$ US\$/hr y para el transporte público $Cho = 0.68$ US\$/hr. Valores que se consideran razonables y adecuados para ser utilizados en el análisis, además de ser lo suficientemente cercanos a los 0.60 US\$/hr utilizados como ejemplo en la Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial (SNIP, 2016).

4.1.4.2. Costo de operación vehicular escenario “sin proyecto”

Los costos de operación vehicular se calcularon utilizando el programa RED - HDM-4 VOC (versión 3.2), desarrollado por el Banco Mundial como una herramienta para la evaluación económica de proyectos de mejora y mantenimiento de caminos. Siendo la herramienta recomendada por el Sistema Nacional de Inversiones Públicas (SNIP) para estimar los Costos de operación vehicular (COV).

1) Datos básicos de entrada RED - HDM-4 VOC

Para realizar el análisis de los costos de operación vehicular, el programa RED - HDM-4 VOC requiere una serie de datos de entrada, que son necesarios para calibrar el modelo al entorno del país y las características del camino objeto de estudio. Entre la información solicitada se incluyen los costos económicos de vehículos e insumos de transporte, así como el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la vía.

a) Costos económicos de vehículos e insumos de transporte

En la siguiente tabla se presentan los costos de vehículos e insumos de transporte en US\$, a precios económicos, ingresados en el programa RED - HDM-4 VOC para la calibración del modelo para Nicaragua.

Tabla 22

Costos económicos de vehículos e insumos de transporte

Costos económicos unitarios	Moto	Automóvil	Jeep	PickUp	Microbús	Bus pequeño	Bus	Camión liviano	Camión mediano	Camión pesado
Vehículo Nuevo (US\$)	1,140.00	17,100.00	26,600.00	30,020.00	36,080.00	61,500.00	77,900.00	25,830.00	54,940.00	65,600.00
Combustible (US\$/lt)	0.71	0.71	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Lubricantes (US\$/lt)	4.83	4.83	4.83	4.83	4.83	4.83	4.83	4.83	4.83	4.83
Llantas (US\$/unidad)	66.03	74.32	113.26	113.26	113.26	134.88	134.88	134.88	194.20	194.20
Mano de obra mantenimiento (US\$/hr)	1.47	1.47	1.47	1.47	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94	2.94
Mano de obra tripulación (US\$/hr)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46

i. Insumos

Los costos de los vehículos, llantas y lubricantes se determinaron mediante un análisis de los precios comerciales vigentes a octubre de 2025, considerando las ofertas de algunos de los principales distribuidores del país.

En el caso de los combustibles, se utilizaron los precios oficiales publicados por el Instituto Nicaragüense de Energía (INE) a octubre de 2025.

Para convertir los costos de insumos a precios económicos se utilizaron algunos Factores de Corrección Social (FCS) estimados por la consultora Corea y Asociados S.A. (CORASCO), resultado de los numerosos trabajos de consultoría llevados a cabo a través de los años y que cuentan con la validación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para ser utilizados en estudios de factibilidad económica de proyectos infraestructura vial. Para combustibles y lubricantes se aplicó un $FCS = 0.54$, mientras que para llantas un $FCS = 0.76$. En el caso de los vehículos livianos se aplicó un $FCS = 0.76$, mientras que para vehículos pesados un $FCS = 0.82$.

ii. Mano de obra

Para estimar el Costo horario de la mano de obra de mantenimiento se consideró el costo de un mecánico y un ayudante. En el caso de la mano de obra de mantenimiento de vehículos livianos, se consideró un 50% del costo estimado para vehículos pesados.

La conversión a costo económico se realizó aplicando los Factores de Corrección Social (FCS) para un “escenario de economía con desempleo involuntario”. Se consideró al mecánico como mano de obra calificada, $FCS = 0.82$, y al ayudante como mano de obra no calificada, $FCS = 0.54$.

Con relación al Costo horario de la mano de obra de la tripulación, se utilizó el mismo $Cho = 2.2 \text{ US\$/hr}$, previamente estimado para usuarios de transporte privado.

b) Índice de Rugosidad Internacional (IRI) escenario “sin proyecto”

El Índice de Regularidad de la Superficie (IRI, por sus siglas en inglés) es el estándar internacional reconocido por el Banco Mundial para evaluar la uniformidad superficial de una vía. Se emplea para medir la comodidad y la calidad del servicio que brinda una carretera. En la actualidad es un indicador convencionalmente utilizado para determinar el estado y la calidad del pavimento.

Dado que no existen mediciones de IRI realizadas al camino en estudio, se utilizó como referencia un IRI = 16 m/km, valor empleado por el MTI para evaluar caminos no pavimentados.

2) Resultados del Costo de operación vehicular (COV) escenario “sin proyecto”

A continuación, se presentan los Costos de operación vehicular (COV) del camino Punta San Pedro – Mérida para el escenario “sin proyecto” obtenidos del programa RED - HDM-4 VOC (ver reporte del RED - HDM-4 VOC en Anexo 7, Pág. 162 y Anexo 9, Pág. 164).

Tabla 23

Costo de operación vehicular (COV) escenario “sin proyecto”

Tipo de vehículo	COV (US\$/veh-km)	Velocidad (km/h)
Motocicleta	0.056	26.6
Automóvil Mediano	0.333	26.6
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	0.465	26.6
Vehículo de Carga	0.552	26.6
Autobús Liviano	0.632	26.2
Autobús Mediano	0.884	26.2
Autobús Pesado	1.006	26.6
Camión Liviano	0.607	26.1
Camión Mediano	0.935	26.4

Nota. Datos extraídos del programa RED - HDM-4 VOC (versión 3.2), por Banco Mundial (BM), 2004.

4.1.4.3. Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "sin proyecto"

El Costo generalizado de viaje (CGV) en el escenario “sin proyecto” se obtiene de la suma del Costo de operación vehicular (COV) y el Costo de tiempo de viaje (CTv).

$$CGV = COV + CTv \quad \text{Ec-3. Tomada de SNIP (2016)}$$

$$CTv = t * Cho * pas \quad \text{Ec-4. Tomada de SNIP (2016)}$$

Donde:

COV: Costo de operación vehicular

CTv: Costo del tiempo de viaje

t: Duración del viaje

Cho: Costo horario del pasajero

pas: Cantidad de pasajeros por vehículo

A continuación, se presentan los resultados del CGV para el escenario “sin proyecto”

Tabla 24

Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "sin proyecto"

Tipo de vehículo	COV (US\$/veh- km)	Velocidad (km/h)	t (hrs)	Pas	Cho (US\$/hr)	CTV (US\$/veh)	CGV (US\$/veh)
Motocicleta	0.056	26.6	0.49	1	2.20	1.07	1.80
Automóvil Mediano	0.333	26.6	0.49	3	2.20	3.22	7.55
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	0.465	26.6	0.49	3	2.20	3.22	9.27
Vehículo de Carga	0.552	26.6	0.49	3	2.20	3.23	10.40
Autobús Liviano	0.632	26.2	0.50	11	0.68	3.69	11.90
Autobús Mediano	0.884	26.2	0.50	21	0.68	7.04	18.53
Autobús Pesado	1.006	26.6	0.49	42	0.68	13.84	26.92
Camión Liviano	0.607	26.1	0.50			0.00	7.88
Camión Mediano	0.935	26.4	0.49			0.00	12.16

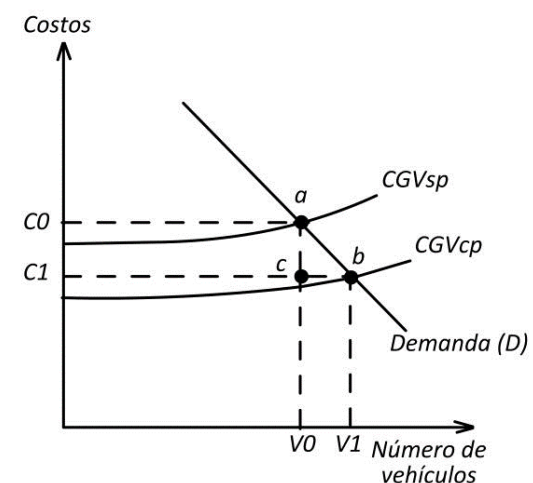
4.1.5. Balance oferta-demanda escenario “con proyecto”

En la siguiente figura, el punto “a” muestra el escenario “sin proyecto”, que corresponde al par (V0,C0), previamente calculados. Al implementar el proyecto de pavimentación, los CGV por transitar por la vía se ven reducidos, gráficamente esto corresponde al traslado de la curva de CGV hacia abajo y la derecha, provocando al mismo tiempo que transiten más vehículos a un costo menor.

El punto “b” corresponde al equilibrio “con proyecto”, par (V1,C1). En el escenario “con proyecto” se cumplen las siguientes condiciones: $C1 < C0$ y $V1 > V0$. Donde V0 corresponde al tráfico normal (TPDA que transita “sin proyecto”), y V1-V0 correspondería al tráfico generado por el proyecto (SNIP, 2016, pp. 50-51).

Figura 10

Equilibrio en el escenario “con proyecto”



Nota. Adaptado de *Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial* (p. 51), por Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), 2016.

4.1.5.1. Alternativas de carpeta de rodadura

Para el escenario “con proyecto” se analizaron las 3 alternativas clásicas de carpeta de rodadura comúnmente evaluadas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para proyectos de pavimentación en nuestro país.

- Alternativa 1: Pavimento de Mezcla Asfáltica en Caliente
- Alternativa 2: Pavimento de Concreto Hidráulico
- Alternativa 3: Pavimento de Adoquines

Los parámetros técnicos, componentes, materiales y dimensiones; que integran cada alternativa, se describen a detalle en la Sección de Estudio Técnico del presente documento (Pág. 66 - 96).

4.1.5.2. Periodo de análisis

El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) suele utilizar un periodo de análisis de 20 años para evaluar proyectos infraestructura vial en nuestro país. Por consiguiente, el análisis de las alternativas de proyecto para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, se realizó para un periodo de 20 años.

4.1.5.3. Costo de tiempo de viaje escenario “con proyecto”

Para el escenario “con proyecto” se utilizaron los mismos Costos horarios del pasajero (Cho) determinados previamente para el escenario “sin proyecto”.

4.1.5.4. Costo de operación vehicular escenario “con proyecto”

1) Datos básicos de entrada RED - HDM-4 VOC

i. Costos económicos de vehículos e insumos de transporte

Para el escenario “con proyecto” se utilizaron los mismos costos de vehículos e insumos determinados previamente para el escenario “sin proyecto”.

iii. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) escenario “con proyecto”

Al aplicar una carpeta de rodadura, el valor del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se ve reducido drásticamente, en consecuencia, la percepción de comodidad por parte de los usuarios y la transitabilidad en general, también se ven mejoradas.

Para determinar el Costo de operación vehicular (COV) en el escenario “con proyecto” se utilizaron los siguientes valores de IRI:

- IRI = 2.5 para el pavimento asfáltico.
- IRI = 3 para el pavimento de concreto hidráulico.
- IRI = 4 para el pavimento de adoquines.

Estos valores corresponden a los niveles de rugosidad generalmente requeridos por el MTI para pavimentos nuevos en sus diferentes tipologías.

2) Resultados del Costo de operación vehicular (COV) escenario “con proyecto”

A continuación, se presentan los Costos de operación vehicular (COV) del camino Punta San Pedro – Mérida para el escenario “con proyecto” obtenidos del programa RED - HDM-4 VOC (ver reporte del RED - HDM-4 VOC en Anexo 8, Pág. 163).

Tabla 25

Costo de operación vehicular (COV) escenario “con proyecto”

Tipo de vehículo	COV Asfalto (US\$/veh-km) IRI = 2.5	COV Concreto (US\$/veh-km) IRI = 3	COV Adoquín (US\$/veh-km) IRI = 4
Motocicleta	0.033	0.034	0.034
Automóvil Mediano	0.210	0.212	0.215
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	0.237	0.243	0.254
Vehículo de Carga	0.292	0.298	0.311
Autobús Liviano	0.352	0.357	0.369
Autobús Mediano	0.465	0.474	0.493
Autobús Pesado	0.538	0.547	0.566
Camión Liviano	0.324	0.329	0.341
Camión Mediano	0.506	0.515	0.535

Nota. Datos extraídos del programa *RED - HDM-4 VOC (versión 3.2)*, por Banco Mundial (BM), 2004.

4.1.5.5. Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto"

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del cálculo del CGV para el escenario “con proyecto” para las 3 alternativas de carpeta de rodadura analizadas.

Tabla 26

Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto" pavimento de asfalto

Tipo de vehículo	COV (US\$/veh-km)	Velocidad (km/h)	t (hrs)	Pas	Cho (US\$/hr)	CTV (US\$/veh)	CGV (US\$/veh)
Motocicleta	0.033	40	0.325	1	2.20	0.72	1.14
Automóvil Mediano	0.210	40	0.325	3	2.20	2.15	4.88
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	0.237	40	0.325	3	2.20	2.15	5.23
Vehículo de Carga	0.292	40	0.325	3	2.20	2.15	5.94
Autobús Liviano	0.352	40	0.325	11	0.68	2.41	6.99
Autobús Mediano	0.465	40	0.325	21	0.68	4.61	10.66
Autobús Pesado	0.538	40	0.325	42	0.68	9.22	16.22
Camión Liviano	0.324	40	0.325			0.00	4.21
Camión Mediano	0.506	40	0.325			0.00	6.58

Tabla 27

Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto" pavimento de concreto

Tipo de vehículo	COV (US\$/veh-km)	Velocidad (km/h)	t (hrs)	Pas	Cho (US\$/hr)	CTV (US\$/veh)	CGV (US\$/veh)
Motocicleta	0.034	40	0.325	1	2.20	0.72	1.15
Automóvil Mediano	0.212	40	0.325	3	2.20	2.15	4.90
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	0.243	40	0.325	3	2.20	2.15	5.30
Vehículo de Carga	0.298	40	0.325	3	2.20	2.15	6.02
Autobús Liviano	0.357	40	0.325	11	0.68	2.41	7.06
Autobús Mediano	0.474	40	0.325	21	0.68	4.61	10.77
Autobús Pesado	0.547	40	0.325	42	0.68	9.22	16.33
Camión Liviano	0.329	40	0.325			0.00	4.28
Camión Mediano	0.515	40	0.325			0.00	6.70

Tabla 28

Costo generalizado de viaje (CGV) escenario "con proyecto" pavimento de adoquín

Tipo de vehículo	COV (US\$/veh-km)	Velocidad (km/h)	t (hrs)	Pas	Cho (US\$/hr)	CTV (US\$/veh)	CGV (US\$/veh)
Motocicleta	0.034	40	0.325	1	2.20	0.72	1.16
Automóvil Mediano	0.215	40	0.325	3	2.20	2.15	4.94
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	0.254	40	0.325	3	2.20	2.15	5.45
Vehículo de Carga	0.311	40	0.325	3	2.20	2.15	6.19
Autobús Liviano	0.369	40	0.325	11	0.68	2.41	7.21
Autobús Mediano	0.493	40	0.325	21	0.68	4.61	11.02
Autobús Pesado	0.566	40	0.325	42	0.68	9.22	16.57
Camión Liviano	0.341	40	0.325			0.00	4.43
Camión Mediano	0.535	40	0.325			0.00	6.95

4.1.5.6. Tráfico generado

En el escenario “con proyecto”, al proponer una nueva oferta más atractiva para los usuarios (camino pavimentado), que a su vez les genera ahorros en los costos de operación vehicular y una reducción de los tiempos de viajes; se produce un aumento en la demanda, viajes adicionales o Tráfico generado (V1-V0, Figura 10, Pág. 56).

La Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial (SNIP, 2016), indica que, el Tráfico generado puede estimarse conociendo la elasticidad precio de la demanda del camino o carretera en estudio, a partir de la reducción en el Costo generalizado de viaje (CGV) en el escenario “con proyecto”.

1) Reducción en el Costo generalizado de viaje (CGV) escenario “con proyecto”

La siguiente tabla muestra la reducción en el Costo generalizado de viaje (CGV) al comparar el escenario “sin proyecto” con el escenario “con proyecto” para las 3 alternativas de carpeta de rodadura analizadas.

Tabla 29 %

Reducción en el Costo generalizado de viaje (CGV) escenario “con proyecto”

Tipo de vehículo	CGV Sin Proyecto (\$/veh) IRI = 16	CGV Asfalto (\$/veh) IRI = 2.5	% Reducción CGV Asfalto	CGV Concreto (\$/veh) IRI = 3	% Reducción CGV Concreto	CGV Adoquín (\$/veh) IRI = 4	% Reducción CGV Adoquín
Motocicleta	1.795	1.145	36%	1.151	36%	1.162	35%
Automóvil Mediano	7.545	4.878	35%	4.898	35%	4.943	34%
Vehículo con Tracción en las 4 Ruedas	9.266	5.229	44%	5.300	43%	5.448	41%
Vehículo de Carga	10.401	5.939	43%	6.019	42%	6.187	41%
Autobús Liviano	11.904	6.985	41%	7.057	41%	7.211	39%
Autobús Mediano	18.526	10.658	42%	10.775	42%	11.022	41%
Autobús Pesado	26.922	16.216	40%	16.330	39%	16.570	38%
Camión Liviano	7.885	4.206	47%	4.280	46%	4.435	44%
Camión Mediano	12.156	6.577	46%	6.698	45%	6.951	43%
Ahorros Promedios			42%		41%		40%

Con la implementación del proyecto de pavimentación, en sus diferentes alternativas, se obtiene un ahorro promedio en el Costo generalizado de viaje (CGV) de 42% para la alternativa de pavimento de mezcla asfáltica, 41% para el pavimento de concreto hidráulico y 40% para el pavimento de adoquines.

2) Cálculo del Tráfico generado

Según la metodología SNIP (2016), para estimar el tráfico generado, es fundamental contar con información previa sobre la elasticidad de la demanda. En el presente estudio, se emplearon valores de elasticidad de 0.5 para vehículos livianos y de 0.25 para transporte de carga y pasajeros. Estos parámetros fueron definidos por especialistas de la Cuenta Reto del Milenio en los proyectos de los tramos La Paz Centro – Malpaisillo y Malpaisillo – Villa 15 de Julio, ejecutados en 2008, y cuentan con la validación del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), por lo que son comúnmente utilizados en estudios de factibilidad económica de proyectos infraestructura vial.

En la siguiente tabla se presenta el Tráfico generado para las 3 alternativas de proyecto analizadas.

Tabla 30

Tráfico generado escenario “con proyecto”

Tipo de vehículo	TPDA 2028 (V0)	Elasticidad (η)	% Reducción CGV			Tráfico Generado (V1-V0)		
			Asfalto	Concreto	Adoquín	Asfalto	Concreto	Adoquín
Motos	411	0.5	36%	36%	35%	74	74	72
Autos	7	0.5	35%	35%	34%	1	1	1
Jeep	2	0.5	44%	43%	41%	0	0	0
PickUp	36	0.5	43%	42%	41%	8	8	7
Micro	1	0.25	41%	41%	39%	0	0	0
Minibus>15	2	0.25	42%	42%	41%	0	0	0
Bus	4	0.25	40%	39%	38%	0	0	0
C2 Liv	12	0.25	47%	46%	44%	1	1	1
C2>5 Ton	4	0.25	46%	45%	43%	1	0	0

4.1.5.7. Tráfico total

Existen varios tipos de tráfico que en su conjunto constituyen el Tráfico total de una carretera:

- Tráfico Normal: El tráfico normal o actual es el tráfico que se produce en la vía independiente de las condiciones existentes. Tráfico en escenario “sin proyecto”
- Tráfico Desviado/Atraído: Es el tráfico que utilizará la vía como opción principal debido a las mejoras realizadas en el camino.
- Tráfico Desarrollado: Es el tráfico adicional producto del desarrollo en la economía local, lo que a su vez genera mayor cantidad de viajes.
- Tráfico Generado: El tráfico adicional que aparece en el tramo como consecuencia de la reducción en los Costos de operación vehicular (COV).

Para el desarrollo del presente estudio, no se consideró el tráfico atraído, dado que el camino Punta San Pedro – Mérida es la única vía de conexión entre ambos poblados, en consecuencia, no existe una ruta alterna de la cual se desvíe tráfico hacia el camino principal. De la misma manera, no se incluyó el tráfico desarrollado, ya que el análisis presentado en este documento, no contempla el Enfoque del Excedente del Productor.

En consecuencia, la evaluación se limitó exclusivamente al Tráfico normal y al Tráfico generado.

En las siguientes tablas, se presenta el Tráfico total para las 3 alternativas proyecto analizadas, obtenido de la suma del Tráfico normal + Tráfico generado; y proyectado para un periodo de 20 años, aplicando la Ec-2 y las tasas de crecimiento previamente calculadas.

Tabla 31

Tráfico total en el periodo de análisis pavimento de mezcla asfáltica

Periodo	Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TPDA
	2019	228	4	1	20	1	2	4	8	3	271
	2020	243	4	1	21	1	2	4	8	3	289
	2021	260	5	1	23	1	2	4	9	3	308
	2022	277	5	1	24	1	2	4	9	3	328
	2023	296	5	1	26	1	2	4	9	4	349
	2024	316	6	1	28	1	2	4	10	4	372
DISEÑO	2025	338	6	1	30	1	2	4	10	4	396
FINANCIAMIENTO	2026	360	6	2	32	1	2	4	11	4	422
EJECUCIÓN	2027	385	7	2	34	1	2	4	11	4	450
1	2028	485	8	2	44	1	2	4	13	5	565
2	2029	518	9	2	47	1	2	5	13	6	602
3	2030	553	9	2	50	1	2	5	14	6	642
4	2031	590	10	2	54	1	2	5	14	6	684
5	2032	630	11	2	57	1	2	5	15	6	730
6	2033	672	11	2	61	1	2	5	16	7	778
7	2034	718	12	3	65	1	2	5	16	7	830
8	2035	766	13	3	70	1	2	5	17	7	885
9	2036	818	14	3	74	1	2	5	18	8	943
10	2037	873	15	3	79	1	2	5	19	8	1006
11	2038	932	16	3	85	1	3	5	20	8	1073
12	2039	995	17	4	90	1	3	5	20	9	1144
13	2040	1063	18	4	97	1	3	5	21	9	1221
14	2041	1135	19	4	103	1	3	5	22	9	1302
15	2042	1211	21	5	110	1	3	5	23	10	1389
16	2043	1293	22	5	117	1	3	5	24	10	1481
17	2044	1381	23	5	125	1	3	5	25	11	1580
18	2045	1474	25	5	134	1	3	6	26	11	1685
19	2046	1574	27	6	143	1	3	6	27	12	1798
20	2047	1680	28	6	153	1	3	6	29	12	1918

Tabla 32

Tráfico total en el periodo de análisis pavimento de concreto hidráulico

Periodo	Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TPDA
	2019	228	4	1	20	1	2	4	8	3	271
	2020	243	4	1	21	1	2	4	8	3	289
	2021	260	5	1	23	1	2	4	9	3	308
	2022	277	5	1	24	1	2	4	9	3	328
	2023	296	5	1	26	1	2	4	9	4	349
	2024	316	6	1	28	1	2	4	10	4	372
DISEÑO	2025	338	6	1	30	1	2	4	10	4	396
FINANCIAMIENTO	2026	360	6	2	32	1	2	4	11	4	422
EJECUCIÓN	2027	385	7	2	34	1	2	4	11	4	450
1	2028	485	8	2	44	1	2	4	13	4	564
2	2029	518	9	2	47	1	2	5	13	5	601
3	2030	553	9	2	50	1	2	5	14	5	641
4	2031	590	10	2	54	1	2	5	14	5	683
5	2032	630	11	2	57	1	2	5	15	5	729
6	2033	672	11	2	61	1	2	5	16	5	777
7	2034	718	12	3	65	1	2	5	16	6	828
8	2035	766	13	3	70	1	2	5	17	6	883
9	2036	818	14	3	74	1	2	5	18	6	942
10	2037	873	15	3	79	1	2	5	19	6	1005
11	2038	932	16	3	85	1	3	5	20	7	1072
12	2039	995	17	4	90	1	3	5	20	7	1143
13	2040	1063	18	4	97	1	3	5	21	7	1219
14	2041	1135	19	4	103	1	3	5	22	8	1300
15	2042	1211	21	5	110	1	3	5	23	8	1387
16	2043	1293	22	5	117	1	3	5	24	8	1479
17	2044	1381	23	5	125	1	3	5	25	9	1578
18	2045	1474	25	5	134	1	3	6	26	9	1683
19	2046	1574	27	6	143	1	3	6	27	9	1796
20	2047	1680	28	6	153	1	3	6	29	10	1916

Tabla 33

Tráfico total en el periodo de análisis pavimento de adoquines

Periodo	Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus>15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TPDA
	2019	228	4	1	20	1	2	4	8	3	271
	2020	243	4	1	21	1	2	4	8	3	289
	2021	260	5	1	23	1	2	4	9	3	308
	2022	277	5	1	24	1	2	4	9	3	328
	2023	296	5	1	26	1	2	4	9	4	349
	2024	316	6	1	28	1	2	4	10	4	372
DISEÑO	2025	338	6	1	30	1	2	4	10	4	396
FINANCIAMIENTO	2026	360	6	2	32	1	2	4	11	4	422
EJECUCIÓN	2027	385	7	2	34	1	2	4	11	4	450
1	2028	483	8	2	43	1	2	4	13	4	561
2	2029	515	9	2	46	1	2	5	13	5	598
3	2030	550	9	2	49	1	2	5	14	5	637
4	2031	587	10	2	52	1	2	5	14	5	680
5	2032	627	11	2	56	1	2	5	15	5	725
6	2033	670	11	2	60	1	2	5	16	5	773
7	2034	715	12	3	64	1	2	5	16	6	824
8	2035	763	13	3	68	1	2	5	17	6	879
9	2036	815	14	3	73	1	2	5	18	6	937
10	2037	870	15	3	78	1	2	5	19	6	999
11	2038	929	16	3	83	1	3	5	20	7	1066
12	2039	991	17	4	88	1	3	5	20	7	1137
13	2040	1058	18	4	94	1	3	5	21	7	1212
14	2041	1130	19	4	101	1	3	5	22	8	1293
15	2042	1206	21	5	108	1	3	5	23	8	1379
16	2043	1288	22	5	115	1	3	5	24	8	1471
17	2044	1375	23	5	123	1	3	5	25	9	1569
18	2045	1468	25	5	131	1	3	6	26	9	1674
19	2046	1567	27	6	140	1	3	6	27	9	1786
20	2047	1673	28	6	149	1	3	6	29	10	1905

4.2. Estudio técnico

En el desarrollo de esta sección se presenta el diseño de la configuración técnica de las tres (3) alternativas de proyectos propuestos para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida.

4.2.1. Estudio geotécnico

Los resultados del proceso de auscultación sobre la línea y bancos de materiales en el tramo en estudio, fueron suministrados por la Dirección de Pre Inversión del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), como parte de los estudios técnicos realizados sobre la red vial NN – 226 del municipio de Altagracia.

4.2.1.1. Sondeos en la línea

La data suministrada del proceso de exploración de suelos en la línea comprende un total de 83 sondeos manuales, con profundidades de 1.5 metros, y una separación de 150 metros entre sondeos consecutivos, alternando al centro y a ambos lados del camino.

El muestreo se realizó clasificando el material en el sitio visualmente y al tacto, seleccionando de esta manera las muestras a ser ensayadas. Además de los ensayos de caracterización de suelos, se realizaron ensayos de penetración CBR.

1) Ensayos de laboratorio en sondeos de línea

Las muestras de los sondeos de línea fueron sometidas a los siguientes ensayos:

Tabla 34

Ensayos de laboratorio realizados a muestras de suelos de la línea

Nº	Prueba	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 ó AASHTO M-145
5	Proctor Estándar	ASTM D-698 ó AASHTO T-99
6	CBR	ASTM D-1883 ó AASHTO T-193

2) Resultados de los ensayos en sondeos de línea

A partir de los ensayos de laboratorio se identificaron los siguientes tipos de suelos:

- En el camino predominan superficialmente los suelos gravosos/arenosos de tipo A-1-a, A-1-b, suelos gravosos/arenosos con finos limosos A-2-4 y suelos gravosos/arenosos con finos arcillosos A-2-6, suelos de calidad excelente a bueno. En sitios puntuales se encontraron superficialmente suelos altamente arcillosos A-7-6, suelos de muy mala calidad y que por recomendación general siempre deben ser removidos.
- En los estratos inferiores también se observan suelos gravosos/arenosos de tipo A-1-b, suelos gravosos/arenosos con finos limosos A-2-4 y A-4, y suelos gravosos/arenosos con finos arcillosos A-2-6, suelos de buena calidad. No obstante, también se observaron suelos arcillosos A-7-5 y A-7-6.

A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de suelos encontrados por rangos de estaciones, según la clasificación AASHTO M-145.

Tabla 35

Suelos característicos por rangos de estaciones

Rango de estaciones	Suelos encontrados AASHTO M-145		Límite Líquido (LL)	Índice de Plasticidad (IP)
	Superficiales	Estratos inferiores		
0+000 al 1+150	A-1-b	A-1-a, A-1-b, A-4, A-7-5, A-7-6, A-2-4	0 a 49%	0 a 17%
1+150 al 2+350	A-1-b, A-4, A-2-4	A-1-b, A-2-4	0 a 29%	3 a 10%
2+350 al 3+550	A-1-b, A-2-4	A-1-b, A-2-4	0 a 29%	0 a 6%
3+550 al 4+600	A-1-b, A-2-4, A-4	A-7-6, A-4, A-2-6, A-2-4	0 a 43%	0 a 16%
4+600 al 6+150	A-1-a, A-2-6, A-2-4, A-4	A-2-6, A-7-5, A-2-4	0 a 58%	0 a 26%
6+150 al 7+350	A-1-a, A-1-b, A-2-4	A-1-b, A-1-a, A-2-4	0 a 35%	0 a 9%
7+350 al 8+250	A-1-b, A-2-4	A-2-4, A-4	25 a 32%	3 a 8%
8+250 al 9+300	A-1-b, A-1-a, A-4	A-4, A-6, A-2-4	0 a 40%	0 a 14%
9+300 al 10+200	A-2-4, A-2-6	A-2-6, A-2-4	30 a 40%	5 a 13%
10+200 al 11+250	A-2-4, A-1-a, A-1-b	A-2-6, A-2-4, A-7-6	23 a 48%	3 a 21%
11+250 al 12+250	A-2-4, A-4, A-2-6, A-1-b, A-6	A-6, A-2-6, A-7-6, A-7-5	0 a 57	0 a 19%
12+250 al 13+000	A-2-4, A-7-6, A-2-6, A-1-b	A-6, A-2-4, A-7-6, A-1-b, A-2-6	0 a 44%	0 a 14%

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

En la siguiente tabla se resumen los resultados de los ensayos de CBR practicados a las muestras compactadas al 90, 95% y 100% Proctor Estándar.

Tabla 36

Resultados de los ensayos de CBR en la línea

Localización de Sondeo		Clasificación	NORMA: AASHTO T-99		NORMA: AASHTO T-193		
Estación	Banda		Densidad máxima	Humedad óptima	Grado de Compactación		
		NORMA: AASHTO M-145	(kg/m3)	(%)	90 (%)	95 (%)	100 (%)
13+550	D	A-1-b (0)	1398	17.2	17	25	37
14+000	D	A-4 (1)	1661	15.8	7	11	15
14+150	LC	A-4 (1)	1700	17.9	7	13	22
14+900	D	A-1-b (0)	1690	16.5	17	26	39
15+200	I	A-2-4 (0)	1780	17.2	11	18	27
15+800	I	A-1-b (0)	1628	21.0	18	35	53
16+100	D	A-1-b (0)	1628	21.0	18	35	53
16+550	D	A-4 (1)	1720	17.2	7	15	24
16+850	LC	A-1-b (0)	1640	20.8	16	30	50
17+150	I	A-4 (1)	1700	18.1	8	12	14
18+250	LC	A-1-a (0)	1567	20.0	29	38	46
18+700	LC	A-4 (4)	1691	17.9	9	13	17
19+600	LC	A-1-b (0)	1651	18.4	17	27	43
20+050	LC	A-2-4 (0)	1437	17.0	22	26	36
20+350	I	A-2-4 (0)	1475	16.2	24	28	39
20+650	D	A-1-b (0)	1662	19.9	17	23	31
21+250	I	A-4 (4)	1670	15.5	24	34	51
21+400	LC	A-1-b (0)	1920	13.4	19	31	51
22+150	I	A-2-4 (0)	1778	19.2	14	22	33
22+300	LC	A-2-6 (1)	1635	19.4	17	22	24
23+200	LC	A-2-4 (0)	1396	19.0	18	24	29
23+950	I	A-1-b (0)	1700	17.5	19	22	45
24+250	D	A-6 (2)	1670	19.2	6	11	20
24+950	I	A-7-5 (12)	1370	29.3	5	9	11
25+400	I	A-2-4 (0)	1790	15.2	11	19	35

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

Para suelos tipo A-1-a: Se obtuvo un valor de 38% para el 95% de compactación y de 46% para el 100% de compactación.

Para suelos tipo A-1-b: Se obtuvieron valores por el orden de 22 a 35% para el 95% compactación y de 31 a 53% para el 100% de compactación.

Para suelos tipo A-2-4: Se obtuvieron valores por el orden de 18 a 28% para el 95% compactación y de 27 a 39% para el 100% de compactación.

Para suelos tipo A-4: Se obtuvieron valores por el orden de 11 a 34% para el 95% compactación y de 14 a 51% para el 100% de compactación.

Para suelos tipo A-6: Se obtuvieron valores 11% para el 95% de compactación y de 20% para compactación del 100%.

Para suelos tipo A-7-5: Se obtuvo un valor de 9% para el 95% de compactación y de 11% para el 100% de compactación.

4.2.1.2. Sondeos en bancos de materiales

El estudio de suelos abarcó 4 bancos de materiales, realizando 3 excavaciones a cielo abierto de 1.5 m x 1.5 m x 3.0 m por cada banco.

a) Ensayos de laboratorio en bancos de materiales

Las muestras obtenidas de los sondeos realizados en los bancos de materiales fueron sometidas a los ensayos de laboratorio que se listan a continuación:

Tabla 37

Ensayos de laboratorio realizados a muestras de suelos de bancos

Nº	Prueba	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 ó AASHTO M-145
5	Proctor Estándar	ASTM D-698 ó AASHTO T-99
6	Proctor Modificado	ASTM D-1557 ó AASHTO T-180
7	Pesos Volumétricos y Varillado	ASTM C-29 ó AASHTO T-19
8	Humedad Natural	ASTM D-2216
9	CBR	ASTM D-1883 ó AASHTO T-193
10	Intemperismo acelerado	ASTM C-88 ó AASHTO T-104
11	Desgaste de los ángeles	ASTM C-131 ó AASHTO T-96
12	Absorción	ASTM C-45 ó AASHTO T-25

b) Resultados de los ensayos en bancos de materiales

A continuación, se resumen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en bancos de materiales:

Tabla 38

Resultados de los ensayos de laboratorio en bancos de materiales

Banco	Tipo	Características
Punta Gorda	Calicata 1.	
	Arena mal graduada con limo y grava A-1-a (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (42%, 51% y 59%) respectivamente.
	Calicata 2.	
	Arena limosa con grava A-1-b (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (29%, 35% y 53%) respectivamente.
	Calicata 3.	
	Grava arcillosa A-2-7 (1)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (28%, 38% y 53%) respectivamente.
Ojo de Agua	Calicata 1.	
	Arena limosa A-2-4 (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (30%, 36% y 58%) respectivamente.
	Calicata 2.	
	Limo de baja plasticidad arenoso A-4 (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (19%, 31% y 43%) respectivamente.
	Calicata 3.	
	Arena mal graduada con limo A-1-b (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (22%, 32% y 38%) respectivamente.

Resultados de los ensayos de laboratorio en bancos de materiales (continuación)

Banco	Tipo	Características
Sinecapa	Calicata 1.	
	Arena bien graduada con limo y grava A-1-a (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (20%, 35% y 72%) respectivamente.
	Calicata 2.	
	Arena bien graduada con limo y grava A-1-b (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (28%, 52% y 69%) respectivamente.
	Calicata 3.	
	Arena mal graduada con grava A-1-a (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (29%, 52% y 101%) respectivamente.
El Pescadito	Calicata 1.	
	Grava bien graduada con arena A-2-6 (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (23%, 28% y 35%) respectivamente.
	Calicata 2.	
	Grava con arena A-2-4 (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (25%, 28% y 36%) respectivamente.
	Calicata 3.	
	Arena gravosa A-2-7 (0)	LL = N/P, LP = N/P CBR al 90%, 95% y 100% de compactación Proctor modificado a 0.1" (24%, 26% y 37%) respectivamente.

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

4.2.1.3. Recomendaciones para el uso de los materiales

1) Usos para materiales de bancos

De conformidad con los resultados de los ensayos de laboratorio, se recomienda los siguientes usos para los materiales de los bancos de préstamo:

❖ Construcción de terraplenes

Banco Punta Gorda: El volumen explotable es considerable, se recomienda usar como relleno (A-2-7).

Banco Ojo de agua: El volumen explotable es considerable, se recomienda usar como relleno (A-4) y en construcción de terraplenes (A-2-4).

Banco El Pescadito: El volumen explotable es considerable, se recomienda usar como relleno (A-2-6, A-2-7), y en construcción de terraplenes (A-2-4).

❖ Subrasante mejorada

Para uso como Subrasante Mejorada se recomienda la combinación de material del banco de préstamo Sinecapa (60%) + El Pescadito (40%), con un requerimiento de compactación del 95% AASHTO T 99.

❖ Sub base natural

Para uso como Subbase Natural se recomienda la combinación de material del banco de préstamo Sinecapa (60%) + El Pescadito (40%), con un requerimiento de compactación del 100% AASHTO T 180.

❖ Base estabilizada con cemento

Para la fabricación de base estabilizada con cemento para las 3 alternativas de carpeta de rodadura, se recomienda el material del banco de Sinecapa.

Para alcanzar una resistencia de 30 kg/cm², se recomienda utilizar un 2.5 % de contenido de cemento, lo que equivale a 1.12 bolsas por metro cúbico de material compacto.

2) Usos para suelos de la línea

Dado que los materiales encontrados en la línea presentan una calidad de excelente a buena (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6), se recomienda su uso para la construcción de terraplenes. Se considera que aproximadamente el 90% de los volúmenes de corte, son materiales aprovechables.

4.2.1.4. Remoción de suelos

Los suelos arcillosos de tipo A-7-5, A-7-6 encontrados entre los estacionados que se muestran a continuación, se recomiendan sean removidos hasta las profundidades propuestas y reemplazados con roca o con material tipo A-1-a o A-1-b de banco. En cualquier sitio adicional, no considerado en el presente estudio, donde sean encontrados estos mismos materiales superficialmente, también deberán ser retirados hasta una profundidad mínima de un (1) metro.

Tabla 39

Sitios de sub excavación

Clasificación AASHTO M 145	Sondeo de referencia	Desde	Hasta	Longitud (m)	Profundidad (m)
A-7-5 (5)	1+000.00	0+975.00	1+025.00	50	1
A-7-6 (10)	3+700.00	3+675.00	3+725.00	50	1.5
A-7-6 (7)	11+850.00	11+825.00	11+875.00	50	1.5
A-7-6 (6)	12+700.00	12+675.00	12+725.00	50	1.5

4.2.2. Estudio hidrotécnico

El inventario de las obras de drenaje propuestas fue suministrado por la Dirección de Pre Inversión del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), como parte de los estudios técnicos realizados sobre la red vial NN – 226 del municipio de Altagracia.

4.2.2.1. Inventario de obras de drenaje propuestas

Con el objetivo de garantizar una evacuación eficiente de las aguas que atraviesan la vía, se proponen un total de 20 nuevas obras de drenaje transversal, 3 alcantarillas (TCR) con diámetros comprendidos entre las 36 y 48 pulgadas; y 17 cajas de concreto reforzado (CCR), 4 cajas simples, 8 cajas dobles y 5 cajas triples.

Tabla 40

Inventario de obras de drenaje propuestas camino Punta San Pedro – Mérida

ED	Estación	Dimensión Propuesta	Esviaje	Longitud ODT (m)	Elev. Centro	Elev. Entrada	Elev. Salida	Pendiente (%)
ODT-1	0+782.00	3 CCR 4 X 1.5	Normal	10	36.04	36.14	35.94	2
ODT-2	1+001.66	2 CCR 2.5 X 1	Normal	10	37.61	37.82	37.4	4.2
ODT-3	1+671.19	3 CCR 4 X 1	3°0'00" Der. Atrás	10.4	35.35	35.51	35.2	2.981
ODT-4	3+145.86	2 CCR 3.5 X 1	33°0'00" Izq. Adel.	13.71	33.67	33.74	33.6	1.021
ODT-5	4+617.91	2 CCR 4 X 1	Normal	8.4	43.11	43.22	43	2.619
ODT-6	4+931.03	2 CCR 3.5 X 1	Normal	8.4	41.67	41.76	41.58	2.143
ODT-7	6+396.82	3 CCR 4.5 X 1.5	Normal	24	34.75	34.84	34.5	1.417
ODT-8	6+936.72	2 CCR 2 X 1	38°0'00" Izq. Adel.	11.67	34.16	34.42	33.9	4.456
ODT-9	7+571.30	CCR 2 X 1	29°0'00" Izq. Adel.	9.57	33.95	34.1	33.8	3.135
ODT-10	8+204.35	3 CCR 3 X 1	Normal	12.2	35.1	35.2	35	1.639
ODT-11	8+880.00	TCR-48	Normal	17.56	33.44	33.63	33.23	2.472
ODT-12	9+028.98	2 CCR 4 X 1	Normal	12.4	33.75	34	33.5	4.032
ODT-13	9+652.09	2-TCR-42	Normal	19.97	33.14	33.27	33	1.352
ODT-14	10+033.03	CCR 1 X 1	Normal	12.4	34.68	34.87	34.5	2.984
ODT-15	10+409.11	2 CCR 3.5 X 1	Normal	12.4	33.87	34.04	33.7	2.742
ODT-16	10+610.00	3 CCR 3.5 X 1	Normal	12.4	34.63	34.76	34.5	2.097
ODT-17	11+075.00	CCR 1 X 1	5°0'00" Izq. Atrás.	12.4	33.32	33.45	33.2	2.016
ODT-18	11+488.45	2 CCR 2 X 1	Normal	12.8	34.68	34.86	34.5	2.813
ODT-19	12+173.46	TCR-36	25°0'00" Izq. Adel.	19.55	33.81	33.93	33.71	1.125
ODT-20	12+498.56	CCR 2 X 1	31°0'00" Izq. Adel.	14.8	44.4	44.6	44.2	2.703

Nota. Datos suministrados por la Dirección de Pre Inversión, MTI.

4.2.3. Diseño geométrico

En el desarrollo de esta sección se exponen los criterios y consideraciones adoptados para llevar a cabo el diseño geométrico del camino Punta San Pedro – Mérida, siguiendo las directrices de las normativas: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011) y la Guía de Diseño Geométrico de Carreteras (AASHTO, 2011).

4.2.3.1. Clasificación funcional de la vía

Según la clasificación funcional para las carreteras regionales establecidas en el Manual de Diseño Geométrico (SIECA, 2011) y en concordancia con la clasificación asignada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura al camino Punta San Pedro – Mérida, dado su TPDA, este se clasifica como una vía Colectora Menor Rural.

Tabla 41

Clasificación funcional de las carreteras regionales

Función	Clase de Carretera	Nomenclatura	TPDA	Número de Carriles
Arterial Principal	Autopista	AA	>20,000	6 – 8
	Arterial Rural	AR	10,000 – 20,000	4 – 6
	Arterial Urbana	AU	10,000 – 20,000	4 – 6
Arterial Menor	Arterial Menor Rural	AMR	3,000 – 10,000	2
	Arterial Menor Urbana	AMU	3,000 – 10,000	2
Colector Mayor	Colector Mayor Rural	CMR	10,000 – 20,000	4 – 6
	Colector Mayor Urbana	CMU	10,000 – 20,000	4 – 6
Colector Menor	Colector Menor Rural	CR	500 – 3,000	2
	Colector Menor Urbana	CU	500 – 3,000	2
Local	Local Rural	LR	100 – 500	2
	Local Urbano	LU	100 – 500	2
	Rural	R	<100	1 – 2

Nota. Adaptado de *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* (p. 33), por Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2011.

4.2.3.2. Velocidad de diseño

La Velocidad de diseño o Velocidad directriz, es la velocidad seleccionada para determinar las características geométricas de la carretera (SIECA, 2011, p. 55).

Dado que los proyectos previos de mejoramiento ejecutados sobre la red vial NN – 226 fueron diseñados para una Velocidad de 40 km/h, para mantener la coherencia en el diseño se optó por conservar esta misma velocidad. Cabe destacar que la velocidad de diseño seleccionada se encuentra dentro del rango de velocidades recomendado por SIECA (2011) para vías Colectoras (30 a 80 km/h).

Tabla 42

Velocidad de diseño

Clasificación Funcional	Velocidad (KPH)
Autopistas y Carreteras Arteriales Principales en Áreas Rurales	110
Carreteras Colectoras de Carriles Múltiples en Áreas Suburbanas y Rurales	80 – 100
Carreteras Colectoras	30 – 80
Carreteras Vecinales	20 – 60

Nota. Adaptado de Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (p. 56), por Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2011.

4.2.3.3. Vehículo de diseño

En el diseño de cualquier obra vial, el diseñador debe considerar el vehículo más grande que probablemente la utilice con mayor frecuencia (SIECA, 2011, p. 38).

Basado en los resultados del Estudio de Tráfico, donde se observa una afluencia significativa de vehículos de carga (4.06% del TPDA), superando a los vehículos de pasajeros (2.58% del TPDA), se decidió considerar como vehículo de diseño, al vehículo de carga de mayores dimensiones identificado en los conteos de tráfico, el cual corresponde a un C2, equivalente a un SU-9 según la Guía de Diseño Geométrico

(AASHTO, 2011). Las dimensiones y trayectoria mínima de giro para el SU-9 se muestran en el Anexo 10, Pág. 165.

4.2.3.4. Distancia de visibilidad de parada

Para una Velocidad de diseño de 40 km/h corresponde una distancia de visibilidad de parada de 50 m (SIECA, 2011, p. 77).

4.2.3.5. Elementos de la sección transversal

A continuación, se describen los principales elementos que integrarán la sección transversal de la vía Punta San Pedro - Mérida, y se definen sus dimensiones según el Manual de Diseño Geométrico (SIECA, 2011).

1) Número de carriles

Para una vía Colectora Menor Rural, SIECA (2011) recomienda la implementación 2 carriles, uno por sentido de circulación (ver Tabla 41, Pág. 75).

2) Ancho de carril

Dado que los proyectos previos de mejoramiento sobre la red vial NN – 226 fueron ejecutados con un ancho de carril de 3 m, para mantener la coherencia en el diseño, se optó por conservar el mismo carril, siendo el ancho recomendado por SIECA (2011) para carreteras de baja velocidad.

3) Ancho de hombros

Tomando en consideración que los proyectos previos de mejoramiento en la NN – 226 fueron ejecutados considerando un ancho de hombro de 0.80 m, para mantener la coherencia en el diseño, se optó por conservar este mismo hombro.

4) Bombeo normal de la calzada

En favor de garantizar un drenaje adecuado, se adoptó un bombeo para la calzada de 3%. Se considera que este bombeo facilitará una rápida evacuación del agua superficial, brindando una mayor protección a la estructura de pavimento y subrasante.

5) Cuneta triangular

Se utilizará una cuneta triangular típica para zonas rurales. Esta contará con un ancho de 1.50 m, construida en concreto simple de 210 kg/cm^2 con un espesor de 10 cm.

4.2.3.6. Derecho de vía

El camino existente cuenta con un ancho de derecho de vía de 20 metros, aunque en las zonas más pobladas llega a reducirse hasta los 12 metros.

Dadas las características del camino Punta San Pedro – Mérida, y su trato como una vía Colectora Menor, se recomienda implementar un derecho de vía de 20 metros, 10 metros a cada lado del eje central. Esto de conformidad con lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico (SIECA, 2011), el cual recomienda disponer de un derecho de vía de entre 20 - 30 metros para vías colectoras (p. 130).

4.2.3.7. Alineamiento horizontal

A continuación, se describen los controles horizontales adoptados para el tramo Punta San Pedro – Mérida.

1) Factor de fricción lateral máximo ($f_{\text{máx}}$)

Para una Velocidad de diseño de 40 km/h, el Factor de fricción lateral correspondiente es $f_{\text{máx}} = 0.23$ (SIECA, 2011, p. 89).

2) Peralte máximo ($e_{\text{máx}}$)

En relación a la selección del Peralte máximo, SIECA (2011) indica que, “Generalmente 0.08 es conocido como el valor máximo razonable” (p. 83). Teniendo en cuenta esta recomendación, se adoptó un $e_{\text{máx}} = 8\%$.

3) Radio mínimo

SIECA (2011), define el radio mínimo como “el un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral” (p. 87). Este se determina por medio de la ecuación:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + f_{\max})}$$

Ec-5. Tomada de (SIECA, 2011)

Donde:

R_{mín}: Radio mínimo de curva, m.

e_{máx}: Tasa de sobreelevación máxima, en fracción decimal.

f_{máx}: Factor de fricción lateral.

V: Velocidad de diseño, en km/h.

Para V = 40 km/h, e_{máx} = 0.08, y f_{máx} = 0.23, se obtuvo un Radio Mínimo R_{mín} = 41 m.

4) Trazado planimétrico tramo Punta San Pedro – Mérida

El trazado planimétrico del eje central del tramo Punta San Pedro – Mérida fue realizado con la ayuda del programa de diseño vial AutoCAD CIVIL 3D. El diseño consta de 54 curvas, siendo todas ellas curvas circulares simples.

La sinuosidad moderada del camino existente facilitó en gran medida un trazado con curvas lo suficientemente amplias que garanticen un manejo cómodo y seguro por parte de los usuarios, siendo el menor de los radios implementados R = 80 m, valor que supera ampliamente el radio mínimo establecido para el camino, R_{mín} = 41 m. La adopción de radios de curvatura amplios, permitirá en un futuro incrementar la categoría de velocidad de la vía hasta los 50 km/h.

El trazado propuesto logra que el nuevo eje de diseño se adapte de manera casi perfecta al eje del camino existente, a la vez que mejora la geometría y armonía entre curvas y tangentes, esto sin crear afectaciones significativas a la propiedad privada.

A continuación, se presentan los parámetros de las curvas horizontales que conforman el trazado planimétrico del tramo Punta San Pedro – Mérida, extraídos de AutoCAD CIVIL 3D.

Tabla 43*Reporte de curvas horizontales C3D tramo Punta San Pedro – Mérida*

No.	Radius	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Mid-Ordinate	External Tangent	PI Station
1	430.000m	0+038.74m	0+114.64m	10.1129 (d)	75.798m	1.673	38.047m	0+076.79m
2	210.000m	0+145.98m	0+226.29m	21.9111 (d)	79.820m	3.827	40.651m	0+186.63m
3	113.000m	0+258.63m	0+432.15m	87.9800 (d)	156.964m	31.701	109.085m	0+367.72m
4	113.000m	0+516.15m	0+546.97m	15.6275 (d)	30.725m	1.049	15.507m	0+531.66m
5	113.000m	0+563.69m	0+679.09m	58.5126 (d)	110.450m	14.414	63.299m	0+626.99m
6	200.000m	0+831.66m	0+932.63m	28.9253 (d)	99.899m	6.338	51.584m	0+883.25m
7	700.000m	0+973.77m	1+077.85m	8.5188 (d)	103.981m	1.933	52.135m	1+025.90m
8	80.000m	1+141.85m	1+223.06m	58.1678 (d)	77.774m	10.087	44.498m	1+186.34m
9	80.000m	1+243.47m	1+304.19m	43.4933 (d)	59.280m	5.693	31.911m	1+275.38m
10	190.000m	1+491.28m	1+554.30m	19.0038 (d)	62.731m	2.607	31.802m	1+523.08m
11	190.000m	1+606.40m	1+663.96m	17.3577 (d)	57.341m	2.176	29.002m	1+635.40m
12	960.000m	1+941.83m	2+129.28m	11.1882 (d)	187.162m	4.572	94.029m	2+035.85m
13	860.000m	2+375.40m	2+560.45m	12.3287 (d)	184.695m	4.973	92.885m	2+468.29m
14	285.000m	2+637.81m	2+817.07m	36.0372 (d)	176.316m	13.978	92.704m	2+730.51m
15	360.000m	3+008.60m	3+240.89m	36.9695 (d)	228.277m	18.573	120.348m	3+128.95m
16	113.000m	3+321.96m	3+391.58m	35.2989 (d)	68.522m	5.319	35.953m	3+357.91m
17	150.000m	3+400.40m	3+473.22m	27.8169 (d)	72.111m	4.398	37.145m	3+437.54m
18	125.000m	3+551.40m	3+698.22m	67.2999 (d)	138.529m	20.945	83.207m	3+634.60m
19	113.000m	3+723.04m	3+856.57m	67.7093 (d)	125.902m	19.159	75.803m	3+798.84m
20	350.000m	3+869.58m	3+941.26m	11.7341 (d)	71.554m	1.833	35.966m	3+905.55m
21	113.000m	4+186.31m	4+285.56m	50.3262 (d)	96.094m	10.724	53.085m	4+239.39m
22	540.000m	4+682.10m	4+761.68m	8.4438 (d)	79.509m	1.465	39.863m	4+721.96m
23	1850.000m	4+885.00m	5+029.48m	4.4747 (d)	144.445m	1.41	72.277m	4+957.27m
24	113.000m	5+214.80m	5+269.29m	27.6317 (d)	53.969m	3.269	27.789m	5+242.59m
25	1700.000m	5+410.14m	5+545.92m	4.5762 (d)	135.742m	1.355	67.925m	5+478.07m
26	620.000m	5+780.84m	5+885.35m	9.6580 (d)	104.386m	2.201	52.379m	5+833.22m
27	125.000m	5+952.49m	6+055.67m	47.2961 (d)	100.279m	10.497	54.736m	6+007.23m
28	220.000m	6+194.62m	6+304.85m	28.7080 (d)	109.081m	6.868	56.298m	6+250.92m
29	620.000m	6+581.37m	6+667.08m	7.9210 (d)	85.645m	1.481	42.925m	6+624.29m
30	480.000m	6+853.46m	6+964.11m	13.2089 (d)	110.414m	3.185	55.576m	6+909.03m
31	350.000m	7+038.56m	7+161.04m	20.0512 (d)	121.862m	5.344	61.876m	7+100.43m
32	300.000m	7+469.53m	7+730.70m	49.8799 (d)	253.001m	27.975	139.510m	7+609.04m
33	220.000m	7+885.82m	7+986.09m	26.1135 (d)	99.403m	5.688	51.021m	7+936.84m
34	200.000m	8+287.17m	8+386.66m	28.5015 (d)	98.466m	6.154	50.796m	8+337.97m
35	780.000m	8+542.94m	8+630.65m	6.4429 (d)	87.664m	1.233	43.901m	8+586.84m
36	430.000m	8+759.44m	8+839.92m	10.7229 (d)	80.357m	1.881	40.355m	8+799.80m
37	200.000m	8+909.52m	8+974.38m	18.5825 (d)	64.581m	2.624	32.720m	8+942.24m
38	190.000m	9+067.52m	9+198.34m	39.4483 (d)	128.247m	11.148	68.120m	9+135.64m
39	340.000m	9+298.16m	9+374.06m	12.7910 (d)	75.746m	2.116	38.110m	9+336.27m
40	150.000m	9+380.61m	9+479.97m	37.9509 (d)	97.549m	8.151	51.577m	9+432.19m
41	2100.000m	9+548.92m	9+783.76m	6.4072 (d)	234.713m	3.282	117.540m	9+666.46m
42	360.000m	9+816.69m	10+009.60m	30.7022 (d)	190.608m	12.844	98.830m	9+915.52m
43	300.000m	10+143.47m	10+198.93m	10.5909 (d)	55.375m	1.28	27.806m	10+171.28m
44	210.000m	10+253.66m	10+340.94m	23.8128 (d)	86.652m	4.518	44.278m	10+297.94m
45	170.000m	10+718.72m	10+837.96m	40.1872 (d)	116.809m	10.347	62.190m	10+780.91m

Reporte de curvas horizontales C3D tramo Punta San Pedro – Mérida (continuación)

No.	Radius	Start Station	End Station	Delta angle	Chord length	Mid-Ordinate	External Tangent	PI Station
46	113.000m	10+924.86m	11+043.66m	60.2356 (d)	113.402m	15.256	65.551m	10+990.42m
47	113.000m	11+108.44m	11+140.98m	16.5007 (d)	32.431m	1.169	16.385m	11+124.83m
48	170.000m	11+395.36m	11+538.26m	48.1632 (d)	138.733m	14.796	75.979m	11+471.33m
49	113.000m	11+550.87m	11+630.62m	40.4337 (d)	78.100m	6.962	41.614m	11+592.49m
50	540.000m	11+866.53m	12+029.29m	17.2693 (d)	162.144m	6.12	82.001m	11+948.53m
51	190.000m	12+042.02m	12+091.15m	14.8145 (d)	48.990m	1.586	24.701m	12+066.72m
52	240.000m	12+411.82m	12+479.48m	16.1525 (d)	67.436m	2.38	34.056m	12+445.88m
53	113.000m	12+564.30m	12+705.66m	71.6721 (d)	132.316m	21.391	81.606m	12+645.91m
54	113.000m	12+815.22m	12+904.50m	45.2724 (d)	86.983m	8.705	47.121m	12+862.34m

Nota. Base de datos extraída de AutoCAD CIVIL 3D.

4.2.3.8. Alineamiento vertical

A continuación, se describen los controles verticales adoptados para el tramo Punta San Pedro – Mérida.

1) Clasificación del terreno según las pendientes naturales

Dado que el camino Punta San Pedro – Mérida presenta pendientes longitudinales que varían entre 0.2% a 13%, el terreno se clasifica como Ondulado, de acuerdo a los criterios establecidos en el Manual de Diseño Geométrico (SIECA, 2011, p. 116).

2) Pendiente longitudinal mínima

El Manual de Diseño Geométrico SIECA (2011) recomienda utilizar una pendiente longitudinal mínima de 0.50% para asegurar el drenaje de las aguas superficiales.

3) Pendiente longitudinal máxima

Considerando que el camino presenta un terreno de tipo Ondulado o Lomerío, y para una Velocidad de diseño de 40 km/h, la pendiente máxima correspondiente es del 10%, esto según las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico (SIECA, 2011) para vías Colectoras Rurales.

Tabla 44

Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales

Tipo de Terreno	Máxima Pendiente (%) para la velocidad de Diseño Especificada, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	7	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	10	10	9	8	8	7	7	6
Montañoso	12	11	10	10	10	9	9	8

Nota. Adaptado de *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* (p. 119), por Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2011.

4) Longitud crítica de pendiente de diseño

Dado que no existe un valor sugerido específicamente para una pendiente máxima del 10%, se tomó como referencia la longitud crítica de 230 m, establecida para pendientes del 9% (SIECA, 2011, p. 121).

5) Curvas verticales

En función de la dirección de su concavidad, existen curvas verticales en crestas (concavidad hacia abajo) y en columpio (concavidad hacia arriba).

❖ Curvas verticales en cresta o convexas

SIECA (2011) expresa los controles de diseño de las curvas verticales en cresta en términos de la constante “K” (Tasa de curvatura vertical). Para una Velocidad de diseño de 40 km/h, corresponde una K = 4 (SIECA, 2011, p. 125).

❖ Curvas verticales en columpio o cóncavas

De manera similar al caso de las curvas en cresta, SIECA (211) expresa los controles de diseño de las curvas verticales en columpio en términos de “K”. Para una Velocidad de diseño de 40 km/h, corresponde una K = 9 (SIECA, 2011, p. 127).

6) Trazado altimétrico tramo Punta San Pedro – Mérida

Dadas las condiciones particulares del camino Punta San Pedro – Mérida, donde predominan superficialmente suelos de calidades excelente a bueno (A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6), la rasante de diseño se proyectó con el objetivo principal de maximizar el aprovechamiento del material existente (rasante compensada).

El trazado altimétrico fue realizado con la ayuda del programa de diseño vial AutoCAD CIVIL 3D. El diseño se compone de 41 curvas verticales, 17 curvas verticales en cresta y 24 curvas en columpio.

Las pendientes de las tangentes verticales oscilan entre 0.5 – 9.95%, lo que asegura el cumplimiento de las pendientes, mínima (0.5%) y máxima (10%) definidas para la vía. Con la salvedad de algunos tramos en relleno en donde fue necesario el implementar pendientes inferiores al 0.5% para adaptarse a la morfología del terreno.

Las curvas verticales en cresta presentan longitudes que varían entre 80 m y 250 m, mientras que las curvas en columpio varían entre 80 m y 200 m de longitud. Este criterio combinado con unas pendientes moderadas, permite una transición suave entre tangentes y curvas, dando como resultado tasas de curvatura “K” que cumplen con los mínimos definido para la vía.

Los valores de “K” para curvas en cresta oscilan entre 12 – 212, valores que cumplen con la tasa mínima $K = 4$. En el caso de las curvas en columpio, los valores de “K” oscilan entre 10 – 140, lo que cumple con la tasa mínima $K = 9$.

A continuación, se presentan los parámetros de las curvas verticales que conforman el trazado altimétrico del tramo Punta San Pedro – Mérida, extraídos de AutoCAD CIVIL 3D.

Tabla 45*Reporte de curvas verticales C3D tramo Punta San Pedro – Mérida*

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value	Min. K Stopping Sight	Min. K Headlight Sight
	0+000.00m	58.242m		-1.75%					
1	0+308.77m	52.827m	-1.75%	-0.50%	Sag	80.000m	63.759		9
2	0+488.27m	51.932m	-0.50%	-9.90%	Crest	120.000m	12.759	4	
3	0+623.10m	38.578m	-9.90%	-0.65%	Sag	100.000m	10.802		9
4	0+782.64m	37.546m	-0.65%	3.24%	Sag	100.000m	25.714		9
5	0+921.52m	42.048m	3.24%	-3.71%	Crest	120.000m	17.262	4	
6	1+124.38m	34.522m	-3.71%	1.10%	Sag	150.000m	31.213		9
7	1+315.84m	36.620m	1.10%	5.14%	Sag	80.000m	19.786		9
8	1+437.97m	42.897m	5.14%	-3.58%	Crest	120.000m	13.769	4	
9	1+607.70m	36.827m	-3.58%	-0.11%	Sag	80.000m	23.108		9
10	3+213.28m	34.997m	-0.11%	7.85%	Sag	150.000m	18.826		9
11	3+576.08m	63.490m	7.85%	-6.41%	Crest	200.000m	14.021	4	
12	3+778.91m	50.488m	-6.41%	-0.55%	Sag	100.000m	17.062		9
13	3+900.34m	49.821m	-0.55%	-5.53%	Crest	80.000m	16.062	4	
14	4+112.41m	38.093m	-5.53%	0.51%	Sag	150.000m	24.818		9
15	4+300.74m	39.062m	0.51%	4.19%	Sag	120.000m	32.649		9
16	4+463.94m	45.899m	4.19%	-0.53%	Crest	120.000m	25.409	4	
17	4+617.80m	45.078m	-0.53%	-4.67%	Crest	80.000m	19.317	4	
18	4+740.22m	39.355m	-4.67%	1.64%	Sag	120.000m	18.995		9
19	4+942.07m	42.671m	1.64%	9.95%	Sag	180.000m	21.666		9
20	5+332.94m	81.565m	9.95%	-9.95%	Crest	250.000m	12.56	4	
21	5+612.12m	53.775m	-9.95%	-1.20%	Sag	180.000m	20.551		9
22	5+829.85m	51.171m	-1.20%	-6.65%	Crest	100.000m	18.339	4	
23	6+035.69m	37.486m	-6.65%	-0.15%	Sag	150.000m	23.085		9
24	7+587.50m	35.141m	-0.15%	1.36%	Sag	100.000m	66.031		9
25	7+938.64m	39.929m	1.36%	-1.26%	Crest	180.000m	68.559	4	
26	8+361.83m	34.588m	-1.26%	0.21%	Sag	150.000m	101.655		9
27	8+880.00m	35.694m	0.21%	-0.35%	Crest	120.000m	212.394	4	
28	9+160.84m	34.707m	-0.35%	1.88%	Sag	100.000m	44.759		9
29	9+308.95m	37.495m	1.88%	-0.87%	Crest	120.000m	43.622	4	
30	9+652.09m	34.516m	-0.87%	0.37%	Sag	80.000m	64.581		9
31	10+033.83m	35.930m	0.37%	-0.18%	Crest	100.000m	182.32	4	
32	10+404.65m	35.270m	-0.18%	0.39%	Sag	80.000m	140.052		9
33	10+611.03m	36.082m	0.39%	-0.32%	Crest	100.000m	139.468	4	
34	11+074.80m	34.580m	-0.32%	0.33%	Sag	80.000m	122.85		9
35	11+555.37m	36.153m	0.33%	9.82%	Sag	180.000m	18.963		9
36	11+742.87m	54.565m	9.82%	1.30%	Crest	130.000m	15.252	4	
37	11+901.33m	56.619m	1.30%	-8.61%	Crest	150.000m	15.141	4	
38	12+153.85m	34.874m	-8.61%	2.80%	Sag	120.000m	10.517		9
39	12+266.77m	38.035m	2.80%	8.75%	Sag	80.000m	13.451		9
40	12+400.15m	49.701m	8.75%	-4.01%	Crest	150.000m	11.757	4	
41	12+768.55m	34.920m	-4.01%	-0.50%	Sag	200.000m	57.025		9
	13+000.00m	33.751m	-0.50%						

Nota. Base de datos extraída de AutoCAD CIVIL 3D.

4.2.3.9. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de volúmenes de movimiento de tierras del camino Punta San Pedro – Mérida, extraídos de AutoCAD CIVIL 3D:

Tabla 46

Volúmenes de movimiento de tierras camino Punta San Pedro – Mérida

Descripción	Volumen de Corte (m ³)	Volumen de Relleno (m ³)	Volumen Neto (m ³)
Punta San Pedro – Mérida	80,087.99	83,336.67	-3,248.68

Al trazar una rasante compensada, se optimiza al máximo el uso del material existente, reduciendo la necesidad de emplear materiales de banco en la construcción de terraplenes, lo que contribuye a la eficiencia económica del proyecto.

4.2.3.10. Normas de diseño geométrico camino Punta San Pedro – Mérida

A continuación, se presenta el consolidado de los elementos y parámetros técnicos que gobernarán el trazado geométrico del camino Punta San Pedro – Mérida, definidos a partir de las normas de referencia regionales e internacionales: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011) y la Guía de Diseño Geométrico de Carreteras (AASHTO, 2011).

Tabla 47

Normas de diseño geométrico camino Punta San Pedro – Mérida

ITEM	DESCRIPCIÓN / PARÁMETRO	ABREVIATURA	U/M	VALOR DE DISEÑO
1	Clasificación funcional	CF	SIECA	Colectora Menor Rural
2	Área/franja del derecho de vía	ADV	m	20
3	Velocidad de diseño	V _D	KPH	40
4	Velocidad de ruedo	V _R	KPH	40
5	Sobreelevación máxima (peralte)	e _{max}	%	8.00
6	Coeficiente de fricción lateral	f _l	S/U	0.23
7	Radio de curvatura mínimo	R _{CM}	m	41.00

Normas de diseño geométrico camino Punta San Pedro – Mérida (continuación)

ITEM	DESCRIPCIÓN / PARÁMETRO	ABREVIATURA	U/M	VALOR DE DISEÑO
8	Radio de curva máximo para la implementación de curvas espirales de transición	$R_{\max-CE} =$	m	95.00
9	Grado de curvatura máximo	G_C	G°M'S"	27°57'
10	Vehículo de diseño	VEH.	AASHTO	SU-9
11	Número de carriles de rodamiento	NC	UNID.	2.00
12	Ancho carril de rodamiento	A_{CR}	m	3.00
13	Ancho total de rodamiento	A_{TR}	m	6.00
14	Ancho de hombros externos	A_{HE}	m	0.80
15	Ancho de corona	AC	m	7.60
16	Ancho al eje de fondo de cuneta lateral paralela	ACL	m	1.50
17	Ancho del vehículo de diseño de proyecto	AVD	m	2.44
18	Distancia entre parte frontal y eje trasero (l)	LE_xE_y	m	WB= 6.10
19	Sobrecorrimiento mínimo en curvas horizontales	$SA_{\min}$	m	0.60
20	Pendiente transversal (bombeo)	B	%	3.00
21	Pendiente del hombro	$P_{HM\%}$	%	3.00
22	Pendiente relativa sectores rurales	MR_1	%	0.70
23	Pendiente longitudinal máxima V_D	$PL_{\max\%VD}$	%	10.00 % Sostenida en 230 m
24	Pendiente longitudinal mínima	$PL_{\min\%}$	%	0.50
25	Distancia de visibilidad de parada (min)	DV_P	m	50.00
26	Distancia de visibilidad de rebase	DV_R	m	270.00
27	Distancia entre curva horizontal mismo sentido	D/CH_1	m	50
28	Distancia entre curva horizontal sentido opuesto	D/CH_2	m	50
29	Longitud mínima de curva vertical	$LCV_{\min}$	m	80.00
30	Superficie-carpeta de rodamiento	SC_{ROD}	TIPO.	Pavimentado
31	Valor de "k" para el control del diseño de curvas vertical en cresta	K_{40}	S/U	4
32	Valor de "k" para el control del diseño de curvas vertical en columpio	K_{40}	S/U	9
33	Talud de relleno	TR	S/U	Relleno>1.20 1.5H:1V 0.60<Rno<1.20 2H:1V Relleno<0.60 3H:1V
34	Talud de corte	TC	S/U	1H:1V

4.2.4. Estructura de pavimento

En el desarrollo de esta sección se exponen los aspectos esenciales considerados en el diseño de la estructura de pavimento de las 3 alternativas de carpeta de rodadura analizadas. El diseño se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento (AASHTO, 1993) y las recomendaciones del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA, 2002).

❖ Metodología AASHTO (1993) Pavimentos flexibles

La Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento (AASHTO, 1993), fundamenta el dimensionamiento de espesores de la estructura de pavimentos flexibles en la determinación del denominado Número Estructural “SN”. Siendo este un valor abstracto que expresa la resistencia estructural de todo el pavimento y su capacidad para soportar las cargas previstas (AASHTO, 1993, p.22).

A continuación, se presenta la ecuación general que describe el método de diseño (AASHTO, 1993) para pavimentos flexibles:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

Ec-6. Tomada de (AASHTO,1993)

Donde:

SN: Número Estructural, indicador de la capacidad estructural requerida, en plg.

W₁₈: Número de repeticiones de cargas de 18 kips (80kN) en el periodo de diseño.

Z_R: Desviación Normal Estándar.

S₀: Error Estándar Combinado de la predicción de las variables de tránsito y la predicción del comportamiento esperado del pavimento.

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad.

M_R: Módulo Resiliente de la subrasante (psi).

La relaciona entre el Número Estructural (SN) y los espesores de las capas que conforman la estructura de pavimento se describe mediante la expresión:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

Ec-7. Tomada de (AASHTO,1993)

Donde:

a1, a2, a3: Son los coeficientes estructurales de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.

m 2, m3: Son los coeficientes de drenaje para base y subbase.

D1, D2, D3: Son los espesores de capa para la superficie de rodadura, base y subbase; en pulgadas.

El procedimiento de diseño consiste básicamente en proponer un paquete estructural que alcance un SN mayor al SN requerido determinado con la ecuación general.

❖ Metodología AASHTO (1993) Pavimentos rígidos

A continuación, se presenta la ecuación general que describe el método de diseño (AASHTO, 1993) para pavimentos rígidos:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log_{10} \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Ec-8. Tomada de (AASHTO,1993)

Donde:

W₁₈: Número de repeticiones de cargas de 18 kips (80kN) en el periodo de diseño.

Z_R: Desviación Normal Estándar.

S₀: Error Estándar Combinado.

D: Espesor de la losa de concreto (plg).

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad.

P_t: Índice de Serviciabilidad Final.

S'_c: Módulo de rotura del concreto – Resistencia a flexo tracción (psi).

C_d: Coeficiente de drenaje.

J: Coeficiente de transferencia de carga.

E_c: Módulo de elasticidad del concreto (psi).

k: Módulo de reacción combinado (psi/plg).

A diferencia de los pavimentos flexibles, la ecuación para pavimentos rígidos permite determinar de manera directa el espesor de losa de concreto requerido.

4.2.4.1. Pavimento de mezcla asfáltica

1) Variables de diseño

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los valores considerados para las variables de diseño del método AASHTO (1993) para la alternativa de pavimento de mezcla asfáltica.

Tabla 48

Resumen de variables de diseño pavimento de mezcla asfáltica

VARIABLE	VALOR
ESAL de Diseño (ESAL / W18)	2.7×10^5
Confiabilidad (R)	85%
Desviación estándar (So)	0.45
CBR de Diseño (CBR)	13
Módulo resiliente (M_R)	15,890 psi
Serviciabilidad inicial (P_o)	4.20
Serviciabilidad final (P_t)	2.00
Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	2.20
Coeficiente de capa asfalto (a_1)	0.43
Coeficiente de capa base estabilizada (a_2)	0.157
Coeficiente de capa sub base (a_3)	0.13
Coeficiente de drenaje base estabilizada (m_2)	1
Coeficiente de drenaje sub base (m_3)	1

2) Número estructural $SN_{\text{requerido}}$

Resolviendo la ecuación general de la metodología de diseño AASHTO (1993) para pavimentos flexibles, Ec-6, se obtiene el Número Estructural $SN_{\text{requerido}} = 1.99$, necesario para proteger la subrasante del camino en estudio (ver resultado del cálculo de $SN_{\text{requerido}}$ con el software Ecuación AASHTO 93 en Anexo 11, Pág. 166).

3) Estructura de pavimento de mezcla asfáltica propuesta

En virtud del cumplimiento del $SN_{\text{requerido}}$ se propone la siguiente estructura de pavimento de mezcla asfáltica:

Tabla 49*Estructura de pavimento de mezcla asfáltica propuesta*

Capa	ai	mi	Espesor (plg)	Espesor (cm)	SN
Asfalto	0.43	-	2	5.00	0.85
Base Estabilizada	0.157	1.00	6	15.00	0.93
Subbase Natural	0.13	1.00	6	15.00	0.77
SN propuesto					2.54
SN requerido					1.99

Dado que el paquete estructural propuesto alcanza un $SN = 2.54$, mayor al $SN_{requerido} = 1.99$, se considera que la estructura de pavimento es adecuada, esto según las condiciones de tráfico estimadas, y bajo los criterios de Serviciabilidad y Confiabilidad considerados.

La estructura de pavimento propuesta consta de una rodadura de Mezcla asfáltica en caliente de 5 cm de espesor, una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm, y una Sub base de material natural de 15 cm.

Figura 11*Esquema de la estructura de pavimento de mezcla asfáltica*

Carpeta asfáltica de 5 cm

Base estabilizada de 15 cm

Subbase de 15 cm

Subrasante

4.2.4.2. Pavimento de adoquines

1) Variables de diseño

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los valores considerados para las distintas variables de diseño de la metodología AASHTO (1993) para la alternativa de pavimento de adoquines.

Tabla 50

Resumen de variables de diseño pavimento de adoquines

VARIABLE	VALOR
ESAL de Diseño (ESAL / W18)	2.52×10^5
Confiabilidad (R)	85%
Desviación estándar (So)	0.45
CBR de Diseño (CBR)	13
Módulo resiliente (M_R)	15,890 psi
Serviciabilidad inicial (P_o)	4.20
Serviciabilidad final (P_t)	2.00
Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	2.20
Coeficiente de capa asfalto (a_1)	0.45
Coeficiente de capa base estabilizada (a_2)	0.157
Coeficiente de drenaje base estabilizada (m_2)	1

2) Número estructural $SN_{requerido}$

Resolviendo la ecuación la Ec-6, se obtiene un Número Estructural $SN_{requerido} = 1.97$, necesario para proteger la subrasante del camino en estudio (ver resultado del cálculo de SN requerido con el software Ecuación AASHTO 93 en Anexo 12, Pág. 166).

3) Estructura de pavimento de adoquines propuesta

En virtud del cumplimiento del SN requerido, se propone la siguiente estructura de pavimento de adoquines:

Tabla 51

Estructura de pavimento de adoquines propuesta

Capa	a_i	m_i	Espesor (plg)	Espesor (cm)	SN
Adoquín	0.45	-	4	10.00	1.77
Base Estabilizada	0.157	1.00	6	15.00	0.93
$SN_{propuesto}$					2.70
$SN_{requerido}$					1.97

Dado que el paquete estructural propuesto alcanza un $SN = 2.70$, mayor al $SN_{requerido} = 1.97$, se considera que la estructura de pavimento es adecuada. La estructura de

pavimento propuesta consta de una rodadura de Adoquines tipo tráfico, una cama de Arena de 5 cm y una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm.

Figura 12

Esquema de la estructura de pavimento de adoquines



Adoquín tipo tráfico de 10 cm

Cama de arena de 5 cm

Base estabilizada de 15 cm

Subrasante

4.2.4.3. Pavimento de concreto hidráulico

1) Variables de diseño

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los valores considerados para las variables de diseño del método AASHTO (1993) para la alternativa de pavimento de concreto hidráulico.

Tabla 52

Resumen de variables de diseño pavimento de concreto hidráulico

VARIABLE	VALOR
ESAL de Diseño (ESAL / W18)	2.53×10^5
Confiabilidad (R)	85%
Desviación estándar (So)	0.39
CBR de Diseño (CBR)	13
Módulo resiliente (M_R)	15,890 psi
Serviciabilidad inicial (P_o)	4.50
Serviciabilidad final (P_t)	2.00
Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	2.50
Coeficiente de drenaje (C_d)	1
Módulo de elasticidad del concreto (E_c)	4.4×10^6 psi
Módulo de rotura del concreto ($S'c$)	650 psi
Módulo de reacción combinado (k)	600 pci
Coeficiente de transferencia de carga (J)	2.7

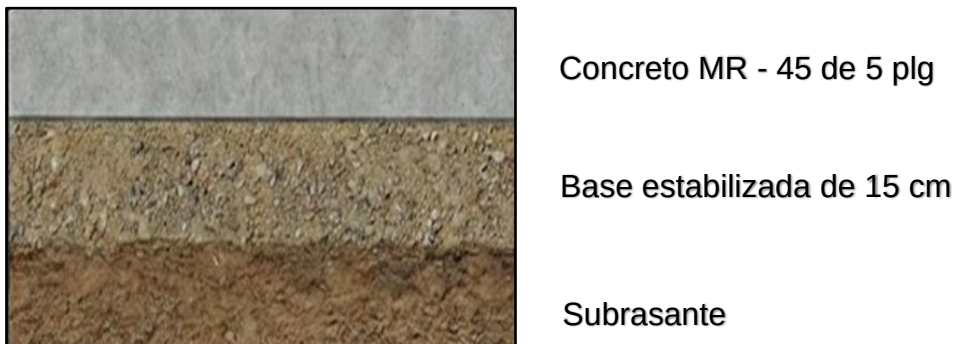
2) Estructura de pavimento de concreto hidráulico propuesta

Debido al bajo volumen de tráfico que circula por el camino Punta San Pedro – Mérida, el cual se ve reflejado en el reducido número de Ejes Equivalentes (2.53×10^5), la solución de la ecuación general de la metodología AASHTO (1993) para pavimentos rígidos, Ec-8, da como resultado una losa de concreto de apenas 2.6 pulgadas de espesor (ver resultado del cálculo del espesor de losa con el software Ecuación AASHTO 93 en Anexo 13, Pág. 167). No obstante, dado que el espesor mínimo establecido para carreteras es de 5 pulgadas, se optó por utilizar un espesor de losa de 5 pulgadas.

Por lo tanto, se propone una estructura de pavimento compuesta por una losa de Concreto Hidráulico MR-45 de 5 pulgadas de espesor, sobre una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm.

Figura 13

Esquema de la estructura de pavimento de concreto hidráulico



4.2.5. Propuestas técnicas

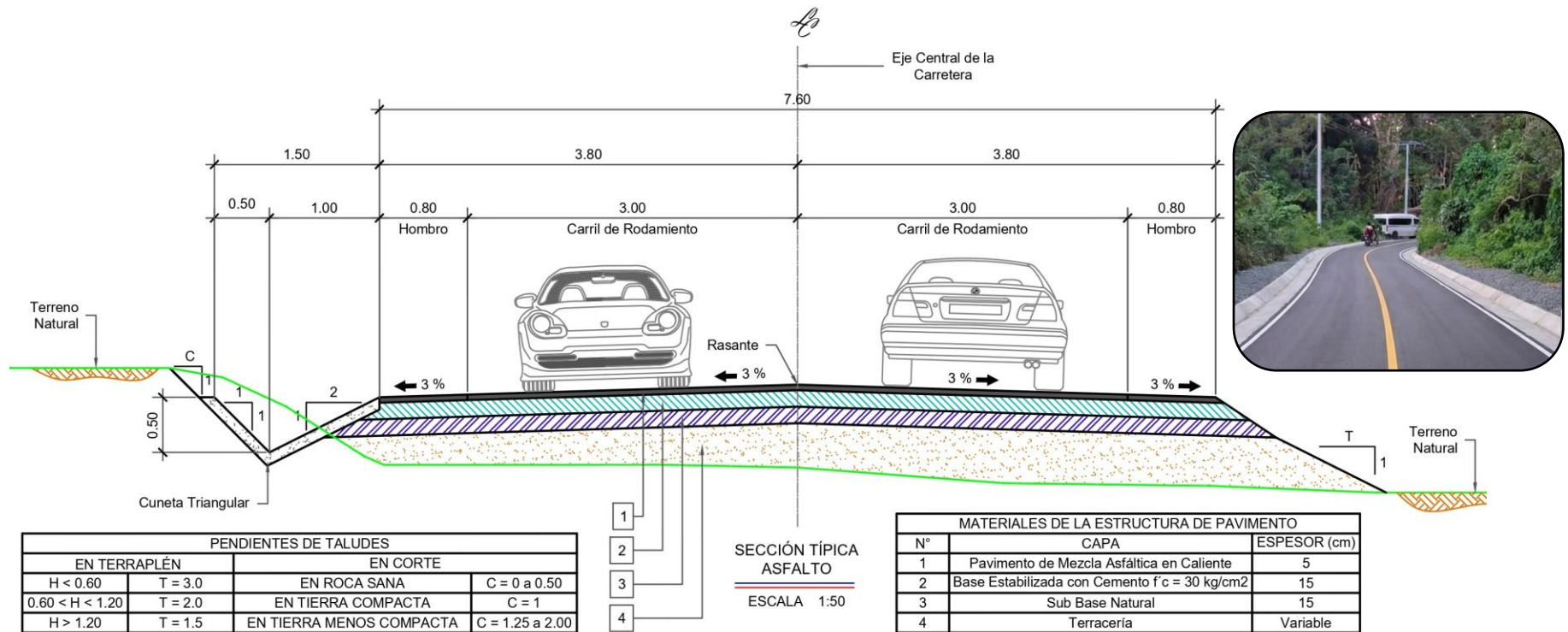
Como resultado de los análisis llevados a cabo en los distintos estudios técnicos, a continuación, se presentan las tres (3) alternativas técnicas de proyecto para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida que serán sometidas a evaluación económica. En los esquemas se representa la sección típica transversal con sus componentes y dimensiones.

Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica en caliente

Consiste en una carpeta de rodadura de Mezcla asfáltica en caliente de 5 cm de espesor, apoyada sobre una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm y una Sub base de material natural de 15 cm de espesor.

Figura 14

Sección típica pavimento de mezcla asfáltica en caliente

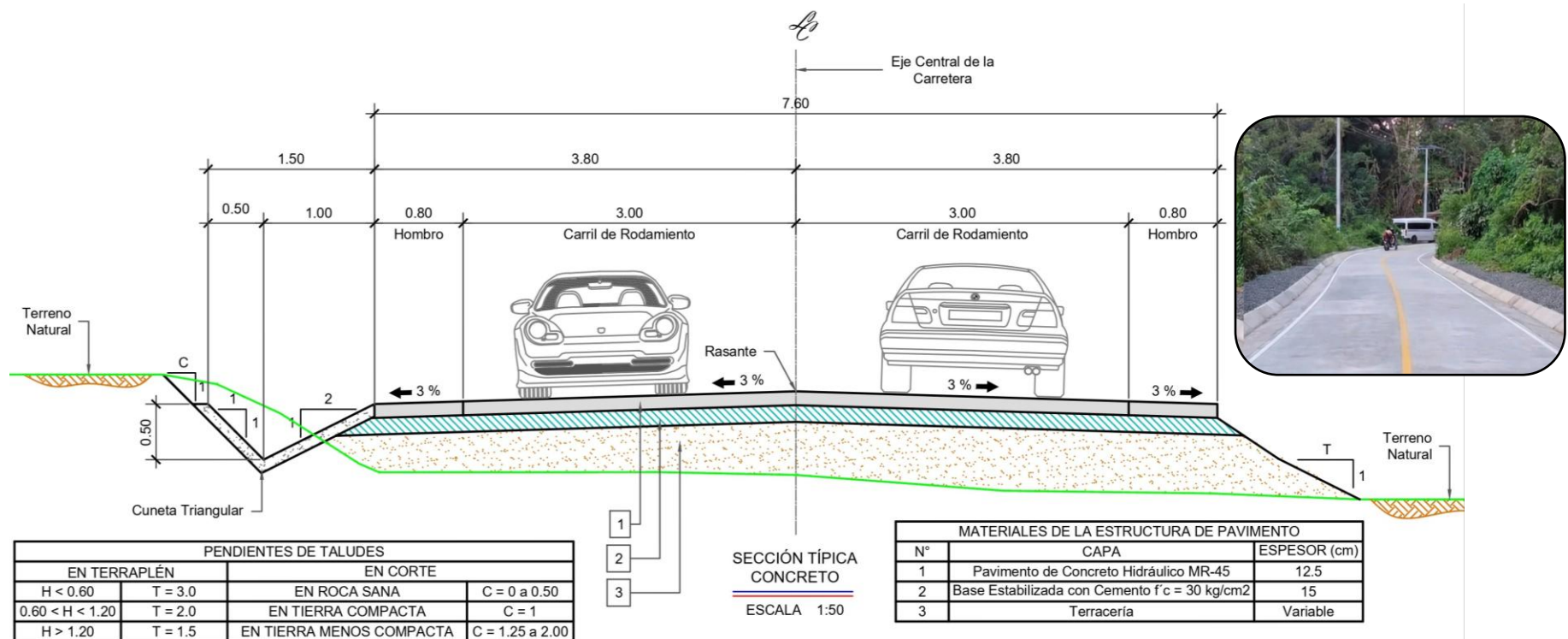


Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico

Consiste en una carpeta de rodadura de Concreto hidráulico MR-45 de 5 pulgadas de espesor, apoyada sobre una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm.

Figura 15

Sección típica pavimento de concreto hidráulico

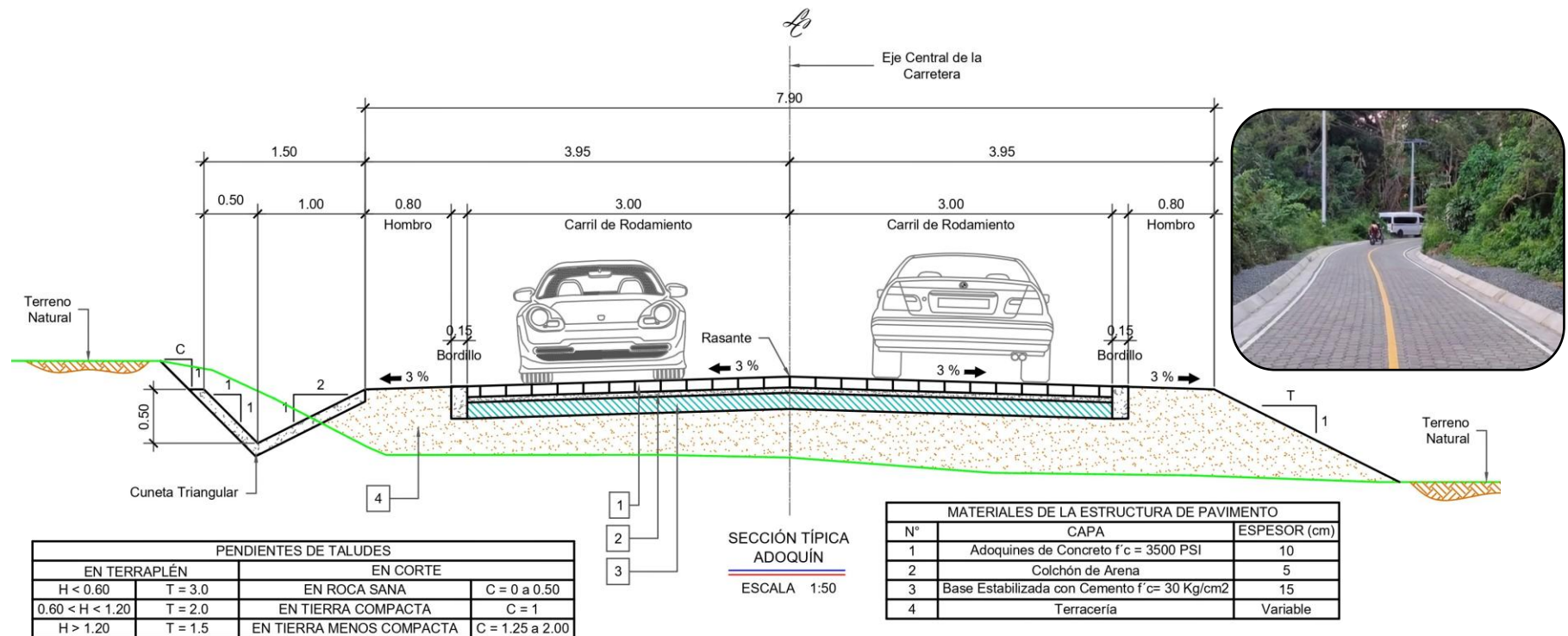


Alternativa 3. Pavimento de adoquines

Consiste en una carpeta de rodadura de Adoquines tipo tráfico, apoyada sobre una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm.

Figura 16

Sección típica pavimento de adoquines



4.3. Estudio financiero

En el desarrollo de esta sección se presenta a detalle el desglosé de los costos de inversión y los gastos de mantenimiento asociados a las tres (3) alternativas de proyecto analizadas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida.

El objetivo principal del estudio financiero fue cuantificar los costos a ser incurridos para la ejecución de las obras y durante la vida del proyecto, a precios de mercado. Esto incluye los costos de inversión, gastos de mantenimiento y cualquier otro costo marginal que requiera ser considerado.

4.3.1. Costos de inversión

Dentro de las categorías de costos de inversión contempladas en la metodología SNIP (2016) para proyectos de infraestructura vial (ver Pág. 13), para el desarrollo del presente estudio únicamente se consideraron los costos asociados a la Infraestructura (costos de construcción) y a la Supervisión:

- a) **Infraestructura:** Esta categoría de costo de inversión se refiere a todas las obras que incluye el proyecto. Esta infraestructura es un factor de producción clave en la función de producción del bien o servicio que generará el proyecto, y que es su razón de ser (SNIP, 2016, p. 43).
- b) **Supervisión:** Esta categoría de costo de inversión se refiere a la contratación de una firma externa responsable de la supervisión de la ejecución de obras (SNIP, 2016, p. 44).

4.3.1.1. Costos de construcción

Los conceptos de obra fueron definidos siguiendo las directrices de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC 2019). En el caso de los precios unitarios, estos se determinaron mediante un estudio de mercado que analizó los precios de los materiales a octubre de 2025.

En las siguientes tablas se presentan el desglose de los conceptos de obra y costos asociados a las tres (3) alternativas de proyecto analizadas.

Tabla 53

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altavracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 1. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
1	TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN							649,467.00	17,733.18
110(06)	Trabajos por Administración	Glb.	1.00	350,712.18	0.00	298,754.82	649,467.00	649,467.00	17,733.18
2	MOVIMIENTO DE TIERRA							27,942,046.73	762,935.28
201(1)	Abra y Destronque	Ha	20.67	0.00	10,594.11	94,177.70	104,771.81	2,165,633.28	59,130.89
203(1)	Excavación en la vía para construcción de Terraplenes	M ³	72,079.19	8.24	21.71	236.06	266.00	19,172,755.19	523,496.77
203(1A)	Excavación en la vía, material de Desecho	M ³	8,008.80	0.00	9.42	98.30	107.72	862,712.61	23,555.68
203(2)	Subexcavación	M ³	1,650.00	6.18	19.17	169.65	195.01	321,764.79	8,785.53
203(5)	Préstamo Selecto Caso II	M ³	11,257.48	127.26	32.33	321.80	481.38	5,419,180.86	147,966.41
3	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							103,968,724.34	2,838,783.01
	Sub Base Natural (e=15cm)	M ³	16,788.92	138.47	47.29	466.43	652.19	10,949,648.28	298,971.40
304(2A)	Base estabilizada con cemento f'c=30 kg/cm2 (e=15 cm)	M ³	15,891.92	500.84	46.79	439.77	987.40	15,691,648.72	428,447.94
	Pavimento de Mezcla Asfáltica en Caliente (e=5cm) (incluye emulsión asfáltica)	M ³	5,095.81	2,635.09	437.32	12,102.30	15,174.71	77,327,427.34	2,111,363.66
4	DRENAJE PLUVIAL ALCANTARILLAS							1,280,241.57	34,955.97
202(2)	Remoción de alcantarillas	C/U	1.00	0.00	10,022.57	51,253.84	61,276.42	61,276.42	1,673.10
207(1)	Excavación para estructuras (Drenaje menor)	M ³	127.51	0.00	11.26	110.06	121.32	15,469.16	422.37
608(1A)	Mampostería clase A	M ³	58.54	1,998.36	2,024.47	1,700.47	5,723.30	335,041.87	9,148.05
701(1-1B2)	Tubería de concreto reforzado 36" (0.90m), Clase II	M	20.00	4,205.64	759.17	2,798.49	7,763.30	155,266.00	4,239.41
701(1-1C2)	Tubería de concreto reforzado 42" (1.07m), Clase II	M	40.00	4,772.21	885.70	2,964.12	8,622.03	344,881.01	9,416.70
701(1-1D2)	Tubería de concreto reforzado 48" (1.20m), Clase II	M	17.50	5,961.93	1,012.23	3,366.81	10,340.97	180,966.97	4,941.16
701(16)	Material de lecho de tubería Clase "B"	M ³	26.22	142.90	379.59	214.34	736.82	19,316.97	527.43
701(18)	Material de relleno de alcantarillas	M ³	304.26	9.05	253.06	33.60	295.72	89,974.34	2,456.68
910(5)	Zampeado con mortero	M ³	13.64	1,998.40	2,024.47	1,700.59	5,723.45	78,048.83	2,131.06
5	DRENAJE PLUVIAL CAJAS DE CONCRETO REFORZADO							67,669,281.19	1,847,655.69
207(2)	Excavación para cajas	M ³	1,472.97	0.00	12.57	110.49	123.06	181,264.76	4,949.29
207(3A)	Relleno para cimientos con suelo cemento	M ³	753.08	979.01	766.60	399.93	2,145.54	1,615,756.27	44,116.93
602(3)	Concreto para nivelación de cimientos, f'c=100 kg/cm2	M ³	158.53	2,273.25	1,525.53	2,293.00	6,091.77	965,748.39	26,368.99
602(3A)	Concreto Estructural para Cajas de Concreto Reforzado, f'c=350 kg/cm2 (Concreto Premezclado)	M ³	1,747.90	15,749.49	2,585.14	36.51	18,371.14	32,110,918.00	876,762.98
602(3B)	Concreto Estructural para Paredes y Zapata de Aletones, Losa de Aproximación, Durmientes de losas y Dientes, f'c=280 kg/cm2 (Concreto Premezclado)	M ³	929.47	13,505.79	1,638.27	48.66	15,192.72	14,121,128.65	385,566.14
602(3C)	Concreto f'c=210 kg/cm2 (3,000 psi)	M ³	511.64	3,437.56	1,391.82	3,133.35	7,962.73	4,074,026.74	111,238.05
604(1)	Acero de refuerzo grado 60 fy=4,200 kg/cm2 ASTM 615	Kg	260.16	44.74	17.71	0.71	63.17	16,435.24	448.75
701(18A)	Material de relleno para cajas	M ³	10,003.12	127.26	69.30	284.91	481.46	4,816,129.32	131,500.57
910(5)	Zampeado con mortero	M ³	291.28	1,998.37	2,024.47	1,700.50	5,723.34	1,667,112.68	45,519.18
924(1)	Relleno permeable	M ³	451.67	643.53	506.12	2,201.69	3,351.34	1,513,688.86	41,330.07
924(3)	Drenes de PVC de 75 mm de diámetro	M	98.00	102.15	50.61	13.99	166.74	16,340.93	446.18
925(1)	Protección contra la Humedad (material bituminoso)	M ²	1,653.00	3.10	4.25	17.30	24.65	40,752.68	1,112.72
924(4)	Sistema subdrén estándar, tubos PVC de Ø 3 in	M	98.67	102.15	50.61	13.99	166.74	16,452.09	449.21
924(5)	Sistema subdrén estándar, tubo perforado, media caña PVC de Ø 4 in	M	486.67	165.59	59.04	21.72	246.34	119,886.85	3,273.41
608(1A)	Mampostería de Piedra Bolón	M ³	1,117.12	1,998.37	2,024.47	1,700.49	5,723.32	6,393,639.73	174,573.23

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica (continuación)

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 1. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
6	MISCELÁNEOS							7,426,795.36	202,782.72
202(04)	Remoción y Reinstalación de tubería de agua potable	Glb.	1.00	698,303.33	553,438.55	39,787.23	1,291,529.11	1,291,529.11	35,264.17
202(2C)	Remoción de Postes de Tendido Eléctrico	C/U	23.00	0.00	19,629.62	17,085.01	36,714.63	844,436.47	23,056.66
202(2D)	Remoción de cercas de alambres de púa	M	1,507.73	0.00	15.17	1.60	16.77	25,283.43	690.34
202(5)	Remoción de pavimentos, aceras, bordillos, andenes y muros	M ²	4,870.00	0.00	11.37	63.47	74.83	364,429.83	9,950.47
202(6)	Demolición de Vados de Concreto	M ²	560.00	0.00	15.26	69.27	84.53	47,339.39	1,292.56
901(2A)	Losa de Acceso Vehiculares de 0.15 m de Espesor	C/U	5.00	32,494.37	7,089.67	299.74	39,883.78	199,418.89	5,444.97
901(3A)	Losas de Acceso Peatonal de 0.10 m de Espesor	C/U	15.00	13,539.28	2,954.03	124.89	16,618.19	249,272.92	6,806.20
903(4)	Cerca y portones de alambre de púas con postes prendedizos	M	2,166.67	48.87	18.17	4.78	71.82	155,605.68	4,248.69
904(3)	Defensa Metálica (Flexbeam)	ML	160.00	2,190.39	810.79	284.75	3,285.94	525,750.29	14,355.19
905(1)	Canal de Concreto de (210 kg/cm2), tipo V, de 0.10 mt espesor, con una long. De desarrollo de 1.50 mts.	M ³	576.00	4,308.66	1,953.69	202.46	6,464.81	3,723,729.34	101,673.46
7	SEÑALIZACIÓN							2,428,251.61	66,301.47
801(1A)	Señales preventivas (Señal de Curva) P-1-2 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	9.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	43,658.99	1,192.07
801(1B)	Señales preventivas (Curva Peligrosa) P-1-4 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
801(1C)	Señales preventivas (Chevron) P-1-9 de 57.1 cm x 76.2 cm	C/U	6.00	3,507.12	819.91	350.71	4,677.75	28,066.48	766.33
801(1D)	Señales preventivas (Peatones en la vía) P-9-1 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	6.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	29,105.99	794.72
801(1E)	Señales preventivas (Cruce de Peatones) P-9-4 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	10.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	48,509.99	1,324.53
801(4B)	Señales preventivas (Delineadores) P-12-4A de 30 cm x 90 cm	C/U	80.00	2,338.08	546.60	233.81	3,118.49	249,479.50	6,811.84
801(5A)	Señal Informativa de Ruta II-1-4a de 85 cm x 85 cm	C/U	2.00	4,026.70	941.38	402.67	5,370.74	10,741.48	293.29
801(5B)	Información de Identificación II-5-2 de 100 cm x 60 cm	C/U	12.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	62,369.87	1,702.96
801(5C)	Información de Destino ID-2-4 de 270 cm x 75 cm	C/U	1.00	8,443.07	1,973.86	844.31	11,261.24	11,261.24	307.48
801(5D)	Información de Servicios IS-7-3 de 240 cm x 91 cm	C/U	4.00	10,391.47	2,429.36	1,039.15	13,859.98	55,439.91	1,513.74
801(5E)	Cruz Roja/Centro de Salud IS-1-7 de 46 cm x 46 cm	C/U	2.00	2,208.19	516.25	220.82	2,945.25	5,890.51	160.84
801(5F)	Petroglifos El Guineo IG-1-4 de 40 cm x 240 cm	C/U	1.00	6,754.46	1,579.09	675.45	9,008.99	9,008.99	245.98
801(5G)	Sitios Arqueológicos IR-5-1 de 46 cm x 46 cm	C/U	1.00	2,208.19	516.24	220.82	2,945.24	2,945.24	80.42
801(5H)	Señal de Ruta de Bicicletas B-1 de 61 cm x 45 cm	C/U	8.00	2,597.87	607.34	259.79	3,465.00	27,719.98	756.87
801(5I)	Comienzo B-3-1 de 61 cm x 15 cm	C/U	4.00	1,948.40	455.51	194.84	2,598.75	10,395.01	283.83
801(5J)	Termina B-3-2 de 61 cm x 15 cm	C/U	4.00	1,948.40	455.51	194.84	2,598.75	10,395.01	283.83
801(6A)	Señal de Restricción 30 KPH R-2-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	8.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	38,807.99	1,059.62
801(6B)	Señal de Restricción 40 KPH R-2-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	4.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	19,404.00	529.81
801(6C)	Señal de Restricción Paradas de Autobuses R-10-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	6.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	29,105.99	794.72
801(6D)	Señal de Restricción No Adelantar R-13-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
802(1A)	Señales de Reglamentación (Zona Escolar) E-1-1 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	4.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	19,404.00	529.81
802(1B)	Señales de Reglamentación (Zona Escolar a 100 m) E-1-2 de 122 cm x 50.8 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
802(1C)	Señales de Reglamentación (Señal de Cruce Escolares) E-1-3 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
802(1D)	Señales de Reglamentación (Escuela) E-3-1 de 122 cm x 40.6 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
802(1E)	Señales de Reglamentación (25 KPH con Escolares Presentes) R-2-1 + E-3-2 de 122 cm x 61 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
806(1A)	Marcas de pavimento, tipo de línea continua Amarillo, 12 cm de ancho	M	13,000.00	20.78	4.05	1.04	25.87	336,371.95	9,184.37
806(2A)	Marcas de pavimento, tipo de línea continua Blanco, 12 cm de ancho	M	26,000.00	20.78	4.05	1.04	25.87	672,743.90	18,368.73
914(6)	Poste de kilometraje	C/U	13.00	1,662.64	388.69	166.26	2,217.59	28,828.70	787.14
914(4)	Poste Guía	C/U	80.00	1,480.78	346.18	148.08	1,975.04	158,003.37	4,314.16
914(5)	Violetas	C/U	2,167.00	159.26	37.23	15.92	212.41	460,302.61	12,568.20

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica (continuación)

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 1. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
8	TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES							9,222,382.55	251,809.79
915 (9)	Siembra de Plantas Forestales	C/U	1,740.00	324.17	0.00	0.00	324.17	564,064.43	15,401.33
915(10)	Siembra de Plantas Frutal	C/U	1,740.00	324.17	0.00	0.00	324.17	564,064.43	15,401.33
915(8)	Siembra de Vetiver en Taludes	M ²	5,400.00	324.17	0.00	0.00	324.17	1,750,544.78	47,797.23
930(1B)	Especialista Ambiental – Contratista	Mes	10.00	0.00	53,256.02	0.00	53,256.02	532,560.21	14,541.13
930(1C)	Especialista Social - Contratista	Mes	10.00	0.00	53,256.02	0.00	53,256.02	532,560.21	14,541.13
930(1D)	Especialista Arqueólogo	Mes	2.00	0.00	66,570.04	0.00	66,570.04	133,140.09	3,635.28
930(1D)	Regente Forestal	Mes	2.00	0.00	53,256.03	0.00	53,256.03	106,512.07	2,908.23
930(2A)	Gestiones y trámites ante el INAFORG	Glb.	1.00	0.00	221,900.12	0.00	221,900.12	221,900.12	6,058.81
930(2B)	Gestiones y Trámites Autorizaciones Ambientales ante el MARENA (Bancos de Materiales), Avalos municipales y Constancia uso de suelo, otros.	Glb.	1.00	0.00	57,694.02	0.00	57,694.02	57,694.02	1,575.29
930(4C)	Taller de Educación Vial Ambiental	C/U	2.00	0.00	119,826.06	0.00	119,826.06	239,652.13	6,543.51
930(4B)	Talleres de Capacitación de Seguridad e higiene	C/U	2.00	0.00	75,446.04	0.00	75,446.04	150,892.07	4,119.99
930(4E)	Charlas y jornadas salud sexual y reproductiva	C/U	2.00	0.00	22,411.91	0.00	22,411.91	44,823.82	1,223.88
930(4A)	Reuniones comunitarias (Asambleas y Consultas Públicas). Inicial – Final.	C/U	2.00	0.00	95,417.05	0.00	95,417.05	190,834.11	5,210.57
930(3B)	Mecanismo de atención a sugerencias y quejas	Glb.	1.00	0.00	66,570.03	0.00	66,570.03	66,570.03	1,817.64
930(3C)	Elaboración 3 documentos de Planes contratista (Ocupación Plantes y Campamento; Higiene y Seguridad y Extracción de agua).	Doctos.	3.00	0.00	22,190.01	0.00	22,190.01	66,570.04	1,817.64
930(3D)	Plan de Compensación. Adquisiciones de Terrenos.	Glb.	1.00	0.00	4,000,000.00	0.00	4,000,000.00	4,000,000.00	109,216.81
COSTO TOTAL SIN IMPUESTO								C\$ 220,587,190.35	\$ 6,022,957.11
COSTO TOTAL CON IMPUESTO (15%)								C\$ 253,675,268.90	\$ 6,926,400.68
FACTOR DE ESCALAMIENTO								1.2120	

La alternativa de pavimento de mezcla asfáltica tiene un costo de construcción de US\$ 6,926,400.68 (Seis millones novecientos veintiséis mil cuatrocientos dólares con 68/100).

Tabla 54

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 2. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
1	TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN							649,467.00	17,733.18
110(06)	Trabajos por Administración	Glb.	1.00	350,712.18	0.00	298,754.82	649,467.00	649,467.00	17,733.18
2	MOVIMIENTO DE TIERRA							27,942,046.73	762,935.28
201(1)	Abra y Destronque	Ha	20.67	0.00	10,594.11	94,177.70	104,771.81	2,165,633.28	59,130.89
203(1)	Excavación en la vía para construcción de Terraplenes	M ³	72,079.19	8.24	21.71	236.06	266.00	19,172,755.19	523,496.77
203(1A)	Excavación en la vía, material de Desecho	M ³	8,008.80	0.00	9.42	98.30	107.72	862,712.61	23,555.68
203(2)	Subexcavación	M ³	1,650.00	6.18	19.17	169.65	195.01	321,764.79	8,785.53
203(5)	Préstamo Selecto Caso II	M ³	11,257.48	127.26	32.33	321.80	481.38	5,419,180.86	147,966.41
3	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							367,530,667.06	10,035,131.42
304(2A)	Base estabilizada con cemento f'c=30 kg/cm2 (e=15 cm)	M ³	15,579.92	500.84	46.79	439.77	987.40	15,383,580.65	420,036.39
	Carpeta de Concreto Hidráulico, MR 45 kg/cm2	M ³	12,609.52	5,585.42	837.81	21,503.85	27,927.08	352,147,086.41	9,615,095.03
4	DRENAJE PLUVIAL ALCANTARILLAS							1,280,241.57	34,955.97
202(2)	Remoción de alcantarillas	C/U	1.00	0.00	10,022.57	51,253.84	61,276.42	61,276.42	1,673.10
207(1)	Excavación para estructuras (Drenaje menor)	M ³	127.51	0.00	11.26	110.06	121.32	15,469.16	422.37
608(1A)	Mampostería clase A	M ³	58.54	1,998.36	2,024.47	1,700.47	5,723.30	335,041.87	9,148.05
701(1-1B2)	Tubería de concreto reforzado 36" (0.90m), Clase II	M	20.00	4,205.64	759.17	2,798.49	7,763.30	155,266.00	4,239.41
701(1-1C2)	Tubería de concreto reforzado 42" (1.07m), Clase II	M	40.00	4,772.21	885.70	2,964.12	8,622.03	344,881.01	9,416.70
701(1-1D2)	Tubería de concreto reforzado 48" (1.20m), Clase II	M	17.50	5,961.93	1,012.23	3,366.81	10,340.97	180,966.97	4,941.16
701(16)	Material de lecho de tubería Clase "B"	M ³	26.22	142.90	379.59	214.34	736.82	19,316.97	527.43
701(18)	Material de relleno de alcantarillas	M ³	304.26	9.05	253.06	33.60	295.72	89,974.34	2,456.68
910(5)	Zampeado con mortero	M ³	13.64	1,998.40	2,024.47	1,700.59	5,723.45	78,048.83	2,131.06
5	DRENAJE PLUVIAL CAJAS DE CONCRETO REFORZADO							67,669,281.19	1,847,655.69
207(2)	Excavación para cajas	M ³	1,472.97	0.00	12.57	110.49	123.06	181,264.76	4,949.29
207(3A)	Relleno para cimientos con suelo cemento	M ³	753.08	979.01	766.60	399.93	2,145.54	1,615,756.27	44,116.93
602(3)	Concreto para nivelación de cimientos, f'c=100 kg/cm2	M ³	158.53	2,273.25	1,525.53	2,293.00	6,091.77	965,748.39	26,368.99
602(3A)	Concreto Estructural para Cajas de Concreto Reforzado, f'c=350 kg/cm2 (Concreto Premezclado)	M ³	1,747.90	15,749.49	2,585.14	36.51	18,371.14	32,110,918.00	876,762.98
602(3B)	Concreto Estructural para Paredes y Zapata de Aletones, Losa de Aproximación, Durmientes de losas y Dientes, f'c=280 kg/cm2 (Concreto	M ³	929.47	13,505.79	1,638.27	48.66	15,192.72	14,121,128.65	385,566.14
602(3C)	Concreto f'c=210 kg/cm2 (3,000 psi)	M ³	511.64	3,437.56	1,391.82	3,133.35	7,962.73	4,074,026.74	111,238.05
604(1)	Acero de refuerzo grado 60 fy=4,200 kg/cm2	Kg	260.16	44.74	17.71	0.71	63.17	16,435.24	448.75
701(18A)	Material de relleno para cajas	M ³	10,003.12	127.26	69.30	284.91	481.46	4,816,129.32	131,500.57
910(5)	Zampeado con mortero	M ³	291.28	1,998.37	2,024.47	1,700.50	5,723.34	1,667,112.68	45,519.18
924(1)	Relleno permeable	M ³	451.67	643.53	506.12	2,201.69	3,351.34	1,513,688.86	41,330.07
924(3)	Drenes de PVC de 75 mm de diámetro	M	98.00	102.15	50.61	13.99	166.74	16,340.93	446.18
925(1)	Protección contra la Humedad (material bituminoso)	M ²	1,653.00	3.10	4.25	17.30	24.65	40,752.68	1,112.72
924(4)	Sistema subdrén estándar, tubos PVC de Ø 3 in	M	98.67	102.15	50.61	13.99	166.74	16,452.09	449.21
924(5)	Sistema subdrén estándar, tubo perforado, media caña PVC de Ø 4 in	M	486.67	165.59	59.04	21.72	246.34	119,886.85	3,273.41
608(1A)	Mampostería de Piedra Bolón	M ³	1,117.12	1,998.37	2,024.47	1,700.49	5,723.32	6,393,639.73	174,573.23

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico (continuación)

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altavracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 2. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
6	MISCELÁNEOS							7,426,795.35	202,782.72
202(04)	Remoción y Reinstalación de tubería de agua	Glb.	1.00	698,303.33	553,438.55	39,787.23	1,291,529.11	1,291,529.11	35,264.17
202(2C)	Remoción de Postes de Tendido Eléctrico	C/U	23.00	0.00	19,629.62	17,085.01	36,714.63	844,436.47	23,056.66
202(2D)	Remoción de cercas de alambres de púa	M	1,507.73	0.00	15.17	1.60	16.77	25,283.43	690.34
202(5)	Remoción de pavimentos, aceras, bordillos, andenes y muros	M ²	4,870.00	0.00	11.37	63.47	74.83	364,429.83	9,950.47
202(6)	Demolición de Vados de Concreto	M ²	560.00	0.00	15.26	69.27	84.53	47,339.39	1,292.56
901(2A)	Losa de Acceso Vehiculares de 0.15 m de	C/U	5.00	32,494.37	7,089.67	299.74	39,883.78	199,418.89	5,444.97
901(3A)	Losas de Acceso Peatonal de 0.10 m de	C/U	15.00	13,539.28	2,954.03	124.89	16,618.19	249,272.92	6,806.20
903(4)	Cerca y portones de alambre de púas con postes	M	2,166.67	48.87	18.17	4.78	71.82	155,605.68	4,248.69
904(3)	Defensa Metálica (Flexbeam)	ML	160.00	2,190.39	810.79	284.75	3,285.94	525,750.29	14,355.19
905(1)	Canal de Concreto de (210 kg/cm2), tipo V, de 0.10 mt espesor, con una long. De desarrollo de	M ³	576.00	4,308.66	1,953.69	202.46	6,464.81	3,723,729.34	101,673.46
7	SEÑALIZACIÓN							2,428,251.64	66,301.47
801(1A)	Señales preventivas (Señal de Curva) P-1-2 de 76.2	C/U	9.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	43,658.99	1,192.07
801(1B)	Señales preventivas (Curva Peligrosa) P-1-4 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
801(1C)	Señales preventivas (Chevron) P-1-9 de 57.1 cm x	C/U	6.00	3,507.12	819.91	350.71	4,677.75	28,066.48	766.33
801(1D)	Señales preventivas (Peatones en la vía) P-9-1 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	6.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	29,105.99	794.72
801(1E)	Señales preventivas (Cruce de Peatones) P-9-4 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	10.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	48,509.99	1,324.53
801(4B)	Señales preventivas (Delineadores) P-12-4A de 30 cm x 90 cm	C/U	80.00	2,338.08	546.60	233.81	3,118.49	249,479.50	6,811.84
801(5A)	Señal Informativa de Ruta II-1-4a de 85 cm x 85 cm	C/U	2.00	4,026.70	941.38	402.67	5,370.74	10,741.48	293.29
801(5B)	Información de Identificación II-5-2 de 100 cm x 60	C/U	12.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	62,369.87	1,702.96
801(5C)	Información de Destino ID-2-4 de 270 cm x 75 cm	C/U	1.00	8,443.07	1,973.86	844.31	11,261.24	11,261.24	307.48
801(5D)	Información de Servicios IS-7-3 de 240 cm x 91 cm	C/U	4.00	10,391.47	2,429.36	1,039.15	13,859.98	55,439.91	1,513.74
801(5E)	Cruz Roja/Centro de Salud IS-1-7 de 46 cm x 46	C/U	2.00	2,208.19	516.25	220.82	2,945.25	5,890.51	160.84
801(5F)	Petroglifos El Guineo IG-1-4 de 40 cm x 240 cm	C/U	1.00	6,754.46	1,579.09	675.45	9,008.99	9,008.99	245.98
801(5G)	Sitios Arqueológicos IR-5-1 de 46 cm x 46 cm	C/U	1.00	2,208.19	516.24	220.82	2,945.24	2,945.24	80.42
801(5H)	Señal de Ruta de Bicicletas B-1 de 61 cm x 45 cm	C/U	8.00	2,597.87	607.34	259.79	3,465.00	27,719.98	756.87
801(5I)	Comienzo B-3-1 de 61 cm x 15 cm	C/U	4.00	1,948.40	455.51	194.84	2,598.75	10,395.01	283.83
801(5J)	Termina B-3-2 de 61 cm x 15 cm	C/U	4.00	1,948.40	455.51	194.84	2,598.75	10,395.01	283.83
801(6A)	Señal de Restricción 30 KPH R-2-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	8.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	38,807.99	1,059.62
801(6B)	Señal de Restricción 40 KPH R-2-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	4.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	19,404.00	529.81
801(6C)	Señal de Restricción Paradas de Autobuses R-10-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	6.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	29,105.99	794.72
801(6D)	Señal de Restricción No Adelantar R-13-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
802(1A)	Señales de Reglamentación (Zona Escolar) E-1-1 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	4.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	19,404.00	529.81
802(1B)	Señales de Reglamentación (Zona Escolar a 100 m) E-1-2 de 122 cm x 50.8 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
802(1C)	Señales de Reglamentación (Señal de Cruce Escolares) E-1-3 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
802(1D)	Señales de Reglamentación (Escuela) E-3-1 de 122 cm x 40.6 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
802(1E)	Señales de Reglamentación (25 KPH con Escolares Presentes) R-2-1 + E-3-2 de 122 cm x 61 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
806(1A)	Marcas de pavimento, tipo de línea continua Amarillo, 12 cm de ancho	M	13,000.00	20.78	4.05	1.04	25.87	336,371.95	9,184.37
806(2A)	Marcas de pavimento, tipo de línea continua Blanco, 12 cm de ancho	M	26,000.00	20.78	4.05	1.04	25.87	672,743.90	18,368.74
914(6)	Poste de kilometraje	C/U	13.00	1,662.64	388.69	166.26	2,217.59	28,828.70	787.14
914(4)	Poste Guía	C/U	80.00	1,480.78	346.18	148.08	1,975.04	158,003.37	4,314.16
914(5)	Violetas	C/U	2,167.00	159.26	37.23	15.92	212.41	460,302.61	12,568.20

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico (continuación)

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 2. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
8	TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES							9,222,382.56	251,809.79
915 (9)	Siembra de Plantas Forestales	C/U	1,740.00	324.17	0.00	0.00	324.17	564,064.43	15,401.33
915 (10)	Siembra de Plantas Frutal	C/U	1,740.00	324.17	0.00	0.00	324.17	564,064.43	15,401.33
915 (8)	Siembra de Vetiver en Taludes	M ²	5,400.00	324.17	0.00	0.00	324.17	1,750,544.78	47,797.23
930 (1B)	Especialista Ambiental – Contratista	Mes	10.00	0.00	53,256.02	0.00	53,256.02	532,560.21	14,541.13
930 (1C)	Especialista Social - Contratista	Mes	10.00	0.00	53,256.02	0.00	53,256.02	532,560.21	14,541.13
930 (1D)	Especialista Arqueólogo	Mes	2.00	0.00	66,570.04	0.00	66,570.04	133,140.09	3,635.28
930 (1D)	Regente Forestal	Mes	2.00	0.00	53,256.03	0.00	53,256.03	106,512.07	2,908.23
930 (2A)	Gestiones y trámites ante el INAFORG	Glb.	1.00	0.00	221,900.12	0.00	221,900.12	221,900.12	6,058.81
930 (2B)	Gestiones y Trámites Autorizaciones Ambientales ante el MARENA (Bancos de Materiales), Avaluos municipales y Constancia uso de suelo, otros.	Glb.	1.00	0.00	57,694.02	0.00	57,694.02	57,694.02	1,575.29
930 (4C)	Taller de Educación Vial Ambiental	C/U	2.00	0.00	119,826.06	0.00	119,826.06	239,652.13	6,543.51
930 (4B)	Talleres de Capacitación de Seguridad e higiene	C/U	2.00	0.00	75,446.04	0.00	75,446.04	150,892.07	4,119.99
930 (4E)	Charlas y jornadas salud sexual y reproductiva	C/U	2.00	0.00	22,411.91	0.00	22,411.91	44,823.82	1,223.88
930 (4A)	Reuniones comunitarias (Asambleas y Consultas Públicas). Inicial – Final.	C/U	2.00	0.00	95,417.05	0.00	95,417.05	190,834.11	5,210.57
930 (3B)	Mecanismo de atención a sugerencias y quejas	Glb.	1.00	0.00	66,570.03	0.00	66,570.03	66,570.03	1,817.64
930 (3C)	Elaboración 3 documentos de Planes contratista (Ocupación Plantes y Campamento; Higiene y Seguridad y Extracción de agua).	Doctos.	3.00	0.00	22,190.01	0.00	22,190.01	66,570.04	1,817.64
930 (3D)	Plan de Compensación. Adquisiciones de Terrenos.	Glb.	1.00	0.00	4,000,000.00	0.00	4,000,000.00	4,000,000.00	109,216.81
COSTO TOTAL SIN IMPUESTO							C\$ 484,149,133.10	\$ 13,219,305.52	
COSTO TOTAL CON IMPUESTO (15%)							C\$ 556,771,503.07	\$ 15,202,201.35	
FACTOR DE ESCALAMIENTO							1.2012		

La alternativa de pavimento de concreto hidráulico tiene un costo de construcción de US\$ 15,202,201.35 (Quince millones doscientos dos mil doscientos un dólares con 35/100).

Tabla 55

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 3. Pavimento de adoquines

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altavracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 3. PAVIMENTO DE ADOQUINES									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
1	TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN							649,467.00	17,733.18
110(06)	Trabajos por Administración	Glb.	1.00	350,712.18	0.00	298,754.82	649,467.00	649,467.00	17,733.18
2	MOVIMIENTO DE TIERRA							27,942,046.73	762,935.28
201(1)	Abra y Destronque	Ha	20.67	0.00	10,594.11	94,177.70	104,771.81	2,165,633.28	59,130.89
203(1)	Excavación en la vía para construcción de Terraplenes	M³	72,079.19	8.24	21.71	236.06	266.00	19,172,755.19	523,496.77
203(1A)	Excavación en la vía, material de Desecho	M³	8,008.80	0.00	9.42	98.30	107.72	862,712.61	23,555.68
203(2)	Subexcavación	M³	1,650.00	6.18	19.17	169.65	195.01	321,764.79	8,785.53
203(5)	Préstamo Selecto Caso II	M³	11,257.48	127.26	32.33	321.80	481.38	5,419,180.86	147,966.41
3	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO							59,164,387.33	1,615,436.36
304(2A)	Base estabilizada con cemento f'c=30 kg/cm2 (e=15 cm)	M³	11,995.05	500.84	46.79	439.77	987.40	11,843,884.41	323,387.81
502(1)	Pavimento de Adoquines de Concreto	M²	80,027.81	352.24	117.96	121.10	591.30	47,320,502.91	1,292,048.55
4	DRENAJE PLUVIAL ALCANTARILLAS							1,280,241.57	34,955.97
202(2)	Remoción de alcantarillas	C/U	1.00	0.00	10,022.57	51,253.84	61,276.42	61,276.42	1,673.10
207(1)	Excavación para estructuras (Drenaje menor)	M³	127.51	0.00	11.26	110.06	121.32	15,469.16	422.37
608(1A)	Mampostería clase A	M³	58.54	1,998.36	2,024.47	1,700.47	5,723.30	335,041.87	9,148.05
701(1-1B2)	Tubería de concreto reforzado 36" (0.90m), Clase II	M	20.00	4,205.64	759.17	2,798.49	7,763.30	155,266.00	4,239.41
701(1-1C2)	Tubería de concreto reforzado 42" (1.07m), Clase II	M	40.00	4,772.21	885.70	2,964.12	8,622.03	344,881.01	9,416.70
701(1-1D2)	Tubería de concreto reforzado 48" (1.20m), Clase II	M	17.50	5,961.93	1,012.23	3,366.81	10,340.97	180,966.97	4,941.16
701(16)	Material de lecho de tubería Clase "B"	M³	26.22	142.90	379.59	214.34	736.82	19,316.97	527.43
701(18)	Material de relleno de alcantarillas	M³	304.26	9.05	253.06	33.60	295.72	89,974.34	2,456.68
910(5)	Zampeado con mortero	M³	13.64	1,998.40	2,024.47	1,700.59	5,723.45	78,048.83	2,131.06
5	DRENAJE PLUVIAL CAJAS DE CONCRETO REFORZADO							67,669,281.19	1,847,655.69
207(2)	Excavación para cajas	M³	1,472.97	0.00	12.57	110.49	123.06	181,264.76	4,949.29
207(3A)	Relleno para cimientos con suelo cemento	M³	753.08	979.01	766.60	399.93	2,145.54	1,615,756.27	44,116.93
602(3)	Concreto para nivelación de cimientos, f'c=100 kg/cm2	M³	158.53	2,273.25	1,525.53	2,293.00	6,091.77	965,748.39	26,368.99
602(3A)	Concreto Estructural para Cajas de Concreto Reforzado, f'c=350 kg/cm2 (Concreto Premezclado)	M³	1,747.90	15,749.49	2,585.14	36.51	18,371.14	32,110,918.00	876,762.98
602(3B)	Concreto Estructural para Paredes y Zapata de Aletones, Losa de Aproximación, Durmientes de losas y Dientes, f'c=280 kg/cm2 (Concreto	M³	929.47	13,505.79	1,638.27	48.66	15,192.72	14,121,128.65	385,566.14
602(3C)	Concreto f'c=210 kg/cm2 (3,000 psi)	M³	511.64	3,437.56	1,391.82	3,133.35	7,962.73	4,074,026.74	111,238.05
604(1)	Acero de refuerzo grado 60 fy=4,200 kg/cm2	Kg	260.16	44.74	17.71	0.71	63.17	16,435.24	448.75
701(18A)	Material de relleno para cajas	M³	10,003.12	127.26	69.30	284.91	481.46	4,816,129.32	131,500.57
910(5)	Zampeado con mortero	M³	291.28	1,998.37	2,024.47	1,700.50	5,723.34	1,667,112.68	45,519.18
924(1)	Relleno permeable	M³	451.67	643.53	506.12	2,201.69	3,351.34	1,513,688.86	41,330.07
924(3)	Drenes de PVC de 75 mm de diámetro	M	98.00	102.15	50.61	13.99	166.74	16,340.93	446.18
925(1)	Protección contra la Humedad (material bituminoso)	M²	1,653.00	3.10	4.25	17.30	24.65	40,752.68	1,112.72
924(4)	Sistema subdrén estándar, tubos PVC de Ø 3 in	M	98.67	102.15	50.61	13.99	166.74	16,452.09	449.21
924(5)	Sistema subdrén estándar, tubo perforado, media caña PVC de Ø 4 in	M	486.67	165.59	59.04	21.72	246.34	119,886.85	3,273.41
608(1A)	Mampostería de Piedra Bolón	M³	1,117.12	1,998.37	2,024.47	1,700.49	5,723.32	6,393,639.73	174,573.23

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 3. Pavimento de adoquines (continuación)

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 3. PAVIMENTO DE ADOQUINES									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
6	MISCELÁNEOS							14,938,752.02	407,890.70
202(04)	Remoción y Reinstalación de tubería de agua	Glb.	1.00	698,303.33	553,438.55	39,787.23	1,291,529.11	1,291,529.11	35,264.17
202(2C)	Remoción de Postes de Tendido Eléctrico	C/U	23.00	0.00	19,629.62	17,085.01	36,714.63	844,436.47	23,056.66
202(2D)	Remoción de cercas de alambres de púa	M	1,507.73	0.00	15.17	1.60	16.77	25,283.43	690.34
202(5)	Remoción de pavimentos, aceras, bordillos, andenes y muros	M ²	4,870.00	0.00	11.37	63.47	74.83	364,429.83	9,950.47
202(6)	Demolición de Vados de Concreto	M ²	560.00	0.00	15.26	69.27	84.53	47,339.39	1,292.56
901(2A)	Losa de Acceso Vehiculares de 0.15 m de	C/U	5.00	32,494.37	7,089.67	299.74	39,883.78	199,418.89	5,444.97
901(3A)	Losas de Acceso Peatonal de 0.10 m de	C/U	15.00	13,539.28	2,954.03	124.89	16,618.19	249,272.92	6,806.20
903(4)	Cerca y portones de alambre de púas con postes prendedizos	M	1,444.44	48.87	18.17	4.78	71.82	103,737.12	2,832.46
901(1C)	Bordillo de Concreto (210 kg/cm2) de 300 mm de Altura	M ³	1,170.00	4,308.66	1,953.69	202.46	6,464.81	7,563,825.22	206,524.21
904(3)	Defensa Metálica (Flexbeam)	ML	160.00	2,190.39	810.79	284.75	3,285.94	525,750.29	14,355.19
905(1)	Canal de Concreto de (210 kg/cm2), tipo V, de 0.10 mt espesor, con una long. De desarrollo de	M ³	576.00	4,308.66	1,953.69	202.46	6,464.81	3,723,729.34	101,673.46
7	SEÑALIZACIÓN							2,428,251.61	66,301.47
801(1A)	Señales preventivas (Señal de Curva) P-1-2 de 76.2	C/U	9.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	43,658.99	1,192.07
801(1B)	Señales preventivas (Curva Peligrosa) P-1-4 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
801(1C)	Señales preventivas (Chevron) P-1-9 de 57.1 cm x	C/U	6.00	3,507.12	819.91	350.71	4,677.75	28,066.48	766.33
801(1D)	Señales preventivas (Peatones en la vía) P-9-1 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	6.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	29,105.99	794.72
801(1E)	Señales preventivas (Cruce de Peatones) P-9-4 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	10.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	48,509.99	1,324.53
801(4B)	Señales preventivas (Delineadores) P-12-4A de 30 cm x 90 cm	C/U	80.00	2,338.08	546.60	233.81	3,118.49	249,479.50	6,811.84
801(5A)	Señal Informativa de Ruta II-1-4a de 85 cm x 85 cm	C/U	2.00	4,026.70	941.38	402.67	5,370.74	10,741.48	293.29
801(5B)	Información de Identificación II-5-2 de 100 cm x 60	C/U	12.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	62,369.87	1,702.96
801(5C)	Información de Destino ID-2-4 de 270 cm x 75 cm	C/U	1.00	8,443.07	1,973.86	844.31	11,261.24	11,261.24	307.48
801(5D)	Información de Servicios IS-7-3 de 240 cm x 91 cm	C/U	4.00	10,391.47	2,429.36	1,039.15	13,859.98	55,439.91	1,513.74
801(5E)	Cruz Roja/Centro de Salud IS-1-7 de 46 cm x 46	C/U	2.00	2,208.19	516.25	220.82	2,945.25	5,890.51	160.84
801(5F)	Petroglifos El Guineo IG-1-4 de 40 cm x 240 cm	C/U	1.00	6,754.46	1,579.09	675.45	9,008.99	9,008.99	245.98
801(5G)	Sitios Arqueológicos IR-5-1 de 46 cm x 46 cm	C/U	1.00	2,208.19	516.24	220.82	2,945.24	2,945.24	80.42
801(5H)	Señal de Ruta de Bicicletas B-1 de 61 cm x 45 cm	C/U	8.00	2,597.87	607.34	259.79	3,465.00	27,719.98	756.87
801(5I)	Comienzo B-3-1 de 61 cm x 15 cm	C/U	4.00	1,948.40	455.51	194.84	2,598.75	10,395.01	283.83
801(5J)	Termina B-3-2 de 61 cm x 15 cm	C/U	4.00	1,948.40	455.51	194.84	2,598.75	10,395.01	283.83
801(6A)	Señal de Restricción 30 KPH R-2-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	8.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	38,807.99	1,059.62
801(6B)	Señal de Restricción 40 KPH R-2-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	4.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	19,404.00	529.81
801(6C)	Señal de Restricción Paradas de Autobuses R-10-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	6.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	29,105.99	794.72
801(6D)	Señal de Restricción No Adelantar R-13-1 de 91.4 cm x 61 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
802(1A)	Señales de Reglamentación (Zona Escolar) E-1-1 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	4.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	19,404.00	529.81
802(1B)	Señales de Reglamentación (Zona Escolar a 100 m) E-1-2 de 122 cm x 50.8 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
802(1C)	Señales de Reglamentación (Señal de Cruce Escolares) E-1-3 de 76.2 cm x 76.2 cm	C/U	2.00	3,637.02	850.28	363.70	4,851.00	9,702.00	264.91
802(1D)	Señales de Reglamentación (Escuela) E-3-1 de 122 cm x 40.6 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
802(1E)	Señales de Reglamentación (25 KPH con Escolares Presentes) R-2-1 + E-3-2 de 122 cm x 61 cm	C/U	2.00	3,896.80	911.01	389.68	5,197.49	10,394.98	283.83
806(1A)	Marcas de pavimento, tipo de línea continua Amarillo, 12 cm de ancho	M	13,000.00	20.78	4.05	1.04	25.87	336,371.95	9,184.37
806(2A)	Marcas de pavimento, tipo de línea continua Blanco, 12 cm de ancho	M	26,000.00	20.78	4.05	1.04	25.87	672,743.90	18,368.73
914(6)	Poste de kilometraje	C/U	13.00	1,662.64	388.69	166.26	2,217.59	28,828.70	787.14
914(4)	Poste Guía	C/U	80.00	1,480.78	346.18	148.08	1,975.04	158,003.37	4,314.16
914(5)	Vialetas	C/U	2,167.00	159.26	37.23	15.92	212.41	460,302.61	12,568.20

Resumen de cantidades y costos de construcción Alternativa 3. Pavimento de adoquines (continuación)

Estudio de Pre factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida (13 km), del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe									
CANTIDADES DE OBRA Y COSTOS DE CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA 3. PAVIMENTO DE ADOQUINES									
CÓDIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO			COSTO UNITARIO C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
				MATERIALES C\$	MANO DE OBRA C\$	TRANSPORTE C\$			
8	TRABAJOS AMBIENTALES Y SOCIALES							9,222,382.55	251,809.79
915 (9)	Siembra de Plantas Forestales	C/U	1,740.00	324.17	0.00	0.00	324.17	564,064.43	15,401.33
915(10)	Siembra de Plantas Frutal	C/U	1,740.00	324.17	0.00	0.00	324.17	564,064.43	15,401.33
915(8)	Siembra de Vetiver en Taludes	M ²	5,400.00	324.17	0.00	0.00	324.17	1,750,544.78	47,797.23
930(1B)	Especialista Ambiental – Contratista	Mes	10.00	0.00	53,256.02	0.00	53,256.02	532,560.21	14,541.13
930(1C)	Especialista Social - Contratista	Mes	10.00	0.00	53,256.02	0.00	53,256.02	532,560.21	14,541.13
930(1D)	Especialista Arqueólogo	Mes	2.00	0.00	66,570.04	0.00	66,570.04	133,140.09	3,635.28
930(1D)	Regente Forestal	Mes	2.00	0.00	53,256.03	0.00	53,256.03	106,512.07	2,908.23
930(2A)	Gestiones y trámites ante el INAFORG	Glb.	1.00	0.00	221,900.12	0.00	221,900.12	221,900.12	6,058.81
930(2B)	Gestiones y Trámites Autorizaciones Ambientales ante el MARENA (Bancos de Materiales), Avaluos municipales y Constancia uso de suelo, otros.	Glb.	1.00	0.00	57,694.02	0.00	57,694.02	57,694.02	1,575.29
930(4C)	Taller de Educación Vial Ambiental	C/U	2.00	0.00	119,826.06	0.00	119,826.06	239,652.13	6,543.51
930(4B)	Talleres de Capacitación de Seguridad e higiene	C/U	2.00	0.00	75,446.04	0.00	75,446.04	150,892.07	4,119.99
930(4E)	Charlas y jornadas salud sexual y reproductiva	C/U	2.00	0.00	22,411.91	0.00	22,411.91	44,823.82	1,223.88
930(4A)	Reuniones comunitarias (Asambleas y Consultas Públicas). Inicial – Final.	C/U	2.00	0.00	95,417.05	0.00	95,417.05	190,834.11	5,210.57
930(3B)	Mecanismo de atención a sugerencias y quejas	Glb.	1.00	0.00	66,570.03	0.00	66,570.03	66,570.03	1,817.64
930(3C)	Elaboración 3 documentos de Planes contratista (Ocupación Plantes y Campamento; Higiene y Seguridad y Extracción de agua).	Doctos.	3.00	0.00	22,190.01	0.00	22,190.01	66,570.04	1,817.64
930(3D)	Plan de Compensación. Adquisiciones de Terrenos.	Glb.	1.00	0.00	4,000,000.00	0.00	4,000,000.00	4,000,000.00	109,216.81
COSTO TOTAL SIN IMPUESTO								C\$ 183,294,809.99	\$ 5,004,718.44
COSTO TOTAL CON IMPUESTO (15%)								C\$ 210,789,031.49	\$ 5,755,426.20
FACTOR DE ESCALAMIENTO								1.2035	

La alternativa de pavimento de adoquines tiene un costo de construcción de US\$ 5,755,426.20 (Cinco millones setecientos cincuenta y cinco mil cuatrocientos veintiséis dólares con 20/100).

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los costos de construcción estimados para las tres (3) alternativas de proyecto analizadas.

Tabla 56*Resumen de los costos de construcción*

Descripción de alternativa	Costo de construcción	
	C\$	US\$
Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica en caliente de 5 cm de espesor, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30$ kg/cm ² de 15 cm y una Subbase de material natural de 15 cm.	253,675,268.90	6,926,400.68
Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico MR-45 de 5 pulgadas de espesor, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30$ kg/cm ² de 15 cm.	556,771,503.07	15,202,201.35
Alternativa 3. Pavimento de adoquín tipo tráfico, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30$ kg/cm ² de 15 cm y una cama de arena de 5 cm.	210,789,031.49	5,755,426.20

Desde un punto de vista estrictamente financiero, la alternativa 3 que contempla un pavimento de adoquines, requiere la menor inversión para su ejecución, US\$ 5,755,426.20; seguido de la alternativa de pavimento de mezcla asfáltica, US\$ 6,926,400.68. Siendo el pavimento de concreto hidráulico la opción más cara de ejecutar, US\$ 15,202,201.35.

Es importante destacar que el bajo volumen de tráfico del tramo en estudio, obligó a la implementación de espesores mínimos de carpeta de rodadura. En el caso de los pavimentos de mezcla asfáltica el espesor mínimo es de 5 centímetros, sin embargo, para pavimentos de concreto hidráulico este haciende hasta las 5 pulgadas, por consiguiente, los costos de este último se encarecen considerablemente.

Cabe aclarar que, al tratarse de un proyecto de infraestructura pública, es decir de un proyecto social, los resultados financieros no son un indicador lo suficientemente válido para evaluar la conveniencia de la inversión.

4.3.1.2. Costos de supervisión

En este apartado, se detalla la estructura de los costos de supervisión asociados al control de la obra y la calidad de los materiales. Se ha considerado un período de supervisión de 12 meses. Es importante destacar que el costo de supervisión será el mismo para las tres alternativas de proyecto.

Tabla 57

Costos de supervisión camino Punta San Pedro – Mérida

ITEM	CONCEPTO	MONTO (C\$)	MONTO (US\$)
1	REMUNERACIONES PERSONAL		
1.1	Personal de Campo	1,887,823.12	51,545.50
1.2	Personal de Oficina	1,741,692.64	47,555.53
	SUB-TOTAL 1	3,629,515.76	99,101.03
2	VIATICOS		
2.1	Personal de Campo	641,135.37	17,505.69
2.2	Personal de Oficina	436,954.47	11,930.69
	SUB-TOTAL 2	1,078,089.84	29,436.38
3	GASTOS DIRECTOS		
3.1	Renta y Alquileres	1,734,627.36	47,362.62
3.2	Ensayes de Laboratorio	506,684.71	13,834.62
3.3	Papelaría y Otros	150,646.04	4,113.27
	SUB-TOTAL 3	2,391,958.11	65,310.51
4	COSTOS INDIRECTOS		
4.1	Costos Indirectos	97,117.28	2,651.71
	SUB-TOTAL 4	97,117.28	2,651.71
5	HONORARIOS		
5.1	Honorarios	97,117.28	2,651.71
	SUB-TOTAL 5	97,117.28	2,651.71
	COSTOS TOTAL (SIN IMPUESTOS)	7,293,798.27	199,151.34
	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (15%):	1,094,069.74	29,872.70
	TOTAL CON IMPUESTOS	8,387,868.01	229,024.04

La supervisión de la ejecución de la obra para las tres (3) alternativas de proyecto, tiene un costo de US\$ 229,024.04 (Doscientos veintinueve mil veinticuatro dólares con 04/100).

4.3.2. Gastos de mantenimiento

Los gastos de mantenimiento fueron determinados considerando las actividades que deben ser realizadas anualmente y que se denomina Mantenimiento Rutinario, y las que se realizan de forma periódica denominado Mantenimiento Periódico.

Un plan de mantenimiento debe ejecutarse conforme a la programación establecida, con el fin de conservar en óptimas condiciones el tramo de carretera y garantizar la obtención de los beneficios esperados del proyecto.

Las actividades a ejecutar por tipo de mantenimiento se describen a continuación:

- a) **Mantenimiento rutinario**: Actividades requeridas para conservar una vía de regular a buen estado, las cuales se repiten sistemáticamente una o más veces al año. También incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos del sistema de drenaje, señalización vial y elementos de seguridad, así como bacheo, sello manual de grietas, perfilado de bordes y taludes, nivelación de superficies sin pavimentar y hombros y la limpieza de los drenajes y del derecho de vía (Ley 355, 2021, art. 5).
- b) **Mantenimiento periódico**: Actividades programables en períodos de más de un año, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de material selecto, grava, reposición de adoquines, sello mecanizado de fisuras y grietas, tratamientos superficiales, recarpeteos asfálticos o de secciones de concreto, según sea el caso, sin alterar la estructura de las capas del pavimento subyacente (Ley 355, 2021, art. 5).

Las actividades de los planes de mantenimiento rutinario y periódico fueron definidas siguiendo las directrices del Manual de Mantenimiento de Carreteras (SIECA, 2010).

Las cantidades de obras de cada variante fueron estimadas considerando un plan de mantenimiento rutinario anual y un plan de mantenimiento periódico cada cinco (5) años. A partir de las cantidades de obras, se estimaron los costos para cada alternativa. Además, fueron estimados los costos del mantenimiento rutinario y periódico para el escenario “sin proyecto”.

4.3.2.1. Mantenimiento rutinario

En las siguientes tablas se presentan las cantidades de obras y los gastos asociados al plan de mantenimiento rutinario anual para las tres (3) alternativa de proyecto analizadas y para el escenario “sin proyecto”.

Tabla 58

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario escenario “sin proyecto”

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Limpieza del derecho de vía	Ha	26.00	C\$9,150.00	C\$237,900.00	\$6,495.67
Limpieza de alcantarillas y otras estructuras de drenaje	c/u	20.00	C\$418.60	C\$8,372.00	\$228.59
Limpieza de cunetas revestidas y no revestidas	m	2000.00	C\$39.37	C\$78,740.00	\$2,149.93
Remoción y desalojo de derrumbes menores	m3	500.00	C\$664.35	C\$332,175.00	\$9,069.77
			TOTAL	C\$657,187.00	\$17,943.97

Tabla 59

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario Alternativa 1.

Pavimento de mezcla asfáltica

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Limpieza del derecho de vía	Ha	26.00	C\$9,150.00	C\$237,900.00	\$6,495.67
Limpieza de alcantarillas y otras estructuras de drenaje	c/u	20.00	C\$418.60	C\$8,372.00	\$228.59
Limpieza de cunetas revestidas y no revestidas	m	2000.00	C\$39.37	C\$78,740.00	\$2,149.93
Remoción y desalojo de derrumbes menores	m3	500.00	C\$664.35	C\$332,175.00	\$9,069.77
Bacheo superficial de pavimentos bituminosos en caliente	m3	50.00	C\$19,350.60	C\$967,530.00	\$26,417.63
Sello de grietas Longitudinales	m	2000.00	C\$90.69	C\$181,380.00	\$4,952.44
Mantenimiento de señalización existente (postes guía y de Kilómetro, señales verticales, defensas laterales)	Km	13.00	C\$5,704.49	C\$74,158.37	\$2,024.84
			TOTAL	C\$1,880,255.37	\$51,338.87

Tabla 60

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario Alternativa 2.

Pavimento de concreto hidráulico

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Limpieza del derecho de vía	Ha	26.00	C\$9,150.00	C\$237,900.00	\$6,495.67
Limpieza de alcantarillas y otras estructuras de drenaje	c/u	20.00	C\$418.60	C\$8,372.00	\$228.59
Limpieza de cunetas revestidas y no revestidas	m	2000.00	C\$39.37	C\$78,740.00	\$2,149.93
Remoción y desalojo de derrumbes menores	m3	500.00	C\$664.35	C\$332,175.00	\$9,069.77
Mantenimiento de señalización existente (postes guía y de Kilómetro, señales verticales, defensas laterales)	Km	13.00	C\$5,704.49	C\$74,158.37	\$2,024.84
			TOTAL	C\$731,345.37	\$19,968.80

Tabla 61

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento rutinario Alternativa 3.

Pavimento de adoquines

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Limpieza del derecho de vía	Ha	26.00	C\$9,150.00	C\$237,900.00	\$6,495.67
Limpieza de alcantarillas y otras estructuras de drenaje	c/u	20.00	C\$418.60	C\$8,372.00	\$228.59
Limpieza de cunetas revestidas y no revestidas	m	2000.00	C\$39.37	C\$78,740.00	\$2,149.93
Remoción y desalojo de derrumbes menores	m3	500.00	C\$664.35	C\$332,175.00	\$9,069.77
Remoción y conformación de adoquín	m2	2000.00	C\$360.10	C\$720,200.00	\$19,664.49
Mantenimiento de señalización existente (postes guía y de Kilómetro, señales verticales, defensas laterales)	Km	13.00	C\$5,704.49	C\$74,158.37	\$2,024.84
			TOTAL	C\$1,451,545.37	\$39,633.29

4.3.2.2. Mantenimiento periódico

En las siguientes tablas se presentan las cantidades de obras y los gastos asociados al plan de mantenimiento periódico cada cinco (5) años para las tres (3) alternativa de proyecto analizadas y para el escenario “sin proyecto”.

Tabla 62

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico escenario “sin proyecto”

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Reconformación de cunetas sin revestir	Km	13.00	C\$39,373.03	C\$511,849.39	\$13,975.64
Reposición de capa de balasto	m3	5000.00	C\$604.94	C\$3,024,720.00	\$82,587.56
Reparación de zonas inestables en carreteras no pavimentadas	m3	200.00	C\$5,521.00	C\$1,104,200.00	\$30,149.30
			TOTAL	C\$4,640,769.39	\$126,712.50

Tabla 63

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico Alternativa 1.

Pavimento de mezcla asfáltica

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Reconformación de cunetas no revestidas	Km	5.00	C\$39,373.03	C\$196,865.15	\$5,375.25
Mezcla asfáltica en Caliente	m3	250.00	C\$15,174.71	C\$3,793,678.42	\$103,583.36
Reparación de zonas de inestabilidad local sin rep. de carpeta	m2	100.00	C\$5,521.00	C\$552,100.00	\$15,074.65
Mampostería	m3	100.00	C\$7,405.78	C\$740,578.00	\$20,220.89
			TOTAL	C\$5,283,221.57	\$144,254.15

Tabla 64

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico Alternativa 2.

Pavimento de concreto hidráulico

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Reconformación de cunetas no revestidas	Km	5.00	C\$39,373.03	C\$196,865.15	\$5,375.25
Reposición de losa de hormigón	m3	150.00	C\$21,500.00	C\$3,225,000.00	\$88,056.05
Reparación de zonas de inestabilidad local sin rep de carpeta	m3	60.00	C\$5,521.00	C\$331,260.00	\$9,044.79
Sello de juntas y grietas (5 mm a 10 mm)	ml	1000.00	C\$406.98	C\$406,980.00	\$11,112.26
Mampostería	m3	60.00	C\$7,405.78	C\$444,346.80	\$12,132.53
			TOTAL	C\$4,604,451.95	\$125,720.88

Tabla 65

Resumen de cantidades y gastos de mantenimiento periódico Alternativa 3.

Pavimento de adoquines

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL C\$	COSTO TOTAL US\$
Reconformación de cunetas no revestidas	Km	5.00	C\$39,373.03	C\$196,865.15	\$5,375.25
Reparación de zonas de inestabilidad local sin rep. de carpeta	m3	100.00	C\$5,521.00	C\$552,100.00	\$15,074.65
Reposición de adoquín	m2	3000.00	C\$706.15	C\$2,118,450.00	\$57,842.59
Concreto para vigas clase A=230 Kg/cm2 con adición de acelerantes (incluye demolición de la existente)	m3	10.50	C\$3,521.00	C\$36,970.50	\$1,009.45
Mampostería	m3	60.00	C\$7,405.78	C\$444,346.80	\$12,132.53
			TOTAL	C\$3,348,732.45	\$91,434.47

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los gastos de mantenimiento rutinario y periódico estimados para las tres (3) alternativas de proyecto analizadas y para el escenario “sin proyecto”.

Tabla 66

Resumen de los gastos de mantenimiento

Descripción	Gastos de mantenimiento			
	Rutinario		Periódico	
	C\$	US\$	C\$	US\$
Escenario “sin proyecto”	657,187.00	17,943.97	4,640,769.39	126,712.50
<u>Alternativa 1.</u> Pavimento de mezcla asfáltica	1,880,255.37	51,338.87	5,283,221.57	144,254.15
<u>Alternativa 2.</u> Pavimento de concreto hidráulico	731,345.37	19,968.80	4,604,451.95	125,720.88
<u>Alternativa 3.</u> Pavimento de adoquines	1,451,545.37	39,633.29	3,348,732.45	91,434.47

Los caminos no pavimentados requieren de una inversión periódica para restablecer la superficie de rodadura a unas condiciones adecuadas para la transitabilidad, esto mediante la corrección de defectos superficiales y la aplicación de material de revestimiento, lo que aumenta significativamente los gastos de mantenimiento, principalmente de mantenimiento periódico.

La implementación de proyectos de pavimentación generalmente permite reducir parte de estos gastos. En este contexto, la alternativa 3 que contempla un pavimento de adoquines, se destaca como la opción que ofrece el mayor ahorro en mantenimiento periódico, con una reducción del 28% en relación al escenario “sin proyecto”.

En relación al mantenimiento rutinario, el pavimento de adoquines se posiciona entre las alternativas que requieren de un menor gasto en mantenimiento, ocupando el segundo lugar, solamente superado por el pavimento de concreto hidráulico.

4.4. Evaluación económica

En el desarrollo de esta sección se exponen los criterios y consideraciones adoptados para llevar a cabo la evaluación económica de las alternativas de proyectos para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, siguiendo las directrices de la Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial (SNIP, 2016).

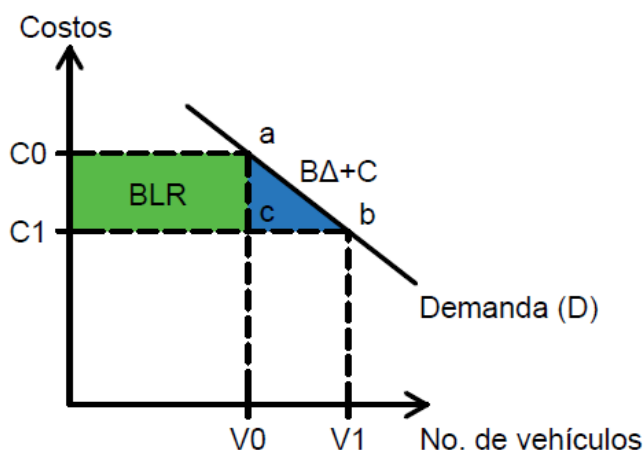
4.4.1. Metodología de la evaluación económica

Para la evaluación económica de proyectos de infraestructura vial, la Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial (SNIP, 2016) propone 2 enfoques: el Enfoque del Excedente del Consumidor y el Excedente del Productor.

El presente estudio se ha desarrollado considerando únicamente el Enfoque del Excedente del Consumidor. Este enfoque analiza los efectos del proyecto en el mercado del transporte, a través del ahorro en el Costo generalizado de viaje (CGV). El Excedente del Consumidor contempla dos beneficios directos: el Beneficio por liberación de recursos (BLR) y del Beneficio por aumento del consumo ($B\Delta+C$).

Figura 17

Beneficios del proyecto enfoque del Excedente del consumidor



Nota. V_0 : Tráfico normal escenario “sin proyecto”, $V_1 - V_0$: Tráfico generado escenario “con proyecto”, $C_0 - C_1$: Disminución en el CGV escenario “con proyecto”.

4.4.1.1. Beneficio por liberación de recursos (BLR)

El beneficio por liberación de recursos es percibido por los usuarios actuales de la vía (tráfico normal), correspondiente a la cantidad V_0 de vehículos (ver Figura 17, Pág. 115). En el escenario “con proyecto”, los V_0 vehículos tendrán un ahorro igual a $C_0 - C_1$, resultado de la reducción del Costo generalizado de viaje (CGV).

El beneficio por liberación de recursos se determina a través de la siguiente expresión:

$$BLR = V_0 * (C_0 - C_1) \quad \text{Ec-9. Tomada de SNIP (2016)}$$

Donde:

V_0 : Tráfico normal escenario “sin proyecto”

$C_0 - C_1$: Disminución en el CGV escenario “con proyecto”

4.4.1.2. Beneficio por aumento del consumo ($B\Delta + C$)

El Beneficio por aumento del consumo se origina debido al incremento de vehículos que transitarán por el camino en el escenario “con proyecto”, esto es el tráfico generado ($V_1 - V_0$).

El beneficio por aumento de consumo (triángulo abc, Figura 17, Pág. 115) se determina a través de la siguiente expresión:

$$B\Delta + C = \frac{(C_0 - C_1)}{2} * (V_1 - V_0) \quad \text{Ec-10. Tomada de SNIP (2016)}$$

Donde:

$V_1 - V_0$: Tráfico generado escenario “con proyecto”

$C_0 - C_1$: Disminución en el CGV escenario “con proyecto”

4.4.2. Cálculo de los Beneficios por liberación de recursos (BLR)

Para determinar los Beneficios por liberación de recursos (BLR) durante los 20 años del periodo de análisis, se utilizó el tráfico normal proyectado según las tasas de crecimiento vehicular calculadas (ver Tabla 16, Pág. 41). En el caso de los Costos generalizados de viaje (CGV), estos también fueron proyectados para un horizonte de 20 años, considerando una tasa de crecimiento de 5.4%, que corresponde a la

inflación promedio de Nicaragua (periodo 2010 - 2024), según los datos oficiales del Banco Central de Nicaragua (BCN).

En las siguientes tablas se presentan los resultados del cálculo de los Beneficios por liberación de recursos (BLR) aplicando la Ec-9, para las tres (3) alternativas de proyecto analizadas.

Tabla 67

Beneficios por liberación de recursos (BLR) Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica

Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus >15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TOTAL (US\$/día)	TOTAL (US\$/año)
2028	267.11	19.22	7.27	160.78	5.50	17.58	47.85	43.21	24.57	593.10	216,481.32
2029	300.57	21.63	8.19	180.91	5.86	18.76	51.06	47.53	27.03	661.54	241,463.64
2030	338.22	24.34	9.21	203.57	6.26	20.02	54.48	52.28	29.73	738.11	269,411.42
2031	380.58	27.39	10.36	229.07	6.68	21.36	58.13	57.51	32.70	823.79	300,683.07
2032	428.25	30.82	11.66	257.76	7.13	22.80	62.03	63.26	35.97	919.67	335,680.79
2033	481.88	34.68	13.12	290.05	7.60	24.33	66.19	69.58	39.57	1,027.00	374,856.00
2034	542.24	39.02	14.77	326.38	8.11	25.96	70.63	76.53	43.52	1,147.17	418,715.36
2035	610.16	43.91	16.62	367.25	8.66	27.70	75.37	84.18	47.87	1,281.72	467,827.65
2036	686.58	49.41	18.70	413.25	9.24	29.56	80.43	92.60	52.66	1,432.41	522,831.34
2037	772.57	55.60	21.04	465.01	9.86	31.54	85.82	101.85	57.92	1,601.21	584,443.26
2038	869.34	62.56	23.67	523.26	10.52	33.65	91.58	112.03	63.71	1,790.32	653,468.24
2039	978.22	70.40	26.64	588.79	11.22	35.91	97.72	123.23	70.08	2,002.22	730,809.98
2040	1,100.74	79.22	29.98	662.54	11.98	38.32	104.27	135.55	77.09	2,239.68	817,483.27
2041	1,238.61	89.14	33.73	745.52	12.78	40.89	111.27	149.10	84.79	2,505.83	914,627.71
2042	1,393.75	100.30	37.95	838.90	13.64	43.63	118.73	164.00	93.27	2,804.17	1,023,523.13
2043	1,568.32	112.87	42.71	943.97	14.55	46.56	126.69	180.39	102.59	3,138.65	1,145,606.99
2044	1,764.75	127.00	48.06	1,062.21	15.53	49.68	135.19	198.42	112.84	3,513.68	1,282,493.80
2045	1,985.79	142.91	54.08	1,195.25	16.57	53.01	144.26	218.26	124.12	3,934.24	1,435,997.10
2046	2,234.51	160.81	60.85	1,344.95	17.68	56.57	153.93	240.07	136.53	4,405.90	1,608,154.05
2047	2,514.38	180.95	68.47	1,513.41	18.87	60.36	164.25	264.07	150.18	4,934.94	1,801,253.20

Tabla 68*Beneficios por liberación de recursos (BLR) Alternativa 2. Pavimento de concreto**hidráulico*

Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus >15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TOTAL (US\$/día)	TOTAL (US\$/año)
2028	264.73	19.08	7.15	157.91	5.42	17.32	47.34	42.34	24.04	585.33	213,645.46
2029	297.89	21.47	8.04	177.69	5.78	18.48	50.51	46.58	26.44	652.89	238,303.54
2030	335.20	24.15	9.05	199.94	6.17	19.72	53.90	51.23	29.09	728.46	265,888.98
2031	377.19	27.18	10.18	224.98	6.58	21.05	57.52	56.35	32.00	813.03	296,755.61
2032	424.43	30.58	11.46	253.16	7.02	22.46	61.38	61.99	35.19	907.67	331,300.52
2033	477.59	34.42	12.89	284.87	7.49	23.96	65.49	68.18	38.71	1,013.61	369,969.40
2034	537.41	38.73	14.51	320.55	8.00	25.57	69.88	75.00	42.58	1,132.23	413,262.47
2035	604.72	43.58	16.33	360.70	8.53	27.29	74.57	82.49	46.84	1,265.04	461,741.29
2036	680.46	49.03	18.37	405.88	9.10	29.12	79.57	90.74	51.52	1,413.80	516,036.25
2037	765.69	55.18	20.67	456.72	9.71	31.07	84.91	99.81	56.67	1,580.42	576,855.09
2038	861.59	62.09	23.26	513.92	10.37	33.15	90.61	109.79	62.33	1,767.10	644,992.46
2039	969.51	69.86	26.17	578.29	11.06	35.38	96.68	120.76	68.56	1,976.28	721,340.63
2040	1,090.94	78.61	29.45	650.72	11.80	37.75	103.17	132.83	75.42	2,210.69	806,901.56
2041	1,227.58	88.46	33.14	732.22	12.59	40.28	110.09	146.11	82.95	2,473.43	902,800.47
2042	1,381.34	99.54	37.29	823.94	13.44	42.98	117.47	160.71	91.25	2,767.95	1,010,301.06
2043	1,554.35	112.01	41.96	927.13	14.34	45.86	125.35	176.77	100.37	3,098.14	1,130,822.64
2044	1,749.03	126.04	47.22	1,043.26	15.30	48.94	133.75	194.44	110.40	3,468.38	1,265,959.40
2045	1,968.10	141.82	53.13	1,173.93	16.33	52.22	142.73	213.88	121.43	3,883.57	1,417,502.05
2046	2,214.60	159.58	59.79	1,320.96	17.42	55.73	152.30	235.26	133.57	4,349.21	1,587,462.14
2047	2,491.98	179.57	67.28	1,486.41	18.59	59.46	162.51	258.77	146.92	4,871.51	1,778,099.43

Tabla 69*Beneficios por liberación de recursos (BLR) Alternativa 3. Pavimento de adoquines*

Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus >15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TOTAL (US\$/día)	TOTAL (US\$/año)
2028	259.94	18.75	6.88	151.87	5.24	16.77	46.27	40.52	22.93	569.17	207,748.57
2029	292.50	21.10	7.74	170.89	5.60	17.89	49.37	44.57	25.22	634.89	231,733.33
2030	329.14	23.74	8.71	192.29	5.97	19.09	52.68	49.03	27.74	708.40	258,566.39
2031	370.36	26.72	9.80	216.38	6.37	20.37	56.21	53.93	30.52	790.66	288,592.12
2032	416.75	30.06	11.03	243.48	6.80	21.74	59.98	59.32	33.57	882.73	322,196.99
2033	468.95	33.83	12.41	273.97	7.25	23.20	64.01	65.25	36.92	985.79	359,814.80
2034	527.68	38.07	13.97	308.29	7.74	24.75	68.30	71.77	40.61	1,101.18	401,932.46
2035	593.78	42.84	15.72	346.90	8.26	26.41	72.88	78.95	44.67	1,230.40	449,096.53
2036	668.15	48.20	17.68	390.35	8.81	28.19	77.77	86.84	49.13	1,375.13	501,920.64
2037	751.83	54.24	19.90	439.24	9.41	30.08	82.98	95.52	54.05	1,537.24	561,093.73
2038	846.00	61.03	22.39	494.26	10.04	32.09	88.55	105.07	59.45	1,718.87	627,389.31
2039	951.96	68.68	25.20	556.16	10.71	34.25	94.49	115.57	65.39	1,922.40	701,675.98
2040	1,071.20	77.28	28.35	625.82	11.43	36.54	100.83	127.12	71.93	2,150.49	784,929.13
2041	1,205.37	86.96	31.90	704.21	12.19	38.99	107.59	139.83	79.12	2,406.15	878,244.17
2042	1,356.34	97.85	35.90	792.41	13.01	41.61	114.80	153.80	87.02	2,692.74	982,851.32
2043	1,526.22	110.10	40.39	891.66	13.89	44.40	122.50	169.17	95.72	3,014.06	1,100,132.35
2044	1,717.38	123.89	45.45	1,003.34	14.82	47.38	130.72	186.08	105.29	3,374.35	1,231,639.32
2045	1,932.48	139.41	51.15	1,129.01	15.81	50.56	139.49	204.68	115.81	3,778.40	1,379,115.63
2046	2,174.53	156.87	57.55	1,270.42	16.87	53.95	148.84	225.14	127.39	4,231.56	1,544,519.72
2047	2,446.89	176.52	64.76	1,429.54	18.00	57.57	158.83	247.65	140.12	4,739.87	1,730,051.77

4.4.3. Cálculo de los Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C)

Para determinar los Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C) durante los 20 años del periodo de análisis, se utilizó el tráfico generado (ver Tabla 30, Pág. 61) proyectado según las tasas de crecimiento vehicular calculadas. En el caso de los Costos generalizados de viaje (CGV), estos también fueron proyectados para un horizonte de 20 años, considerando una tasa de crecimiento de 5.4%, que corresponde a la inflación promedio de Nicaragua (periodo 2010 - 2024), según los datos oficiales del Banco Central de Nicaragua (BCN).

En las siguientes tablas se presentan los resultados del cálculo de los Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C) aplicando la Ec-10, para las tres (3) alternativas de proyecto analizadas.

Tabla 70

Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C) Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica

Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus >15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TOTAL (US\$/día)	TOTAL (US\$/año)
2028	24.06	1.33	0.00	17.85	0.00	0.00	0.00	1.84	2.79	47.87	17,472.35
2029	27.07	1.50	0.00	20.08	0.00	0.00	0.00	2.02	3.07	53.75	19,618.03
2030	30.46	1.69	0.00	22.60	0.00	0.00	0.00	2.23	3.38	60.35	22,028.19
2031	34.28	1.90	0.00	25.43	0.00	0.00	0.00	2.45	3.71	67.77	24,735.52
2032	38.57	2.14	0.00	28.61	0.00	0.00	0.00	2.69	4.08	76.10	27,776.78
2033	43.40	2.41	0.00	32.20	0.00	0.00	0.00	2.96	4.49	85.46	31,193.27
2034	48.84	2.71	0.00	36.23	0.00	0.00	0.00	3.26	4.94	95.98	35,031.42
2035	54.96	3.05	0.00	40.77	0.00	0.00	0.00	3.58	5.43	107.79	39,343.42
2036	61.84	3.43	0.00	45.87	0.00	0.00	0.00	3.94	5.98	121.06	44,187.94
2037	69.59	3.86	0.00	51.62	0.00	0.00	0.00	4.34	6.58	135.98	49,630.92
2038	78.30	4.34	0.00	58.09	0.00	0.00	0.00	4.77	7.23	152.73	55,746.47
2039	88.11	4.88	0.00	65.36	0.00	0.00	0.00	5.25	7.96	171.56	62,617.93
2040	99.15	5.50	0.00	73.55	0.00	0.00	0.00	5.77	8.75	192.71	70,338.97
2041	111.56	6.18	0.00	82.76	0.00	0.00	0.00	6.35	9.62	216.48	79,014.89
2042	125.54	6.96	0.00	93.12	0.00	0.00	0.00	6.98	10.59	243.19	88,764.07
2043	141.26	7.83	0.00	104.79	0.00	0.00	0.00	7.68	11.65	273.20	99,719.60
2044	158.95	8.81	0.00	117.91	0.00	0.00	0.00	8.45	12.81	306.93	112,031.10
2045	178.86	9.92	0.00	132.68	0.00	0.00	0.00	9.29	14.09	344.84	125,866.79
2046	201.27	11.16	0.00	149.30	0.00	0.00	0.00	10.22	15.50	387.44	141,415.79
2047	226.48	12.55	0.00	168.00	0.00	0.00	0.00	11.24	17.05	435.32	158,890.72

Tabla 71*Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C) Alternativa 2. Pavimento de concreto**hidráulico*

Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus >15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TOTAL (US\$/día)	TOTAL (US\$/año)
2028	23.85	1.32	0.00	17.53	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00	44.50	16,242.58
2029	26.83	1.49	0.00	19.72	0.00	0.00	0.00	1.98	0.00	50.03	18,260.33
2030	30.19	1.68	0.00	22.20	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	56.24	20,529.14
2031	33.97	1.89	0.00	24.97	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	63.23	23,080.29
2032	38.23	2.12	0.00	28.10	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	71.09	25,948.95
2033	43.02	2.39	0.00	31.62	0.00	0.00	0.00	2.90	0.00	79.93	29,174.71
2034	48.41	2.69	0.00	35.58	0.00	0.00	0.00	3.19	0.00	89.87	32,802.05
2035	54.47	3.02	0.00	40.04	0.00	0.00	0.00	3.51	0.00	101.04	36,881.05
2036	61.29	3.40	0.00	45.06	0.00	0.00	0.00	3.86	0.00	113.61	41,467.99
2037	68.97	3.83	0.00	50.70	0.00	0.00	0.00	4.25	0.00	127.74	46,626.21
2038	77.61	4.31	0.00	57.05	0.00	0.00	0.00	4.67	0.00	143.64	52,426.94
2039	87.33	4.85	0.00	64.19	0.00	0.00	0.00	5.14	0.00	161.51	58,950.29
2040	98.26	5.45	0.00	72.23	0.00	0.00	0.00	5.65	0.00	181.61	66,286.37
2041	110.57	6.14	0.00	81.28	0.00	0.00	0.00	6.22	0.00	204.21	74,536.56
2042	124.42	6.91	0.00	91.46	0.00	0.00	0.00	6.84	0.00	229.63	83,814.87
2043	140.00	7.77	0.00	102.92	0.00	0.00	0.00	7.52	0.00	258.22	94,249.56
2044	157.54	8.74	0.00	115.81	0.00	0.00	0.00	8.28	0.00	290.37	105,984.87
2045	177.27	9.84	0.00	130.31	0.00	0.00	0.00	9.10	0.00	326.53	119,183.10
2046	199.47	11.07	0.00	146.64	0.00	0.00	0.00	10.01	0.00	367.20	134,026.77
2047	224.46	12.46	0.00	165.00	0.00	0.00	0.00	11.02	0.00	412.93	150,721.22

Tabla 72*Beneficios por aumento del consumo (BΔ+C) Alternativa 3. Pavimento de adoquines*

Año	Motos	Autos	Jeep	PickUp	Micro	Minibus >15	Bus	C2 Liv	C2>5 Ton	TOTAL (US\$/día)	TOTAL (US\$/año)
2028	22.78	1.30	0.00	14.75	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	40.56	14,803.63
2029	25.63	1.46	0.00	16.60	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	45.59	16,641.87
2030	28.84	1.65	0.00	18.68	0.00	0.00	0.00	2.09	0.00	51.26	18,708.75
2031	32.46	1.85	0.00	21.02	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	57.62	21,032.76
2032	36.52	2.09	0.00	23.65	0.00	0.00	0.00	2.53	0.00	64.78	23,645.92
2033	41.10	2.35	0.00	26.61	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	72.83	26,584.27
2034	46.25	2.64	0.00	29.94	0.00	0.00	0.00	3.06	0.00	81.89	29,888.32
2035	52.04	2.97	0.00	33.70	0.00	0.00	0.00	3.36	0.00	92.06	33,603.63
2036	58.55	3.34	0.00	37.92	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	103.51	37,781.47
2037	65.89	3.76	0.00	42.66	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	116.38	42,479.48
2038	74.14	4.23	0.00	48.01	0.00	0.00	0.00	4.47	0.00	130.86	47,762.52
2039	83.43	4.76	0.00	54.02	0.00	0.00	0.00	4.92	0.00	147.13	53,703.50
2040	93.88	5.36	0.00	60.79	0.00	0.00	0.00	5.41	0.00	165.44	60,384.46
2041	105.64	6.03	0.00	68.40	0.00	0.00	0.00	5.95	0.00	186.02	67,897.68
2042	118.87	6.79	0.00	76.97	0.00	0.00	0.00	6.55	0.00	209.17	76,346.94
2043	133.75	7.64	0.00	86.61	0.00	0.00	0.00	7.20	0.00	235.20	85,848.97
2044	150.51	8.60	0.00	97.46	0.00	0.00	0.00	7.92	0.00	264.48	96,535.10
2045	169.36	9.67	0.00	109.66	0.00	0.00	0.00	8.71	0.00	297.41	108,553.03
2046	190.57	10.88	0.00	123.40	0.00	0.00	0.00	9.58	0.00	334.44	122,068.89
2047	214.44	12.25	0.00	138.85	0.00	0.00	0.00	10.54	0.00	376.08	137,269.58

4.4.4. Conversión a costos económicos

Para realizar la evaluación económica, fue necesario ajustar los costos financieros estimados, transformándolos a precios económicos mediante la aplicación de los factores de corrección correspondientes.

4.4.4.1. Factores de corrección social

En la siguiente tabla se presentan los Factores de Corrección Social (FCS) establecidos por el Sistema Nacional de Inversión pública (SNIP) para realizar la conversión a costos económicos.

Tabla 73

Precios sociales de Nicaragua

Descripción	Factor de corrección
Tasa social de descuento	8%
Precio social de divisa	1.015
Mano de obra	
Calificada con desempleo involuntario	0.82
No calificada con desempleo involuntario	0.54
Calificada con pleno empleo	1.00
No calificada con pleno empleo	0.83

Nota. Adaptado de *Precios Sociales de Nicaragua*, por Sistema Nacional de Inversión pública (SNIP), 2011.

4.4.4.2. Procedimiento de conversión a costos económicos

El cálculo del costo económico del proyecto se obtuvo mediante la depuración de los costos financieros, aplicando Factores de Corrección Social (FCS) definidos por el SNIP, que permiten expresar el costo de oportunidad real para la economía. Este proceso consistió en reclasificar cada insumo, mano de obra, materiales, transporte, servicios y actividades de supervisión y ajustar su valor conforme a su naturaleza económica: trabajo, bienes transables, bienes no transables y uso de divisa. De esta manera, los precios resultantes reflejan la utilización efectiva de recursos y eliminan distorsiones inherentes al mercado.

❖ **Ajuste del trabajo: mano de obra calificada y no calificada**

El mercado laboral presenta sobre costos derivados de cargas sociales, rigideces normativas y diferencias entre el salario pagado y la productividad marginal real. Para corregir dichas distorsiones y valorar adecuadamente el sacrificio económico asociado al empleo de personal técnico y operativo, se aplicaron los siguientes FCS:

- Mano de obra calificada (MOC): 0.82
- Mano de obra no calificada (MONC): 0.54

La MONC, común en actividades de construcción (colocación de adoquín, limpieza de cunetas, apoyo en conformación de capas) y mantenimiento rutinario, genera un beneficio social mayor al absorber recursos laborales con menor costo alternativo. Por su parte, la MOC, presente en actividades técnicas de construcción, mantenimiento periódico y supervisión (ingenieros, laboratoristas, topógrafos), requiere un ajuste menor que refleje su mayor aporte productivo.

❖ **Ajuste del capital/divisa: bienes transables e insumos importados**

Los insumos sujetos a comercio internacional tienden a estar subvalorados en el mercado doméstico por la existencia de subsidios, intermediación o restricciones cambiarias. Para reflejar el verdadero costo social de utilizar estos bienes y la divisa necesaria para importarlos se aplicó:

- FCS para materiales no nacionales y transporte asociado: 1.015

Este ajuste incrementa el valor económico de insumos importados tales como: acero de refuerzo, emulsiones y ligantes asfálticos, aditivos químicos, cemento importado, tuberías PVC, geomallas, repuestos y equipamiento para laboratorio.

Este componente es mayormente relevante en alternativas de pavimentos asfálticos, Pavimento de concreto de concreto y en actividades de mantenimiento periódico que requieren mayor uso de maquinaria.

❖ **Ajuste de bienes no transables: materiales nacionales y servicios locales**

Los bienes producidos y comercializados internamente, como agregados pétreos, material selecto, arena, agregado granular, piedra cantera, papelería nacional o alquileres locales no están afectados por la escasez de divisas ni por distorsiones derivadas de comercio exterior. Por tanto, su valor financiero es representativo de su costo de oportunidad, razón por la cual se aplicó:

- FCS para bienes nacionales: 1.00

Este criterio garantiza que los materiales de origen local en actividades de construcción (bases, subbases, rellenos), mantenimiento (material para reposición, piedra y agregados) y supervisión (insumos administrativos y alquileres nacionales) sean valorados sin modificaciones.

4.4.4.3. Aplicación del proceso de conversión a las tres alternativas de proyecto

❖ **Costos de construcción**

Cada alternativa constructiva presenta una composición técnica diferente, lo que exigió ajustes diferenciados:

- **Adoquinado:** Alta proporción de MONC y materiales nacionales; consumo moderado de cemento y acero.
- **Asfalto:** Fuerte dependencia de bienes importados (asfalto, emulsiones, aditivos), por lo que el FCS de divisa tiene mayor incidencia.
- **Concreto:** Combina agregados nacionales con insumos importados de alto valor (cemento, acero, aditivos), además de requerir personal calificado.

❖ **Costos de mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento presentan estructuras de costos específicas:

- **Rutinario:** Predominio de MONC en limpieza de cunetas, derecho de vía y drenajes.

- **Periódico:** Mayor participación de maquinaria y transporte (combustible importado), además de materiales locales en actividades como reposición de adoquín o mampostería.

❖ **Costos de Supervisión**

La supervisión se desglosó en personal, viáticos, ensayos, alquileres y logística. Cada componente fue ajustado conforme a su origen económico:

- **Personal técnico y operativo:** Corregido con FCS de MOC y MONC.
- **Viáticos:** Desagregados en bienes nacionales y consumos asociados a combustible importado.
- **Ensayos de laboratorio:** Se ajustaron considerando el uso de equipos y herramientas importados, así como las calibraciones necesarias para garantizar resultados confiables.
- **Servicios locales (alquileres y suministros nacionales):** Considerados a valor financiero (FCS = 1.0).

4.4.5. Parámetros de la evaluación económica

4.4.5.1. Periodo de análisis

La evaluación de las alternativas de proyecto se realizó considerando un periodo de análisis de 20 años. Periodo generalmente utilizado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) para evaluar proyectos infraestructura vial en nuestro país.

Es importante destacar que, el periodo de análisis no necesariamente corresponde a la vida útil de la carretera, si se toma como ejemplo la vida de un pavimento de concreto hidráulico, se sabe que, con un mantenimiento adecuado, puede superar ampliamente los 20 años. Sin embargo, la práctica habitual del MTI, es considerar el mismo periodo de análisis indistintamente del tipo de pavimento evaluado.

Para efectos del presente estudio se consideró el mismo periodo de análisis de 20 años para las tres (3) alternativas de proyecto evaluadas.

4.4.5.2. Tasa social de descuento

Para el desarrollo del análisis, se utilizó la Tasa social de descuento (TSD), sugerida por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) para proyectos de inversión pública, TSD = 8%.

4.4.5.3. Indicadores de rentabilidad económica

Para evaluar la rentabilidad económica de las alternativas de proyectos se utilizaron los indicadores comúnmente empleados para analizar proyectos de inversión pública:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Relación Beneficio / Costo (R B/C)

4.4.6. Cálculo de la rentabilidad económica

Luego de establecer las propuestas técnicas, determinar sus costos de inversión y mantenimiento a precios económicos, y estimar los beneficios esperados, se procedió a evaluar la rentabilidad de las tres (3) alternativas de proyecto y su conveniencia desde la perspectiva de la sociedad nicaragüense.

En las siguientes tablas se presentan los flujos económicos de las tres (3) alternativas de proyecto considerados para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida.

Tabla 74

Flujo económico Alternativa 1. Pavimento de mezcla asfáltica

	US\$	C\$
Costos de Construcción	5,907,606.54	216,362,545.06
Costos de Supervisión	173,555.72	6,356,374.17
Total Inversión	6,081,162.26	222,718,919.23
Gasto de mant. rutinario "sin proyecto"	13,696.25	501,617.08
Gasto de mant. periódico "sin proyecto"	112,723.31	4,128,423.67
Gasto de mant. rutinario "con proyecto"	44,832.59	1,641,966.58
Gasto de mant. periódico "con proyecto"	133,246.20	4,880,061.95

Año	Inversión total	BLR	BA+C	Gastos mant. "sin proyecto"	Gastos mant. "con proyecto"	Gastos de mant.	Flujo neto
2027	6,081,162.26						(6,081,162.26)
2028		216,481	17,472	13,696.25	44,832.59	31,136.34	265,090.01
2029		241,464	19,618	13,696.25	44,832.59	31,136.34	292,218.01
2030		269,411	22,028	13,696.25	44,832.59	31,136.34	322,575.95
2031		300,683	24,736	13,696.25	44,832.59	31,136.34	356,554.93
2032		335,681	27,777	126,419.56	178,078.79	51,659.23	415,116.80
2033		374,856	31,193	13,696.25	44,832.59	31,136.34	437,185.61
2034		418,715	35,031	13,696.25	44,832.59	31,136.34	484,883.12
2035		467,828	39,343	13,696.25	44,832.59	31,136.34	538,307.41
2036		522,831	44,188	13,696.25	44,832.59	31,136.34	598,155.62
2037		584,443	49,631	126,419.56	178,078.79	51,659.23	685,733.41
2038		653,468	55,746	13,696.25	44,832.59	31,136.34	740,351.05
2039		730,810	62,618	13,696.25	44,832.59	31,136.34	824,564.25
2040		817,483	70,339	13,696.25	44,832.59	31,136.34	918,958.58
2041		914,628	79,015	13,696.25	44,832.59	31,136.34	1,024,778.94
2042		1,023,523	88,764	126,419.56	178,078.79	51,659.23	1,163,946.43
2043		1,145,607	99,720	13,696.25	44,832.59	31,136.34	1,276,462.93
2044		1,282,494	112,031	13,696.25	44,832.59	31,136.34	1,425,661.24
2045		1,435,997	125,867	13,696.25	44,832.59	31,136.34	1,593,000.23
2046		1,608,154	141,416	13,696.25	44,832.59	31,136.34	1,780,706.18
2047		1,801,253	158,891	126,419.56	178,078.79	51,659.23	2,011,803.15

TSD	8.00%
VAN	381,079.55
TIR	8.58%
R B/C	1.07

Tabla 75

Flujo económico Alternativa 2. Pavimento de concreto hidráulico

	US\$	C\$
Costos de Construcción	13,162,786.23	482,079,147.89
Costos de Supervisión	173,555.72	6,356,374.17
Total Inversión	13,336,341.95	488,435,522.06
Gasto de mant. rutinario "sin proyecto"	13,696.25	501,617.08
Gasto de mant. periódico "sin proyecto"	112,723.31	4,128,423.67
Gasto de mant. rutinario "con proyecto"	15,467.07	566,472.02
Gasto de mant. periódico "con proyecto"	106,087.29	3,885,383.49

Año	Inversión total	BLR	BD+C	Gastos mant. "sin proyecto"	Gastos mant. "con proyecto"	Gastos de mant.	Flujo neto
2027	13,336,341.95						(13,336,341.95)
2028		213,645	16,243	13,696.25	15,467.07	1,770.82	231,658.86
2029		238,304	18,260	13,696.25	15,467.07	1,770.82	258,334.69
2030		265,889	20,529	13,696.25	15,467.07	1,770.82	288,188.94
2031		296,756	23,080	13,696.25	15,467.07	1,770.82	321,606.72
2032		331,301	25,949	126,419.56	121,554.36	(4,865.20)	352,384.27
2033		369,969	29,175	13,696.25	15,467.07	1,770.82	400,914.93
2034		413,262	32,802	13,696.25	15,467.07	1,770.82	447,835.34
2035		461,741	36,881	13,696.25	15,467.07	1,770.82	500,393.16
2036		516,036	41,468	13,696.25	15,467.07	1,770.82	559,275.06
2037		576,855	46,626	126,419.56	121,554.36	(4,865.20)	618,616.10
2038		644,992	52,427	13,696.25	15,467.07	1,770.82	699,190.22
2039		721,341	58,950	13,696.25	15,467.07	1,770.82	782,061.74
2040		806,902	66,286	13,696.25	15,467.07	1,770.82	874,958.75
2041		902,800	74,537	13,696.25	15,467.07	1,770.82	979,107.85
2042		1,010,301	83,815	126,419.56	121,554.36	(4,865.20)	1,089,250.73
2043		1,130,823	94,250	13,696.25	15,467.07	1,770.82	1,226,843.02
2044		1,265,959	105,985	13,696.25	15,467.07	1,770.82	1,373,715.09
2045		1,417,502	119,183	13,696.25	15,467.07	1,770.82	1,538,455.97
2046		1,587,462	134,027	13,696.25	15,467.07	1,770.82	1,723,259.73
2047		1,778,099	150,721	126,419.56	121,554.36	(4,865.20)	1,923,955.45

TSD	8.00%
VAN	(7,309,418.29)
TIR	1.42%
R B/C	0.45

Tabla 76

Flujo económico Alternativa 3. Pavimento de adoquines

	US\$	C\$
Costos de Construcción	4,799,051.77	175,762,391.75
Costos de Supervisión	173,555.72	6,356,374.17
Total Inversión	4,972,607.49	182,118,765.92
Gasto de mant. rutinario "sin proyecto"	13,696.25	501,617.08
Gasto de mant. periódico "sin proyecto"	112,723.31	4,128,423.67
Gasto de mant. rutinario "con proyecto"	34,090.58	1,248,546.96
Gasto de mant. periódico "con proyecto"	77,475.95	2,837,510.20

Año	Inversión total	BLR	BD+C	Gastos mant. "sin proyecto"	Gastos mant. "con proyecto"	Gastos de mant.	Flujo neto
2027	4,972,607.49						(4,972,607.49)
2028		207,749	14,804	13,696.25	34,090.58	20,394.33	242,946.53
2029		231,733	16,642	13,696.25	34,090.58	20,394.33	268,769.53
2030		258,566	18,709	13,696.25	34,090.58	20,394.33	297,669.47
2031		288,592	21,033	13,696.25	34,090.58	20,394.33	330,019.21
2032		322,197	23,646	126,419.56	111,566.53	(14,853.03)	330,989.88
2033		359,815	26,584	13,696.25	34,090.58	20,394.33	406,793.40
2034		401,932	29,888	13,696.25	34,090.58	20,394.33	452,215.11
2035		449,097	33,604	13,696.25	34,090.58	20,394.33	503,094.49
2036		501,921	37,781	13,696.25	34,090.58	20,394.33	560,096.44
2037		561,094	42,479	126,419.56	111,566.53	(14,853.03)	588,720.18
2038		627,389	47,763	13,696.25	34,090.58	20,394.33	695,546.16
2039		701,676	53,704	13,696.25	34,090.58	20,394.33	775,773.81
2040		784,929	60,384	13,696.25	34,090.58	20,394.33	865,707.92
2041		878,244	67,898	13,696.25	34,090.58	20,394.33	966,536.18
2042		982,851	76,347	126,419.56	111,566.53	(14,853.03)	1,044,345.23
2043		1,100,132	85,849	13,696.25	34,090.58	20,394.33	1,206,375.65
2044		1,231,639	96,535	13,696.25	34,090.58	20,394.33	1,348,568.75
2045		1,379,116	108,553	13,696.25	34,090.58	20,394.33	1,508,062.99
2046		1,544,520	122,069	13,696.25	34,090.58	20,394.33	1,686,982.94
2047		1,730,052	137,270	126,419.56	111,566.53	(14,853.03)	1,852,468.32
TSD							8.00%
VAN							997,128.17
TIR							9.76%
R B/C							1.21

Tabla 77*Resumen de los indicadores económicos*

Alternativa	VAN (US\$)	TIR (%)	R B/C
<u>Alternativa 1.</u> Pavimento de mezcla asfáltica	381,079.55	8.58%	1.07
<u>Alternativa 2.</u> Pavimento de concreto hidráulico	-7,309,418.29	1.42%	0.45
<u>Alternativa 3.</u> Pavimento de adoquines	997,128.17	9.76%	1.21

De las tres (3) alternativas de proyecto evaluadas para un horizonte de 20 años, únicamente las alternativas de pavimento de mezcla asfáltica y pavimento de adoquines muestran resultados favorables en sus indicadores de rentabilidad. Sin embargo, el pavimento de adoquines se destaca como la opción más rentable con un VAN = 997,128.17, una TIR = 9.76% y una R B/C = 1.21, resultados significativamente superiores a los obtenidos para el pavimento de mezcla asfáltica.

En el caso de la alternativa de pavimento de concreto hidráulico, los resultados fueron sumamente desfavorables, registrando una pérdida de VAN = - US\$ 7,309,418.29 millones de dólares, cifra que incluso supera la inversión de las otras alternativas.

Es importante destacar que, pese a los resultados positivos del pavimento de asfalto, sus indicadores no muestran una holgura significativa, por lo que se trata de un proyecto que, en términos económicos, apenas resulta rentable.

4.4.7. Análisis de sensibilidad

Para analizar la tolerancia o susceptibilidad de las alternativas de proyecto a los cambios en los costos de construcción y en los beneficios esperados; se realizó un análisis de sensibilidad considerando tres (3) posibles escenarios:

- 1) Un aumento del 10% en los costos de construcción.
- 2) Una reducción del 10% en los beneficios esperados.
- 3) Un aumento del 10% en los costos de construcción, combinado con una reducción del 10% en los beneficios esperados.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de sensibilidad (ver flujos socio-económicos del análisis de sensibilidad en Anexos 14-16, Pág. 168-170).

Tabla 78

Resumen de los indicadores económicos análisis de sensibilidad

Escenario	Asfalto	Concreto	Adoquinado
+10% Costos de Construcción			
VAN (US\$)	-209,681.11	-8,625,696.91	517,223.00
TIR (%)	7.70%	0.72%	8.86%
R B/C	0.97	0.41	1.10
-10% Beneficios			
VAN (US\$)	-231,139.87	-7,911,482.62	414,279.18
TIR (%)	7.64%	0.64%	8.76%
R B/C	0.96	0.41	1.09
+10% Costos de Construcción, -10% Beneficios			
VAN (US\$)	-821,900.53	-9,227,761.25	-65,626.00
TIR (%)	6.79%	-0.04%	7.89%
R B/C	0.87	0.37	0.99

Al evaluar los tres nuevos escenarios, las alternativas de pavimento de mezcla asfáltica y pavimento de concreto hidráulico muestran resultados sumamente desfavorables en sus indicadores de rentabilidad.

En el caso de la alternativa de pavimento de adoquines, los resultados fueron positivos en dos escenarios, el primero que considera un aumento del 10% en los costos de construcción con un VAN = US\$ 517,223.00, una TIR = 8.86% y una R B/C = 1.10; y para el segundo escenario que considera una disminución del 10% en los beneficios con un VAN = US\$ 414,279.18, una TIR = 8.76% y una R B/C = 1.09. Para el tercer escenario que combina las condiciones anteriores, los resultados de los indicadores fueron desfavorables, aunque se acercaron significativamente a la rentabilidad

Como resultado del análisis de sensibilidad, se evidencia que las tres (3) alternativas presentan una alta sensibilidad a las variaciones en las condiciones de análisis, siendo especialmente sensibles a las variaciones en los beneficios esperados.

4.4.8. Cálculo de la Tasa de rentabilidad instantánea (TRI)

Los proyectos de infraestructura vial tienen una característica peculiar en lo que concierne a su evaluación, esta es que los beneficios esperados son crecientes en el tiempo. Esa característica permite obtener una medida de rentabilidad conocida como Tasa de rentabilidad instantánea (TRI), que consiste en comparar el beneficio neto del proyecto para un año cualquiera, con el costo de oportunidad de la inversión, si se invirtiera ese año (SNIP, 2016, p. 68).

El análisis de la TRI se realizó exclusivamente para la alternativa de pavimento de adoquines, ya que las otras dos alternativas presentan un flujo neto socio-económico muy desfavorable como para desarrollar un análisis de este tipo.

Tabla 79

Cálculo de la Tasa de rentabilidad instantánea (TRI) alternativa de pavimento de adoquines

Año	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo neto	(4,972,607.49)	242,947	268,770	297,669	330,019	330,990	406,793	452,215	503,094	560,096	588,720
TRI		4.9%	5.4%	6.0%	6.6%	6.7%	8.2%	9.1%	10.1%	11.3%	11.8%

En el caso de la alternativa de pavimento de adoquines, dado que la TRI (8.2%) > TSD (8%) en el año 6 del proyecto, según este criterio, se considera este año como el momento óptimo para la realizar la inversión.

Dado que el tramo Punta San Pedro – Mérida, es un camino con bajo volumen de tránsito, es de esperar que el proyecto requiera de un periodo de varios años hasta alcanzar la TRI correspondiente al momento óptimo de la inversión. Esto se debe a que los beneficios generados por el proyecto durante sus primeros años son relativamente modestos, como resultado del bajo volumen de tráfico.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES HALLAZGOS

5.1. Resultados del estudio de mercado

5.1.1. Resultados del análisis de la demanda escenario “sin proyecto”

El análisis de la demanda permitió caracterizar de manera detallada el flujo vehicular en el tramo Punta San Pedro - Mérida, así como su composición y la tipología de vehículos que transitan por la vía. Se determinó que el camino presenta un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 271 vehículos/día, valor que corresponde a un camino de bajo volumen de tránsito. En función de estos resultados, el tramo en estudio se clasificó como una vía Colectora Menor Rural.

La composición del TPDA reflejó un predominio de vehículos livianos (93.36% del TPDA), principalmente de Motos, Camionetas y Jeeps, lo que podría ser un indicador de la dificultad para transitar por la vía en vehículos de tipo sedán. Destaca también, la considerable afluencia de vehículos de carga (4.06% del TPDA), principalmente de camiones de tipo C2 livianos y C2 mayores a 5 toneladas, tipología de vehículos estrechamente vinculada con la actividad económica local y la producción agrícola en la zona. Los vehículos de pasajeros son los de menor incidencia (2.58% del TPDA).

En cuanto a las dinámicas de movilidad, se confirmó que los vehículos privados que transitan por el tramo Punta San Pedro – Mérida realizan principalmente desplazamientos de carácter local, entre comunidades vecinas, o tienen como destino las ciudades de Altagracia y Moyogalpa. Es importante destacar que la movilidad en las comunidades rurales de Altagracia depende en su totalidad de la red vial NN – 226, lo que resalta su papel estratégico para la conectividad, el desarrollo social y económico de la Isla de Ometepe.

5.1.2. Resultados del análisis de la oferta escenario “sin proyecto”

Como resultado del análisis de la oferta en el escenario “sin proyecto” se identificaron los siguientes componentes clave que afectan negativamente la transitabilidad en el camino Punta San Pedro – Mérida:

- 1) **Ancho de calzada reducido:** Con apenas 5 metros para la circulación en ambos sentidos, aumenta el riesgo de colisión y compromete la seguridad tanto de conductores como de usuarios del transporte público.
- 2) **Ausencia de hombros laterales:** Reduce significativamente el espacio de resguardo para los vehículos y dificulta las maniobras de emergencia.
- 3) **Falta de un sistema de drenaje longitudinal y transversal:** El camino carece de un sistema de drenaje que permita la evacuación eficiente del agua pluvial y que brinde protección a la superficie de rodadura.
- 4) **Carencia de señalización vial:** No existe señalización vial que brinde orientación, protección y seguridad tanto a conductores como a peatones.
- 5) **Reducida velocidad promedio de desplazamiento:** Producto del tipo de superficie de rodadura (tierra) y del mal estado estructural del camino (irregularidades, depresiones y baches), la velocidad promedio de desplazamiento es muy reducida, de apenas 24 km/h.
- 6) **Superficie de rodadura vulnerable a los cambios estacionales:** Que deteriora las condiciones de circulación especialmente en época de invierno.

Estas condiciones adversas reducen de manera considerable la capacidad y el nivel de servicio que el camino puede ofrecer a los usuarios, lo que se traduce eventualmente en demoras en los tiempos de viaje, incrementos en los costos de operación vehicular y mayores dificultades para el transporte de la producción agrícola local. Además del obstáculo que representa para el libre acceso de la población a servicios básicos como salud y educación.

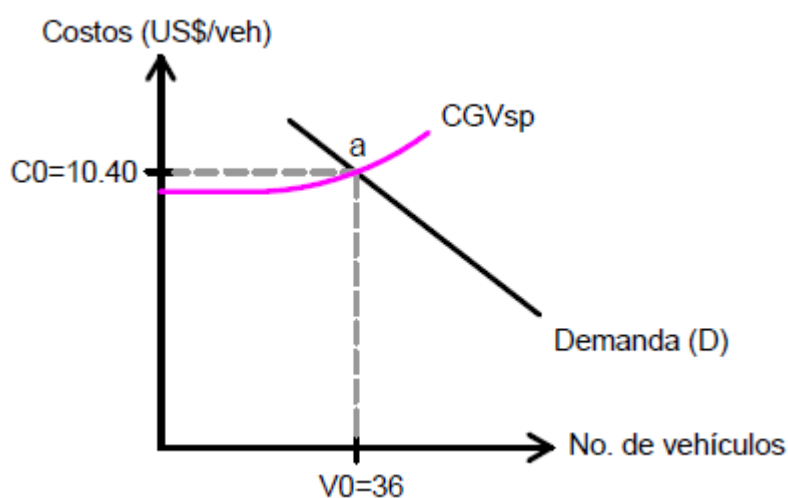
5.1.3. Resultados del balance oferta-demanda escenario “sin proyecto”

Las condiciones desfavorables de la superficie de rodadura no pavimentada del camino Punta San Pedro – Mérida, con sus irregularidades, depresiones, y baches, con un IRI estimado de 16 m/km; generan un escenario donde la velocidad promedio de desplazamiento es muy reducida y el Costo generalizado de viaje (CGV) resulta muy elevado.

Si se toma como ejemplo a las camionetas, al comparar la demanda vehicular calculada y el Costo generalizado de viaje (CGV) para el escenario “sin proyecto”, tal y como se aprecia en la Figura 18, correspondiente al balance oferta-demanda en el escenario “sin proyecto”; el CGV por transitar por la vía en una camioneta con 3 ocupantes alcanza los US\$ 10.40 para un tráfico diario de 36 vehículos (tráfico normal).

Figura 18

Balance oferta-demanda escenario “sin proyecto” camionetas



Nota. El punto “a” corresponde al equilibrio “sin proyecto”, par (V_0, C_0) .

En estas condiciones según los resultados del software RED - HDM-4 VOC, la velocidad máxima de desplazamiento que se puede alcanzar en el camino no supera los 26 km/h (ver Anexo 9, Pág. 164), siendo una limitante para la libre fluidez del tráfico.

5.1.4. Resultados del balance oferta-demanda escenario “con proyecto”

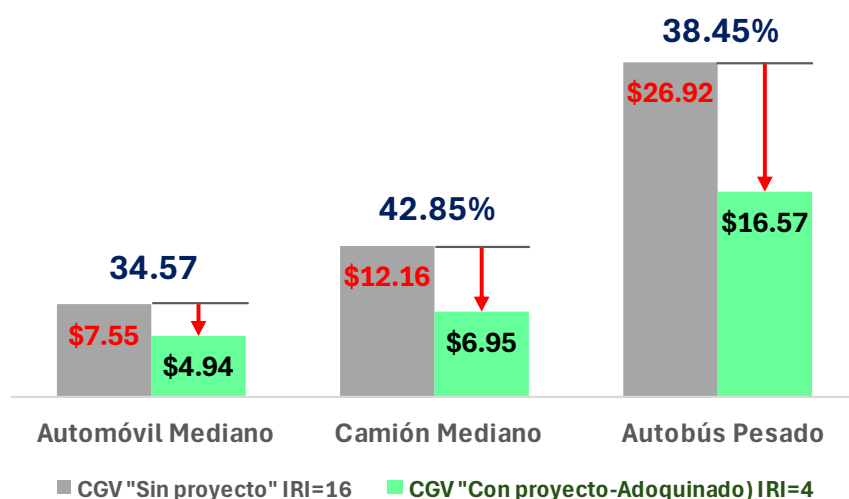
Mediante la mejora de la superficie de rodadura del camino, se logra una mayor optimización de las condiciones de transitabilidad, lo que se ve reflejado en una disminución del Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Este nuevo escenario conduce a una significativa reducción en los costos de operación vehicular y en los tiempos de viaje, como consecuencia, se promueve un incremento en el flujo de tráfico, generando de manera conjunta los beneficios directos del proyecto.

Con la implementación del proyecto de pavimentación en el Camino Punta San Pedro - Mérida, en sus diferentes alternativas, se obtiene una reducción promedio en el Costo generalizado de viaje (CGV) de 42% para la alternativa de pavimento de mezcla asfáltica, 41% para la alternativa de pavimento de concreto hidráulico y 40% para la alternativa de pavimento de adoquines (ver Tabla 29, Pág. 60).

Si se toma como ejemplo al proyecto de adoquinado, para el caso del transporte de carga, específicamente para los Camiones Medianos, la implementación del proyecto genera un ahorro por viaje del 42.85%, pasando de \$12.16 a \$6.95. En el caso del transporte público, específicamente para los Autobuses Pesados, la implementación del proyecto genera un ahorro por viaje del 38.45%, pasando de \$26.92 a \$16.57.

Figura 19

Análisis comparativo escenario “sin proyecto” vs “con proyecto (adoquinado)”

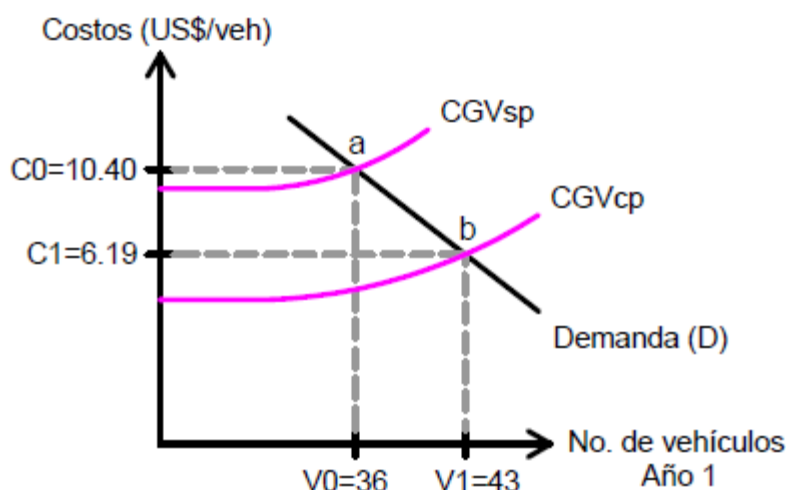


Tomando nuevamente como ejemplo a las camionetas, al comparar la demanda vehicular y el Costo generalizado de viaje (CGV) para el escenario “con proyecto”, tal y como se aprecia en la Figura 20, correspondiente al balance oferta-demanda en el escenario “con proyecto” para la alternativa de adoquinado. Al implementar el proyecto, el CGV por transitar por la vía en una camioneta con 3 ocupantes, se ve reducido, pasando de US\$ 10.40 a US\$ 6.19, lo que representa una reducción del 41%.

Al mismo tiempo el proyecto provoca que transiten más vehículos a un menor costo, pasando de 36 vehículos por día a 43 vehículos por día, es decir se genera un tráfico de 7 vehículos (camionetas) en el año 1 (ver Figura 20, Pág. 138).

Figura 20

Balance oferta-demanda escenario “con proyecto” camionetas



Nota. El punto “b” corresponde al equilibrio “con proyecto”, par (V_1, C_1).

5.2. Resultados del estudio técnico

5.2.1. Resultados del estudio geotécnico

A partir de la caracterización de los materiales de la línea y bancos de préstamo, se presentan los siguientes resultados:

- De los suelos de la línea, se puede concluir que superficialmente predominan los suelos gravosos/arenosos de tipo A-1-a, A-1-b, suelos gravosos/arenosos con finos limosos A-2-4 y suelos gravosos/arenosos con finos arcillosos A-2-6, suelos de calidad excelente a buena. En los estratos inferiores también se observan suelos gravosos/arenosos de tipo A-1-b, suelos gravosos/arenosos con finos limosos A-2-4 y A-4, y suelos gravosos/arenosos con finos arcillosos A-2-6, en general suelos de buena calidad. No obstante, también se identificaron suelos altamente arcillosos A-7-5 y A-7-6.

- Todos los materiales encontrados superficialmente en la línea pueden ser utilizados para rellenos y construcción de terraplenes, a excepción de los suelos arcillosos A-7-5 y A-7-6, los cuales deben ser removidos y desechados.
- En el caso de los materiales de bancos, estos pueden ser empleados en la construcción de terraplenes. La combinación de Sinecapa (60%) y El Pescadito (40%) puede ser utilizada como Subrasante mejorada y como Subbase. Además, el material del banco de Sinecapa puede ser utilizado en la fabricación de Base estabilizada con cemento.

5.2.2. Resultados del estudio hidrotécnico

Con el objetivo de asegurar una evacuación eficiente de las aguas que atraviesan la vía, se propusieron un total de 20 nuevas obras de drenaje transversal, 3 alcantarillas (TCR) con diámetros comprendidos entre las 36 y 48 pulgadas; y 17 cajas de concreto reforzado (CCR), 4 cajas simples, 8 cajas dobles y 5 cajas triples.

5.2.3. Resultados del diseño geométrico

En el apartado de diseño geométrico se definió la configuración planimétrica y altimétrica de la vía para una velocidad de diseño de 40 km/h, misma velocidad utilizada en los proyectos previos de pavimentación ejecutados sobre la red vial NN – 226, con esta medida se garantizó que el diseño propuesto fuera coherente y consistente con las obras previamente ejecutadas.

El trazado planimétrico fue proyectado considerando un radio mínimo $R_{\min} = 41$ metros y un peralte máximo $e_{\max} = 8 \%$. Mientras tanto, el trazado altimétrico fue proyectado considerando una pendiente mínima del 0.5%, una pendiente máxima de 10%, una tasa de curvatura $K = 4$ para curvas en cresta y $K = 9$ para curvas en columpio. Como resultado se obtuvo un alineamiento horizontal compuesto por 54 curvas, con radios comprendidos entre los 80 a 1850 metros; y un alineamiento vertical compuesto por 41 curvas, con longitudes comprendidas entre los 80 a 250 metros.

Cabe destacar que, dada las buenas características del material de la línea, la rasante de diseño se proyectó con el objetivo principal de maximizar el aprovechamiento del material existente (rasante compensada).

5.2.4. Resultados del diseño de la estructura de pavimento

El diseño de la estructura de pavimento para las tres (3) alternativa de carpeta de rodadura consideradas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento (AASHTO, 1993) y las recomendaciones del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA, 2002).

Es importante destacar que, debido al bajo volumen de tránsito en el tramo en estudio, con unos Ejes equivalentes de carga (ESAL) que no superan las 3×10^5 repeticiones, las estructuras de pavimento propuestas se consideran adecuadas e inclusive podrían tener un cierto grado de sobredimensionamiento dada la pequeña demanda.

5.2.5. Propuestas técnicas

Como resultado de los análisis llevados a cabo en los distintos estudios técnicos, en combinación con los hallazgos del análisis de oferta y demanda, se definieron las tres (3) propuestas técnicas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida:

- 1) **Alternativa 1.** Pavimento de mezcla asfáltica en caliente de 5 cm de espesor, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm de espesor y una Subbase de material natural de 15 cm de espesor.
- 2) **Alternativa 2.** Pavimento de concreto hidráulico MR-45 de 5 pulgadas de espesor, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm de espesor.
- 3) **Alternativa 3.** Pavimento de adoquines tipo tráfico, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm de espesor y una cama de arena de 5 cm de espesor.

Estas alternativas representan la nueva oferta en el escenario “con proyecto”.

5.2.6. Viabilidad técnica

Tras analizar las tres (3) propuestas técnicas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro - Mérida, y considerando el contexto específico de la Isla de Ometepe, se puede afirmar que, desde el punto de vista técnico, la alternativa de pavimento de adoquines es la más viable para su implementación.

A continuación, se presentan algunos argumentos que respaldan esta afirmación:

1) Cumplimiento de estándares funcionales

El pavimento de adoquines garantiza el cumplimiento de los estándares funcionales indispensables para una vía moderna:

- Transitabilidad, seguridad y comodidad: Esta solución asegura niveles adecuados de transitabilidad, seguridad vial y comodidad para los usuarios.
- Mejora de la movilidad: Contribuirá al aumento de la velocidad de desplazamiento en el tramo.
- Sección típica estandarizada: La sección típica del adoquinado cumple con los requerimientos mínimos establecidos en el Manual de Diseño Geométrico (SIECA, 2011) para una vía Colectora Menor.

2) Consistencia con los proyectos previos

La implementación de una carpeta de adoquines asegura la coherencia y uniformidad en la pavimentación de la red vial NN – 226, ya que todos los proyectos previos de mejoramiento en esta red han utilizado este tipo de carpeta. Al mismo tiempo, facilitará la elaboración de los planes de mantenimiento futuros.

3) Técnica constructiva

Los pavimentos adoquinados emplean una técnica constructiva relativamente simple. Esto es especialmente importante en lugares donde la disponibilidad de mano de obra especializada, maquinaria pesada o recursos técnicos puede ser limitada. Su instalación, principalmente manual, presenta una menor complejidad y requiere menos tiempo en comparación con los pavimentos de mezcla asfáltica y concreto hidráulico.

Esta mayor simplicidad facilita la ejecución del proyecto, reduce los costos asociados a la capacitación técnica y disminuye los riesgos de errores durante la construcción.

4) Aprovechamiento de los recursos locales

El pavimento de adoquines maximiza el aprovechamiento de los materiales existentes en la línea y de los recursos disponibles en los bancos locales; lo que reduce significativamente la dependencia de insumos externos, disminuyendo costos y tiempos de transporte.

5) Requerimientos de maquinaria

Debido a los bajos volúmenes de movimiento de tierras, la alternativa de pavimento de adoquines no requiere una plantilla extensa de maquinaria pesada, Además, a diferencia de los pavimentos de mezcla asfáltica y de concreto hidráulico, no requiere de equipos especializados para pavimentación. La menor dependencia de maquinaria, representa una gran ventaja considerando la logística de la Isla de Ometepe.

6) Facilidad de conservación y reparación

Desde un punto de vista técnico, un pavimento de adoquines es más sencillo de conservar y reparar en comparación con los pavimentos de asfalto y de concreto, los cuales requieren un mayor nivel de especialización para garantizar un mantenimiento adecuado. Esta característica es crucial debido a que las labores de mantenimiento probablemente deban ser ejecutadas por el personal de la alcaldía de Altagracia.

7) Vida útil

Debido el bajo volumen de tránsito en el tramo Punta San Pedro - Mérida, es razonable esperar que la carpeta de adoquines pueda superar la vida prevista de 20 años, siempre y cuando reciba el mantenimiento adecuado en los periodos establecidos.

8) Estética y compatibilidad ambiental

Además de sus ventajas técnicas, los adoquinados permiten una integración estética con el entorno y contribuyen a la conservación del ecosistema local, al reducir impactos ambientales durante su instalación y mantenimiento.

5.3. Resultados del estudio financiero

Tras la estimación de las cantidades de obra y los costos de construcción asociados a las tres (3) alternativas de proyecto analizadas, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

- **La Alternativa 1.** Pavimento de mezcla asfáltica tiene un costo de construcción de US\$ 6,926,400.68 (Seis millones novecientos veintiséis mil cuatrocientos dólares con 68/100).
- **La Alternativa 2.** Pavimento de concreto hidráulico tiene un costo de construcción de US\$ 15,202,201.35 (Quince millones doscientos dos mil doscientos un dólares con 35/100).
- **La Alternativa 3.** Pavimento de adoquines tiene un costo de construcción de US\$ 5,755,426.20 (Cinco millones setecientos cincuenta y cinco mil cuatrocientos veintiséis dólares con 20/100).

En la siguiente tabla se presenta un análisis comparativo de los costos de construcción por kilómetro para las tres (3) alternativas de proyecto.

Tabla 80

Análisis comparativo del costo de construcción por kilómetro

Descripción de alternativa	Costo de construcción por kilómetro	
	C\$	US\$
<u>Alternativa 1.</u> Pavimento de mezcla asfáltica en caliente de 5 cm de espesor, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30$ kg/cm ² de 15 cm y una Subbase de material natural de 15 cm.	19,513,482.22	532,800.05
<u>Alternativa 2.</u> Pavimento de concreto hidráulico MR-45 de 5 pulgadas de espesor, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30$ kg/cm ² de 15 cm.	42,828,577.16	1,169,400.10
<u>Alternativa 3.</u> Pavimento de adoquín tipo tráfico, soportado por una Base estabilizada con cemento $f'c = 30$ kg/cm ² de 15 cm y una cama de arena de 5 cm.	16,214,540.88	442,725.09

Desde un punto de vista estrictamente financiero, la alternativa 3 que contempla un pavimento de adoquines, es la que presenta el menor costo de construcción por kilómetro, por consiguiente, requiere de una menor inversión para su ejecución.

En relación a los gastos de mantenimiento, de la misma manera, la alternativa 3 se destaca como la opción que ofrece el mayor ahorro, logrando una reducción del 28% en los gastos de mantenimiento periódico en comparación al escenario “sin proyecto”.

5.4. Resultados de la evaluación económica

5.4.1. Resultados de los indicadores de rentabilidad económica

La rentabilidad económica de las alternativas de proyecto se evaluó a partir de los costos de inversión y mantenimiento a precios económicos, y sus beneficios esperados, por medio de los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio/Costo (R B/C); considerando una Tasa Social de Descuento (TSD) del 8%.

Los resultados del análisis indican que, de entre las alternativas propuestas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, el pavimento de adoquines se destaca como la opción más rentable, con un VAN = 997,128.17, una TIR = 9.76% y una R B/C = 1.21.

En el caso del pavimento de concreto hidráulico, los resultados en términos de rentabilidad fueron sumamente desfavorables, registrando una pérdida de VAN = - US\$ 7,309,418.29 millones de dólares, cifra que incluso supera la inversión requerida para ejecutar las otras dos alternativas. Este resultado evidencia que, en el caso de un camino de bajo volumen de tránsito, un proyecto de mejoramiento con carpeta de concreto hidráulico resulta excesivamente costoso en relación a los beneficios esperados.

Es importante destacar que, pese a los resultados positivos del pavimento de asfalto, sus indicadores no muestran una holgura significativa, por lo que se trata de un proyecto que, en términos económicos, apenas resulta rentable.

5.4.2. Resultados del análisis de sensibilidad

Como resultado del análisis de sensibilidad, se evidenció que las tres (3) alternativas de proyecto evaluadas presentan una alta sensibilidad a las variaciones en las condiciones de análisis. Al evaluar los tres nuevos escenarios, las alternativas de pavimento de mezcla asfáltica y pavimento de concreto hidráulico mostraron resultados sumamente desfavorables en sus indicadores de rentabilidad.

La única excepción fue la alternativa de pavimento de adoquines, la cual presentó resultados positivos en dos escenarios, el primero que considera un aumento del 10% en los costos de construcción con un VAN = US\$ 517,223.00, una TIR = 8.86% y una R B/C = 1.10; y para el segundo escenario que considera una disminución del 10% en los beneficios con un VAN = US\$ 414,279.18, una TIR = 8.76% y una R B/C = 1.09. Para el tercer escenario que combina las condiciones anteriores, los resultados de los indicadores fueron desfavorables, aunque se acercaron significativamente a la rentabilidad.

En general, los resultados obtenidos indican que los proyectos tienen mayor tolerancia a las variaciones en los costos de construcción y son más sensibles a las fluctuaciones de los beneficios esperados.

5.4.3. Momento óptimo de la inversión

De acuerdo al criterio de la Tasa de rentabilidad instantánea (TRI) propuesto por la Metodología (SNIP, 2016), para el proyecto de adoquinado, dado que la TRI (8.2%) > TSD (8%) en el año 6 del proyecto, se considera este año como el momento óptimo para la realizar la inversión.

Este resultado indica que, para el caso particular del proyecto de mejoramiento del camino Punta San Pedro - Mérida, la opción más conveniente es posponer la inversión por un período de seis (6) años. De esta manera, se podrán maximizar los beneficios sociales derivados del proyecto.

5.4.4. Viabilidad económica

Entre las alternativas de proyecto evaluadas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro - Mérida, el pavimento de adoquines se destacó significativamente como la opción más rentable, superando ampliamente a las alternativas de pavimento de mezcla asfáltica y de concreto hidráulico.

1) Mayor rentabilidad

Valor Actual Neto (VAN): El VAN de US\$ 997,128.17 para la alternativa de pavimento de adoquines es positivo y el más alto de las tres propuestas evaluadas. Esto confirma que el proyecto de adoquinado genera un beneficio económico para el país superior al costo de oportunidad (TSD del 8%).

Tasa Interna de Retorno (TIR): El pavimento de adoquines obtuvo nuevamente el mejor resultado entre las tres alternativas evaluadas. La TIR del 9.76% es superior a la TSD (8%), lo cual indica que la rentabilidad del proyecto excede el mínimo socialmente aceptable en nuestro país para una inversión con capital público.

Relación Beneficio/Costo (R B/C): Con una R B/C de 1.21, se proyecta que, por cada dólar invertido en el adoquinado, se obtendrán 1.21 dólares en beneficios sociales, posicionándola como una opción eficiente y rentable.

2) Menor sensibilidad

Mientras que las alternativas de mezcla asfáltica y concreto hidráulico mostraron resultados sumamente desfavorables y grandes pérdidas de rentabilidad en los escenarios evaluados, la alternativa de pavimento de adoquines fue la única en mantener la rentabilidad en dos de los tres escenarios.

A partir de estos resultados, se puede concluir que, debido a su mayor robustez en términos de rentabilidad económica y a su mayor tolerancia a los cambios adversos, entre las alternativas de proyectos consideradas para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, el proyecto de adoquinado es el único económicamente viable de implementar.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Tras realizar la evaluación técnica y económica de las alternativas de proyectos considerados para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, se concluye que la alternativa 3 que contempla un pavimento de adoquines, es la que presenta un mayor nivel de conveniencia para su implementación.

El proyecto de adoquinado se presenta como una propuesta de solución que garantiza niveles adecuados de transitabilidad, seguridad vial y comodidad para los usuarios, en línea con los estándares modernos. Al mismo tiempo que contribuirá a la reducción de los Costos generalizados de viaje (CGV) y al aumento de la velocidad de desplazamiento en el tramo.

Esta inversión estratégica, permitirá optimizar el transporte en el municipio de Altagracia, fortalecerá la integración territorial dentro de la Isla de Ometepe y facilitará el acceso de la población rural a servicios básicos como salud y educación. Asimismo, impulsará el desarrollo turístico y potenciará la competitividad productiva local, promoviendo un crecimiento más sostenible de la economía de Altagracia.

6.1. Ventajas del proyecto de adoquinado

A continuación, se describen algunas de las principales ventajas que ofrece un proyecto de adoquinado para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida:

- 1) **Menor costo de construcción:** La alternativa de pavimento de adoquines ofrece una ventaja significativa en lo referente al costo de construcción, siendo un 17% menor al costo del pavimento de mezcla asfáltica. Por consiguiente, requiere de una menor inversión inicial para su ejecución.
- 2) **Menores gastos de mantenimiento:** Permite un ahorro significativo en los gastos de mantenimiento, alcanzando hasta un 28% de ahorro en el mantenimiento periódico en comparación con el escenario “sin proyecto”.
- 3) **Mayor rentabilidad económica:** El proyecto de adoquinado se destaca como la opción más rentable con un VAN = 997,128.17, una TIR = 9.76% y una R B/C = 1.21, resultados significativamente superiores a los obtenidos para el

pavimento de mezcla asfáltica, además es la única alternativa que mostró un grado de tolerancia a los cambios adversos.

- 4) **Propuesta técnica viable en el contexto local:** Los pavimentos adoquinados emplean una técnica constructiva relativamente simple, por consiguiente, son fáciles de conservar y reparar. Además, al garantizar el máximo aprovechamiento de los materiales locales, no se requieren de plantillas extensas de maquinaria pesada, ni de equipos especializados para pavimentación. Estos aspectos adquieren especial importancia dado el contexto local y las restricciones logísticas que dificultan la movilización de materiales, equipos e inclusive de personal al sitio de la obra.

6.2. Beneficios sociales generados

La justificación fundamental de un proyecto de infraestructura pública radica en su impacto social y en la capacidad de transformar la calidad de vida de la población.

A continuación, se describen algunos de los beneficios sociales directos e indirectos derivados de la implementación del proyecto de adoquinado para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida:

1) Mejora en el acceso a servicios esenciales

Uno de los impactos más inmediatos del proyecto será la garantía de acceso permanente a los servicios básicos, eliminando el aislamiento que sufren las comunidades rurales de Altagracia durante la temporada de invierno.

Acceso a la salud: Actualmente, los pobladores de las comunidades rurales de Altagracia dependen del centro de salud y de las visitas periódicas de clínicas móviles del MINSA. Sin embargo, el mal estado del camino, dificulta el traslado de la población hacia el centro de salud, y de las clínicas móviles hacia las comunidades. El proyecto de adoquinado, facilitará el acceso de la población al centro de salud, y garantizará una mayor regularidad en las visitas de las clínicas móviles hacia comunidades alejadas como Tichaná, Los Ángeles, San Ramón y San Pedro.

Acceso a la educación: La implementación del proyecto de adoquinado contribuirá a reducir el ausentismo escolar provocado por la intransitabilidad en época de invierno, ayudando de esta manera a fortalecer la continuidad educativa de los menores de edad de las comunidades rurales de Altagracia que asisten a escuelas primarias.

2) Dinamización de la economía local y seguridad alimentaria

El municipio de Altagracia sustenta su economía en el sector primario, siendo la agricultura una actividad vital. El mejoramiento del camino tendrá un efecto multiplicador en la economía de las familias productoras.

Reducción de costos logísticos: El proyecto de adoquinado permitirá una reducción del 40% en los Costos Generalizados de Viaje (CGV) para los vehículos de carga. Esto beneficiará directamente a los productores, quienes podrán trasladar sus cosechas hacia los mercados de Altagracia, Moyogalpa y Rivas a un menor costo.

Seguridad alimentaria: Al facilitar la salida de la producción agrícola y el ingreso de insumos básicos, se fortalece la cadena de suministro local, garantizando la disponibilidad de alimentos y la estabilidad de precios en la zona.

3) Impulso al desarrollo turístico sostenible

Ometepe es destacado destino turístico a nivel nacional e internacional. Actualmente, algunos de sus atractivos ven limitado su potencial debido a las dificultades de acceso.

Acceso a sitios turísticos: El camino en estudio conecta con destinos turísticos como cascada San Ramón, Monkey's Island y el Hotel Hacienda Mérida. La implementación del proyecto optimizará la conectividad hacia estos destinos, mejorando la experiencia de los visitantes y promoviendo un aumento en el flujo de turistas.

Fomento de la economía de servicios: El aumento en la afluencia turística beneficiará directamente a la red de hoteles, hostales y restaurantes existentes en la zona. Esto se traduce en la generación de nuevos empleos en el sector servicios (restaurantes, guías turísticos, transporte), diversificando las fuentes de ingreso de las familias locales más allá de la agricultura.

4) Generación de empleo y participación comunitaria

Una ventaja distintiva y socialmente relevante de los proyectos de adoquinado, es su mayor capacidad de generación de empleo local.

Mano de obra local: Dado que los pavimentos de adoquines implican una menor complejidad, con una instalación realizada principalmente de manera manual. Su ejecución permitirá una mayor participación de la mano de obra local, contribuyendo de esta manera al beneficio de las familias de las comunidades rurales de Altagracia.

Apropiación del proyecto: La participación de la población en la construcción fomentará un sentido de pertenencia y cuidado hacia la obra. Además, la menor complejidad en el mantenimiento de un adoquinado, permitirá que las labores de conservación puedan ser ejecutadas por el personal de la alcaldía municipal o por microempresas locales, asegurando la sostenibilidad del empleo a largo plazo.

5) Mejora en la calidad de vida y seguridad Vial

El proyecto transformará el entorno de las viviendas aledañas al tramo, impactando positivamente sobre la calidad de vida, salud y seguridad de los residentes.

Salud preventiva: Actualmente, el camino de tierra genera nubes de polvo durante la estación seca, afectando la salud respiratoria de peatones y residentes. La implementación del proyecto de adoquinado eliminará este problema de salud pública.

Seguridad vial y peatonal: La propuesta incluye la mejora del trazado geométrico y la instalación de señalización, actualmente inexistente. Esto, sumado al pavimento, reducirá el riesgo de accidentes. Asimismo, la construcción de obras de drenaje evitará las inundaciones que amenazan a los poblados asentados a orillas del lago.

Integración territorial: Al consolidar la red vial NN – 226 como una vía transitable todo el año, se fortalecerá la cohesión social entre las comunidades rurales y el casco urbano, facilitando el encuentro familiar, la participación en actividades culturales y religiosas, y la integración plena de la zona al desarrollo nacional.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados, se derivan las siguientes conclusiones:

El análisis de la demanda permitió comprender en mayor profundidad las dinámicas de movilidad y el comportamiento del flujo vehicular en la zona. Se identificó que el camino en estudio presenta un bajo volumen de tránsito, con un TPDA de 271 vehículos por día. Por otra parte, el análisis de la oferta evidenció que las condiciones actuales del camino son la principal limitante que restringe la capacidad y el nivel de servicio que este puede ofrecer a los usuarios, comprometiendo la transitabilidad y, en algunos casos, poniendo en riesgo la seguridad.

El estudio técnico facilitó la integración de los hallazgos del análisis de oferta y demanda, permitiendo la elaboración de tres (3) soluciones técnicas adaptadas al contexto local. Es importante destacar las características particulares del tramo en estudio, ubicado en la Isla de Ometepe, dadas las restricciones logísticas que esto implica para la movilización de equipos especializados, materiales e inclusive personal hacia el sitio. Por consiguiente, las propuestas técnicas debieron considerar estos aspectos y ser factibles de implementar y mantener en dichas condiciones.

Se determinaron los costos financieros de inversión para las tres (3) alternativas de proyecto, así como los gastos asociados al mantenimiento. Cabe destacar que, la alternativa de pavimento de adoquines es la que presenta el menor costo de construcción, US\$ 5,755,426.20; seguido de la alternativa de pavimento de mezcla asfáltica, con un costo de US\$ 6,926,400.68. Siendo la alternativa de pavimento de concreto hidráulico la más costosa de ejecutar, US\$ 15,202,201.35.

La evaluación económica determinó que la alternativa de proyecto de adoquinado se destaca como la opción más rentable con un VAN = 997,128.17, una TIR = 9.76% y una R B/C = 1.21. Además de ser más tolerante a las variaciones en las condiciones de análisis, costos de construcción y beneficios esperados.

Por lo tanto, y considerando su mayor viabilidad técnica y económica, se considera que el proyecto de adoquinado es el único factible de implementar.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Con el propósito de ampliar y consolidar los componentes desarrollados en este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones:

- ❖ Dados los resultados favorables de la evaluación técnica y económica de la alternativa de proyecto de adoquinado, se recomienda a las autoridades nacionales responsables de la formulación y evaluación de proyectos de inversión, avanzar hacia la siguiente etapa del proyecto y realizar el Estudio de factibilidad para el mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida, del municipio de Altagracia, Isla de Ometepe; priorizando el pavimento de adoquines.
- ❖ Se recomienda que, para ejecutar la inversión, se tome en consideración el resultado obtenido en el cálculo de la Tasa de Rentabilidad Instantánea (TRI) y que se postergue la inversión por un período de seis años. De esta manera, se podrán maximizar los beneficios sociales derivados del proyecto.
- ❖ Para garantizar el buen funcionamiento y la prolongación de la vida de la carpeta y estructura de pavimento, se deberá construir un sistema de drenaje pluvial eficiente, además se deberán garantizar el cumplimiento de los ciclos de mantenimiento rutinario y periódico de conformidad con el plan de mantenimiento establecido, a fin de prevenir el deterioro prematuro de la estructura de pavimento y de las obras en general.
- ❖ Debido a las condiciones particulares del acceso a la Isla de Ometepe, es muy probable que las labores de mantenimiento deban ser ejecutadas por el personal de la alcaldía municipal de Altagracia. Por ello, es crucial asegurar su capacitación en temas relacionados con la gestión y el mantenimiento vial. El fortalecimiento de las habilidades, conocimientos y competencias del personal, garantizará la ejecución efectiva y eficiente de las actividades de mantenimiento.
- ❖ Se recomienda a la alcaldía municipal de Altagracia, adquirir los equipos mínimos necesarios para las tareas de mantenimiento (equipos de acarreo, nivelación y compactación) y acondicionar un plantel para el almacenamiento y resguardo de

materiales y equipos. De esta manera se podrá asegurar una autonomía operativa y una rápida capacidad de respuesta.

- ❖ Aunque el proyecto de mejoramiento del camino Punta San Pedro – Mérida no genera un impacto significativo en la propiedad privada, se recomienda brindar acompañamiento a las familias que habitan en la cercanía del prisma de construcción durante la ejecución de las obras. Esta medida busca fortalecer la confianza y garantizar la tranquilidad de la población afectada.
- ❖ Considerando las mejoras en las condiciones de transitabilidad y el aumento en la velocidad de desplazamiento, se recomienda implementar campañas o programas de educación vial en colaboración con la Policía Nacional y las organizaciones comunitarias de la zona, esto con el objetivo de prevenir un incremento en los accidentes de tránsito una vez que el nuevo camino esté en funcionamiento.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). *Guide For Design of Pavement Structures*.
- Banco Central de Nicaragua (2025). *Anuario de Estadísticas Macroeconómicas 2024*.
- Banco Central de Nicaragua (2025). *Salario promedio por actividad económica - Asegurados del INSS 2025*.
- Bull, A. (2014). Progresos de la conservación vial en América Latina. *Boletín FAL-Facilitación del comercio y el transporte en América Latina y el Caribe, Edición*, (160), 7.
- Hudiel, S. J. N., & Arteaga, F. J. B. (2021). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 11(1), 43-68. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717>
- Hudiel, S. J. N., & Gutiérrez, O. J. R. (2024). Metodología y criterios para la determinación del tránsito vehicular promedio diario anual (TPDA) a partir de conteos clasificados manuales, estudio de caso Nicaragua. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 14(1), 145-172. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v14i1.18163>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2008). *Altagracia en Cifras*.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2024). *Anuario Estadístico 2022*.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica. (2022). *Guía Metodológica General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública*.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2021). *Anuario de Aforos de Tráfico Año 2020*.

Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2008). *Manual para la Elaboración de Estudios de Pre factibilidad y Factibilidad.*

Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2019). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes* (NIC 2019).

Nuño y Pescador, S.A. (2024). *El deterioro y mal estado de las carreteras: Causas y soluciones.*

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.*

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2004). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.*

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2010). *Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.*

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.*

Sistema Nacional de Inversión Pública. (2016). *Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial.*

Texto Consolidado, Ley 355 del 2000. Ley creadora del Fondo de Mantenimiento Vial. 06 de julio del 2021. D.O. No. 10.

ANEXOS

Anexo 1. Inicio y Fin del tramo Punta San Pedro – Mérida



Inicio del tramo: Punta San Pedro

Estación: 0+000



Fin del tramo: Mérida

Estación: 13+000

Anexo 2. Situación actual del camino



Deformación superficial por escorrentía
Estación: 0+240



Cruce de agua sin obra de drenaje
Estación: 6+900



Ancho de rodamiento reducido
Estación: 10+020



Acumulación de agua sobre el camino
Estación: 11+000

Anexo 3. Dependencias de la EMC 1802 San Marcos – Masatepe

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NN-224	229A	ECS	El Ostional - El Naranjo
	NN-226	6407	ECD	El Quino - Santa Cruz
	NN-226	6409	ECS	Santa Cruz - Balgue
	NN-226	6410	ECS	Balgue - San Pedro
	NN-226	6411	ECS	San Pedro - San Ramón
	NN-226	6412	ECS	San Ramón - Santa Cruz
	NN-230	2807	ECD	Ciudad Sandino - San Andrés de la Palanca
	NN-230	2808	ECS	San Andrés de la Palanca - Mateare
	NN-231	2804	ECS	Nagarote - Colonia René Shick
	NN-232	2805	ECS	Venecia - Nagarote
	NN-234	8001	ECS	La Paz Centro -Amatitán - León
	NN-236	2205	ECS	Emp. Pta Geot- Pta Geot (Puesto de Control El Boquerón)

Nota. Adaptado de *Anuario de Aforos de Tráfico año 2020* (p. 59), por Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), 2021.

Anexo 4. Factores de ajuste EMC – 1802 San Marcos – Masatepe

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,34	1,29	1,18	1,25	1,23	1,14	1,38	1,15	1,20	1,21	1,00	1,32	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor Semana	0,95	0,96	1,00	0,97	0,92	0,93	0,89	0,91	0,83	0,86	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89
Factor Fin de Semana	1,15	1,11	0,99	1,08	1,30	1,22	1,44	1,33	2,07	1,68	1,00	1,69	1,00	1,00	1,00	1,00	1,48
Factor Expansión a TPDA	1,15	1,15	1,35	1,13	1,20	1,23	1,16	1,15	1,04	1,27	1,00	1,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,88

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Factores de ajuste
utilizados FD, FE

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,33	1,19	1,24	1,28	1,25	1,36	1,20	1,26	1,20	1,00	1,38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09
Factor Semana	0,98	1,06	1,10	1,03	0,94	0,91	0,89	0,92	0,85	0,88	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85
Factor Fin de Semana	1,05	0,87	0,81	0,93	1,19	1,33	1,43	1,30	1,78	1,51	1,00	1,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,82
Factor Expansión a TPDA	1,02	0,99	0,95	1,00	1,02	0,89	1,01	0,97	1,01	1,01	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansión a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Nota. Adaptado de *Anuario de Aforos de Tráfico año 2020* (p. 385), por Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), 2021.

Anexo 5. Histórico del TPDA EMC 1802 San Marcos - Masatepe

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmba.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
127	NIC-18A	1802	EMC	San Marcos - Masatepe	2020	5661	1294	278	884	344	93	143	410	165	43		69					8	9.392
					2019	5213	1344	310	957	397	96	158	387	172	50		85					9	9.178
					2018	5167	1548	319	1032	386	98	159	431	205	54		93					7	9.499
					2017	4638	1379	346	1068	395	88	158	391	221	60		152			1		11	8.908
					2016	3942	1453	430	1165	423	94	163	421	272	45		81					11	8.500
					2015	3372	1291	370	993	388	85	161	382	235	36		80					9	7.402
					2014	3176	1151	348	936	320	75	145	369	240	41		69					13	6.883
					2013	2691	1161	319	875	318	86	145	351	187	25		52					11	6.221
					2012	2789	1084	357	895	341	72	130	347	230	24	2	44				1	8	6.324
					2011	1971	978	309	803	322	60	139	286	195	27		35					7	5.132
					2010	1501	1076	336	843	356	82	154	290	214	36		40					8	4.936
					2009	1326	1068	363	885	340	76	164	323	258	34		42					8	4.887
					2008	1056	944	327	917	349	78	175	335	270	42		46			1	1	13	4.554
					2004	288	814	305	1012	281	72	213	321	241	14		37			0		8	3.608
					2002	234	827	388	1113	260	61	190	223	237	25		31			1		13	3.602
					1999	224	585	287	938	142	66	196	208	150	34		21			2		17	2.871
					1997	184	500	234	746	18	69	169	91	206	18		13					12	2.260
					Liv. 8117		Pasaj. 580		Pesado 695														
					86%		6%		7%														

Nota. Adaptado de *Anuario de Aforos de Tráfico año 2020* (p. 155), por Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), 2021.

Anexo 6. Tasas de crecimiento en estaciones de mayor cobertura (EMC)

N°	CODIGO NIC	EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TASAS										
				2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	NIC-1	101B	Zona Franca - La Garita	2.08%	0.70%	1.90%	2.31%	2.42%	3.34%	4.53%	4.92%	3.40%	2.66%	2.95%
2	NIC-1	107	Sébaco - Emp. San Isidro	3.04%	4.59%	4.75%	4.60%	4.79%	5.16%	5.66%	6.35%	5.56%	5.44%	5.49%
3	NIC-2	200	Entrada al INCAE - El Crucero	2.52%	4.14%	4.30%	4.07%	4.54%	4.90%	5.10%	5.17%	4.34%	4.59%	4.39%
4	NIC-3	300	Sébaco - Quebrada Honda	4.94%	4.27%	4.83%	4.30%	4.68%	5.35%	6.13%	5.54%	5.31%	5.13%	5.15%
5	NIC-4	401	Masaya - Granada	0.04%	2.42%	2.51%	3.44%	2.90%	3.80%	4.60%	4.65%	4.20%	3.51%	3.01%
6	NIC-7	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	5.73%	5.10%	5.40%	5.28%	5.00%	5.36%	5.49%	6.17%	5.24%	5.04%	2.76%
7	NIC-12A	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	4.73%	5.10%	5.47%	5.47%	4.51%	5.72%	6.01%	5.56%	5.16%	4.97%	4.79%
8	NIC-18A	1802	San Marcos - Masatepe	5.36%	5.49%	7.55%	6.49%	6.90%	6.96%	7.59%	7.38%	7.32%	6.57%	6.74%
9	NIC-24A	2404	Chinandega - Corinto	3.73%	6.72%	8.60%	7.97%	8.14%	9.12%	8.99%	8.90%	7.60%	8.89%	8.23%
10	NIC-24B	2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	-	8.68%	7.68%	7.39%	7.60%	7.67%	7.33%	6.78%	6.44%	6.07%	5.69%
11	NIC-28	2803	Nagarote - La Paz Centro	1.43%	4.56%	5.07%	4.65%	5.10%	4.04%	4.22%	4.58%	3.09%	2.69%	3.05%
TASA PONDERADA POR AÑO				3.36%	4.71%	5.28%	5.09%	5.14%	5.58%	5.97%	6.00%	5.24%	5.05%	4.75%

Nota. Adaptado de *Anuario de Aforos de Tráfico año 2020* (p. 24), por Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI), 2021.

Anexo 7. Reporte de costos de operación vehicular (COV) escenario “sin proyecto” RED - HDM-4 VOC

Coeficientes de Costos Operativos de Vehículo en Función de la Rugosidad

			VOC (\$/veh-km) en Función de la Rugosidad (IRI)				Columnas para Chequear Relaciones		
			VOC = a0 + a1*IRI + a2*IRI^2 + a3*IRI^3				VOC para IRI =	VOC para IRI =	VOC para IRI =
			a0	a1	a2	a3	16.0	0.0	0.0
							(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)
BZ1	Terreno: B	Automóvil Mediano	0.237284	0.005165	0.000049	0.000000	0.333	0.237	0.237
BZ2	Ondulado	Vehículo de Carga	0.293484	0.012904	0.000443	-0.000015	0.552	0.293	0.293
BZ3		Autobús Liviano	0.387446	0.012405	0.000349	-0.000011	0.632	0.387	0.387
BZ4	Camino: Z	Autobús Mediano	0.505670	0.019653	0.000518	-0.000017	0.884	0.506	0.506
BZ5	Tierra	Autobús Pesado	0.578321	0.023116	0.000289	-0.000004	1.006	0.578	0.578
BZ6		Camión Liviano	0.349782	0.013663	0.000282	-0.000008	0.607	0.350	0.350
BZ7		Camión Mediano	0.525383	0.020385	0.000572	-0.000015	0.935	0.525	0.525
BZ8		Vehículos con Tracción e	0.242253	0.011443	0.000353	-0.000012	0.465	0.242	0.242
BZ9		Motocicleta	0.034125	0.001319	0.000005	0.000000	0.056	0.034	0.034

Nota. Extraído del RED - HDM-4 VOC (versión 3.2), por Banco Mundial (BM), 2004.

Camino no
pavimentado

Anexo 8. Reporte de costos de operación vehicular (COV) escenario “con proyecto” RED - HDM-4 VOC

Coeficientes de Costos Operativos de Vehículo en Función de la Rugosidad

			VOC (\$/veh-km) en Función de la Rugosidad (IRI)				Columnas para Chequear Relaciones		
			VOC = a0 + a1*IRI + a2*IRI^2 + a3*IRI^3				VOC para IRI =	VOC para IRI =	VOC para IRI =
			a0	a1	a2	a3	2.5	3.0	4.0
							(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)
BX1	Terreno: B	Automóvil Mediano	0.204118	0.001833	0.000246	-0.000003	0.210	0.212	0.215
BX2	Ondulado	Vehículo de Carga	0.265023	0.009350	0.000597	-0.000017	0.292	0.298	0.311
BX3		Autobús Liviano	0.328226	0.007827	0.000651	-0.000015	0.352	0.357	0.369
BX4	Camino: X	Autobús Mediano	0.426101	0.013582	0.000898	-0.000023	0.465	0.474	0.493
BX5	Pavimento	Autobús Pesado	0.500173	0.013335	0.000809	-0.000014	0.538	0.547	0.566
BX6		Camión Liviano	0.298343	0.008936	0.000486	-0.000011	0.324	0.329	0.341
BX7		Camión Mediano	0.464014	0.015129	0.000697	-0.000016	0.506	0.515	0.535
BX8		Vehículos con Tracción e	0.213465	0.008291	0.000524	-0.000015	0.237	0.243	0.254
BX9		Motocicleta	0.030876	0.000868	0.000004	0.000000	0.033	0.034	0.034

Nota. Extraído del RED - HDM-4 VOC (versión 3.2), por Banco Mundial (BM), 2004.



Anexo 9. Reporte de velocidades escenario “sin proyecto” RED - HDM-4 VOC

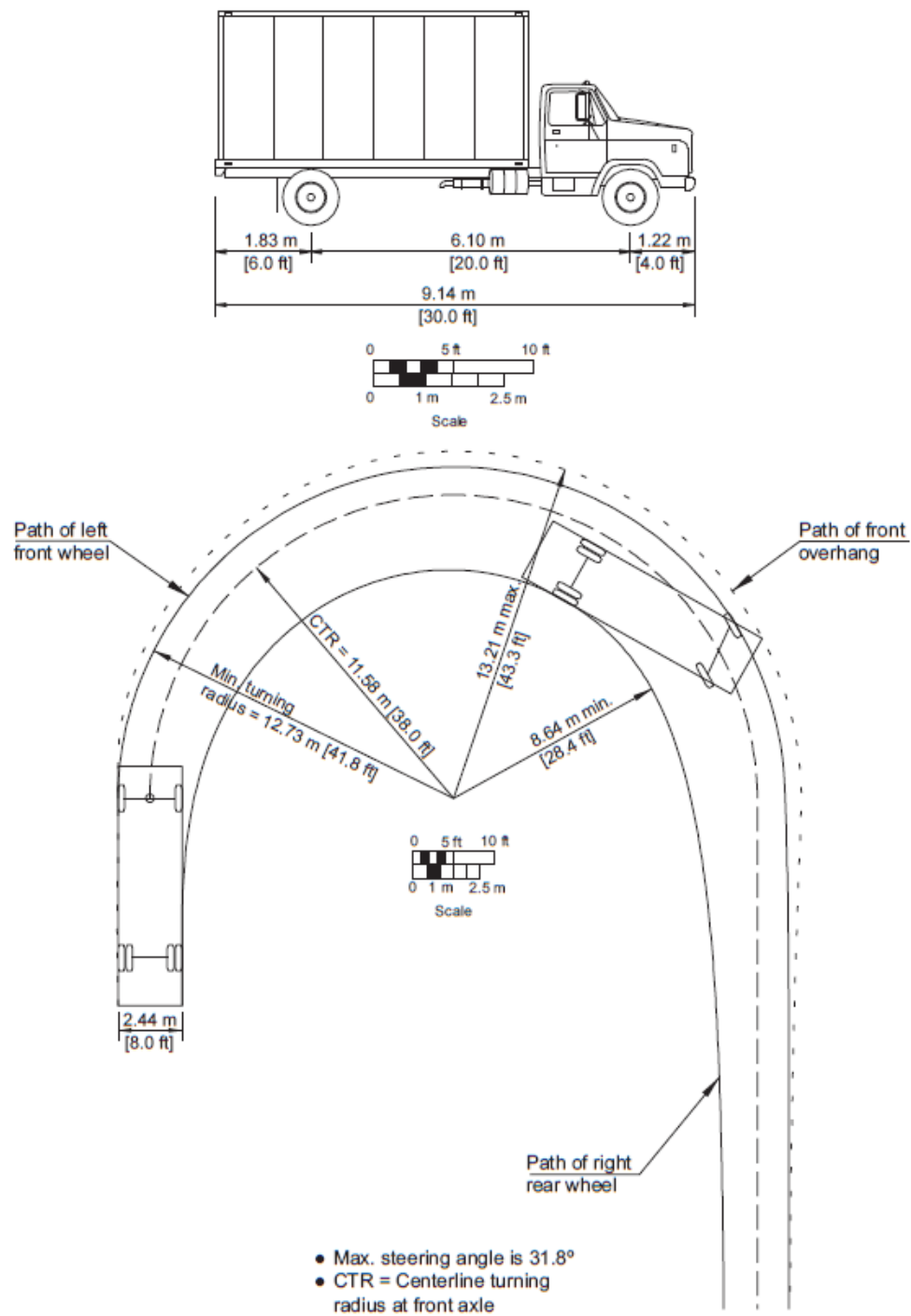
Coeficientes de Velocidades de Vehículo en Función de la Rugosidad

			Velocidades (km/hr) en Función de la Rugosidad (IRI)				Columnas para Chequear Relaciones		
			Velocidad = $b_0 + b_1*IRI + b_2*IRI^2 + b_3*IRI^3$				Vel. para IRI =	Vel. para IRI =	Vel. para IRI =
			b0	b1	b2	b3	16.0	0.0	0.0
							(km/hora)	(km/hora)	(km/hora)
BZ1	Terreno: B Camino: Z	Automóvil Mediano	27.215536	-0.112964	0.016764	-0.000745	26.6	27.22	27.22
BZ2		Vehículo de Carga	27.203216	-0.109496	0.016714	-0.000763	26.6	27.20	27.20
BZ3		Autobús Liviano	26.967214	-0.008429	0.005658	-0.000509	26.2	26.97	26.97
BZ4		Autobús Mediano	26.963193	-0.008260	0.005574	-0.000506	26.2	26.96	26.96
BZ5		Autobús Pesado	27.370860	-0.197986	0.028712	-0.001200	26.6	27.37	27.37
BZ6		Camión Liviano	26.946867	-0.006248	0.004969	-0.000488	26.1	26.95	26.95
BZ7		Camión Mediano	27.112992	-0.073425	0.012730	-0.000671	26.4	27.11	27.11
BZ8		Vehículos con Tracción e	27.203881	-0.109634	0.016739	-0.000764	26.6	27.20	27.20
BZ9		Motocicleta	27.214816	-0.112917	0.016748	-0.000744	26.6	27.21	27.21

Nota. Extraído del RED - HDM-4 VOC (versión 3.2), por Banco Mundial (BM), 2004.

Camino no
pavimentado

Anexo 10. Mínima trayectoria de giro para vehículo de diseño SU-9



Nota. Adaptado de *Guía de Diseño Geométrico de Carreteras* (p. 66), por American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011.

Anexo 11. SN requerido Pavimento de mezcla asfáltica

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 15890 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN **W18 = 270000**
☐ Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.99

Calcular Salir

Nota. Extraído del Software Ecuación AASHTO 93, desarrollado por Ing. Luis Ricardo Vázquez Valera, Universidad Nacional de Colombia.

Anexo 12. SN requerido Pavimento de adoquines

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 85 % $Z_r = -1.037$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 15890 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN **W18 = 252000**
☐ Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.97

Calcular Salir

Nota. Extraído del Software Ecuación AASHTO 93, desarrollado por Ing. Luis Ricardo Vázquez Valera, Universidad Nacional de Colombia.

Anexo 13. Espesor de losa Pavimento de concreto hidráulico

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☐ Pavimento flexible ☒ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
85 % $Z_r = -1.037$ So 0.39

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.5 PSI final 2

Módulo de reacción de la subrasante
k 600 pci

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	4400000	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	2.7
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	650	Coefficiente de drenaje - (Cd)	1

Tipo de Análisis
☒ Calcular D **W18 =** 253000
☐ Calcular W18

Espesor de losa (plg)
D = 2.6

Calcular Salir

Nota. Extraído del Software Ecuación AASHTO 93, desarrollado por Ing. Luis Ricardo Vázquez Valera, Universidad Nacional de Colombia.

Anexo 14. Análisis de sensibilidad (+10% Costos de Construcción)

ALTERNATIVA 1. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		216,481	241,464	269,411	300,683	335,681	374,856	418,715	467,828	522,831	584,443	653,468	730,810	817,483	914,628	1,023,523	1,145,607	1,282,494	1,435,997	1,608,154	1,801,253
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		17,472	19,618	22,028	24,736	27,777	31,193	35,031	39,343	44,188	49,631	55,746	62,618	70,339	79,015	88,764	99,720	112,031	125,867	141,416	158,891
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079
Gastos de mantenimiento		31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659
Inversión total	6,671,922.91																				
Flujo neto socio-económico	(6,671,922.91)	265,090	292,218	322,576	356,555	415,117	437,186	484,883	538,307	598,156	685,733	740,351	824,564	918,959	#####	1,163,946	1,276,463	1,425,661	1,593,000	1,780,706	2,011,803
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(209,681.11)																				
TIR	7.70%																				
R B/C	0.97																				

ALTERNATIVA 2. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		213,645	238,304	265,889	296,756	331,301	369,969	413,262	461,741	516,036	576,855	644,992	721,341	806,902	902,800	1,010,301	1,130,823	1,265,959	1,417,502	1,587,462	1,778,099
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		16,243	18,260	20,529	23,080	25,949	29,175	32,802	36,881	41,468	46,626	52,427	58,950	66,286	74,537	83,815	94,250	105,985	119,183	134,027	150,721
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554
Gastos de mantenimiento		1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)
Inversión total	14,652,620.57																				
Flujo neto socio-económico	(14,652,620.57)	231,659	258,335	288,189	321,607	352,384	400,915	447,835	500,393	559,275	618,616	699,190	782,062	874,959	979,108	1,089,251	1,226,843	1,373,715	1,538,456	1,723,260	1,923,955
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(8,625,696.91)																				
TIR	0.72%																				
R B/C	0.41																				

ALTERNATIVA 3. PAVIMENTO DE ADOQUINES

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		207,749	231,733	258,566	288,592	322,197	359,815	401,932	449,097	501,921	561,094	627,389	701,676	784,929	878,244	982,851	1,100,132	1,231,639	1,379,116	1,544,520	1,730,052
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		14,804	16,642	18,709	21,033	23,646	26,584	29,888	33,604	37,781	42,479	47,763	53,704	60,384	67,898	76,347	85,849	96,535	108,553	122,069	137,270
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567
Gastos de mantenimiento		20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)
Inversión total	5,452,512.67																				
Flujo neto socio-económico	(5,452,512.67)	242,947	268,770	297,669	330,019	330,990	406,793	452,215	503,094	560,096	588,720	695,546	775,774	865,708	966,536	1,044,345	1,206,376	1,348,569	1,508,063	1,686,983	1,852,468
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	517,223.00																				
TIR	8.86%																				
R B/C	1.10																				

Anexo 15. Análisis de sensibilidad (-10% Beneficios)

ALTERNATIVA 1. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		194,833	217,317	242,470	270,615	302,113	337,370	376,844	421,045	470,548	525,999	588,121	657,729	735,735	823,165	921,171	1,031,046	1,154,244	1,292,397	1,447,339	1,621,128
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		15,725	17,656	19,825	22,262	24,999	28,074	31,528	35,409	39,769	44,668	50,172	56,356	63,305	71,113	79,888	89,748	100,828	113,280	127,274	143,002
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079
Gastos de mantenimiento		31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659
Inversión total	6,081,162.26																				
Flujo neto socio-económico	(6,081,162.26)	241,695	266,110	293,432	324,013	378,771	396,581	439,508	487,590	541,454	622,326	669,430	745,221	830,176	925,415	1,052,718	1,151,930	1,286,209	1,436,814	1,605,749	1,815,789
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(231,139.87)																				
TIR	7.64%																				
R B/C	0.96																				

ALTERNATIVA 2. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		192,281	214,473	239,300	267,080	298,170	332,972	371,936	415,567	464,433	519,170	580,493	649,207	726,211	812,520	909,271	1,017,740	1,139,363	1,275,752	1,428,716	1,600,289
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		14,618	16,434	18,476	20,772	23,354	26,257	29,522	33,193	37,321	41,964	47,184	53,055	59,658	67,083	75,433	84,825	95,386	107,265	120,624	135,649
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554
Gastos de mantenimiento		1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)
Inversión total	13,336,341.95																				
Flujo neto socio-económico	(13,336,341.95)	208,670	232,678	259,547	289,623	316,659	361,001	403,229	450,531	503,525	556,268	629,448	704,033	787,640	881,374	979,839	1,104,336	1,236,521	1,384,787	1,551,111	1,731,073
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(7,911,482.62)																				
TIR	0.64%																				
R B/C	0.41																				

ALTERNATIVA 3. PAVIMENTO DE ADOQUINES

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		186,974	208,560	232,710	259,733	289,977	323,833	361,739	404,187	451,729	504,984	564,650	631,508	706,436	790,420	884,566	990,119	1,108,475	1,241,204	1,390,068	1,557,047
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		13,323	14,978	16,838	18,929	21,281	23,926	26,899	30,243	34,003	38,232	42,986	48,333	54,346	61,108	68,712	77,264	86,882	97,698	109,862	123,543
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567
Gastos de mantenimiento		20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)
Inversión total	4,972,607.49																				
Flujo neto socio-económico	(4,972,607.49)	220,691	243,932	269,942	299,057	296,406	368,153	409,033	454,824	506,126	528,363	628,031	700,236	781,177	871,922	938,425	1,087,778	1,215,751	1,359,296	1,520,324	1,665,736
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	414,279.18																				
TIR	8.76%																				
R B/C	1.09																				

Anexo 16. Análisis de sensibilidad (+10% Costos de Construcción, -10% Beneficios)

ALTERNATIVA 1. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		194,833	217,317	242,470	270,615	302,113	337,370	376,844	421,045	470,548	525,999	588,121	657,729	735,735	823,165	921,171	1,031,046	1,154,244	1,292,397	1,447,339	1,621,128
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		15,725	17,656	19,825	22,262	24,999	28,074	31,528	35,409	39,769	44,668	50,172	56,356	63,305	71,113	79,888	89,748	100,828	113,280	127,274	143,002
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079	44,833	44,833	44,833	44,833	178,079
Gastos de mantenimiento		31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659	31,136	31,136	31,136	31,136	51,659
Inversión total	6,671,922.91																				
Flujo neto socio-económico	(6,671,922.91)	241,695	266,110	293,432	324,013	378,771	396,581	439,508	487,590	541,454	622,326	669,430	745,221	830,176	925,415	1,052,718	1,151,930	1,286,209	1,436,814	1,605,749	1,815,789
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(821,900.53)																				
TIR	6.79%																				
R B/C	0.87																				

ALTERNATIVA 2. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		192,281	214,473	239,300	267,080	298,170	332,972	371,936	415,567	464,433	519,170	580,493	649,207	726,211	812,520	909,271	1,017,740	1,139,363	1,275,752	1,428,716	1,600,289
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		14,618	16,434	18,476	20,772	23,354	26,257	29,522	33,193	37,321	41,964	47,184	53,055	59,658	67,083	75,433	84,825	95,386	107,265	120,624	135,649
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554	15,467	15,467	15,467	15,467	121,554
Gastos de mantenimiento		1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)	1,771	1,771	1,771	1,771	(4,865)
Inversión total	14,652,620.57																				
Flujo neto socio-económico	(14,652,620.57)	208,670	232,678	259,547	289,623	316,659	361,001	403,229	450,531	503,525	556,268	629,448	704,033	787,640	881,374	979,839	1,104,336	1,236,521	1,384,787	1,551,111	1,731,073
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(9,227,761.25)																				
TIR	-0.04%																				
R B/C	0.37																				

ALTERNATIVA 3. PAVIMENTO DE ADOQUINES

	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
Beneficios por tráfico normal (BLR)		186,974	208,560	232,710	259,733	289,977	323,833	361,739	404,187	451,729	504,984	564,650	631,508	706,436	790,420	884,566	990,119	1,108,475	1,241,204	1,390,068	1,557,047
Beneficios por tráfico generado (BA+C)		13,323	14,978	16,838	18,929	21,281	23,926	26,899	30,243	34,003	38,232	42,986	48,333	54,346	61,108	68,712	77,264	86,882	97,698	109,862	123,543
Gastos de mantenimiento "sin proyecto"		13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420	13,696	13,696	13,696	13,696	126,420
Gastos de mantenimiento "con proyecto"		34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567	34,091	34,091	34,091	34,091	111,567
Gastos de mantenimiento		20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)	20,394	20,394	20,394	20,394	(14,853)
Inversión total	5,452,512.67																				
Flujo neto socio-económico	(5,452,512.67)	220,691	243,932	269,942	299,057	296,406	368,153	409,033	454,824	506,126	528,363	628,031	700,236	781,177	871,922	938,425	1,087,778	1,215,751	1,359,296	1,520,324	1,665,736
Tasa social de descuento	8.00%																				
VAN	(65,626.00)																				
TIR	7.89%																				
R B/C	0.99																				