



DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v7i12.0288>

GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LA VÍA DE ACCESO A SAN JUAN DEL CANTÓN MANTA-ECUADOR A TRAVÉS DEL SISTEMA HDM-4

CONSERVATION MANAGEMENT OF THE ACCESS ROAD TO SAN JUAN OF THE MANTA-ECUADOR CANTON THROUGH THE HDM-4 SYSTEM

Zambrano-Bastidas Carolina Elizabeth ¹; Villacreses-Viteri Carlos Gustavo Fredy ²

¹ Ingeniero Civil, Estudiante de la Maestría Académica con Trayectoria Profesional en Ingeniería Civil, Mención Vialidad, Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: czambrano5662@utm.edu.ec.

² Ingeniero Civil, Magister en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales, Profesor Principal 1, medio tiempo del Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: carlos.villacreses@utm.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8276-1783>

Resumen

La ciudad de Manta tiene una ubicación estratégica dentro de la provincia de Manabí, por lo que el desarrollo económico, social y productivo que ha experimentado la urbe debe ir acompañado de una buena gestión, mantenimiento y restauración de la red vial. No obstante, se ha establecido que el 60,72% del sistema vial de la ciudad tiene un estado regular y un 19,69% presenta un mal estado. El objetivo de la investigación es establecer un plan estratégico para la conservación en la vía de acceso a San Juan del cantón Manta empleando el sistema HDM-4. El abordaje metodológico se define como descriptivo y aplicativo, debido a que la investigación permitió definir soluciones o estrategias para la conservación de la vía. Se aplicó el método no experimental mediante una investigación de campo. El instrumento utilizado (HDM-4) permitió analizar las diferentes alternativas en la gestión de la conservación de la vía. El procedimiento consistió en levantar información in situ, revisión de las estadísticas referentes al conteo vehicular, diagnóstico del estado de la misma, propuesta de estrategias y alternativas para su conservación. Finalmente, la ejecución de la investigación permitió el mejoramiento de las condiciones de la vía de ingreso al sitio San Juan, esto debido a la adecuada gestión para su conservación mediante la herramienta informática HDM-4.

Palabras claves: Red vial, herramienta HDM-4, proyecto vial, restauración.

Abstract

The city of Manta is strategically located within the province of Manabí, so the economic, social, and productive development that the city has experienced must be accompanied by good management, maintenance, and restoration of the road network. However, it has been established that 60.72% of the city's road system is in fair condition and 19.69% is in poor condition. The objective of the research is to establish a strategic plan for the conservation of the access road to San Juan in the canton of Manta based on the HDM-4 system. The methodological approach is defined as descriptive and applicative, because the research allowed defining solutions or strategies for the conservation of the road. The non-experimental method was applied through field research. The instrument used (HDM-4) made it possible to analyze the different alternatives in the management of road conservation. The procedure consisted of gathering information in situ, reviewing statistics on vehicle counts, diagnosing the condition of the road, and proposing strategies and alternatives for road maintenance. Finally, the execution of the research allowed the improvement of the road conditions at the entrance to the San Juan site, due to the adequate management of the road maintenance by means of the HDM-4 computer tool.

Keywords: Road network, HDM-4 tool, road project, restoration.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 05 de octubre de 2022.

Fecha de aceptación: 04 de enero de 2023.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2023.





1. Introducción

El desarrollo económico, social y productivo de un territorio está vinculado con los sistemas de movilidad y transporte, los cuales deben ser gestionados oportunamente por los organismos gubernamentales competentes. Este crecimiento acelerado conlleva al desgaste de la red vial por el incremento del tráfico vehicular, denotándose que en algunas ocasiones escasas intervenciones de mantenimiento o en otras ocasiones se deja en abandono, y por lo tanto la vía se destruye, requiriendo su reconstrucción total para su funcionamiento adecuado. Esta situación se produce, sin que la vía cumpla con su período de vida útil, a un costo mucho mayor que el que se hubiese requerido en las actividades de mantenimiento (Montoya-Alcaraz et al., 2020).

La ciudad de Manta está ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador y cuenta con una longitud vial de 80,41 km, en donde predomina la superficie de rodadura de tierra (41,71 km), seguido de lastre (18,36 km), pavimento flexible (14,7 km) y pavimento rígido (5,64 km). Además,

se ha determinado que el 60,72% del sistema vial tiene un estado regular y un 19,69% presenta un mal estado (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, Plan de Desarrollo Vial Integral de la provincia de Manabí, 2019). El alto índice de vías en mal estado que se observa en Manta, corresponde a la poca actividad de su conservación y fundamentalmente por la falta de procedimientos para gestionar adecuadamente esta conservación, puesto que un 70% de la red vial requiere rehabilitación, mientras que un 7,7% necesita mantenimiento periódico, y el 22,3% se encuentran en buen estado. Con esto se pone en evidencia las afectaciones en la movilidad del tránsito vehicular dentro de una ciudad que tiene un alto nivel de desarrollo turístico, comercial, industrial y empresarial en sus zonas urbanas.

Se conoce que los procesos inherentes a la conservación vial pueden gestionarse mediante sistemas informáticos que aporten beneficios como la disminución del costo de las actividades de mantenimiento y la toma de decisiones más oportunas (Demie et



al., 2020; Priyanka & Priya, 2019). En este sentido, el sistema HDM-4 es una herramienta que permite analizar, planificar, gestionar y evaluar el mantenimiento de la red vial bajo un enfoque sostenible desde la arista técnica y económica (Bannour et al., 2021; Chopra et al., 2017). Por lo tanto, la presente investigación tiene como finalidad de efectuar acciones para poder programar la gestión de la conservación de la vía de acceso a la población de San Juan del cantón Manta- Ecuador a través del sistema HDM-4.

Ante esto, es importante subrayar que el patrimonio vial del cantón Manta ha aumentado progresivamente, por lo que se pone de manifiesto la complejidad de la red, y por ende, la necesidad de disponer de un sistema para su gestión, capaz de manejar toda la información necesaria sobre el estado de las vías de una manera confiable, con el propósito de establecer estrategias, prioridades, para poder distribuir los recursos, para la corrección oportuna de los daños que se presentan en la vía de acceso a la población de San Juan del cantón Manta.

Consecuentemente, la presente investigación tiene como objetivo establecer un plan estratégico para la conservación en la vía de acceso a San Juan del cantón Manta a partir del programa HDM-4.

2. Metodología

2.1. Tipo de investigación

La investigación se sustenta en un estudio de tipo descriptivo y aplicativo, debido a que permitió definir soluciones o estrategias para la conservación de la vía de acceso a San Juan del cantón Manta, Ecuador. Además, se aplicó una investigación con enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), de manera que se obtuvieron datos numéricos y teóricos acerca del estado actual y las soluciones estratégicas para gestionar la conservación de dicha vía.

2.2. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación.

Se aplicó el método no experimental mediante una investigación de campo. El instrumento utilizado (herramienta HDM-4) permitió analizar las diferentes alternativas en la gestión de la conservación de la



vía de acceso a San Juan del cantón Manta, Ecuador.

El HDM-4 (Highway Development and Management system) es una aplicación computacional, que se ha desarrollado como parte de un esfuerzo del Banco Mundial, el Banco Asiático de Desarrollo, el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido, la Administración Nacional de Carreteras de Suecia y el TRRL (Transport and Road Research Laboratory), para ayudar a los países en vías de desarrollo a planear y mejorar las condiciones de la infraestructura vial. Como antecedentes directos se puede encontrar al HDM-III (Highway Maintenance and Design) desarrollado por el MIT en colaboración con el Banco Mundial, y el RTIM 3 (Road Transport Investment Model), desarrollado en base a investigaciones hechas en países en vías de desarrollo por el TRRL.

El programa considera cuatro módulos:

En el primer módulo se introdujeron los datos iniciales, para lo cual fue necesario realizar un inventario de la

red y cuantificar los deterioros existentes.

En el segundo módulo se evaluó el nivel de daños en la red vial y sus efectos, utilizando los siguientes modelos:

- Deterioro de la red vial, a partir de la predicción del daño que puede ocurrir en la vía.
- Consecuencias de las actuaciones, con la implementación de las estrategias de prevención y sus costos.
- Consecuencias sobre los usuarios, en función de los costos de circulación vehicular, seguridad y tiempo de viaje.
- Consecuencias sociales y ambientales. Estimación de los efectos de la contaminación acústica, emisiones, consumo energético e índice de accidentalidad.

En el tercer módulo se realizó un análisis económico de las alternativas de conservación propuestas.

Finalmente, el cuarto módulo muestra los resultados con informes



de los costos económicos de las alternativas analizadas.

2.3. Procedimiento de obtención de la información en HDM-4

- El levantamiento de información se realizó in situ, elaborando un inventario vial y estudios de tráfico. Esta información se obtuvo a partir de recorridos en la vía de acceso a San Juan del cantón Manta, realizando estimaciones para establecer las dimensiones de esta red vial.
- Se revisaron los datos estadísticos acerca del conteo vehicular realizado por el GAD Municipal de Manta y del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.
- Se ejecutó un diagnóstico del estado de la vía en mención.
- Se propusieron estrategias que permiten mejorar la transitabilidad de la vía analizada.
- Se plantearon alternativas para la conservación de la vía de acceso a San Juan del cantón Manta, en función de diferentes presupuestos.

2.4. Procesamiento y análisis de datos en HDM-4

Sistematizando la información técnica recabada tanto de fuentes primarias como secundarias, observamos que la gestión de mantenimiento de vías basadas en el modelo HDM-4, tiene mucha importancia porque es un programa computacional de simulación del comportamiento de la vía en su periodo de explotación o funcionamiento, que nos ayuda a predecir con bastante certeza el deterioro de la vía en el periodo de su vida útil debido a factores medioambientales, seguridad vial, congestión de tránsito, cambio de tipos de vehículos que circulan y de frecuencias ante lo proyectado, lo que nos permite efectuar un análisis técnico y económico que nos conduzca a determinar lineamientos para su mantenimiento y rehabilitación.



3. Estrategias a definir con el resultado de HDM-4

3.1. Descripción del tramo vial obtenida en HDM-4

El cantón Manta cuenta con una importante red vial que conecta diferentes zonas de la urbe de esta ciudad puerto.

La Constitución de la República del Ecuador, Capítulo IV, Régimen de Competencias, determina en su Artículo 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: numeral 3. Planificar, construir y mantener la vialidad urbana.

El Código Orgánico de Organización Territorial – COOTAD, Art 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley.

Por lo consiguiente, de acuerdo a la categorización general determinada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), la red vial cantonal es el conjunto de vías urbanas e inter parroquiales administradas por cada uno de los Consejos Municipales.

El tramo vial objeto de estudio se encuentra en la zona sureste de la Ciudad de Manta, ingresando por la vía circunvalación tramo II a la altura del barrio San Antonio hasta el cruce de Poliducto Manta - Monteverde en la Parroquia Tarqui del cantón Manta, es decir Vía Circunvalación en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto). La vía proyectada es una vía existente que se encuentra a nivel de carpeta asfáltica, pero en estado totalmente deteriorado, y en la actualidad en proceso de reconstrucción a nivel de carpeta asfáltica. En la figura 1 se observa la localización de la infraestructura vial mencionada.

Figura 1. Vía principal de ingreso al sitio San Juan de Manta desde vía Circunvalación en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto) de la parroquia Manta.



3.1.1. Sector y tipo de vialidad

Conservación de la vía de acceso a San Juan del cantón Manta- Ecuador a través del programa HDM-4

Sector: Vialidad y Transporte.

Tipo de inversión: Infraestructura.

Cobertura: Local.

Construcción: Vía de dos carriles en San Juan.

3.2. Monto de inversión en la construcción

El estudio de la vía fue realizado por Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Manta, y para la construcción de la obra se celebró un Convenio de Competencias de Gestión Concurrente con el Gobierno Provincial de Manabí.

El monto contractual de inversión para la restauración y conservación



de la vía es \$ 1.214.016,57 dólares de los Estados Unidos de América.

El plazo de ejecución para la pavimentación de vía principal de ingreso al sitio San Juan de Manta desde vía Circunvalación en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto) de la parroquia Manta es de 180 días.

3.3. Diagnóstico

3.3.1. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto

El proyecto de pavimentación de la vía principal de ingreso al sitio San Juan de Manta desde vía circunvalación en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto) de la Parroquia Manta, es una vía que inicia desde su intersección con la vía Circunvalación (E15 Troncal del Pacífico) y conecta con el centro de la ciudad Manta.

El área de influencia del proyecto vial permite beneficiar aproximadamente a un 35.77%, porcentaje significativo de habitantes de las parroquias urbanas Tarqui y Manta.

3.3.2. Identificación y descripción

El sector San Juan de Manta se encuentra rodeado de pequeñas colinas con una topografía ondulada, está fuera del perímetro urbano, su importante población se dedica a trabajar en la industria y al comercio informal en la ciudad, requiriendo de su traslado diario, por lo que es de suma importancia esta vía.

3.3.3. Línea base a partir de en HDM-4

En este documento, la denominación niveles de servicio se refiere a intervalos de alguna medida del desempeño de las carreteras a los que se asignan descriptores como bueno, regular y malo. Aunque los actuales niveles de servicio reflejan de alguna manera la práctica internacional y la disponibilidad histórica de recursos, el enfoque empleado para establecer tales niveles ha sido esencialmente empírico. En este contexto, algunos actores vinculados a la operación de las carreteras federales están propugnando por la adopción de niveles de servicio en términos del IRI (Índice Internacional de Rugosidad) más estrictos, con lo cual obligan a las dependencias



responsables a evaluar la viabilidad técnica y económica de un cambio de esta naturaleza. Tomando en cuenta lo anterior, se ha desarrollado una metodología basada en el HDM-4 para analizar los efectos del cambio de niveles de servicio sobre las necesidades presupuestales y sobre el desempeño de las carreteras. Esta metodología puede resumirse como sigue:

- a) Definir un conjunto de niveles de servicio en función del IRI (Índice Internacional de Rugosidad);
- b) Utilizando un análisis de estrategias del HDM-4, obtener un programa de obra sin restricciones para un periodo de análisis congruente con los horizontes vigentes para la planeación y programación de la conservación;
- c) Ajustar el programa sin restricciones para una serie de escenarios presupuestales limitados, con la finalidad de evaluar las posibles consecuencias de una asignación insuficiente de recursos;

d) Identificar las metas de desempeño que pueden alcanzarse para cada uno de los escenarios;

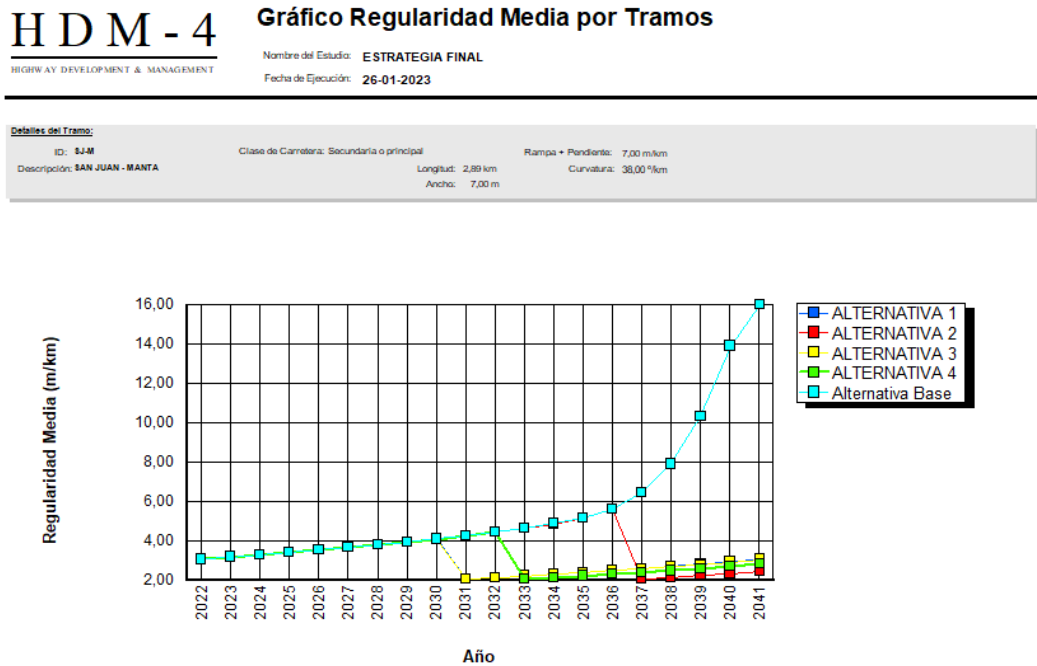
e) Repetir los pasos anteriores hasta encontrar una combinación de niveles de servicio y escenario presupuestal que sea compatible con la disponibilidad de recursos prevista por la organización y con sus objetivos relacionados con el desempeño de la red.

El uso de esta metodología se ilustra mediante un ejemplo de aplicación. Y es con la finalidad de poder ejecutar proyectos que busquen elevar la calidad de vida de las personas y mejora de la infraestructura vial de acuerdo con una adecuada utilización de los recursos, que cumplan con los niveles de servicio deseados, operatividad, economía y tiempos de viaje de los usuarios de esta vía.

3.4. Indicadores de resultado de acuerdo al análisis de alternativa del programa HDM4



Figura 2. Gráfico Regularidad Media



Nota. Elaborado por el autor por medio de la herramienta digital HDM4

3.4.1. Alternativas de mantenimiento y rehabilitación

Las alternativas de mantenimiento y rehabilitación permiten ejecutar un análisis técnico, económico, social y medio ambiental del proyecto, para poder realizar dicho análisis se aplican en el software HDM4 varias alternativas.

Generalmente se definen alternativas que permitan la comparación de estándares de mejora y conservación o ambas de ser necesario. El software HDM4 sugiere el ingreso de dos o más alternativas, la alternativa base, describe la condición actual del

estado vial, y se le asigna un estándar de conservación. En las demás alternativas podemos definir estrategias de obra como rehabilitación o conservación. Generalmente una alternativa posee un estándar de mejora, acompañado de un estándar de mantenimiento.

La alternativa base es comúnmente utilizada y contempla la inversión neta del proyecto rehabilitado y sirve para conocer el estado actual de la vía a lo largo de los años de estudio.

Las alternativas pueden ser consideradas de mantenimiento o de rehabilitación, o una que abarque mantenimiento y rehabilitación;



generalmente estas alternativas utilizan una mayor inversión relacionada al tema económico, pero cumplen con los estándares de calidad en su periodo de diseño, de esta manera se asegura la serviciabilidad de la vía. Las alternativas pueden ser de una nueva construcción, reconstrucción del firme (pavimento), con actualización de los estándares geométricos y físicos de la vía.

Por lo consiguiente, para el proyecto se ha definido las siguientes alternativas que se podría ejecutar en los plazos previstos.

Alternativa 1.

Para esta alternativa se considera la realización de las siguientes actividades en la vía: bacheo, fresado y reposición, ligante de sellado y sellado de fisuras.

Con el ingreso de la información propuesta para esta alternativa, el programa procede a modelarla y genera una programación para realizar trabajos con el propósito de brindar un mantenimiento rutinario vial, que radica en la ejecución de un bacheo con un intervalo de tiempo de 3 años, que consiste en el

proceso de reparación en pequeñas áreas fracturadas de las carpetas asfálticas, un fresado y reposición de la misma a los 8 años después de la fecha considerada como inicio del periodo de análisis de la vía, y posteriormente ubicamos un ligante de sellado que se realizará cada 10 años y luego continuamos con un sellado de fisuras a efectuarse en el año 2037.

Este planteamiento técnico es el resultado del análisis que se recoge en el Gráfico de Regularidad Media (figura 2), donde se considera un inicio de la utilización de la vía en el año 2022 con una regularidad media (m/km) IRI de 3.11 m/km, que es un valor intermedio específico para pavimentos nuevos cuyo rango es de 1.5m/km a 3.5m/km. Figura 3. Escala de Regularidad para Pavimentos (IRI - Índice Internacional de Rugosidad). Ver anexos.

El IRI antes detallado, asciende con el transcurso del tiempo a 4.00m/km en el año 2029, posterior a este se realiza un fresado y reposición de carpeta asfáltica, cuyo mantenimiento en el año 2030 desciende la Regularidad Media (m/km) IRI a 2.00 m/km, que de acuerdo a lo establecido en la tabla



antes detallada cumpliría con los rangos pertinentes para pavimentos nuevos. Para el periodo 2032 se recomienda la aplicación preventiva de un ligante de sellado, y finalmente en el año 2037 se realiza el sellado de fisuras llegando así a la regularidad media (m/km) IRI de 2.62 m/km, alcanzando a 3.12 m/km en el año 2041. Con esta propuesta logramos valores permisibles para pavimentos nuevos de acuerdo al gráfico de escala de regularidad para pavimentos (IRI), completando así el periodo de estudio mediante el programa HDM-4.

Cabe indicar que estos trabajos complementarios se definen como labores de mantenimiento rutinario que convierten a la vía un espacio seguro y confortable.

Alternativa 2.

Para esta alternativa se considera la realización de las siguientes actividades en la vía: drenaje, bacheo, fresado y reposición, rectificación, sellado de grieta y recapeo, refuerzo mezcla bituminosa densa, mejoramiento vial, refuerzo delgado, se considera el invierno y finalmente una rectificación superficial.

Con el ingreso de la información propuesta para esta alternativa, el programa modela, y una vez procesada por el mismo, genera la realización del mantenimiento al drenaje cada 2 años, un bacheo con un intervalo de tiempo de 3 años, que consiste en el proceso de reparación en pequeñas áreas fracturadas de las carpetas asfálticas, un fresado y reposición de la misma para los años 2026 y 2036, una rectificación vial programada para el año 2027, un sellado de grietas y un recapeo proyectado cada 5 años durante el periodo de análisis de la vía, adicionalmente se efectúa un refuerzo con mezcla bituminosa densa aplicable en los años 2028, 2033 y 2039, un mejoramiento vial en el año 2032, y un refuerzo delgado en los años 2033 y 2038. También se programa una conservación de invierno que consiste en la limpieza de escombros, limpieza y reparación de socavones, retirada de obstáculos y siniestros, etc. Finalmente realizamos una rectificación superficial como mejora a efectuarse en el año 2037.

Este planteamiento técnico es el resultado del análisis de acuerdo al



Gráfico de Regularidad Media (figura 2), iniciándose en el año 2022 con una Regularidad Media (m/km) IRI de 3.11 m/km, que es un valor intermedio específico para pavimentos nuevos cuyo rango es de 1.5m/km a 3.5m/km. Figura 3. Escala de Regularidad para Pavimentos (IRI - Índice Internacional de Rugosidad). Ver anexos.

El IRI antes detallado, asciende con el transcurso del tiempo a 5.89m/km en el año 2036, valor considerado como pavimento viejo de acuerdo al gráfico de escala de regularidad para pavimentos (IRI). Posterior a este se realiza un fresado y reposición mantenimiento que unificado con las demás intervenciones descritas anteriormente, provoca un descenso de la Regularidad Media (m/km) IRI a 2.00 m/km en el mismo año, así mismo que de acuerdo a lo establecido en la tabla antes detallada cumpliría con los rangos pertinentes para pavimentos nuevos. Cabe indicar que hasta finalizar el periodo de estudio se realiza la ejecución de las alternativas programadas técnicamente que hacen de la vía un espacio seguro y confortable.

Alternativa 3.

En esta alternativa se considera la realización de las siguientes actividades en la vía: drenaje, bacheo, sellado de grieta capeo, fresado y reposición.

Con el ingreso de la información propuesta para esta alternativa, el programa modela, y una vez procesada por el mismo, genera la realización de trabajos con el propósito de programar un mantenimiento rutinario vial, que radica en la ejecución del mantenimiento del drenaje cada 2 años, bacheo con un intervalo de tiempo de 3 años, que consiste en el proceso de reparación en pequeñas áreas fracturadas de las carpetas asfálticas cuando sea necesario, un sellado de grieta y recapeo cada 5 años después del inicio del periodo de análisis de la vía, y finalmente fresado y reposición de la misma cada 8 años.

Este planteamiento técnico es el resultado del análisis de acuerdo al Gráfico de Regularidad Media (figura 2), iniciándose en el año 2022 con una Regularidad Media (m/km) IRI de 3.11 m/km, que es un valor intermedio específico para



pavimentos nuevos cuyo rango es de 1.5m/km a 3.5m/km. Figura 3. Escala de Regularidad para Pavimentos (IRI - Índice Internacional de Rugosidad). Ver anexos.

El IRI antes detallado, asciende en el año 2030 con el transcurso del tiempo a 4.15 m/km, posterior a este se realiza un fresado y reposición de carpeta asfáltica, cuyo mantenimiento en el mismo año descende la regularidad media (m/km) IRI a 2.00 m/km, que de acuerdo a lo establecido en la tabla antes detallada cumpliría con los rangos pertinentes para pavimentos nuevos; cabe indicar que como se especifica inicialmente la programación de un drenaje, un bacheo y un sellado de grietas y reposición se realizan como mantenimientos rutinarios de acuerdo al tiempo de intervalo descrito. En el año 2041 la regularidad media (m/km) IRI llega a 3.12 m/km, que de acuerdo a la (Figura 3. Escala de Regularidad para pavimentos (IRI). Ver anexos), es considerado dentro del rango permisible de los pavimentos nuevos, completando así el periodo de estudio mediante el programa HDM-4.

Cabe indicar que estos trabajos complementarios se definen como labores de mantenimiento rutinario que convierten a la vía un espacio seguro y confortable.

Alternativa 4.

Para esta alternativa se considera la realización de las siguientes actividades: invierno, drenaje, bacheo, sellado de grieta y recapeo, y fresado y reposición.

Con el ingreso de la información propuesta para esta alternativa, el programa modela, y una vez procesada por el mismo, genera la realización de trabajos con el propósito de conformar un mantenimiento rutinario vial, que radica en la ejecución una conservación de invierno que consiste en la limpieza de escombros, limpieza y reparación de socavones, retirada de accidentes, etc., un drenaje cada 2 años, un bacheo con un intervalo de tiempo de 3 años, que consiste en el proceso de reparación en pequeñas áreas fracturadas de las carpetas asfálticas cuando sea necesario, un sellado de grieta y recapeo cada 5 años después del inicio del periodo de análisis de la vía y finalmente un



fresado y reposición de la misma a los 8 años después del inicio del periodo de análisis de la vía.

Este planteamiento técnico es el resultado del análisis de acuerdo al Gráfico de Regularidad Media (figura 2), iniciándose en el año 2022 con una Regularidad Media (m/km) IRI de 3.11 m/km, que es un valor intermedio específico para pavimentos nuevos cuyo rango es de 1.5m/km a 3.5m/km. Figura 3. Escala de Regularidad para Pavimentos (IRI - Índice Internacional de Rugosidad). Ver anexos.

El IRI antes detallado, se incrementa con el transcurso del tiempo a 5.89m/km en el año 2032, valor considerado como pavimento viejo de acuerdo al gráfico de escala de regularidad para pavimentos (IRI), posterior a este se realiza un fresado y reposición mantenimiento que unificado con las demás intervenciones descritas anteriormente, desciende la regularidad media (m/km) IRI a 2.00 m/km en el mismo año, así mismo que de acuerdo a lo establecido en la tabla antes detallada cumpliría con los rangos pertinentes para pavimentos nuevos. Adicionalmente con las asignaciones detalladas

anteriormente el IRI en el año 2041 llega a 2.87 m/km que de acuerdo a los rangos continúa considerándose como pavimento nuevo, estos trabajos complementarios se definen como labores de mantenimiento rutinario que hacen de la vía un espacio seguro y confortable.

3.4.2. Informe económico

El programa presenta el informe económico, el cual tiene como base los indicadores VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno). A continuación describimos los resultados del proyecto realizado en la vía principal de ingreso al sitio San Juan de Manta desde vía Circunvalación desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto) de la parroquia Manta, con el objeto de definir la viabilidad de la mejor alternativa.

Resumen de análisis económico.

Tabla 1: Autoría propia.

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	1,62	0,00	0,00	2.60	0.37	0,00	0,00	0.00	1.35
Descontados	0,62	0,00	0,00	0,36	0,04	0,00	0,00	0,00	-0,22

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	1,62	0,00	0,00	2.24	0.36	0,00	0,00	0.00	0.98
Descontados	0,31	0,00	0,00	0,27	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	1,62	0,00	0,00	2.60	0.37	0,00	0,00	0.00	1.35
Descontados	0,62	0,00	0,00	0,36	0,04	0,00	0,00	0,00	-0,22

Cuadro 1. Resumen del análisis económico

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	1,62	0,00	0,00	2.53	0.37	0,00	0,00	0.00	1.27
Descontados	0,49	0,00	0,00	0,34	0,04	0,00	0,00	0,00	-0,11

Nota. Elaborado por el autor por medio de la herramienta digital HDM4

Análisis económico

Para realizar el análisis del proyecto nos basamos en dos aspectos, el aspecto económico fundamentado en los indicadores económicos VAN

(Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno); Y en el aspecto técnico nos basamos en función de los resultados obtenidos para los niveles de la regularidad media del pavimento para las cuatro



alternativas propuestas, considerando el proyecto realizado en la vía principal de ingreso al sitio San Juan de Manta desde vía Circunvalación en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto) de la parroquia Manta.

- *Alternativa 1.*

Para esta alternativa se consideró la realización de las siguientes actividades: bacheo, fresado y reposición, ligante de sellado y sellado de fisuras.

- *Alternativa 2.*

Para esta alternativa se consideró la realización de las siguientes actividades: drenaje, bacheo, fresado y reposición, rectificación, sellado de grieta y recapeo, refuerzo mezcla bituminosa densa, mejoramiento vial, refuerzo delgado, invierno y finalmente una rectificación superficial.

- *Alternativa 3.*

En esta alternativa se consideró la realización de las siguientes actividades: drenaje, bacheo, sellado de grieta y recapeo y fresado y reposición.

- *Alternativa 4.*

Para esta alternativa se consideró la realización de las siguientes actividades: invierno, drenaje, bacheo, sellado de grieta y recapeo, y fresado y reposición.

De acuerdo a lo expuesto se evidencia que de las alternativas analizadas, la que representa mayor beneficio es la alternativa 2, por cuanto el TIR (Tasa Interna de Retorno) tiene un valor de 13.6%, porcentaje mayor a la tasa de descuento estimada generalmente.

Es decir, de acuerdo al análisis económico del flujo de costos y beneficios donde se compara la viabilidad económica entre las diferentes alternativas. Este programa también nos proporciona criterios que ayudan a la hora de tomar decisiones sobre las alternativas más adecuadas. Asimismo, el análisis económico se puede aplicar también para determinar la influencia de los estándares técnicos y las estrategias de actuación que influyen en el comportamiento del firme a lo largo de su vida útil.



Informe técnico

Para la realización de la comparación técnica, se presenta el reporte generado por HDM4, de estado anual de la carretera.

Año	TM IMD	ESAL (millones/c arril) YE4	Tipo de firme	Firme Bituminoso													Textura (mm) TD	Resistencia al deslizamiento SFC50
				Estado a final de año														
				Numero Estructura medio SNPK	Regularidad IRI (m/km) RI	Area Fisurada (%)				Área Peladuras (%) ARV	Baches		Área de rotura de borde (m ² / km ²) AEB	Roderas				
Total estructural ACA	Ancha estructural ACW	Transversal Termica ACT	Fisuración total ACRA			Número por km NPT	Área (%) APOT	Profundidad media de la rodera (mm) RDM	Desv. Est. d la rodera RDS									
2022	3078	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
2023	3158	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
2024	3240	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
2025	3324	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,45	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,45	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50
2026	3411	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,44	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21,13	1,05	0,90	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,44	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21,13	1,05	0,90	0,68	0,50



2027	3499	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,42	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26,37	1,26	1,07	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,42	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26,37	1,26	1,07	0,68	0,50
2028	3591	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,40	3,85	0,63	0,00	0,00	0,63	0,00	0	0,00	31,90	1,48	1,24	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,40	3,85	0,63	0,00	0,00	0,63	0,00	0	0,00	31,90	1,48	1,24	0,68	0,50
2029	3684	0,05		AMGB	3,40	4,00	1,79	0,00		1,79				37,71	1,69	1,41	0,67	
				AMGB	3,40	4,00	1,79	0,00		1,79					37,71	1,69	1,41	0,67
2030	3780			AMGB	3,38	4,16	4,01	0,00		4,01				43,84	1,91	1,57	0,67	
				AMAP	3,38	2,00	0,00	0,00		0,00				0,00	0,00	0,00	0,70	

Fecha de ejecución: 26-01-2023

Detalles tramo:

ID: SJ-M

Descripción: SAN JUAN - MANTA

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 2,89km

Ancho: 7,00m

Rampa + Pendiente: 7,00m/km

Curvatura: 38,00 %/km

Alternativa: ALTERNATIVA 1



2031	3878	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	3,23	0,20	0,18	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	3,23	0,20	0,18	0,68	0,50
2032	3979	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,61	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,61	0,41	0,36	0,68	0,50
2033	4083	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	10,17	0,61	0,53	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	10,17	0,61	0,53	0,68	0,50
2034	4189	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	13,91	0,82	0,71	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	13,91	0,82	0,71	0,68	0,50
2035	4299	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	17,86	1,02	0,88	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	17,86	1,02	0,88	0,68	0,50
2036	4411	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	22,01	1,23	1,05	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	22,01	1,23	1,05	0,68	0,50
2037	4526	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,62	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	26,39	1,44	1,21	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,62	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	26,39	1,44	1,21	0,67	0,50
2038	4644	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,73	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	30,99	1,64	1,37	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,73	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	30,99	1,64	1,37	0,67	0,50
2039	4765	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,57	2,84	3,49	0,00	0,00	3,49	0,00	0	0,00	35,84	1,85	1,53	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,57	2,84	3,49	0,00	0,00	3,49	0,00	0	0,00	35,84	1,85	1,53	0,67	0,50



2040	4889	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,55	2,98	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	40,95	2,07	1,69	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,55	2,98	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	40,95	2,07	1,69	0,67	0,50
2041	5017	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,50	3,12	12,23	3,61	0,00	12,23	0,00	0	0,00	46,33	2,28	1,84	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,50	3,12	12,23	3,61	0,00	12,23	0,00	0	0,00	46,33	2,28	1,84	0,67	0,50

ALTERNATIVA 2

					Firme Bituminoso													
					Estado a final de año													
Año	TM IMD	ESAL (millones/c arril) YE4		Tipo de firme	Numero Estructura medio SNPK	Regularidad IRI (m/km) RI	Area Fisurada (%)				Área Peladuras (%) ARV	Baches		Área de rotura de borde (m /km ²) AEB	Roderas		Textura (mm) TD	Resistencia al deslizamiento SFC50
							Total estructural ACA	Ancha estructural ACW	Transversal Termica ACT	Fisuración total ACRA		Número por km NPT	Área (%) APOT		Profundidad media de la rodera (mm) RDM	Desv. Est. d la rodera RDS		
2022	3078	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
2023	3158	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
2024	3240	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
2025	3324	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50



2026	3411	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21.13	1,04	0,89	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21.13	1,04	0,89	0,68	0,50
2027	3499	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,47	3,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26.37	1,25	1,06	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,47	3,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26.37	1,25	1,06	0,68	0,50
2028	3591	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,45	3,85	0,57	0,00	0,00	0,57	0,00	0	0,00	31.90	1,46	1,23	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,45	3,85	0,57	0,00	0,00	0,57	0,00	0	0,00	31.90	1,46	1,23	0,68	0,50
2029	3684	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,43	4,00	1,66	0,00	0,00	1,66	0,00	0	0,00	37.71	1,68	1,40	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,43	4,00	1,66	0,00	0,00	1,66	0,00	0	0,00	37.71	1,68	1,40	0,67	0,50
2030	3780	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,40	4,15	3,77	0,00	0,00	3,77	0,00	0	0,00	43.84	1,89	1,56	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,40	4,15	3,77	0,00	0,00	3,77	0,00	0	0,00	43.84	1,89	1,56	0,67	0,50
				AMGB	3,46	4,32	7,36	0,00		7,36				50.30	2,11	1,72	0,67	
				AMGB	3,46	4,32	7,36	0,00		7,36				50.30	2,11	1,72	0,67	
				AMGB	3,40	4,51	12,93	3,61		12,93				57.10	2,33	1,88	0,67	
				AMGB	3,40	4,51	12,93	3,61		12,93				57.10	2,33	1,88	0,67	

2033	4083	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,35	4,73	21,04	10,99	0,00	21,04	0,00	0	0,00	64.27	2,56	2,04	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,35	4,73	21,04	10,99	0,00	21,04	0,00	0	0,00	64.27	2,56	2,04	0,67	0,50



2034	4189	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,21	4,97	32,29	23,00	0,00	32,29	0,00	0	0,00	71.83	2,80	2,21	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,21	4,97	32,29	23,00	0,00	32,29	0,00	0	0,00	71.83	2,80	2,21	0,67	0,50
2035	4299	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,00	5,31	47,26	39,92	0,00	47,26	0,00	57	0,08	79.81	3,07	2,39	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,00	5,31	47,26	39,92	0,00	47,26	0,00	57	0,08	79.81	3,07	2,39	0,67	0,50
2036	4411	0,06	Antes trabajos	AMGB	2,73	5,89	63,36	60,59	0,00	63,36	0,00	167	0,24	88.23	3,38	2,59	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	2,73	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0.00	0,00	0,00	0,70	0,50
2037	4526	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,62	2,08	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	4.47	0,20	0,18	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,62	2,08	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	4.47	0,20	0,18	0,68	0,50
2038	4644	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,60	2,17	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	9.07	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,60	2,17	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	9.07	0,41	0,36	0,68	0,50
2039	4765	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,57	2,27	3,49	0,00	0,00	3,49	0,00	0	0,00	13.92	0,62	0,54	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,57	2,27	3,49	0,00	0,00	3,49	0,00	0	0,00	13.92	0,62	0,54	0,68	0,50
2040	4889	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,55	2,39	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	19.02	0,83	0,72	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,55	2,39	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	19.02	0,83	0,72	0,68	0,50
2041	5017	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,52	2,51	12,23	3,61	0,00	12,23	0,00	0	0,00	24.39	1,05	0,90	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,52	2,51	12,23	3,61	0,00	12,23	0,00	0	0,00	24.39	1,05	0,90	0,68	0,50

ALTERNATIVA 3

					Firme Bituminoso										
					Estado a final de año										
Año	TM	ESAL			Numero	Regularidad	Area Fisurada (%)			Área	Baches		Roderas		Resistencia



	IMD	(millones/c arril) YE4		Tipo de firme	Estructura medio SNPK	IRI (m/km) RI	Total estructural ACA	Ancha estructural ACW	Transversal Termica ACT	Fisuración total ACRA	Peladuras (%) ARV	Número por km NPT	Área (%) APOT	Área de rotura de borde (m /km ²) AEB	Profundidad media de la rodera (mm) RDM	Desv. Est. d la rodera RDS	Textura (mm) TD	al deslizamiento SFC50
2022	3078	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3.11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2.66	0,21	0,19	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2.66	0,21	0,19	0,68	0,50
2023	3158	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3.22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6.93	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6.93	0,41	0,36	0,68	0,50
2024	3240	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,47	3.34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11.42	0,62	0,54	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11.42	0,62	0,54	0,68	0,50
2025	3324	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3.46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16.15	0,83	0,72	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16.15	0,83	0,72	0,68	0,50
2026	3411	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3.59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21.13	1,04	0,89	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21.13	1,04	0,89	0,68	0,50
2027	3499	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3.71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26.37	1,25	1,06	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26.37	1,25	1,06	0,68	0,50
2028	3591	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3.85	0,54	0,00	0,00	0,54	0,00	0	0,00	31.90	1,46	1,23	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,85	0,54	0,00	0,00	0,54	0,00	0	0,00	31.90	1,46	1,23	0,68	0,50
2029	3684	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,46	3.99	1,58	0,00	0,00	1,58	0,00	0	0,00	37.71	1,67	1,39	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,46	3,99	1,58	0,00	0,00	1,58	0,00	0	0,00	37.71	1,67	1,39	0,67	0,50
2030	3780	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,43	4.15	3,62	0,00	0,00	3,62	0,00	0	0,00	43.84	1,89	1,56	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,43	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,50



				AMAP	3,62	2,08	0,00	0,00		0,00				3,23	0,20	0,18	0,68	
				AMAP	3,62	2,08	0,00	0,00		0,00				3,23	0,20	0,18	0,68	
				AMAP	3,60	2,16	0,00	0,00		0,00				6,61	0,41	0,36	0,68	
				AMAP	3,60	2,16	0,00	0,00		0,00				6,61	0,41	0,36	0,68	

2033	4083	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	10,17	0,61	0,53	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	10,17	0,61	0,53	0,68	0,50
2034	4189	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	13,91	0,82	0,71	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	13,91	0,82	0,71	0,68	0,50
2035	4299	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	17,86	1,02	0,88	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	17,86	1,02	0,88	0,68	0,50
2036	4411	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	22,01	1,23	1,05	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	22,01	1,23	1,05	0,68	0,50
2037	4526	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,69	2,62	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	26,39	1,43	1,21	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,69	2,62	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	26,39	1,43	1,21	0,67	0,50
2038	4644	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,67	2,72	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	30,99	1,63	1,36	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,67	2,72	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	30,99	1,63	1,36	0,67	0,50
2039	4765	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,68	2,84	3,49	0,00	0,00	3,49	0,00	0	0,00	35,84	1,83	1,51	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,68	2,84	3,49	0,00	0,00	3,49	0,00	0	0,00	35,84	1,83	1,51	0,67	0,50



2040	4889	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,66	2,97	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	40,95	2,04	1,67	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,66	2,97	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	40,95	2,04	1,67	0,67	0,50
2041	5017	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,60	3,12	12,23	3,61	0,00	12,23	0,00	0	0,00	46,33	2,25	1,82	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,60	3,12	12,23	3,61	0,00	12,23	0,00	0	0,00	46,33	2,25	1,82	0,67	0,50

ALTERNATIVA 4

			Firme Bituminoso															
			Estado a final de año															
Año	TM IMD	ESAL (millones/c arril) YE4		Tipo de firme	Numero Estructura medio SNPK	Regularidad IRI (m/km) RI	Area Fisurada (%)				Área Peladuras (%) ARV	Baches		Área de rotura de borde (m /km ²) AEB	Roderas		Textura (mm) TD	Resistencia al deslizamiento SFC50
							Total estructural ACA	Ancha estructural ACW	Transversal Termica ACT	Fisuración total ACRA		Número por km NPT	Área (%) APOT		Profundidad media de la rodera (mm) RDM	Desv. d la rodera RDS		
2022	3078	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
2023	3158	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
2024	3240	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
2025	3324	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50



2026	3411	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21.13	1,04	0,89	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21.13	1,04	0,89	0,68	0,50
2027	3499	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26.37	1,25	1,06	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26.37	1,25	1,06	0,68	0,50
2028	3591	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,85	0,54	0,00	0,00	0,54	0,00	0	0,00	31.90	1,46	1,23	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,85	0,54	0,00	0,00	0,54	0,00	0	0,00	31.90	1,46	1,23	0,68	0,50
2029	3684	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,99	1,58	0,00	0,00	1,58	0,00	0	0,00	37.71	1,67	1,39	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,99	1,58	0,00	0,00	1,58	0,00	0	0,00	37.71	1,67	1,39	0,67	0,50
2030	3780	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,49	4,15	3,62	0,00	0,00	3,62	0,00	0	0,00	43.84	1,88	1,55	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	4,15	3,62	0,00	0,00	3,62	0,00	0	0,00	43.84	1,88	1,55	0,67	0,50
				AMGB	3,46	4,32	7,11	0,00		7,11			50.30	2,10	1,71	0,67		
				AMGB	3,46	4,32	7,11	0,00		7,11			50.30	2,10	1,71	0,67		
				AMGB	3,41	4,51	12,55	0,00	3,61	12,55			57.10	2,31	1,87	0,67		
				AMAP	3,41	2,00		0,00		0,00			0.00	0,00	0,00	0,70		

2033	4083	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,65	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	3.58	0,20	0,18	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,65	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	3.58	0,20	0,18	0,68	0,50
2034	4189	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,64	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	7.33	0,40	0,35	0,68	0,50



			Después trabajos	AMAP	3,64	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	7.33	0,40	0,35	0,68	0,50
2035	4299	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,62	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11.27	0,61	0,53	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,62	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11.27	0,61	0,53	0,68
2036	4411	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,60	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	15.43	0,81	0,70	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,60	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	15.43	0,81	0,70	0,68
2037	4526	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	19.80	1,02	0,88	0,68	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	19.80	1,02	0,88	0,68
2038	4644	0,06	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,52	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	24.40	1,23	1,05	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,52	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0	0,00	24.40	1,23	1,05	0,67	0,50
2039	4765	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,58	2,63	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	29.25	1,43	1,21	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,58	2,63	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0	0,00	29.25	1,43	1,21	0,67	0,50
2040	4889	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,57	2,74	3,48	0,00	0,00	3,48	0,00	0	0,00	34.36	1,64	1,37	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,57	2,74	3,48	0,00	0,00	3,48	0,00	0	0,00	34.36	1,64	1,37	0,67	0,50
2041	5017	0,07	Antes trabajos	AMAP	3,55	2,87	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	39.74	1,86	1,54	0,67	0,50
			Después trabajos	AMAP	3,55	2,87	6,89	0,00	0,00	6,89	0,00	0	0,00	39.74	1,86	1,54	0,67	0,50

Alternativa Base

				Firme Bituminoso										
				Estado a final de año										
Año	TM	ESAL		Numero	Regularidad	Area Fisurada (%)			Área	Baches		Rodera		Resistencia



	IMD	(millones/c arril) YE4		Tipo de firme	Estructural medio SNPK	IRI (m/km) RI	Total estructural ACA	Ancha estructural ACW	Transversal Termica ACT	Fisuración total ACRA	Peladuras (%) ARV	Número por km NPT	Área (%) APOT	Área de rotura de borde (m /km ²) AEB	Profundidad media de la rodera (mm) RDM	Desv. Est. d la rodera RDS	Textura (mm) TD	al deslizamiento SFC50
2022	3078	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,50	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	2,66	0,21	0,19	0,68
2023	3158	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,49	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	6,93	0,41	0,36	0,68
2024	3240	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,47	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,42	0,62	0,54	0,68
2025	3324	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,45	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,45	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	16,15	0,83	0,72	0,68
2026	3411	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,44	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21,13	1,05	0,90	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,44	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	21,13	1,05	0,90	0,68
2027	3499	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,42	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26,37	1,26	1,07	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,42	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	26,37	1,26	1,07	0,68
2028	3591	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,40	3,85	0,63	0,00	0,00	0,63	0,00	0	0,00	31,90	1,48	1,24	0,68	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,40	3,85	0,63	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0	0,00	31,90	1,48	1,24	0,68



2029	3684	0,05	Antes trabajos	AMGB	3,40	4,00	1,79	0,00	0,00	1,79	0,00	0	0,00	37,71	1,69	1,41	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,40	4,00	1,79	0,00	0,00	1,79	0,00	0	0,00	37,71	1,69	1,41	0,67	0,50
2030	3780	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,38	4,16	4,01	0,00	0,00	4,01	0,00	0	0,00	43,84	1,91	1,57	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,38	4,16	4,01	0,00	0,00	4,01	0,00	0	0,00	43,84	1,91	1,57	0,67	0,50
				AMGB	3,35	4,33	7,74	0,00		7,74				50,30	2,13	1,74	0,67	
				AMGB	3,35	4,33	7,74	0,00		7,74				50,30	2,13	1,74	0,67	
				AMGB	3,30	4,52	13,49	3,61		13,49				57,10	2,36	1,90	0,67	
				AMGB	3,30	4,52	13,49	3,61		13,49				57,10	2,36	1,90	0,67	

2033	4083	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,21	4,74	21,83	10,99	0,00	21,83	0,00	0	0,00	64,27	2,59	2,06	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,21	4,74	21,83	10,99	0,00	21,83	0,00	0	0,00	64,27	2,59	2,06	0,67	0,50
2034	4189	0,06	Antes trabajos	AMGB	3,07	4,99	33,37	23,00	0,00	33,37	0,00	0	0,00	71,83	2,85	2,24	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	3,07	4,99	33,37	23,00	0,00	33,37	0,00	0	0,00	71,83	2,85	2,24	0,67	0,50
2035	4299	0,06	Antes trabajos	AMGB	2,86	5,33	48,68	39,92	0,00	48,68	0,00	57	0,08	79,81	3,13	2,43	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	2,86	5,33	48,68	39,92	0,00	48,68	0,00	57	0,08	79,81	3,13	2,43	0,67	0,50
2036	4411	0,06	Antes trabajos	AMGB	2,60	5,91	64,51	60,59	0,00	64,51	0,00	167	0,24	88,24	3,45	2,63	0,67	0,50



			Después trabajos	AMGB	2,60	5,91	64,51	60,59	0,00	64,51	0,00	167	0,24	88.24	3,45	2,63	0,67	0,50
2037	4526	0,06	Antes trabajos	AMGB	2,35	6,97	76,37	76,37	0,00	76,37	0,00	354	0,51	97.19	3,83	2,86	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	2,35	6,97	76,37	76,37	0,00	76,37	0,00	354	0,51	97.19	3,83	2,86	0,67	0,50
2038	4644	0,06	Antes trabajos	AMGB	2,24	8,82	84,93	84,93	0,00	84,93	0,00	622	0,89	106.85	4,24	3,10	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	2,24	8,82	84,93	84,93	0,00	84,93	0,00	622	0,89	106.85	4,24	3,10	0,67	0,50
2039	4765	0,07	Antes trabajos	AMGB	2,15	11,79	90,85	90,85	0,00	90,85	0,00	971	1,39	117.95	4,69	3,34	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	2,15	11,79	90,85	90,85	0,00	90,85	0,00	971	1,39	117.95	4,69	3,34	0,67	0,50
2040	4889	0,07	Antes trabajos	AMGB	2,08	16,00	94,72	94,72	0,00	94,72	0,00	1412	2,02	132.12	5,16	3,58	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	2,08	16,00	94,72	94,72	0,00	94,72	0,00	1412	2,02	132.12	5,16	3,58	0,67	0,50
2041	5017	0,07	Antes trabajos	AMGB	2,03	16,00	95,03	95,03	0,00	95,03	0,00	1963	2,80	151.70	5,65	3,81	0,67	0,50
			Después trabajos	AMGB	2,03	16,00	95,03	95,03	0,00	95,03	0,00	1963	2,80	151.70	5,65	3,81	0,67	0,50

Estado anual de la carretera (rodadura bituminosa)



Nota. Elaborado por el autor por medio de la herramienta digital HDM4

En este reporte podemos definir cuál será el comportamiento del pavimento en función del tiempo y del deterioro a través del Índice

Internacional de Rugosidad IRI, mismo que en el análisis de las alternativas de mantenimiento y rehabilitación se describen. Adicional se evalúa el Índice de Regularidad Medio, para confirmar que la alternativa es viable y ejecutable.

Relaciones Beneficio Costo

Cuadro 3. Relaciones beneficio costo

Alternativa	Valor actual de los costes totales de la administración (RAC)	Valor actual de los cost de capital de la administración (CAP)	Incremento en Costes de la Administración (C)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E - C)	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
Alternativa Base	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
ALTERNATIVA 1	0.625	0.625	0.625	0.406	0.000	-0.219	-0,350	-0,350	7,1 (1)
ALTERNATIVA 2	0.307	0.306	0.307	0.316	0.000	0.009	0,030	0,030	13,6 (1)
ALTERNATIVA 4	0.494	0.493	0.494	0.381	0.000	-0.113	-0,228	-0,229	8,5 (1)
ALTERNATIVA 3	0.626	0.625	0.626	0.407	0.000	-0.219	-0,350	-0,351	7,1 (1)

Nota. Elaborado por el autor por medio de la herramienta digital HDM4

En la tabla de relaciones beneficio costo se proporciona los valores por cada alternativa propuesta en este caso y de forma técnica – económica

se debe realizar la alternativa 2 confirmando los aspectos técnicos y los indicadores financieros.

Cuadro de resumen de las alternativas y sus características

Cuadro 4. Resumen de las alternativas y características diseñada a 20 años

Alternativas	Características físicas			Características económicas	
	IRI (m/km)	Número estructural	ESAL (millones)	VAN	TIR (%)
Alternativa 1. (Bacheo, fresado y reposición, ligante de sellado y sellado de fisuras)	3.11	3.50	0.29	-0.219	7.1



<u>Alternativa 2.</u> (Drenaje, bacheo, fresado y reposición, rectificación, sellado de grieta y recapeo, refuerzo mezcla bituminosa densa, mejoramiento vial, refuerzo delgado, invierno y finalmente una rectificación superficial.)	3.22	3.58	0.009	13.6
<u>Alternativa 3.</u> (Drenaje, bacheo, sellado de grieta y recapeo, y fresado y reposición)	3.12	3.55	-0.219	7.1
<u>Alternativa 4.</u> (Invierno, drenaje, bacheo, sellado de grieta y recapeo, y fresado y reposición)	2.99	3.53	-0.113	8.5

Nota. Elaborado por el autor en base a los informes proporcionados por el HDM4

4. Conclusiones

Conclusiones

La evaluación realizada en la vía principal de ingreso al sitio San Juan de Manta desde la vía Circunvalación en la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+895 (Poliducto) de la parroquia Manta arroja los siguientes resultados. Existen 7 tipos de suelo en el área geográfica del cantón Manta, pero tres son los que tienen mayor relevancia:

El suelo con mayor área de cobertura es el de tipo INCEPTISOL (suelos derivados tanto de depósitos fluviónicos como residuales, y están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria) con un 44,81%, que según características es muy común en regiones montañosas y existe en

tierras nativamente jóvenes, cuya fertilidad es muy variable.

El tipo de suelo ALFISOL (Son suelos minerales que presentan un endopedión argílico o kándico, con un porcentaje de saturación de bases de medio a alto) corresponde al 28,35%, cuyas características indican que es un suelo arcilloso por lo que no es fértil, y que requiere de fertilizantes.

Y el suelo de tipo ARDISOL (Son suelos minerales derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada) corresponde al 12,06%, especialmente que es arcilloso y se encuentra normalmente en lugares desérticos. Podríamos concluir que



el tipo de suelo del territorio del cantón Manta es muy variable, y por su irregularidad es vulnerable a eventos adversos de tipos naturales y antrópicos.

Por medio de la digitalización de información se obtuvo el modelo de tráfico con la caracterización del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) en el cual se obtuvo el valor de 17.054 vehículos para ambos sentidos de la vía, siendo su desglose correspondiente a 95.00% de vehículos livianos, 1.21% buses, 2.86% camiones unitarios, y 0.93% semitrailer; de la misma manera se obtuvo el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para ambos sentidos es igual a 3.11 característica permisible para pavimentos nuevos de acuerdo a la escala de regularidad para pavimentos. Esta es una vía de clase IV, de 2 carriles en hormigón asfáltico, debidamente señalizada, y con un nivel de servicio óptimo, con base a los siguientes indicadores: Distancia de la vía construida: 2,89 kilómetros. Ancho promedio de vía: 7 metros. Espesor: 3". Número de carriles de circulación: 2. Número de cunetas construidas: 5,6 kilómetros.

Al realizar la simulación en el programa HDM4 se definen las alternativas, que fueron manifestadas las cuales se evaluaron de acuerdo al análisis técnico – económico, la alternativa 1 tiene un IRI (m/km) de 3.11, número estructural de 3.50, ESAL de 0.29, VAN (valor actual neto) negativo por lo que no es viable y TIR (tasa interna de retorno) de 7.1, porcentaje inferior a la tasa de descuento del proyecto. La alternativa 2 tiene un IRI (m/km) de 3.22, número estructural de 3.58, ESAL de 0.29, VAN (valor actual neto) positivo por lo que es viable y TIR (tasa interna de retorno) de 13.6, porcentaje mayor a la tasa de descuento del proyecto. La alternativa 3 tiene un IRI (m/km) de 3.12, número estructural de 3.55, ESAL (Equivalent Simple Axial Load – Carga Axial Simple Equivalente) de 0.29, VAN (valor actual neto) negativo por lo que no es viable y TIR (tasa interna de retorno) de 7.1, porcentaje inferior a la tasa de descuento del proyecto y por último, la alternativa 4 tiene un IRI (m/km) de 2.99, número estructural de 3.53, ESAL de 0.29, VAN (valor actual neto) negativo por lo que no es viable y TIR (tasa interna de retorno) de 8.5, porcentaje inferior a la tasa de



descuento del proyecto. Para este caso se deberá tomar la alternativa que corresponda para mantener el nivel de servicio de la vía.

Posterior al análisis de la comparación de alternativas se concluye que la Alternativa 2 (mantenimiento al drenaje cada 2 años, un bacheo con un intervalo de tiempo de 3 años, que consiste en el proceso de reparación en pequeñas áreas fracturadas de las carpetas asfálticas, un fresado y reposición de la misma para los años 2026 y 2036, una rectificación vial programada para el año 2027, un sellado de grietas y un recapeo proyectado cada 5 años durante el periodo de análisis de la vía, adicionalmente se efectúa un refuerzo con mezcla bituminosa densa aplicable en los años 2028, 2033 y 2039, un mejoramiento vial en el año 2032, y un refuerzo delgado en los años 2033 y 2038. También se programa una conservación de invierno que consiste en la limpieza de escombros, limpieza y reparación de socavones, retirada de obstáculos y siniestros, etc. Finalmente realizamos una rectificación superficial como mejora a efectuarse en el año 2037.), es aplicable al

proyecto, ya que reduce los montos de inversión de conservación, y mantiene a la vía en condiciones óptimas para el periodo de vida útil de 20 años propuesto en su diseño original.

Recomendaciones

Se recomienda el empleo del programa HDM4 como herramienta digital para la generación de alternativas enfocadas al mantenimiento vial, mismas que nos permitirán tener una visión a futuro de las vías en nuestra ciudad, y país.

En carreteras con trazados geométricos accidentados con gran dimensión en longitud y forma, es recomendable dividir en tramos, para que al momento de la ejecución del proyecto se pueda diferenciar y se pueda comparar de mejor manera los resultados.

Se debe realizar convenios con entidades públicas, conforma a sus competencias, ya que ellos cuentan con la infraestructura para la elaboración de proyectos nuevos, de rehabilitación y mejora.



Al momento de la realización del modelo de tráfico, se recomienda la utilización de métodos modernos y digitalizados, ya que en el método manual el levantamiento de información podría no ser tan preciso y debido a las condiciones existe variación de información.

Para la realización de los ensayos no destructivos se recomienda observar las condiciones meteorológicas para tener las condiciones climatológicas que beneficien la ejecución de los ensayos.

Bibliografía

- Asociación Mundial de la Carretera [PIARC]. (2021). HDM4 Software <https://www.piarc.org/es/PIARC-Base-Conocimiento-Carreteras-y-Transporte-PorCarretera/Seguridad-Vial-Sostenibilidad/Gestion-Patrimonio-Vial/HDM-4-Software>
- Bannour, A., El Omari, M., Khadir Lakhel, E., Afechkar, M., & Joubert, P. (2021). Highway pavement maintenance optimisation using HDM-4: a case study of Morocco's arterial network. *International Journal of Pavement Engineering*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1892106>
- Chen, W., & Zheng, M. (2021). Multi-objective optimization for pavement maintenance and rehabilitation decision-making: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 130, 103840. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103840>
- Chopra, T., Parida, M., Kwatra, N., & Mandhani, J. (2017). Development of pavement maintenance management system (PMMS) of urban road network using HDM-4 model. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(1), 14-31. <https://doi.org/10.24107/ijeas.286473>
- CONGOPE. (2019). Plan de Desarrollo Vial Integral de la provincia de Manabí, 2019. Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales el Ecuador. Obtenido de <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Manabi-plan-vial-integral.pdf>
- Demie, M., Quezon, E. T., & Feyissa, A. (2020). Application of HDM-4 Model in the Structural, Functional, and Economic Variations using Road Maintenance Alternatives: A Case Study at Selected Road Sections in Addis Ababa City. *Xi'an Dianzi*



- Keji Daxue Xuebao/Journal of Xidian University, 14(9). <http://doi.org/10.5281/zenodo.2634022>
- Hankach, P., Lorino, T., & Gastineau, P. (2019). A constraint-based, efficiency optimisation approach to network-level pavement maintenance management. *Structure and Infrastructure Engineering*, 15(11), 1450-1467. <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1624787>
- Montoya-Alcaraz, M., Mungaray-Moctezuma, A., & García, L. (2020). Sustainable road maintenance planning in developing countries based on pavement management systems: Case study in Baja California, México. *Sustainability*, 12(1), 36. <https://doi.org/10.3390/su12010036>
- Obaidat, M. T., Ghuzlan, K. A., & Bara'W, A. M. (2018). Integration of geographic information system (GIS) and PAVER system toward efficient pavement maintenance management system (PMMS). *Jordan Journal of Civil Engineering*, 12(3).
- Priyanka, M. K., & Priya, M. T. K. (2019). Pavement Maintenance Management System for Urban Roads in Madurai. *Journal of Transportation Systems*, 4(1), 26-33:
- Torres-Machi, C., Osorio-Lird, A., Chamorro, A., Videla, C., Tighe, S. L., & Mourgues, C. (2018). Impact of environmental assessment and budgetary restrictions in pavement maintenance decisions: Application to an urban network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.017>