

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA VIAL**

**MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL
PARA MINIMIZAR COSTOS DE MANTENIMIENTO
DEL CAMINO VECINAL EL MILAGRO -
UTCUBAMBA**

Autor:

Bach. Emerson Ortega Ramos

Asesor:

Ms. Darwin Yeffrin Junior Sanchez Tamay

Registro: (...)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la salud y sabiduría para el desarrollo de mis conocimientos.
A mi Familia, que son el motor y motivo de superación personal, a ellos; les dedico la presente investigación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, en especial a la Escuela de Posgrado, porque a través de sus docentes, han permitido mi desarrollo profesional.

Al Ms. Darwin Yeffrin Junior Sanchez Tamay, asesor de mi tesis, por el apoyo y consejo brindado en el transcurso de esta investigación.

AUTORIDADES DE LA UNTRM

PhD. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

DR. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

DRA. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de Investigación

DR. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO

Director de Escuela de Posgrado

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz

Presidente



Dr. Erick Stevinsonn Arellanos Carrión

Secretario



M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () titulado:

Modelo de gestión de conservación vial para minimizar costos de mantenimiento del camino vecinal El Nilagro-Utcubamba.

presentado por el Aspirante Emerson Ortega Ramos para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor () en Ingeniería Vial

de la Escuela de Posgrado de la UNTRM, hacemos constar que después de revisar la originalidad del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () con el software de prevención de plagio **Turnitin**, verificamos:

- a) De acuerdo con el informe de originalidad, el Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () tiene 19 % de similitud, que es menor al 25% permitido en la UNTRM.
- b) La persona responsable de someter el trabajo al software de prevención de plagio **Turnitin** fue: Edwin Adolfo Diaz Ortiz, y pertenece al área () / oficina () / dependencia (X) de Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental



SE ADJUNTA:

- Resultado del informe del software **Turnitin**.

Chachapoyas, 9 de agosto del 2024


PRESIDENTE


SECRETARIO


VOCAL

Nombres y apellidos:

Edwin Adolfo
Diaz Ortiz

DNI:

26602621

Nombres y apellidos:

Erick Stevinson
Arellano Carrion

DNI:

44542645

Nombres y apellidos:

Gino Alfredo
Vergara Medina

DNI:

40614903

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE DE TURNITIN

MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL PARA MINIMIZAR COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL CAMINO VECINAL EL MILAGRO - UTCUBAMBA

INFORME DE ORIGINALIDAD

19% INDICE DE SIMILITUD	19% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	6% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	vsip.info Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%


Sr. Edwin Adolfo
Diaz Ortiz
DNI: 26602621
Presidente J.E.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



ANEXO 5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNTRM - Chachapoyas, el día 13 de agosto del año 2024, siendo las 16:00 horas, el Aspirante Emerson Ortega Ramos, cuyo asesor es Msc. Darwin Yeffrin Junior Sanchez Tamay, defiende en sesión pública presencial la Tesis titulada: Modelo de gestión de conservación vial para minimizar costos de mantenimiento del camino vecinal El Milagro - Utubamba. para obtener el Grado Académico de Maestro (X) / Doctor () en Ingeniería Vial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

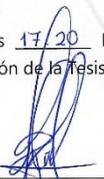
Presidente: Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz
Secretario: Dr. Erick Stevinson Arellano Carrión
Vocal: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Luego de la sustentación y absueltas las preguntas del Jurado Evaluador se procedió a la calificación individual y secreta, teniendo el resultado de:

Aprobada (X)/Desaprobada () por Unanimidad (X)/Mayoría ().

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las 17:20 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis.


PRESIDENTE
Nombres y apellidos: Edwin Adolfo Díaz Ortiz
DNI: 26602621


SECRETARIO
Nombres y apellidos: Erick Stevinson Arellano Carrión
DNI: 44542645


VOCAL
Nombres y apellidos: Gino Alfredo Vergara Medina
DNI: 40614903


ASESOR Darwin Yeffrin Junior Sanchez Tamay
Nombres y apellidos: Junior Sanchez Tamay
DNI: 76937192

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNTRM.....	iv
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	v
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	vi
REPORTE DE TURNITIN.....	vii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
2.1. Ubicación del área de investigación.....	18
2.2. Análisis de datos	26
III. RESULTADOS	27
3.1. Conocimientos básicos del camino vecinal.....	27
3.2. Modelo de gestión de conservación vial, para el cálculo de costos de mantenimiento vial.....	32
3.3. Técnicas de gestión de conservación vial, según las características obtenidas en el camino vecinal El Milagro – El Zapote.....	34
IV. DISCUSIÓN.....	39
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXOS	48
ANEXO 1: INVENTARIO DE CONDICIÓN VIAL.....	48
ANEXO 2: ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA).....	52
ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO	58
ANEXO 4: PLANOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenada de la carretera.....	19
Tabla 2. Evaluación de tramos significativos	19
Tabla 3. Fallas en carreteras no pavimentadas.....	21
Tabla 4. Calificación de condición vial.....	21
Tabla 5. Tipos de Condición vial	22
Tabla 6. Esquema de ejecución de conservación vial.....	23
Tabla 7. Tipo de vehículo.....	24
Tabla 8. Porcentaje de afectación en vía sin mantenimiento	25
Tabla 9. Porcentaje consumo de insumo en función del costo inicial vehicular... 25	
Tabla 10. Técnicas de análisis de datos	26
Tabla 11. Cantidad de vehículos del año 2022 – Punto 01	27
Tabla 12. Cantidad de vehículos del año 2022 – Punto 02	27
Tabla 13. Cálculo de la condición superficial 0+000 km - 0+500 km.....	28
Tabla 14. Cálculo de la condición superficial 0+500 km - 1+000 km.....	28
Tabla 15. Cálculo de la condición superficial 1+000 km - 1+500 km.....	29
Tabla 16. Cálculo de la condición superficial 1+500 km – 2+000 km	29
Tabla 17. Cálculo de la condición superficial 2+000 km – 2+500 km	30
Tabla 18. Cálculo de la condición superficial 2+500 km – 3+000 km	30
Tabla 19. Cálculo de la condición superficial 3+000 km – 3+500 km	31
Tabla 20. Cálculo de la condición superficial 3+500 km – 4+100 km	31
Tabla 21. Síntesis de condición vial.....	32
Tabla 22. Política y estrategia de Mantenimiento.....	33
Tabla 23. Costo de mantenimiento a precio financiero.....	34
Tabla 24. Costo de mantenimiento a precio social	34
Tabla 25. Evaluación de modalidad de ejecución de conservación vial	34
Tabla 26. Costo de Mercado o financiero de vehículo (En US\$)	35
Tabla 27. Costo del insumo en correlación al costo vehicular.....	36
Tabla 28. Costo de los insumos en relación con el costo vehicular.....	36
Tabla 29. IMDA de vehículos.....	37
Tabla 30. Ahorro de costo de operación vehicular	37
Tabla 31. Costos de los insumos en relación con el costo vehicular	37
Tabla 32. Ahorro anual en costo de mantenimiento vial	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del estudio (Utcubamba – Distrito de El Milagro).....	18
Figura 2. Camino vecinal El Milagro al caserío El Zapote.....	19
Figura 3. Ciclo óptimo de Conservación Vial.....	23
Figura 4. Costo de operación según estado de pavimento y vehículo.	25
Figura 5. Fases de ejecución de gestión de mantenimiento vial	41
Figura 6. Recolección de datos del camino vecinal	58
Figura 7. Estudio de tráfico para el punto 01 y punto 02 del camino	58
Figura 8. Recolección de datos del camino vecinal	58
Figura 9. Recolección de datos de condición vial.....	59
Figura 10. Recolección de datos de condición vial.....	59
Figura 11. Recolección de datos de condición vial.....	59
Figura 12. Recolección de datos del camino vecinal	60
Figura 13. Recolección de datos del camino vecinal	60

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue determinar un Modelo de gestión de conservación vial, para minimizar costos de mantenimiento vial y operación vehicular del camino vecinal El Milagro - El Zapote, con una extensión de 4.1 km. Para desarrollar la investigación se partió desde el estudio de tráfico vial, se aplicó el conteo representativo en cada punto de desvío, considerando de mayor demanda vehicular, el punto 01 de conteo, de 200 veh. /día. Posteriormente, en el cálculo de la condición vial, se obtuvo que el 37.50 % del camino que representa una condición regular, por consiguiente, el 62.50% exhibe una condición buena. No obstante, se ha determinado el costo mínimo de mantenimiento preventivo, siendo más factible, las actividades de mantenimiento periódico y rutinario. En el cálculo de operación vehicular por el Método del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y Len Asociados, se pudo contrastar los resultados obtenidos, siendo notablemente mejor el Método de INVIAS, puesto que, se ajusta con mayor precisión a la realidad, proponiéndose como principal alternativa de aplicación en el proyecto de inversión pública.

Palabras clave: Gestión, costos, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine a road maintenance management model to minimize costs of road maintenance and vehicle operation of the El Milagro - El Zapote Road, with an extension of 4.1 km. To develop the research, we started from the study of road traffic, a representative count was applied at each detour point, considering the highest vehicle demand at point 01 of the count, 200 vehicles/day. Subsequently, in the calculation of the road condition, it was obtained that 37.50% of the road represents a regular condition, therefore, 62.50% exhibits a good condition. However, the minimum cost of preventive maintenance has been determined, being more feasible, periodic, and routine maintenance activities. In the calculation of vehicular operation by the National Roads Institute Method (INVIAS) and Len Associates, it was possible to contrast the results obtained, being notably better the INVIAS Method, since, it adjusts with greater precision to reality, proposing itself as the main alternative of application in the public investment project.

Keywords: Management, costs, routine maintenance, periodic maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de transporte efectivo tiene una estrecha relación con el progreso y la expansión económica de una nación. El crecimiento industrial y socioeconómico será impulsado por la infraestructura de transporte por carretera. Para brindar seguridad y comodidad a los usufructuarios de las carreteras, se debe formular y adoptar un programa integral de mantenimiento de carreteras, para garantizar que dichas carreteras estén en buenas condiciones en todo momento (Mohd & Hamidah, 2010); La movilidad y el transporte seguro, es una de las precariedades más importantes del Hombre y de la sociedad moderna, la carretera es la propiedad estatal más valiosa. Las carreteras contribuyen significativamente al crecimiento económico y aportan algún beneficio social. Según las estimaciones de la Asociación Mundial de la Carretera PIARC en 2014, el transporte por carretera en los Países Bajos genera entre el 10 % y el 20 % del PIB (Vaitkus et al, 2016).

En las últimas décadas, se ha interpuesto una nueva disciplina con carácter científico en relación con el mantenimiento de estructuras viales. Se basa en mediciones no destructivas, directas y de alta velocidad para evaluar las características funcionales (índice de rugosidad, resistencia al deslizamiento, índice de degradación) y estructurales (capacidad de carga) de los sistemas viales. Los datos obtenidos, se utilizan para analizar el comportamiento de las estructuras viales en el tiempo, así como la disminución de sus prestaciones, como consecuencia de la acción agresiva del tráfico y de la superación del tiempo de operación. Esta actividad se realiza dentro de un programa de seguimiento y coordinación del mantenimiento de estructuras viales, denominado Programa de Gestión de Mantenimiento o Sistema de Gestión de Pavimentos (Gabriel & Dicu, 2019).

El progreso social y económico de las comunidades en México depende de los caminos, mediante ellos, permite el desplazamiento de personas y de bienes, pero, como país en desarrollo, los presupuestos de inversión son limitados, se debe diseñar planes y programas reales con base a los recursos limitados, para que se optimice los procesos mediante la utilización de herramientas para la planeación, como el sistema de gestión Highway Development Management (Zepeda, 2019).

Realizar un adecuado plan de mantenimiento del estado del pavimento es clave para conservar un buen nivel de servicio y capacidad portante. Para hacer frente a la creciente demanda de mantenimiento de pavimentos, en este artículo se propuso un modelo

inteligente de la mejor elección para planes de conservación de pavimentos basado en un algoritmo de optimización de políticas proximales. El modelo de decisión considera completamente la relación beneficio-costos de mantenimiento integral durante todo el ciclo de vida de la carretera. Para superar los problemas de la toma de decisiones manual guiada por la experiencia, se llevó a cabo la toma de decisiones entre las condiciones del pavimento y los planes de mantenimiento con base en la técnica de datos (Chengjia et al, 2021).

Percibir las deficiencias que presenta una vía es básico en el sistema de manejabilidad de los asfaltos, mediante el cual se puede lograr un impacto de la pendiente del estado del terreno. Existen un sinnúmero de técnicas que permiten hacer un impacto futuro de la fase de un asfalto, una más precisa que otra, a pesar de todo lo mencionado, se puede obtener una proyección precisa si se compensa con un análisis completo de la situación actual (Peraza, 2016).

La elaboración de caminos vecinales requiere métodos complejos. Por falta de una jerarquización adecuada de la esfera educativa, es pasivo actuar para cada riesgo mencionado, en el orden del chocolate y en el propósito de la vía. En consecuencia, la construcción en algunos caminos es insuficiente y en otros no es posible mejorarla (Cevallos, 2016).

Los modelos de optimización son necesarios para el mantenimiento eficiente y rentable de una red de carreteras. En este sentido, el deterioro de la carretera se modela comúnmente como un proceso de Márkov de tiempo discreto, de modo que se puede obtener una política de mantenimiento óptima basada en el proceso de decisión de Márkov, o como un proceso de renovación de modo que se puede obtener una política de mantenimiento óptima. Sin embargo, el proceso de Márkov en tiempo discreto no puede capturar el tiempo real en el que transita el estado mientras que el proceso de renovación considera solo un estado y una acción de mantenimiento (Xueqing & Hui, 2012).

Desde antaño, los caminos han sido de carácter fundamental para el desarrollo de localidades, sociedades y culturas. Lo podemos divisar en la cultura Inca, que a través del Qhapaq Ñan (Sistema Vial Incaico), permitían la comunicación política, militar, ideológico y administrativo entre los pueblos del Tahuantinsuyo (Sanchez, 2018).

La carretera es uno de los elementos garantes del desarrollo económico, físico y social de la región, ya que permite la conexión entre localidades como parte de su afluencia, facilitando el desarrollo y transporte social de servicios y bienes, existe varias volubles procedentes de la ejecución de un camino tanto en el período de esbozo y ejecución, como también en la etapa que demanda reconstrucción y mantenimiento (Chambi, 2021).

Los problemas de optimización del mantenimiento vial generalmente buscan maximizar el incremento anual duradero dado un presupuesto limitado. Sin embargo, debido a la estructura de costos no lineal del plan de mantenimiento vial, se debe examinar una asignación eficiente del presupuesto para lograr el máximo incremento de años duraderos de la vía. Utilizamos como objetivo la relación máxima entre el incremento de la existencia útil de la carretera y el costo de mantenimiento (Choung & Heejong, 2021).

El camino vecinal San Agustín, se halla en un estado de preservación malo, por lo que, se consideró una serie de técnicas de mantenimiento rutinario con fundamento técnico en El Manual de Conservación Vial, también conocido como MTC, determina la corrección inmediata, para preservar la vida útil del camino, optimizando costos y garantía de una transitabilidad adecuada, beneficiando a los pobladores de la zona (Vazallo, 2020).

La gestión de la conservación vial en áreas rurales enfrenta importantes desafíos debido a que los modelos actuales no se adaptan bien a las condiciones locales, estos modelos, diseñados para entornos más uniformes, no abordan eficazmente las particularidades geográficas, económicas y sociales de cada región, lo que reduce su eficiencia. Asimismo, la limitada incorporación de tecnologías emergentes, como los sensores de monitoreo en tiempo real y el análisis de big data, dificulta que las decisiones de mantenimiento se basen en información actualizada, lo que eleva los costos y reduce la eficacia de las intervenciones (Beteta, 2020).

Asimismo, un desafío clave en la conservación vial es la carencia de un enfoque integral que considere tanto los costos directos como los indirectos a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura, los modelos actuales a menudo ignoran los impactos a largo plazo, como el aumento de accidentes o la pérdida de productividad debido al deterioro de las carreteras. Insertar estos factores, junto con tecnologías avanzadas y mayor participación comunitaria podría optimizar los modelos de conservación vial, reduciendo costos y aumentando los beneficios (Condori & Arce, 2021).

La creación de la carretera representa el progreso y adelanto del pueblo o localidad, pues, produce el incremento de recursos y comunicación entre metrópolis; a lo largo del proceso de creación de estas obras de vías, los causantes no consideran presente el sostenimiento de las vías, puesto que únicamente su conveniencia es la culminación del proyecto de pavimentación, más no del mantenimiento posterior (Cueva, 2017); Consecuentemente, percibiendo la realidad problemática que aqueja los caminos sin mantenimiento, se propone un plan de gerencia del mantenimiento vial, para minimizar los precios de mantenimiento vial y operación de vehículos, en el camino cercano entre El Milagro y El Zapote, ubicado en la provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas.

La presente investigación tuvo como finalidad determinar un modelo de gestión de mantenimiento vial para minimizar costos de conservación en carreteras vecinales y aplicarlo al caso de estudio del camino vecinal El Milagro – El Zapote, demostrando eficiencia, partiendo de los conocimientos básicos, para desenvolver un piloto de gestión de mantenimiento vial, posteriormente, plantear un piloto de gestión de conservación vial, para calcular los gastos de conservación de carreteras en caminos vecinales, y finalmente, aplicar las técnicas de gestión de mantenimiento vial, según las características obtenidas en el camino vecinal, para minimizar el costo de conservación y operación vehicular.

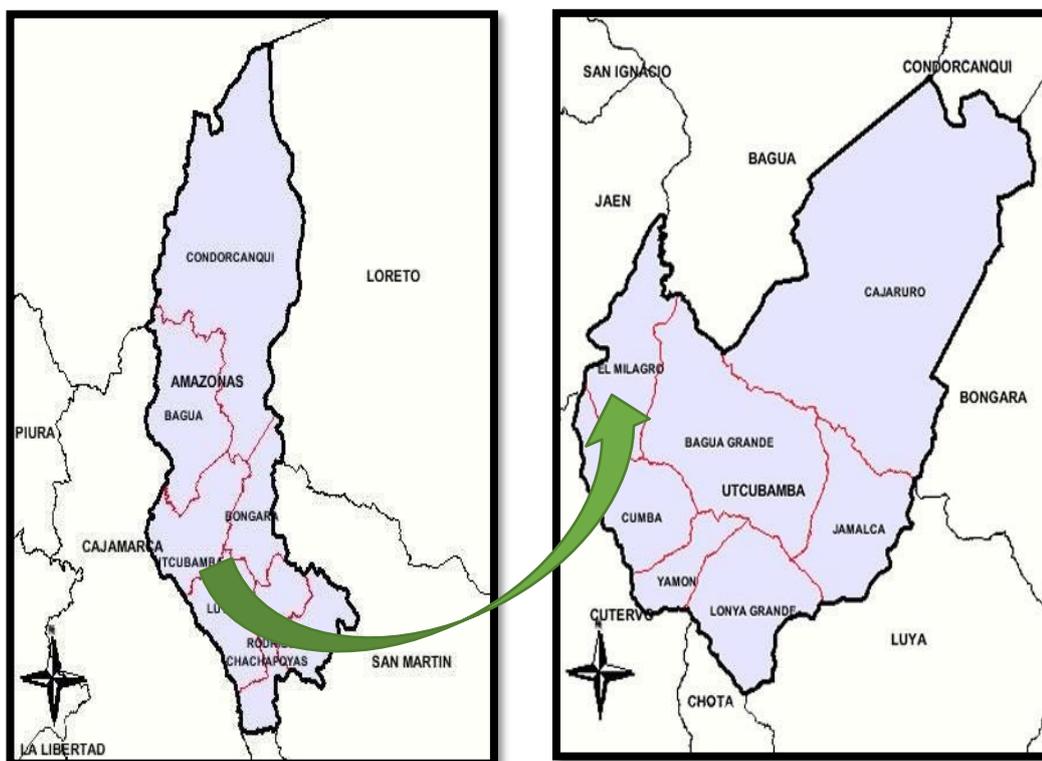
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de investigación

La siguiente indagación se desarrolló en la localidad de El Milagro, perteneciente distrito El Milagro, provincia de Utcubamba, al departamento de Amazonas, con una extensión de 4.1 km, el inicio del camino vecinal presenta el siguiente punto topográfico (Coordenadas UTM WGS-84):

Norte	: 9375570.52
Este	: 768028.15
Altitud	: 482.85 m.s.n.m.

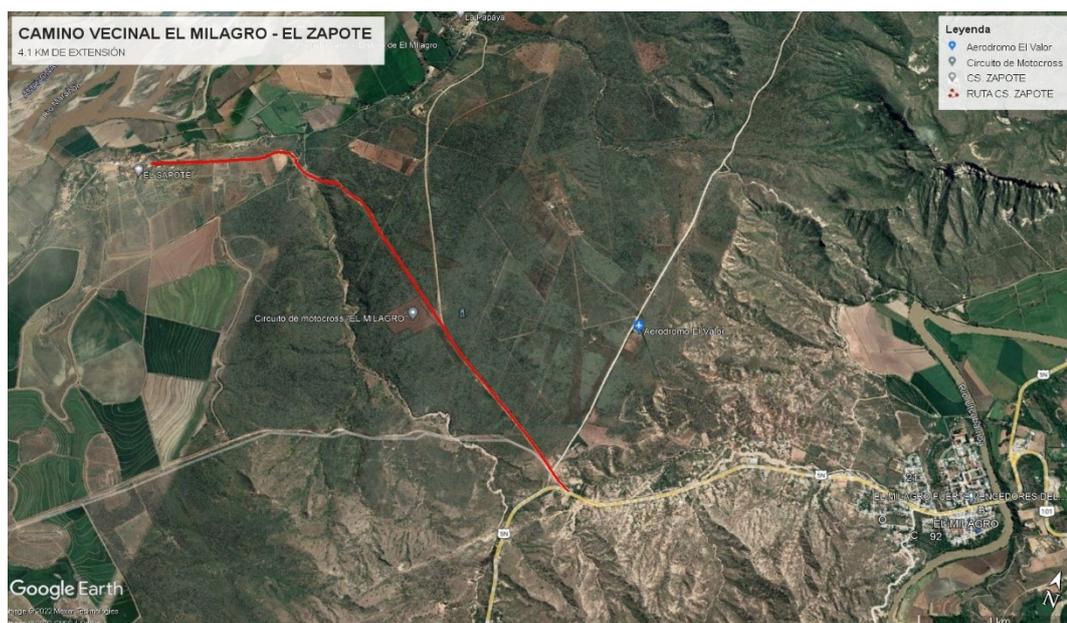
Figura 1. Localización del estudio (Utcubamba – Distrito de El Milagro)



Fuente: <https://www.perutoptours.com/index01ammapa.html>

El camino vecinal El Milagro al caserío El Zapote, se sitúa en el distrito El Milagro, provincia de Utcubamba, en el departamento de Amazonas, como se observa en la figura 1, presenta una extensión desde el cruce de la vía Fernando Belaunde Terry (Km 0+000), hasta la primera vivienda de la localidad (Km 4+100).

Figura 2. Camino vecinal El Milagro al caserío El Zapote



Fuente: Google Earth

Las progresivas de inicio en el desvío de la carretera Emp. PE-5N (El Reposo) - El Milagro, y final del camino, presentan las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenada de la carretera

PROGRESIVA	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ALTITUD
Km 0+000	9375572.34	768028.96	484 msnm.
Km 4+100	9376699.5	764548.56	408 msnm.

Inventario de condición vial: El camino vecinal presenta una extensión de 4.10 km, para una mejor valoración se ha dividido en tres tramos significativos, Como se indica en el Anexo 1 y en la Tabla 2:

Tabla 2. Evaluación de tramos significativos

TRAMO	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	ANCHO CALZADA
Tramo 1	0+000	0+162	8.32 m.
Tramo 2	0+162	1+360	6.50 m.
Tramo 3	1+360	4+100	6.00 m.

En los tramos evaluados, se presenta una variación del ancho de la calzada y pendiente, cada característica fue descrita en el Formato de Inventario Vial.

2.1.1. Universo Muestral

Se considera como población el camino vecinal de El Milagro – El Zapote (AM-538), con la extensión de la progresiva, km 0+000 (N:9375572.34, E:768028.96) al km 4+100 (N:9376699.50, E:764548.56).

2.1.2. Métodos

Esta investigación se enfocó en un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo aplicativo y observacional, ya que se centró en examinar la naturaleza de la variable sin intervenir en ella. Fue de tipo prospectivo al obtener datos primarios mediante un instrumento, y univariado al analizar una sola variable de manera descriptiva. El diseño del estudio fue descriptivo, permitiendo observar el comportamiento natural de la variable sin manipulación (Hernández y Mendoza, 2018).

2.1.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información sobre las condiciones del camino se investigó mediante la Técnica de observación participante e instrumentos como formatos de inspección, en forma de exploración y descripción para determinar la causa y subterfugio para optimizar el estado de la vía indicado. Por su dirección, es método del nivel empírico, ya que se ponderará el impacto del piloto de gestión del mantenimiento reduciendo los costos de mantenimiento de las vías.

Modelo de gestión de conservación vial:

En campo, se efectuó un estudio topográfico de la vía en investigación, para determinar sus pendientes mínimas y máximas, esto determinó el relieve del terreno en estudio, mediante estación total y el programa de computador AutoCAD Civil 3D. Se ejecutó el conteo vehicular en la carretera a través del formato de conteo y clasificación vehicular (Manual de Inventarios Viales, 2016, p. 164), como resultado de la influencia de su actividad agrícola en septiembre. El conteo de vehículos se realizó de acuerdo con los parámetros especificados en el Manual Para Estudio De tráfico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El procedimiento utilizado es una forma manual, en el que, cada clasificador

registra el paso por hora de cada vehículo y llena el Formato De Clasificación Vehicular-MTC.

Posteriormente, en la normativa del MTC, se establece la técnica a seguir, para calcular el estado de los caminos sin pavimentar, se considera por sus fallas o deterioros en el Formato de Inventario de Condición Vial (F-1), la concavidad del recorrido vehicular es consecuencia de los perjuicios de las vías, determinado en el Formato Resumen de Inventario de Condición Vial (F-2). El método de procesamiento de datos del Índice de estado del asfalto de la carretera se encuentra dentro del Manual de Conservación Vial (MTC), donde se puede obtener el valor e índice de rugosidad de la superficie de la vía, cuyo índice puede variar desde 0, donde indica un pavimento no estándar o en mal estado, hasta 100, que indica, que el pavimento está en buen estado o perfectas condiciones. Para calcular el índice de condición del pavimento, se utilizan la auscultación visual y la evaluación de las condiciones del pavimento, posteriormente, se determina el tipo, severidad y tamaño de cada defecto detectado en el pavimento.

A continuación, se presenta los tipos de fallas en la Tabla 1:

Tabla 3. Fallas en carreteras no pavimentadas

Código de daño	Deterioros/fallas	Gravedad
1	Deformación	1: Huellas sensibles al usuario, pero < 5cm. 2: Huellas entre 5 cm y 10 cm. 3: Huellas > 10 cm.
2	Erosión	1: Sensible al usuario, pero profundidad < 5cm. 2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm. 3: Profundidad > 10 cm.
3	Baches (huecos)	1: Pueden repararse por conservación rutinaria. 2: Se necesita una capa de material adicional. 3: Se necesita una reconstrucción.
4	Encalaminado	1: Sensible al usuario, pero profundidad < 5cm. 2: Profundidad entre 5cm y 10cm.
5 y 6	Lodazal y cruce de agua	1: Transitabilidad baja o intransitabilidad en épocas de lluvia.

Fuente: Manual de carreteras – Conservación Vial Vol. 1

Tabla 4. Calificación de condición vial

$$\text{Calificación de Condición} = 500 - \text{Suma Puntaje Condición}$$

Fuente: Manual de carreteras – Conservación Vial Vol. 1

Posteriormente, se asigna un puntaje de condición obtenido del índice resultante de la condición vial, en el cual, calificará como carretera de condición Buena, regular o Mala.

Tabla 5. Tipos de Condición vial

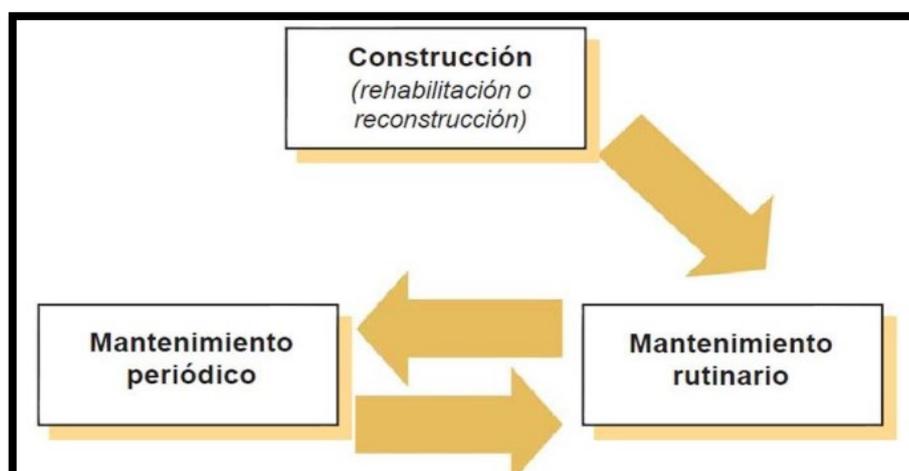
Condición Bueno	> 400
Condición Regular	> 150 y = 400
Condición Malo	= 150

Fuente: *Manual de carreteras – Conservación Vial Vol. 1*

Aplicar las técnicas de gestión de conservación vial: Posteriormente en gabinete, se emplearon métodos para la conservación de las carreteras, teniendo en cuenta las características obtenidas en el camino vecinal, se califica el estado superficial de la carretera, según su demanda de acciones se pondera la acción a considerar, de darse el caso de ser de CONDICION BUENO O REGULAR, las actividades mínimas que se van a considerar, son el bacheo o recapeo, que consta de mantenimiento puntual con añadidura de material granular en el bache o superficie dañada. Si fuera contraria la condición vial, se considera acciones más costosas, como la sustitución del material granular o afirmado, que implica procedimiento de extracción, elaboración, transporte y colocación del material. En cada una de estas acciones, su ejecución se basa en la experiencia y las innovaciones constructivas y la gestión de la ocupación para monitorear y controlar el comportamiento de estas actividades según las condiciones de ejecución:

Bacheo: El bacheo es la reparación de baches, consistiendo en la subsanación o relleno de material de afirmado en las concavidades presentes en la superficie de rodadura. Este trabajo de subsanación está diseñado para restaurar de forma segura, rápida y económica, las condiciones adecuadas de tráfico, además, de reducir y/o retrasar la formación de daños más graves en la superficie de rodadura. El concepto moderno de gestión vial sugiere que implica la participación proactiva de las entidades para lograr metas y objetivos predefinidos a largo plazo, lo que significa, desarrollar una cierta clase de programación para hacer un mejor uso de la economía, para evitar deterioro de la carretera (Salomón, 2003).

Figura 3. Ciclo óptimo de Conservación Vial



Fuente: Manual de carreteras – Conservación Vial Vol. 1

Para el análisis de las técnicas de gestión de mantenimiento vial, se utiliza el siguiente esquema, en el cual, se analiza y propone, la que más se acondicione al requerimiento.

Tabla 6. Esquema de ejecución de conservación vial

MODALIDAD	CRITERIOS
Administración Directa	En nuestro país, pocas instituciones logran el éxito con este esquema, ya que utiliza los recursos personales, maquinaria y materiales de los administradores viales, pues, el negativismo sindical y laboral, el proceso burocrático para la adquisición de bienes y materiales y la falta de un adecuado mantenimiento al equipo caminero, hacen que este esquema no pueda ser implantado de forma exitosa.
Mantenimiento rutinario con microempresas	El esquema funciona bien, pero su debilidad radica en la falta de continuidad, ya que son contratos anuales, lo cual provoca etapas en las que no se realizan actividades, hasta que los procesos de contratación se concreten, y por otra parte este sistema solo permite actuaciones de tipo rutinario.
Mantenimiento periódico por precios unitarios	Esta modalidad, se complementa con la anterior, y es por eso, que estas deben fusionarse, al no haber una intervención previa como el mantenimiento rutinario, los costos de mantenimiento periódico serían muy altos debido a la gravedad de los daños.
Mantenimiento integral	En este sistema se combinan los dos sistemas anteriores, con la restricción de que, si los estudios de mantenimiento no son adecuados, se realizan alteraciones y aumentan los costos.
Mantenimiento por indicadores de estado	A diferencia de la anterior, existen las actividades de mantenimiento preventivo y rutinario; el condicionante es que la empresa mantenga la vía en este estado; de lo contrario, se deriva a un sistema completo.
Concesión	Para equiparar los costos de operación y conservación con los introvertidos en la vía, el esquema de concesión tiene la particularidad de no ser aplicado a vías de tráfico bajo o medio, debido a la dificultad de cobrar un peaje alto.

Fuente: Manual Técnico de caminos con microempresas (2003).

Para la valoración de la modalidad de ejecución de mantenimiento vial, se aplicó ocho (8) indicadores, de acuerdo con el esquema del Manual Técnico de caminos con microempresas (2003). Duración plurianual, Especialización en labores, Libera carga al Estado, Realiza actividades de administración, De acuerdo con el tráfico de la vía, Responde a Emergencia, Posibilita variaciones en el presupuesto, y Abarca a los dos tipos de mantenimiento; siendo estos indicadores los que, nos permitieron evaluar la mejor modalidad de intervenir en la ejecución de mantenimiento vial.

Ahorro en el costo de operación vehicular

Se aplicó las metodologías de Len Asociados Ingenieros Consultores (Chile) y del Instituto nacional de Invias (Colombia):

Tipo de Vehículo: El vehículo identificado en la vía de estudio, se ha determinado de acuerdo con la base del análisis de tráfico, el cual ha sido agrupado en tres variedades, según la exigencia del patrón HDM III, en el equipo de utilitarios, se ha considerado la pick up y camioneta rural.

Tabla 7. Tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Marca y Modelo	Vehículo HDM Equivalente
Auto	Toyota	Auto
Pickup ⁽¹⁾	Toyota Hilux/ Mitsubishi	Utilitario
C2	Mitsubishi Canter	Camión liviano

(1) Incluye camionetas y combis

Fuente: Encuesta O-D del proyecto – Municipalidad distrital de Culebras Snip 218184

Método de Len Asociados Ingenieros Consultores:

Teniendo la condición del área de rodadura, y con el nivel o grado de condición que se encuentre relacionado con el Índice de rugosidad internacional (IRI). La técnica Len Asociados indica los parámetros, concertando el costo en vía con capa de rodadura en buena y mala condición, en la cual el ahorro de combustible para el vehículo liviano es significativo, obteniendo un 30% para el vehículo pesado que se encuentra entre el 20% y 40%, a pesar de que la cifra más extrema es especulativa, ya que, en tramo angosto y gradiente alta suele registrarse alto flujo de camión. (Len y Asociados Ingenieros consultores Ltda.,

2007). En tramo sin congestión el vehículo liviano no presenta ahorro considerable, no obstante, el ahorro para el vehículo pesado obtiene el 17%.

Los otros aspectos de costo de operación: (repuesto, mantenimiento, neumático y lubricante) varía su ahorro; cuyo porcentaje afecta al costo o factor de incremento para el vehículo liviano y vehículo pesado en vía deficiente o sin conservación.

Tabla 8. Porcentaje de afectación en vía sin mantenimiento

Tipos de vehículos	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Neumáticos	18%	20%
Lubricantes	20%	7%
Repuestos	26%	49%
Mantenimiento	15%	30%

Fuente: Len & Asociados Ingenieros (2007)

Posteriormente, a determinar la condición del camino vecinal, se aplica porcentaje de costo del vehículo analizado, como se evidencia en la tabla:

Tabla 9. Porcentaje consumo de insumo en función del costo inicial vehicular

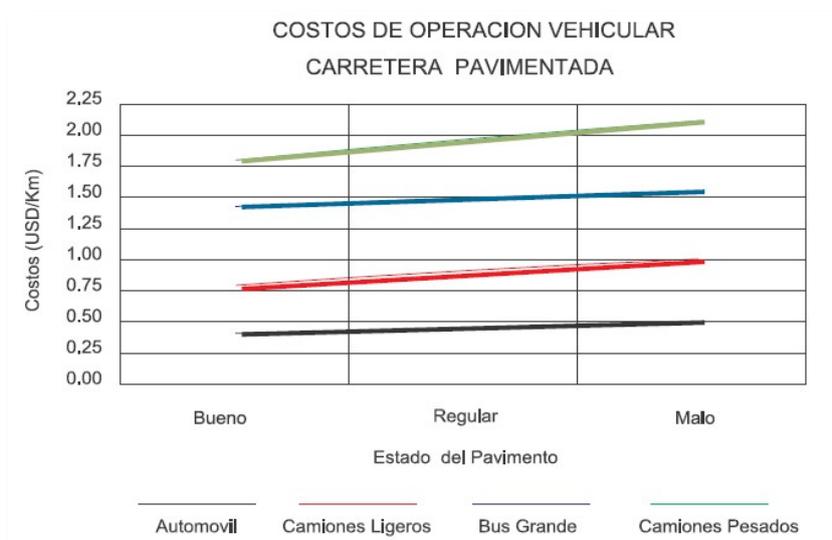
Rubros	Tipos de Vehículos	
	Livianos	Pesados
Combustible	15%	20%
Repuestos	4%	4%
Neumáticos	6%	7%
Lubricantes	2%	2%
Mantenimiento	5%	5%

Fuente: Len & Asociados Ingenieros (2007)

Método del Instituto Nacional de Vías (INVIAS):

A través de un cuadro, donde se describe el ahorro del costo de operación de acuerdo con la variedad de vehículo que circula en el camino, que puede presentar condición mala, regular o buena; el ahorro representa en dólar (USD.) por kilómetro.

Figura 4. Costo de operación según estado de pavimento y vehículo.



Fuente: Instituto Nacional de Vías-Colombia (2011)

Se determinó el ahorro del costo por kilómetro, según el tipo de vehículo ya sea liviano o camión pesado, posteriormente, de acuerdo con el ábaco de costo y según el estado de la franja de rodadura, se determina el ahorro existente mediante una tabla de cálculo.

2.2. Análisis de datos

La actual indagación, se enfocó en el progreso de un piloto de gestión de conservación vial, para ultimar en un formato técnico, que determine la ingeniería vial, la evaluación económica y la ejecución del piloto de gestión en la carretera.

Tabla 10. Técnicas de análisis de datos

Técnicas de análisis de datos	Descripción
Técnicas de análisis Cualitativo	
- El análisis de contenido	Ficha de inventario de condición de la vía Fichas de registro del tráfico que circula por la vía. Fotografías
Técnicas de análisis Cuantitativo	
- Distribución de frecuencias.	Diagramas circulares
- Porcentajes (%).	Diagrama de Barras
- Promedios, desviación estándar.	
- Gráficos de barras, de sectores, histogramas.	

III. RESULTADOS

3.1. Conocimientos básicos del camino vecinal

3.1.1. Índice medio diario anual (IMDA)

En el análisis de tráfico vial, se aplicó el conteo representativo en cada punto de desvío (Punto 01 y Punto 02), además, se consideró su actividad productiva, para determinar así, los meses con mayor índice de tráfico vial. El caserío de El Zapote presenta actividad agrícola en dos periodos del año, presenta el índice más alto en marzo y noviembre

Tabla 11. Cantidad de vehículos del año 2022 – Punto 01

Trafico por tipo de Vehículo – Punto 01			
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)	
Auto	165	82.5	Vehículo Ligero
Pickup	23	11.5	
C2	12	6	Vehículo pesado
IMD	200	100	

En el conteo vehicular del Punto 01 del camino vecinal, en el tramo de 0+000 km - 1+370 km, se observó mayor frecuencia vehicular del auto (82.50%), pickup (11.50%) y C2(6.0%).

Tabla 12. Cantidad de vehículos del año 2022 – Punto 02

Trafico por tipo de Vehículo – Punto 02			
Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)	
Auto	119	85.61	Vehículo Ligero
Pickup	11	7.91	
C2	9	6.47	Vehículo pesado
IMD	139	100.00	

Para la determinación del tránsito actual, en el tramo de 1+370 km - 4+100 km, se puede apreciar en el Anexo 2, el detalle del conteo de vehículos según el formato que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha establecido.

3.1.2. Evaluación de condición vial

Es fundamental la valoración del estado vial, la norma de Conservación Vial establece la evaluación de tramos cada 500m., según se presenta en la tabla 21:

Tabla 13. Cálculo de la condición superficial 0+000 km - 0+500 km

		1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	Longitud Deterioro 0	Ancho Deterioro 0	6.5	500	3250	0
			0					
1	Deformación	2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 122	Anc. Det. 2.4	6.5	500	3250	9.01
			292.8					
		3: Huella/hundimiento >=10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6.5	500	3250	0
			0					
ESTADO DE ACUERDO CON LA EVALUACIÓN =			BUENO					

En este primer tramo de la vía, se observó la falla de deformación con una extensión de 122.00 m. y una gravedad de falla de Grado 2, no obstante, se obtuvo un puntaje de 9.01, siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Bueno.

Tabla 14. Cálculo de la condición superficial 0+500 km - 1+000 km

		1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	Longitud Deterioro 285	Ancho Deterioro 4.5	6.5	500	3250	39.46
			1282.5					
1	Deformación	2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6.5	500	3250	0
			0					
		3: Huella/hundimiento >=10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6.5	500	3250	0
			0					
ESTADO DE ACUERDO CON LA EVALUACIÓN =			REGULAR					

En el segundo tramo, se observó la falla de Deformación con una extensión de 285.00 m. y una gravedad de falla de Grado 1, no obstante, se obtuvo un puntaje de 39.46, siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Regular.

Tabla 15. Cálculo de la condición superficial 1+000 km - 1+500 km

		Longitud	Ancho					
		Deterioro	Deterioro					
1	Deformación	1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	95	4.5	6	500	3000	29.7
			163	2.85				
			892.05					
		Long. Det.	Anc. Det.					
	2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	125	3	6	500	3000	12.5	
		375						
		Long. Det.	Anc. Det.					
	3: Huella/hundimiento >=10 cm	0	0	6	500	3000	0	
		0						
ESTADO DE ACUERDO CON LA EVALUACIÓN =		BUENO						

En el tercer tramo, se observó la falla de Deformación con un área de daño de 892.65 m², perteneciente a una gravedad de falla de Grado 1 (G1) y un área de daño de 375.0 m², perteneciente a una gravedad de falla de Grado 2 (G2), no obstante, se obtuvo un puntaje resultante de 42.20; siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Bueno.

Tabla 16. Cálculo de la condición superficial 1+500 km – 2+000 km

		Longitud	Ancho					
		Deterioro	Deterioro					
1	Deformación	1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	128	4.5	6	500	3000	19.2
			576					
			Long. Det.	Anc. Det.				
	2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	0	0	6	500	3000	0	
		0						
		Long. Det.	Anc. Det.					
	3: Huella/hundimiento >=10 cm	0	0	6	500	3000	0	
		0						
TIPO DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN =		BUENO						

En este cuarto tramo, se observó la falla de Deformación con una extensión de 128.00 m. y una gravedad de falla de Grado 1 (G1), no obstante, se obtuvo un puntaje de 19.2, siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Bueno.

Tabla 17. Cálculo de la condición superficial 2+000 km – 2+500 km

1	Deformación	1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	Longitud Deterioro 351	Ancho Deterioro 1.25	6	500	3000	14.6
			438.75					
		2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 351	Anc. Det. 1.58	6	500	3000	18.5
		554.58						
		3: Huella/hundimiento >=10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
2	Erosión	1: Sensible al usuario, pero profundidad <5 cm	Longitud Deterioro 82	Ancho Deterioro 0.45	6	500	3000	1.2
			36.9					
		2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
		3: Profundidad ≥10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
TIPO DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN =		BUENO						

En el quinto tramo, se observó la falla de Deformación con un área de daño de 438.75m²(G1) y 554.58m²(G2); y la falla de Erosión con un área de daño de 36.90m²(G1); no obstante, se obtuvo un puntaje resultante de 34.30; siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Bueno.

Tabla 18. Cálculo de la condición superficial 2+500 km – 3+000 km

1	Erosión	1: Sensible al usuario, pero profundidad <5 cm	Longitud Deterioro 84	Ancho Deterioro 0.45	6	500	3000	2.5
			47	0.75				
			2.42	0.23				
			2.28	0.28				
			74.245					
2	Erosión	2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
		3: Profundidad ≥10 cm	Long. Det. 38	Anc. Det. 2.1	6	500	3000	2.7
			79.8					
3	Baches	1: Pueden repararse por conservación rutinaria.	Número (N31): Daño3*G1	0				0
		2: Se necesita una capa de material adicional	Número (N31): Daño3*G2	1				1
		3: Se necesita una reconstrucción	Número (N31): Daño3*G3	0				0
TIPO DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN =		BUENO						

En el sexto tramo, se observó la falla de Erosión con un área de daño de 74.25m²(G1) y 79.8(G3); y la falla de Baches con número de baches de 1

(G2); no obstante, se obtuvo un puntaje resultante de 6.20; siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Bueno.

Tabla 19. Cálculo de la condición superficial 3+000 km – 3+500 km

		1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	Longitud Deterioro 298	Ancho Deterioro 6	6	500	3000	59.6
			1788					
1	Deformación	2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
		3: Huella/hundimiento >=10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
		1: Pueden repararse por conservación rutinaria.	Número (N31): Daño3*G1	0				0
3	Baches	2: Se necesita una capa de material adicional	Número (N31): Daño3*G2	1				1
		3: Se necesita una reconstrucción	Número (N31): Daño3*G3	5				5
TIPO DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN REGULAR DE CONDICIÓN =								

En el séptimo tramo, se observó la falla de Deformación con un área de daño de 1788.0m²(G1); y la falla de Baches con número de baches de 1 (G2) y 5 (G3); no obstante, se obtuvo un puntaje resultante de 65.60; siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Regular.

Tabla 20. Cálculo de la condición superficial 3+500 km – 4+100 km

		1: Huella/hundimiento sensible al usuario, pero <5cm	Longitud Deterioro 158	Ancho Deterioro 6	6	500	3000	31.6
			948					
1	Deformación	2: Huella/hundimiento entre 5 cm y 10 cm	Long. Det. 45	Anc. Det. 3.85	6	500	3000	5.8
			173.25					
		3: Huella/hundimiento >=10 cm	Long. Det. 0	Anc. Det. 0	6	500	3000	0
			0					
		1: Pueden repararse por conservación rutinaria.	Número (N31): Daño3*G1	0				0
3	Baches	2: Se necesita una capa de material adicional	Número (N31): Daño3*G2	3				3
		3: Se necesita una reconstrucción	Número (N31): Daño3*G3	5				5
TIPO DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN REGULAR DE CONDICIÓN =								

En este último tramo, se observó la falla de deformación con un área de daño de 948.0m²(G1) y 173.25(G2); la falla de Baches con número de baches de 03 (G2) y 5 (G3); no obstante, se obtuvo un puntaje resultante de 45.40; siendo el índice resultante perteneciente a una condición vial de tipo Regular.

Ineludiblemente, se puede apreciar en cada tabla las magnitudes de las fallas encontradas en la carretera vecinal El Milagro – El Zapote, siendo de mayor proporción las fallas de deformación, originadas por la huella del tráfico vehicular. Seguidamente, se muestra la tabla de la síntesis de la condición vial:

Tabla 21. Síntesis de condición vial

RESUMEN		
MTC 0+500	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
MTC 1+000	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
MTC 1+500	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
MTC 2+000	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
MTC 2+500	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
MTC 3+000	BUENO	CONSERVACION RUTINARIA
MTC 3+500	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA
MTC 4+100	REGULAR	CONSERVACION PERIODICA

Según la tabla 21 se divisa que, los tramos 0+500, 1+500, 2+000, 2+500 y 3+000 del camino evaluado presenta una CONDICIÓN BUENA, y los tramos 1+000, 3+500 y 4+100 exhibe una CONDICIÓN REGULAR.

3.2. Modelo de gestión de conservación vial, para el cálculo de costos de mantenimiento vial

En la zona a intervenir, de acuerdo con la indagación ofrecida por la Municipalidad distrital de El Milagro, se encuentra a nivel de Pre-inversión nivel de perfil, sin ninguna estrategia de mantenimiento del camino vecinal, por lo cual, en este estudio se recurrió a la normativa para plantear tres alternativas de solución al problema en los 4.1km del camino.

3.2.1. Política y estrategia de mantenimiento del camino

La estrategia de mantenimiento está relacionada a la alternativa técnica de respuesta que se analiza. En la tabla, se describe la proposición técnica y la conveniente estrategia de mantenimiento.

Tabla 22. Política y estrategia de Mantenimiento

Situación	Propuesta	Nº de Estrategia	Descripción
Con Proyecto	Afirmado	Estrategia N°01	Mejorar la carretera a nivel de afirmado, facilitando un mantenimiento rutinario y periódico adecuado durante la vida útil del proyecto: bacheo de respuesta a pérdida de material del 100%. Reposición de grava programada a los 5 años con espesor de grava mínimo de 10cm (100mm).

3.2.2. Costo de mantenimiento

El costo de conservación corresponde a las acciones programadas de conservación, para que se garantice la serviciabilidad y continuidad del camino vecinal durante su vida útil. Esta actividad es responsabilidad del gobierno local de El Milagro, entidad que debe mantener la vía en condiciones operativas, ya sea, a través de un mantenimiento rutinario anual o mantenimiento periódico, priorizando las acciones mediante manejos y habilidades de conservación.

Para el mantenimiento adecuada en la carretera y certificar un tráfico del vehículo, se efectúa dos tipologías de conservación: el rutinario cada año y el periódico de acuerdo con las técnicas de conservación. En la conservación rutinaria se restablece la operatividad de la vía, mediante acción de limpieza de superficie de rodadura, cuneta y de cauce de río, no obstante, en la preservación periódica consiste en devolverle el material perdido por la misma función y transcurso del tiempo. Consecuentemente, se presenta el costo de mantenimiento con proyecto a precio financiero y social.

Costo financiero de mantenimiento: En función de la estrategia de mantenimiento planteada para el camino, se considera el costo unitario para el mantenimiento rutinario (camino no pavimentado) y para la conservación periódico, de acuerdo con la superficie de rodadura (reposición de grava, perfilado, bacheo y bacheo de grava), los costos se han elaborado de acuerdo

con la Pre-Inversión a nivel de perfil (Municipalidad distrital de Culebras Snip 218184), según su análisis de precios unitarios.

Tabla 23. Costo de mantenimiento a precio financiero

Alternativas/ Concepto	Unid.	En nuevos soles	En dólares
Carretera Afirmada			
Perfilado	Costo/km	8,526.00	2,280.88
Bacheo localizado	Costo/m3	133.35	35.67
Reposición de grava	Costo/m3	45.64	12.21
Mantenimiento Rutinario	Costo/km/año	3,538.96	946.74
Mantenimiento Periódico	Costo/km/año	663.93	177.61

Fuente: Estudio de Pre-Inversión a nivel de perfil – Municipalidad distrital de Culebras Snip 218184.

Costos económicos de mantenimiento: Su determinación es a través de la exoneración de impuestos considerando los equipos, materiales y mano de obra, en la diferente actividad de acuerdo con la clase de conservación (periódico y rutinario).

Tabla 24. Costo de mantenimiento a precio social

Alternativas/ Concepto	Unid.	En nuevos soles	En dólares
Carretera Afirmada			
Perfilado	Costo/km	6,393.75	1,710.46
Bacheo localizado	Costo/m3	100.01	26.75
Reposición de grava	Costo/m3	34.23	9.16
Mantenimiento Rutinario	Costo/km/año	2,654.22	710.06
Mantenimiento Periódico	Costo/km/año	443.12	118.54

Fuente: Estudio de Pre-Inversión a nivel de perfil – Municipalidad distrital de Culebras Snip 218184.

3.3. Técnicas de gestión de conservación vial, según las características obtenidas en el camino vecinal El Milagro – El Zapote

A continuación, se muestra la valoración proporcionada a cada método de cumplimiento de mantenimiento de carreteras, según las incógnitas planteadas según la condición vial inspeccionada:

Tabla 25. Evaluación de modalidad de ejecución de conservación vial

MODALIDAD	Duración plurianual	Especialización en labores	Libera carga al Estado	Realiza actividades de administración	De acuerdo con el tráfico de la vía	Responde a Emergencia	Posibilita variaciones en el presupuesto	Abarca a los dos tipos de mantenimiento	Puntaje
Administración Directa	1	1	0	1	0	1	1	1	6
Mantenimiento rutinario con microempresas	0	0	1	0	1	1	0	0	3
Mantenimiento periódico por precios unitarios	0	1	1	0	1	0	0	0	3
Mantenimiento integral	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Mantenimiento por indicadores de estado	1	1	1	1	1	1	0	1	7
Concesión	1	1	1	1	0	1	0	1	6

Inspeccionando los diferentes métodos, se prefiere el mantenimiento integral, porque obtuvo el mejor resultado posible y beneficios para un método de ejecución de mantenimiento vial, este método adopta acciones de conservación rutinario y periódico, con el beneficio de servicio al usuario. No obstante, la obra de mantenimiento periódico se define por estudio previo, se cancela por precio unitario, mientras tanto, la conservación rutinaria se reconoce por cuota fija mensual durante el proceso del contrato, con la condicional que la carretera cumpla con las características descritas en el documento del contrato. El beneficio es que se contrata con una sola persona operaria, el cual se designará toda la actividad de conservación durante una estación larga, lo que permite una acción sucesiva de mantenimiento permanente.

3.3.1. Ahorro en el costo de operación vehicular

Para reducir el costo de operación de vehículos, se aplicó las metodologías de Len Asociados Ingenieros Consultores (Chile) y del Instituto Nacional de Invias (Colombia), previamente, se debe identificar la clase de vehículo que transita en la carretera vecinal.

3.3.1.1. Método de Len Asociados Ingenieros Consultores

Como se muestra en la tabla siguiente, los costos promedio de adquisición para vehículos pesados y livianos del estudio de preinversión se utilizaron como información previa:

Tabla 26. Costo de Mercado o financiero de vehículo (En US\$)

Especificaciones	Auto	Utilitario	C2 Ejes Livianos
Precio Financiero (US\$)	17,950.00	26,100.00	103,000.00
Precio Económico (US\$)	12,385.00	18,009.00	71,070.00
Factor	0.69	0.69	0.69

Fuente: Costo según fabricación y marca del vehículo

Se sabe que la unidad de transporte que atraviesa el segmento en estudio es: Vehículo ligero (auto y pick up), y por vehículo pesado (Camión simple C2).

Tabla 27. Costo del insumo en correlación al costo vehicular

Costo del insumo en correlación al costo vehicular (US\$)			
Precio Financiero (US\$)	17,950.00	26,100.00	103,000.00
Precio Económico (US\$)	12,385.00	18,009.00	71,070.00
Factor	0.69	0.69	0.69

Fuente: Costo según fabricación y marca del vehículo

Los componentes adicionales del costo de operación: (repuesto, mantenimiento, neumático y lubricante) varía en su ahorro, cuyo porcentaje de afectación para el vehículo liviano y pesado en vía de mal estado, es la garantía de una detenida indagación, como se observa a continuación:

Tabla 28. Costo de los insumos en relación con el costo vehicular

INSUMO	LIVIANO		PESADO	
	COSTO MEDIO DEL VEHICULO A PRECIO FINANCIERO (US\$)	17,950.00	COSTO MEDIO DEL VEHICULO A PRECIO FINANCIERO (US\$)	103,000.00
	INDICADOR (%)	COSTO DE OPERACIÓN	INDICADOR (%)	COSTO DE OPERACIÓN
COMBUSTIBLE	15	2,692.50	20	20,600.00
REPUESTOS	4	718	4	4,120.00
NEUMATICOS	6	1,077.00	7	7,210.00
LUBRICANTES	2	359	2	2,060.00
MANTENIMIENTO	5	897.5	5	5,150.00
COSTO TOTAL ANUAL (US\$)		5,744.00		39,140.00

Al resultado obtenido del producto de los porcentajes de afectación con el respectivo insumo del costo de operación vehicular anual; últimamente se

obtiene el ahorro en costo de operación vehicular, por consiguiente, la tabla siguiente resume el IMDA para el año 2022:

Tabla 29. IMDA de vehículos

IMDA TOTAL (AÑO 2022)	IMDA Vehículo Liviano	IMDA Vehículo Pesado
200	188	12

Consecuentemente, se presenta el análisis de ahorro de costo de operación vehicular:

Tabla 30. Ahorro de costo de operación vehicular

INSUMO	CON MANTENIMIENTO IRI 2 A 4				FACTOR DE INCREMENTO INDICADOR (%)		SIN MANTENIMIENTO IRI MAYOR A 4	
	INDICADOR (%)	VEH. LIV.	INDICADOR (%)	VEH. PESADO	VEH. LIV.	VEH. PESADO	VEH. LIV.	VEH. PESADO
COMBUSTIBLE	15	2,692.50	20	20,600.00	0	17	2,692.50	24,102.00
REPUESTOS	4	718	4	4,120.00	26	49	904.68	6,138.80
NEUMATICOS	6	1,077.00	7	7,210.00	18	20	1,270.86	8,652.00
LUBRICANTES	2	359	2	2,060.00	20	7	430.8	2,204.20
MANTENIMIENTO	5	897.5	5	5,150.00	15	30	1,032.13	6,695.00
COSTO TOTAL ANUAL		5,744.00		39,140.00			6,330.97	47,792.00
TPDA=IMDA		188		12			188	12
COSTO POR TIPO DE VEH.		1,079,872.00		469,680.00			1,190,221.42	573,504.00
COSTO DE OPERACIÓN VEH. ANUAL			1,549,552.00				1,763,725.42	
		AHORRO EN COSTO DE OPERACIÓN VEH. (US\$)					214,173.42	

3.3.1.2. Método del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Se determinó el ahorro del costo por kilómetro, según el tipo de vehículo ya sea liviano o camión pesado, posteriormente, de acuerdo con el ábaco de costo y de acuerdo con el estado de área de rodadura, determina el ahorro existente mediante una tabla de cálculo.

Tabla 31. Costos de los insumos en relación con el costo vehicular

VEHÍCULO	COSTO DE OPERACIÓN VEH.		AHORRO USD/KM	LONGITUD KM	IMDA VEH/DÍA	DIAS/AÑO DÍA	COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR ANUAL USD
	ESTADO DE LA VÍA						
	BUENO USD/KM	MALO USD/KM					
LIVIANO	0.44	0.5	0.06	4.1	188	365	16,880.52
PESADO	1.75	2.05	0.05	4.1	12	365	897.9
COSTO TOTAL ANUAL (US\$)			0.11		200		17,778.42

El ahorro anual en costo de conservación vial con respecto a la carretera vecinal El Milagro – El Zapote, se sintetiza en la siguiente tabla:

Tabla 32. Ahorro anual en costo de mantenimiento vial

ACTIVIDAD	COSTO/KM	FRECUENCIA DE INTERVENCIÓN	COSTO/KM /AÑO	LONGITUD (KM)	COSTO ANUAL DE LA VIA (US\$)
MANTENIMIENTO RUTINARIO (KM)	946.74	1 AÑO	946.74	4.1	3,881.63
MANTENIMIENTO PERIODICO (KM)	888.05	5 AÑOS	177.61	4.1	728.2
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					4,609.83
MEJORAMIENTO	14,277.71	10 AÑOS	1,427.77	4.1	5,853.86
-Perfilado	2,294.96				
-Reposición de grava (e=0.15)	11,982.75				
AHORRO ANUAL EN MANTENIMIENTO DE LA VÍA (US\$)					1,244.03

La proporción del monto de mejoramiento y mantenimiento respectivamente es: US\$ 5,853.86/4,609.83, igual a 1.27. Contrastando el resultado, para el camino vecinal El Milagro – El Zapote, es más factible, las actividades de conservación periódico y rutinario, presentando un ahorro anual de la vía de US\$ 1,244.03.

IV. DISCUSIÓN

En la actual indagación, se aplicó dos modalidades de gestión de mantenimiento vial, para establecer el ahorro de costo de operación vehicular por Len Asociados Ingenieros Consultores y Método de INVIAS, se pudo contrastar los resultados de: US\$ 214,173.42, frente a US\$ 17,778.42, obtenido por INVIAS siendo el método que más se ajusta a la realidad y que puede ser aplicado como principal alternativa de aplicación en la inversión pública. La mejora de una carretera vecinal otorga beneficio cuantificable al usuario, reflejándose en la atenuación de los gastos de operación del vehículo, presentado óptimas condiciones de transitabilidad. En el anuario estadístico de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, se menciona que solo el 6% de los gastos gubernamentales estatales y locales, se proyectó a autopistas y caminos, generando un retraso de \$836 mil millones para reparaciones, ampliaciones y mejoras de los caminos, no obstante, una de cada cinco millas de pavimento de carretera, se encuentra en mal estado (American Society of Civil Engineers, 2017).

Contrastando los resultados con lo obtenido por Vazallo, C. (2020); en su propuesta de conservación vial (San Agustín – Huabal), la opción de un mantenimiento rutinario, es más factible, que un mantenimiento periódico, ya que los costos varían un 36%, siendo constituyente para la realización de la gestión de mantenimiento vial, no obstante, la vía vecinal San Agustín, presenta el análisis de tráfico de 55 veh/día, según el Manual de diseño de carreteras (DG-2018), califica como una trocha carrozable con condiciones y demandas mínimas para la operación vehicular; difiriéndose, con la vía de la presente investigación, que tiene mayor demanda vehicular y mayores gastos de operación vehicular de 200 veh./día, priorizando el mantenimiento integral, como una alternativa principal, para mantener en condiciones el camino vecinal.

El mantenimiento preventivo regular de caminos vecinales y carreteras es esencial para garantizar la seguridad en las vías, reducir gastos y extender la vida útil de las infraestructuras, además de mejorar el confort y la eficiencia del transporte. Este enfoque también favorece la protección ambiental, incrementa el valor económico y social de las zonas circundantes, disminuye las interrupciones y asegura el cumplimiento de las normativas. En resumen, estas prácticas proactivas no solo previenen daños importantes y costosos, sino que también optimizan el funcionamiento y la sostenibilidad de las redes viales, aportando beneficios tanto a los usuarios como a las comunidades.

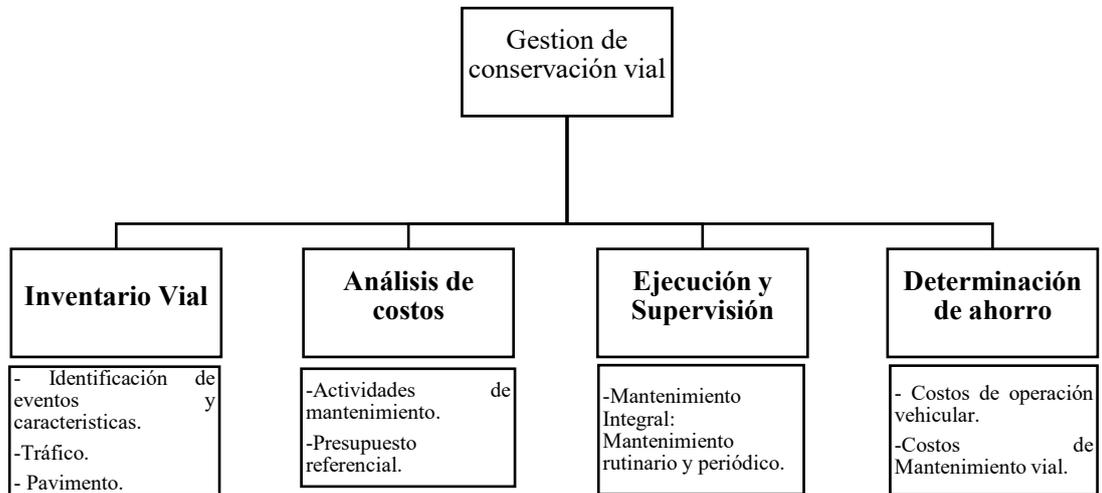
La compleja interacción entre la infraestructura del pavimento y el medio ambiente resalta la calidad de las herramientas de gestión, para identificar estrategias de construcción ambientalmente sostenibles y rentables (Parsa et al, 2021); No obstante, se observa en las entidades públicas, un escaso interés o nulo, frente a la gestión de mantenimiento vial, puesto que, priorizan la construcción de una obra, cuando las condiciones viales son severas, perjudicando a los usuarios por la ampliación de los gastos de operación vehicular. La proporcionalidad con relación a la intervención de rehabilitación o mantenimiento de una carretera vecinal, para el gobierno de Ecuador, es de 3 a 1; y la proporcionalidad según la presente tesis, es de 1.27 a 1, para optar un mejoramiento o preferir el mantenimiento de la vía; en contexto técnico, si se llega al punto de deterioro extremo, se gastaría 1.2 veces más, en proporción, a mantener la vía en condición de óptima operación (Cevallos F, 2016).

Debe entenderse que de los caminos en estado regular indica que el modelo de gestión actual puede no estar abordando adecuadamente las necesidades de mantenimiento preventivo. Esto podría conducir a un aumento en los costos y un deterioro futuro de la infraestructura (Pérez & Suarez, 2023) El mantenimiento preventivo regula los daños de caminos y carreteras lo cual es crucial garantizar la seguridad vial, reducir costos y extender la vida útil de las infraestructuras. Además, mejora la comodidad del transporte, protege el medio ambiente, aumenta el valor de las áreas circundantes, finalmente asegurar el cumplimiento de normativas, estas prácticas proactivas previenen daños costosos y optimizan la funcionalidad y sostenibilidad de las redes viales.

Se determinó que para mejorar el modelo de gestión con tecnologías avanzadas y un enfoque integral permitirá un mantenimiento más eficiente y proactivo, reduciendo costos y mejorando la durabilidad de las carreteras, el cual optimizará la conservación vial y aumentará los beneficios económicos y sociales (Rubio, 2022). Sin embargo, el uso de tecnologías avanzadas favorecerá transformar el mantenimiento de carreteras de reactivo a proactivo, permitiendo intervenciones más claras reduciendo costos a largo plazo, Además, un enfoque integral que considere tanto costos directos como indirectos es fundamental para mejorar la planificación del mantenimiento y extender la vida útil de las carreteras, al tiempo que maximiza los beneficios de manera eficiente. (Fernandez & Torrado, 2023)

Se ha propuesto las siguientes fases para ejecutar la gestión de mantenimiento vial en el camino vecinal, para una óptima inversión de los recursos por las autoridades.

Figura 5. Fases de ejecución de gestión de mantenimiento vial



V. CONCLUSIONES

En el camino vecinal El Milagro – El Zapote, se implementaron dos modelos de gestión de conservación vial para establecer un modelo y reducir los costos asociados con el mantenimiento de las vías, por Len Asociados Ingenieros Consultores y Método Instituto Nacional de Vías (INVIAS), se pudo comparar los resultados de: US\$ 214,173.42, frente a US\$ 17,778.42, obtenido por INVIAS, siendo el método que más se ajusta a la realidad y que puede ser aplicado como principal alternativa de aplicación en el proyecto de inversión pública.

Se efectuó el estudio de tráfico en el camino vecinal El Milagro – El Zapote, refiriendo a dos puntos de estudio: en el primer punto de intersección se contabilizó 200 veh. /día, y en el segundo punto, 139 veh. /día, de acuerdo con el Manual de diseño de carreteras (DG-2018), califica como una trocha carrozable con condiciones y demandas mínimas para la operación vehicular. No obstante, en la evaluación de la condición vial, se obtuvo que el 37.50 % del camino evaluado, presenta una CONDICION REGULAR, y el 62.50% exhibe una CONDICION BUENA.

El camino vecinal El Milagro – El Zapote, no presenta ninguna estrategia de mantenimiento, por lo cual, se recurrió a la normativa, para proponer una solución al problema. No obstante, para el cálculo del costo de mantenimiento vial y estrategia de Mantenimiento Integral, se consideró los precios unitarios por partida para la conservación rutinaria y periódica, según la superficie de rodadura sin pavimentar (reposición de grava, bacheo, perfilado, y bacheo de grava).

Se ha determinado el costo mínimo de conservación preventivo de US\$4,609.83 y el costo de mejoramiento vial de US\$5,853.86, siendo notablemente mejor la primera propuesta, puesto que, se obtiene un ahorro anual de la vía de US\$ 1,244.03.

VI. RECOMENDACIONES

Los beneficios económicos, sociales y técnicos de las actividades de mantenimiento de caminos deben ser destacadas, siendo de enfoque primordial para las nuevas investigaciones, el relevamiento de fallas y conservación vial. No obstante, es responsabilidad de las autoridades, la aprobación de política integral de infraestructura vial.

En las administraciones públicas, se sugiere invertir en un método integrado de gestión vial, que complemente la modalidad de gestión de conservación, principalmente, en la gestión de la seguridad vial, además de los estándares establecidos en este documento sobre la gestión del mantenimiento vial.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Civil Engineers (2017). *ASCE 2017 Infrastructure Report*.
<https://infrastructureusa.org/2017-infrastructure-report-card/>
- Beteta, C. A. (2020). *Gestión vial y mantenimiento de caminos vecinales del instituto vial de la Municipalidad Provincial de San Martín 2016 – 2019*. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52325>
- Cevallos, F. (2016). *Análisis crítico de los métodos de diseño, construcción, fiscalización y mantenimiento de las carreteras nacionales. Trabajo de Investigación Individual. Instituto De Altos Estudios Nacionales. Curso Superior de Seguridad Nacional y Desarrollo Ecuador*. <https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4145?mode=full>
- Cueva, B., & Clever, L. (2017). *Propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre los tramos del caserío de Nueva Delicia-Chinchupata, Chillia-Pataz-La Libertad 2017*.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRI_40df7ec0ef04d16b5335d49b6c91a465/Details
- Chambi, F. (2021). *Modelo De Gestión De Conservación Vial Para Reducir Costos De Mantenimiento Vial Y Operación Vehicular En La Carretera Juliaca – Lampa, aplicando El Programa Hdm-4. Universidad Nacional del Altiplano*.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3441707>
- Chengjia Han, Tao Ma, Siyu Chen (2021). *Asphalt pavement maintenance plans intelligent decision model based on reinforcement learning algorithm, Construction and Building Materials*, Volume 299, 2021, 124278, ISSN 0950-0618,
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124278>
- Condori, K., & Arce, L. A. (2023). *Evaluación del Mantenimiento Periódico en la transitabilidad de los caminos vecinales: AP-729, AP-727 Y AP-725, del distrito de San, Antonio de Cachi, Provincia, de Andahuaylas, departamento de Apurímac, en una longitud de 30.93 km. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/672224>
- Fernández, J. D., & Torrado, F. J. (2023). *Estudio del estado del corredor vial y*

alternativas de mejoramiento para la operacionalidad de los primeros siete kilómetros que une el municipio de Gramalote—Lourdes vía secundaria del departamento de Norte de Santander.
<https://catalogobiblioteca.ufps.edu.co/descargas/tesis/1113415.pdf>.

Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación* (7 ed.). McGraw Hill.

Instituto Nacional de Vías-Colombia (2011). *Manual de Administración del Mantenimiento Vial.*
<https://community.secop.gov.co/Public/Archive/RetrieveFile/Index?DocumentId=26741819>

Gabriel, Toma & Dicu, Mihai. (2019). *Pavement Maintenance Management Application for Road Network in Romania. Romanian Journal of Transport Infrastructure.* 8. 73-88. DOI: 10.2478/rjti - 2019-0012

Len & Asociados Ingenieros Consultores Ltda. (2007). *Manual de carreteras. Procedimientos de estudios viales.*
https://www.academia.edu/17418745/VOLUMEN_No2_MANUAL_DE_CARRETERAS

Manual de Inventarios Viales (2016). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones.*
[https://www.proviasdes.gob.pe/Prog_incentivos/Normatividad/Norm_sectorial_vinc_meta_40/Actualizac_Manual_Inventario_Vial_\(parte_IV\).pdf](https://www.proviasdes.gob.pe/Prog_incentivos/Normatividad/Norm_sectorial_vinc_meta_40/Actualizac_Manual_Inventario_Vial_(parte_IV).pdf)

Manual Técnico de caminos con microempresas (2003). *Oficina Internacional del Trabajo, Oficina Subregional para los Países Andinos.*
<https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/mcsmantec.pdf>

Municipalidad Distrital de Culebras (2014). *Mejoramiento de la carretera vecinal an-830: EMP. PE-1N (Culebras) - Raypa - Huanchay; tramo: EMP. PE-1N (Culebras) - El Molino (Km. 13+411.89), Distrito De Culebras - Huarney - Ancash.* Snip 218184. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-piura/disenos-de-investigacion-para-ingenieria/mejoramiento-de-carretera/25400317>

- Mohd, Y & Hamidah, H. (2010). *Managing Road Maintenance Using Geographic Information System Application*. Journal of Geographic Information System, Vol. 2 No. 4, 2010, pp. 215-218. doi: 10.4236/jgis.2010.24030.
- Parsa, S., Samson, C., Omar, S. (2021). *All roads lead to sustainability: Opportunities to reduce the life-cycle cost and global warming impact of U.S. roadways*, Resources, Conservation and Recycling. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105701>.
- Peraza, A. (2016). *Evaluación de un tramo de la carretera rural Santa Clara entronque Vuelta aplicando el método Pavement Condition Index y los métodos cubanos*. Doctoral dissertation, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Civil. <https://dspace.uclv.edu.cu/items/f36dbcc2-73dd-4ad8-a254-957c987df515>
- Pérez, Y., & Suarez, N. (2023). *Inventario de fallas del pavimento flexible y planteamiento de alternativas de mejoramiento para las condiciones del tramo vial que une los cascos urbanos desde el K7+00 al k15+00 vía secundaria Gramalote – Lourdes, departamento Norte de Santander*. <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/6925>
- Rubio, M. (2023). *Gestión de mantenimiento vial y su relación con la satisfacción de los usuarios de Lima Metropolitana, 2022*. Alpha Centauri, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.47422/ac.v4i2.145>
- Sanchez, D. (2018). *Evaluación De La Condición Superficial De La Carretera No Pavimentada El Milagro – El Zapote Mediante Dos Técnicas Unsurfaced Road Maintenance Management Y Conservación Vial, Provincia De Utcubamba* Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1629?locale-attribute=en>
- Vaitkus, A., Cygas, D., & Motiejūnas, A., Pakalnis, A., & Miskinis, D. (2016). *Improvement of Road Pavement Maintenance Models and Technologies*. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. 11. 242-249. <https://journals.rtu.lv/index.php/BJRBE/article/view/bjrbe.2016.28>
- Vazallo, C. (2020). *Modelo De Gestión De Conservación Vial Para El Mantenimiento Vial Del Camino Vecinal Ca - 538 Empalme Pe - 5n San Agustín – Huabal, Provincia*

De Jaén, Cajamarca. Tesis Para Optar El Grado De Maestro En Transportes Y Conservación Vial. Universidad Privada Antenor Orrego.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/6944>

Xueqing, Z & Hui, G. (2012). *Road maintenance optimization through a discrete-time semi-Markov decision process.* Reliability Engineering & System Safety, Volume 103, 2012, Pages 110-119, ISSN 0951-8320,
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2012.03.011>.

Zepeda, J. (2019). *Aplicación De Hdm-4 A La Evaluación De Proyectos De Mejora Y Nueva Construcción.* [Trabajo De Posgrado Para Obtener el Grado de Maestria En Ingenieria De Vías Terrestres, Universidad Autónoma De Chihuahua].
<http://repositorio.uach.mx/id/eprint/268>

**FORMATO INVENTARIO DE CONDICIÓN VIAL ANUAL
PARA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO ANUAL POR SECTOR**

Departamento <u>Amazonas</u>	Residencia <u>El Zapote</u>
Distrito <u>El Milagro</u>	Fecha <u>28/11/2022</u> Preparado por <u>Emerson O.</u>

Localización del Trabajo

Ruta Principal (código y/o nombre): El Milagro - El Zapote
 Tramo bajo el cuidado del Residente: 4.10 km.
 Sector en Trabajo: Ref. inicial km: 1+000
 Ref. final km: 2+000
 Número de vehículos por día en dos sentidos - IMD: 139 Vehículos
 Clase de Carretera: Clase 0, con IMD igual o menor a 200 veh/día

Longitud del Tramo <u>4.10</u> km	Ancho Promedio del Camino <u>6.50</u> metros
-----------------------------------	--

<p>Tipo de Superficie</p> <p>No Pavimentada</p> <p><input type="checkbox"/> Tierra</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Afirmada</p> <p><input type="checkbox"/> Estabilizada</p> <p>Pavimentada</p> <p><input type="checkbox"/> Asfaltada</p> <p><input type="checkbox"/> Concreto</p> <p><input type="checkbox"/> Adoquines</p>	<p>Condición de la Superficie (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Malo</p> <p>(*) Calificación de acuerdo al procedimiento especificado en el Capítulo 4 Inventario de Condición, proceso de los datos básicos de deterioros numeral 4.3.2; 4.4.3 y 4.5.3</p>
---	--

Cunetas Laterales <u>Ninguna</u> km	Zanjas <u>0.00</u> km Otras Zanjas _____ metros
-------------------------------------	---

Nº de Alcantarillas Ninguna

<p>Condición de Drenaje (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Malo</p> <p>(*) Calificación de acuerdo al procedimiento especificado en el Capítulo 4 - Inventario de Condición, numeral 4.6</p>	<p>Condición del Control de Vegetación</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</p> <p><input type="checkbox"/> Ligero</p> <p><input type="checkbox"/> Medio</p> <p><input type="checkbox"/> Denso</p>
---	--

<p>Nº de Puentes</p> <p>Acero _____</p> <p>Concreto _____</p> <p>Madera _____</p>	<p>Longitud total de Puentes</p> <p>Acero _____</p> <p>Concreto _____</p> <p>Madera _____</p>
---	---

Nº de Señales _____

Necesidad de Trabajos Especiales Puntuales Perfilado con recapeo (regrava) parcial

Entidad Ejecutora: _____	Autorizado: _____
	Aprobado: _____

**FORMATO INVENTARIO DE CONDICIÓN VIAL ANUAL
PARA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO ANUAL POR SECTOR**

Departamento <u>Amazonas</u>	Residencia <u>El Zapote</u>
Distrito <u>El Milagro</u>	Fecha <u>28/11/2022</u> Preparado por <u>Emerson O.</u>

Localización del Trabajo

Ruta Principal (código y/o nombre): El Milagro - El Zapote
 Tramo bajo el cuidado del Residente: 4.10 km.
 Sector en Trabajo: Ref. inicial km: 2+000
 Ref. final km: 3+000
 Número de vehículos por día en dos sentidos - IMD: 139 Vehículos
 Clase de Carretera: Clase 0, con IMD igual o menor a 200 veh/día

Longitud del Tramo <u>4.10</u> km	Ancho Promedio del Camino <u>6.00</u> metros
-----------------------------------	--

<p>Tipo de Superficie</p> <p>No Pavimentada</p> <p><input type="checkbox"/> Tierra</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Afirmada</p> <p><input type="checkbox"/> Estabilizada</p> <p>Pavimentada</p> <p><input type="checkbox"/> Asfaltada</p> <p><input type="checkbox"/> Concreto</p> <p><input type="checkbox"/> Adoquines</p>	<p>Condición de la Superficie (*)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Malo</p> <p>(*) Calificación de acuerdo al procedimiento especificado en el Capítulo 4 Inventario de Condición, proceso de los datos básicos de deterioros numeral 4.3.2; 4.4.3 y 4.5.3</p>
---	--

Cunetas Laterales <u>Ninguna</u> km	Zanjas <u>0.00</u> km Otras Zanjas _____ metros
-------------------------------------	---

Nº de Alcantarillas 01 Und. - 2+590 km.

<p>Condición de Drenaje (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Malo</p> <p>(*) Calificación de acuerdo al procedimiento especificado en el Capítulo 4 - Inventario de Condición, numeral 4.6</p>	<p>Condición del Control de Vegetación</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</p> <p><input type="checkbox"/> Ligero</p> <p><input type="checkbox"/> Medio</p> <p><input type="checkbox"/> Denso</p>
---	--

<p>Nº de Puentes</p> <p>Acero _____</p> <p>Concreto _____</p> <p>Madera _____</p>	<p>Longitud total de Puentes</p> <p>Acero _____</p> <p>Concreto _____</p> <p>Madera _____</p>
---	---

Nº de Señales _____

Necesidad de Trabajos Especiales Puntuales Bacheo en algunas zonas

Entidad Ejecutora: _____	Autorizado: _____
	Aprobado: _____

**FORMATO INVENTARIO DE CONDICIÓN VIAL ANUAL
PARA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO ANUAL POR SECTOR**

Departamento <u>Amazonas</u>	Residencia <u>El Zapote</u>
Distrito <u>El Milagro</u>	Fecha <u>28/11/2022</u> Preparado por <u>Emerson O.</u>

Localización del Trabajo

Ruta Principal (código y/o nombre): El Milagro - El Zapote
 Tramo bajo el cuidado del Residente: 4.10 km.
 Sector en Trabajo: Ref. inicial km: 3+000
 Ref. final km: 4+100
 Número de vehículos por día en dos sentidos - IMD: 139 Vehículos
 Clase de Carretera: Clase 0, con IMD igual o menor a 200 veh/día

Longitud del Tramo <u>4.10</u> km	Ancho Promedio del Camino <u>6.00</u> metros
-----------------------------------	--

<p>Tipo de Superficie</p> <p>No Pavimentada</p> <p><input type="checkbox"/> Tierra</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Afirmada</p> <p><input type="checkbox"/> Estabilizada</p> <p>Pavimentada</p> <p><input type="checkbox"/> Asfaltada</p> <p><input type="checkbox"/> Concreto</p> <p><input type="checkbox"/> Adoquines</p>	<p>Condición de la Superficie (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Malo</p> <p>(*) Calificación de acuerdo al procedimiento especificado en el Capítulo 4 Inventario de Condición, proceso de los datos básicos de deterioros numeral 4.3.2; 4.4.3 y 4.5.3</p>
---	--

Cunetas Laterales <u>Ninguna</u> km	Zanjas <u>0.00</u> km Otras Zanjas _____ metros
-------------------------------------	---

Nº de Alcantarillas Ninguna

<p>Condición de Drenaje (*)</p> <p><input type="checkbox"/> Bueno</p> <p><input type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Malo</p> <p>(*) Calificación de acuerdo al procedimiento especificado en el Capítulo 4 - Inventario de Condición, numeral 4.6</p>	<p>Condición del Control de Vegetación</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</p> <p><input type="checkbox"/> Ligero</p> <p><input type="checkbox"/> Medio</p> <p><input type="checkbox"/> Denso</p>
---	--

<p>Nº de Puentes</p> <p>Acero _____</p> <p>Concreto _____</p> <p>Madera _____</p>	<p>Longitud total de Puentes</p> <p>Acero _____</p> <p>Concreto _____</p> <p>Madera _____</p>
---	---

Nº de Señales _____

Necesidad de Trabajos Especiales Puntuales Perfilado con recapeo (regrava) parcial

Entidad Ejecutora: _____	Autorizado: _____
	Aprobado: _____

ANEXO 2: ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	0KM- 1+370KM DE LA CARRETERA EL MILAGRO-EL ZAPOTE		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	DISTRITO EL MILAGRO		

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION	P1		
DIA Y FECHA	SÁBADO	26	11 2022

HORA	SENTIDO	AUTO	MOTO LINEAL	CAMIONETAS			MOTOTAXI	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		TRACTOR	TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2			2T3
7	E																		3	127
9	S																		0	65
12	E																		1	76
14	S																		0	64
17	E																		0	57
19	S																		2	84
	E																			
	S																			
	E																			
	S																			

ENCUESTADOR : EMERSON ORTEGA

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	0KM- 1+370KM DE LA CARRETERA EL MILAGRO-EL ZAPOTE		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	DISTRITO EL MILAGRO		

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION	P1		
DIA Y FECHA	DOMINGO	27	11 2022

HORA	SENTIDO	AUTO	MOTO LINEAL	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER		TRACTOR	TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MOTOTAXI	2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		
DIAGRA. VEH.																				
7	E	4	28	5			38			2									1	78
A																				
9	S	1	15	1			45			1									0	63
12	E	5	17	2			24			1									1	50
A																				
14	S	2	15	3			38			1									0	59
17	E	1	16	0			44			0									0	61
A																				
19	S	3	23	2			31			1									1	61
	E																			
	S																			
	E																			
	S																			

ENCUESTADOR : EMERSON ORTEGA

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	0KM- 1+370KM DE LA CARRETERA EL MILAGRO-EL ZAPOTE		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	DISTRITO EL MILAGRO		

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION	P1		
DIA Y FECHA	LUNES	28	11 2022

HORA	SENTIDO	AUTO	MOTO LINEAL	CAMIONETAS			MOTOTAXI	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER		TRACTOR	TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3			
DIAGRA. VEH.																					
7	E	8	35	8			58			5										4	118
9	S	3	29	4			52			2										1	91
12	E	5	38	6			52			2										1	104
14	S	4	31	3			48			3										1	90
17	E	2	16	1			33			0										0	52
19	S	5	31	2			44			1										2	85
	E																				
	S																				
	E																				
	S																				

ENCUESTADOR : EMERSON ORTEGA

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	1+370KM- 4+100KM DE LA CARRETERA EL MILAGRO-EL ZAPOTE		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	DISTRITO EL MILAGRO		

ESTACION	2		
CODIGO DE LA ESTACION	P2		
DIA Y FECHA	SÁBADO	26	11 2022

HORA	SENTIDO	AUTO	MOTO LINEAL	CAMIONETAS			MOTOTAXI	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER		TRACTOR	TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		
DIAGRA. VEH.																				
7 A	E	3	22	3			36			2								2	68	
9 A	S	3	15	2			30			1								0	51	
12 A	E	2	18	2			34			1								0	57	
14 A	S	2	16	0			26			2								1	47	
17 A	E	0	9	1			36			0								0	46	
19 A	S	1	13	1			38			1								1	55	
	E																			
	S																			
	E																			
	S																			

ENCUESTADOR : EMERSON ORTEGA

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	1+370KM- 4+100KM DE LA CARRETERA EL MILAGRO-EL ZAPOTE		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	DISTRITO EL MILAGRO		

ESTACION	2		
CODIGO DE LA ESTACION	P2		
DIA Y FECHA	DOMINGO	27	11 2022

HORA	SENTIDO	AUTO	MOTO LINEAL	CAMIONETAS				BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER		TRACTOR	TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MOTOTAXI	2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3			
DIAGRA. VEH.																					
7	E	3	12	2			27			1										1	46
9	S	2	9	1			33			1										1	47
12	E	2	7	1			24			0										0	34
14	S	2	9	2			26			2										1	42
17	E	0	8	0			22			0										0	30
19	S	1	10	1			30			0										0	42
	E																				
	S																				
	E																				
	S																				

ENCUESTADOR : EMERSON ORTEGA

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA	1+370KM- 4+100KM DE LA CARRETERA EL MILAGRO-EL ZAPOTE		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	DISTRITO EL MILAGRO		

ESTACION	2		
CODIGO DE LA ESTACION	P2		
DIA Y FECHA	LUNES	28	11 2022

HORA	SENTIDO	AUTO	MOTO LINEAL	CAMIONETAS			MOTOTAXI	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		TRACTOR	TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	C2	C3	C4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2			2T3
DIAGRA. VEH.																				
7 A	E	3	28	2			45			2									2	82
9 A	S	3	17	2			37			2									0	61
12 A	E	3	25	2			36			2									1	69
14 A	S	2	15	1			39			2									1	60
17 A	E	1	19	2			32			1									0	55
19 A	S	3	23	3			45			1									1	76
	E																			
	S																			
	E																			
	S	15	127	12	0	0	234	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5	

ENCUESTADOR : EMERSON ORTEGA

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 6. Recolección de datos del camino vecinal



Figura 7. Estudio de tráfico para el punto 01 y punto 02 del camino



Figura 8. Recolección de datos del camino vecinal



Figura 9. Recolección de datos de condición vial



Figura 10. Recolección de datos de condición vial



Figura 11. Recolección de datos de condición vial



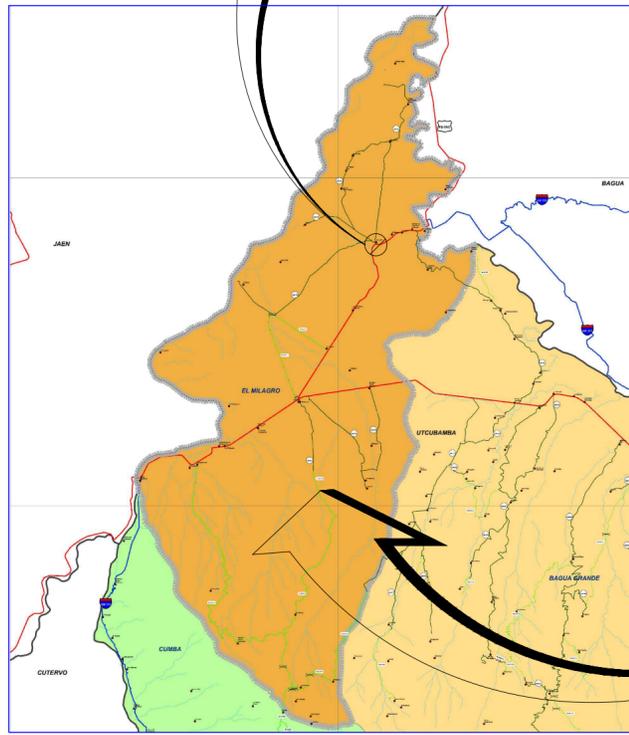
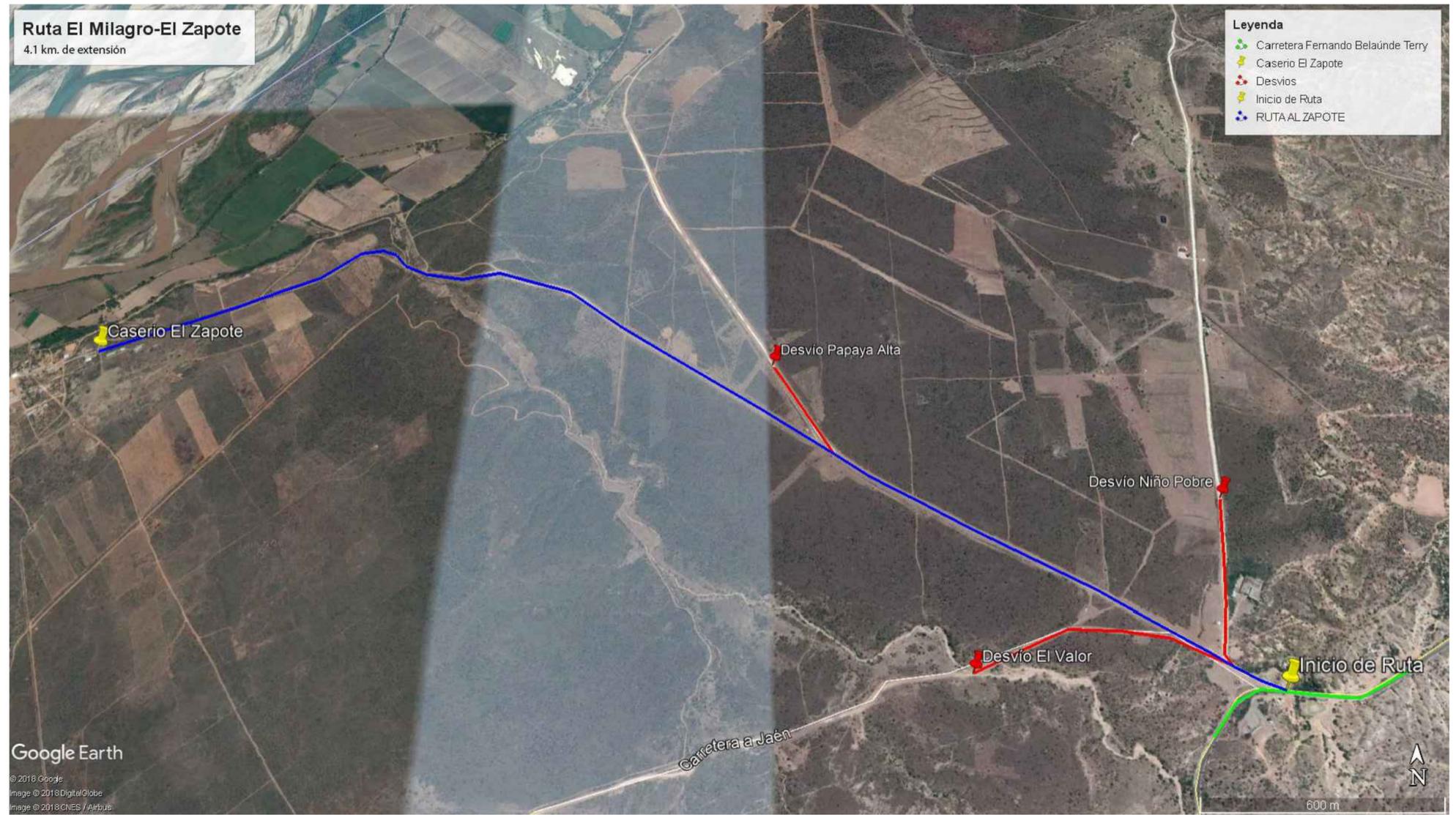
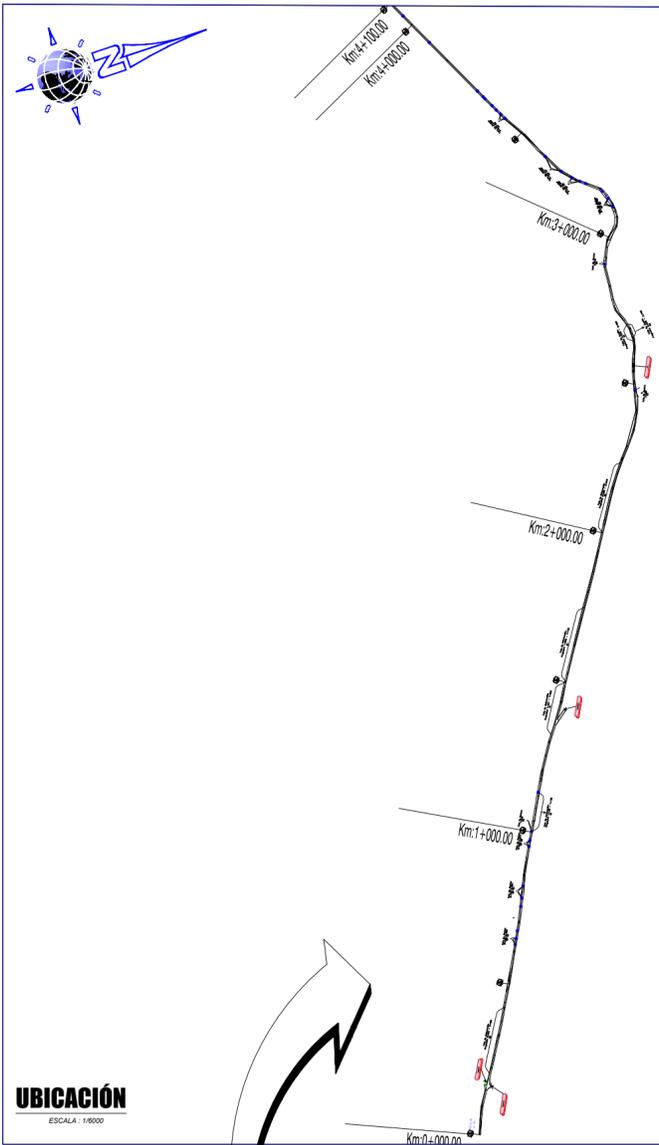
Figura 12. Recolección de datos del camino vecinal



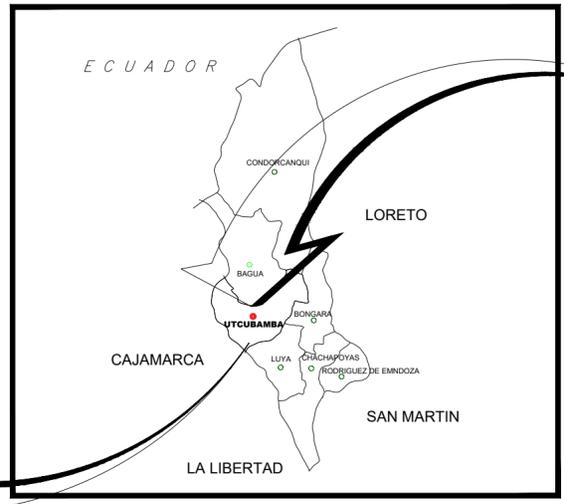
Figura 13. Recolección de datos del camino vecinal



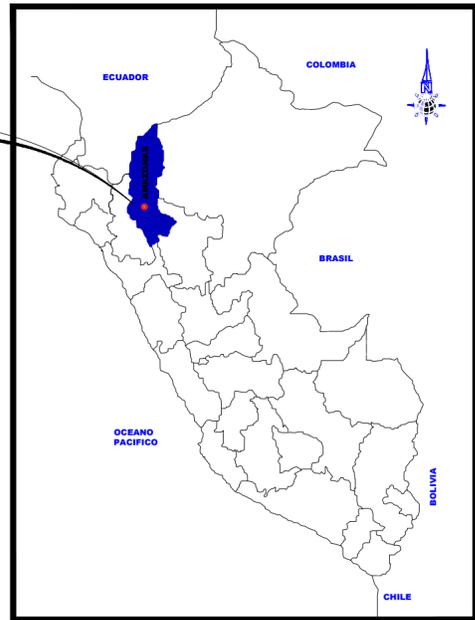
ANEXO 4: PLANOS



DISTRITO DE EL MILAGRO
ESC : S/C



MAPA PROVINCIA DE UTCUBAMBA
S/E



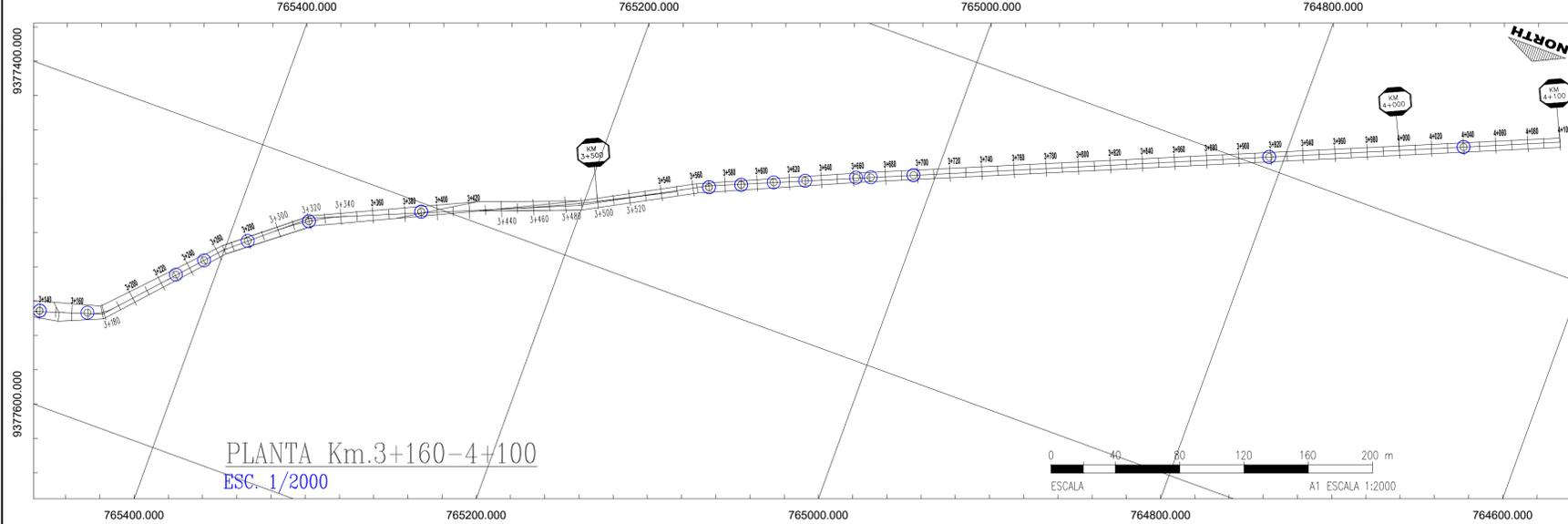
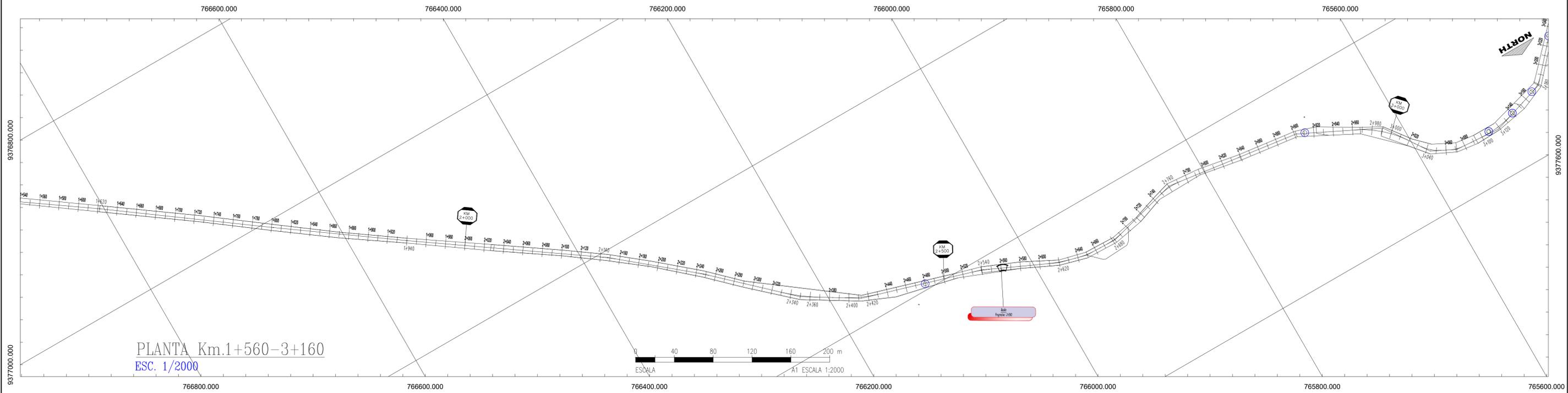
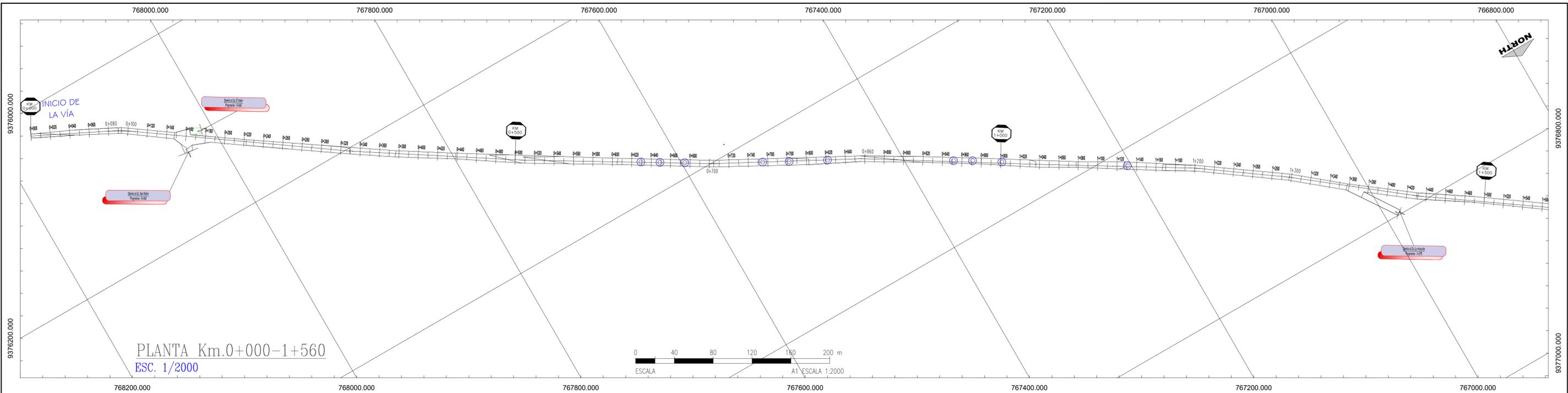
MAPA DEL PERU
S/E

DATOS:
SISTEMA DE PROYECCION UTM
WGS 84 Datum HEMISFERIO SUR
ZONA 17S - PERU

PLANO DE
UBICACIÓN Y
LOCALIZACIÓN

ESCALA _____ INDICADA

 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA TESIS: "MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL PARA MINIMIZAR COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL CAMINO VECINAL EL MILAGRO - UTCUBAMBA"				
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN				LAMINA: PU - 01 01/01
LOCALIDAD: ZAPOTE	DISTRITO: EL MILAGRO	PROVINCIA: UTCUBAMBA	DEPARTAMENTO: AMAZONAS	ESCALA: INDICADA
MAESTRÍA: MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL		TESISTA: BACH. EMERSON ORTEGA RAMOS		FECHA: ABRIL DEL 2023
DISEÑO: EOR			DIBUJO: EOR	ESPECIALIDAD: UBICACIÓN - LOCALIZACIÓN



LEYENDA

	Badén
	Norte Magnético
	Estacado @20m

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA

TESIS:
"MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL PARA MINIMIZAR COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL CAMINO VECINAL EL MILAGRO - UTCUBAMBA"

PLANO:	PLANTA DE CAMINO VECINAL 0+000 - 4+100			LAMINA:	PC - 01	
LOCALIDAD:	ZAPOTE	DISTRITO:	EL MILAGRO	PROVINCIA:	UTCUBAMBA	
MAESTRÍA:	MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL			DEPARTAMENTO:	AMAZONAS	
DISEÑO:	EOR			FECHA:	ABRIL DEL 2023	
		TESISTA:	BACH. EMERSON ORTEGA RAMOS		ESPECIALIDAD:	TOPOGRÁFICO
		DIBUJO:	EOR			