



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA EVALUACIÓN  
DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN CARRETERAS DE MONTAÑA**

**LALANGUI YAGUANA ANA CAROLINA  
INGENIERA CIVIL**

**SERRANO SARANGO GLORIA ELIZABETH  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA  
EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN  
CARRETERAS DE MONTAÑA**

**LALANGUI YAGUANA ANA CAROLINA  
INGENIERA CIVIL**

**SERRANO SARANGO GLORIA ELIZABETH  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA  
EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN  
CARRETERAS DE MONTAÑA**

**LALANGUI YAGUANA ANA CAROLINA  
INGENIERA CIVIL**

**SERRANO SARANGO GLORIA ELIZABETH  
INGENIERA CIVIL**

**SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO**

**MACHALA  
2023**

# ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA VIAL EN CARRETERAS DE MONTAÑA

*por Ana Carolina Lalangui Yaguana*

---

Fecha de entrega: 01-mar-2024 12:54p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2309019218

Nombre del archivo: A\_EVALUACI\_N\_DE\_LA\_ESTRUCTURA\_VIAL\_EN\_CARRETERAS\_DE\_MONTA\_A.docx  
(3.41M)

Total de palabras: 15008

Total de caracteres: 81796

# ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA VIAL EN CARRETERAS DE MONTAÑA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="https://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
3	<a href="https://revistas.ucr.ac.cr">revistas.ucr.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="https://repository.unimilitar.edu.co">repository.unimilitar.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://bdigital.unal.edu.co">bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1%

## **CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL**

Las que suscriben, LALANGUI YAGUANA ANA CAROLINA y SERRANO SARANGO GLORIA ELIZABETH, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL Y DESARROLLO SOCIOECONÓMICO EN CARRETERAS DE MONTAÑA, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



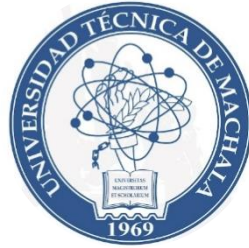
LALANGUI YAGUANA ANA CAROLINA

0706446218



SERRANO SARANGO GLORIA ELIZABETH

0706422029



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN MEDIANTE LA  
EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA VIAL EN CARRETERAS  
DE MONTAÑA**

**AUTORES:**

LALANGUI YAGUANA ANA CAROLINA  
SERRANO SARANGO GLORIA ELIZABETH

TRABAJO DE TITULACIÓN

**TUTOR:**

ING. CARLOS EUGENIO SÁNCHEZ MENDIETA. MGS

MACHALA

2023

## **Dedicatoria**

Con mucha gratitud hacia quienes me brindaron apoyo y orientación en este camino académico, dedico esta tesis a mis padres Emiliano Lalangui y Mirian Yaguana, cuyo amor y sacrificio han sido mi mayor inspiración y apoyo en este camino, a mis hermanas y especialmente a mis sobrinos Fernando y Dylan por ser mi motivación en esta larga trayectoria. A mis compañeros, por su ánimo y compañía en los momentos difíciles. Y a todos aquellos que creyeron en mí y me impulsaron alcanzar esta meta.

*Ana Carolina Lalangui Yaguana*

Este trabajo es dedicado a mis padres Luis y Gloria, su amor incondicional y su sacrificio han sido el motor que impulsó cada uno de mis logros. Gracias por creer en mí, por alentarme en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada éxito. Este logro es también suyo.

A mis hermanos Luis, Richard, Karla y Estefanía, quienes compartieron conmigo cada paso de esta travesía, que me acompañaron en las alegrías y me sostuvieron en las adversidades. Gracias por ser mi apoyo inquebrantable y mi fuente de fortaleza.

A mis leales amigos, Andy, Milena, Anita, María Elena y Erick que estuvieron a mi lado en cada etapa de este viaje, que me animaron, me inspiraron y me recordaron que nunca estaba solo. Gracias por compartir sus risas, sus palabras de ánimo y su amistad incondicional.

A cada uno de ustedes, le dedico este logro con todo mi corazón. Su amor, su apoyo y su amistad han sido el mayor regalo que la vida me ha dado. Sin ustedes, este camino habría sido mucho más difícil. Gracias por todo.

Con amor y gratitud infinita,

*Serrano Sarango Gloria Elizabeth*



## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por ser mi consuelo en cada momento de esta vida universitaria, a mis padres por su constante paciencia y perseverancia. También expreso mi agradecimiento al Ing. Carlos Sánchez Mendieta, cuya orientación y sabiduría supo guiarme con mucho profesionalismo y dedicación en la elaboración de este trabajo.

*Ana Carolina Lalangui Yaguana*

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a Dios por el don de la vida y a mi familia quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional. A mis amigos, les debo un profundo agradecimiento por ser mi pilar de fortaleza y motivación.

A cada una de estas personas, así como a todos los que han sido parte de mi camino, les doy las gracias desde lo más profundo de mi corazón. Sus contribuciones han sido esenciales en mi trayectoria, y su influencia continuará inspirándome en los desafíos futuros.

A los docentes por los conocimientos impartidos que han sido esenciales para mi crecimiento académico y personal, en especial quiero expresar mi gratitud hacia mi tutor, el Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, cuyo apoyo incondicional y orientación experta fueron fundamentales para el éxito de este trabajo.

*Serrano Sarango Gloria Elizabeth*

## Resumen

Las deficiencias que se presentan en la infraestructura vial se relacionan por la falta de mantenimientos en las vías. Para este análisis se presenta una metodología basada en las condiciones que se encuentra la vía E585, que une el Cantón Portovelo con el sector El Pindo. Para abordar este estudio primero se evaluó los siguientes parámetros como es el índice de condición del pavimento (PCI), ensayos en el laboratorio, análisis del tráfico vehicular, determinación de la rugosidad del pavimento (IRI). Con una valoración de cada parámetro se empleó escalas para determinar qué tipo de mantenimiento es necesario aplicar en la vía cuando se presentan deterioros en el pavimento. Este tipo de estudio nos facilita la toma de decisiones para poder orientarnos mediante el programa HDM-4, con el uso del software podemos generar las alternativas debidas en cuanto a los resultados obtenidos en la metodología de esta manera se podrá completar la información de los criterios que evalúa, así realizar la ejecución. De esta forma se logrará una gestión de proyecto factible y favorable para la conservación de mantenimientos rutinarios y periódicos, los datos obtenidos con el Software hacen referencia a la relación beneficio-costos, estimando el TIR y VAN. Atraves de ello se podrá tener una vía en óptimas condiciones y dar un buen servicio de vialidad a los usuarios.

**Palabras clave:** carreteras de montaña, evaluación vial, estructura vial, HDM-4, conservación.

## **Abstract**

The deficiencies that occur in the road infrastructure are related to the lack of maintenance on the roads. For this analysis, a methodology is presented based on the conditions found on the E585 road, which connects the Portovelo Canton with the El Pindo sector. To address this study, the following parameters were first evaluated, such as the pavement condition index (PCI), laboratory tests, analysis of vehicular traffic, and determination of pavement roughness (IRI). With an evaluation of each parameter, scales were used to determine what type of maintenance is necessary to apply to the road when deterioration occurs in the pavement. This type of study makes it easier for us to make decisions to be able to guide ourselves through the HDM-4 program. With the use of the software we can generate the appropriate alternatives regarding the results obtained in the methodology. In this way, the information of the criteria. that evaluates, thus performs the execution. In this way, a feasible and favorable project management will be achieved for the conservation of routine and periodic maintenance. The data obtained with the Software refers to the benefit-cost relationship, estimating the IRR and NPV. Through this, it will be possible to have a road in optimal conditions and provide good road service to users.

**Keywords:** mountain roads, road evaluation, road structure, HDM-4, conservation.

## Índice

Introducción .....	10
Importancia del tema .....	10
Actualidad de la problemática.....	11
Estructura del trabajo .....	11
1. Planteamiento del problema .....	13
1.1. Línea base del proyecto.....	13
1.2. Descripción de la situación actual (causas y efectos) .....	13
1.3. Formulación del problema (preguntas científicas).....	14
1.4. Delimitación del objeto de estudio.....	15
1.5. Justificación.....	15
1.6. Objetivos .....	16
1.6.1. Objetivo general .....	16
1.6.2. Objetivos específicos.....	16
2. Estado del arte .....	17
2.1. Antecedentes conceptuales.....	17
2.1.1. Macro.....	17
2.1.2. Meso .....	19
2.1.3. Micro .....	20
2.2. Antecedentes conceptuales.....	21
2.3. Antecedentes referenciales .....	24
3. Metodología.....	26
3.1. Modalidad básica de la investigación .....	26
3.2. Tipo de investigación .....	26
3.3. Objeto de estudio.....	26
3.4. Descripción de la población y muestra .....	26
3.4.1. Población .....	26
3.4.2. Muestra .....	27
3.5. Métodos con los materiales utilizados .....	27

3.5.2. Método empírico .....	28
3.5.3. Método de evaluación.....	29
3.5.4. Escala de calificaciones .....	29
3.5.5. Procedimiento de los datos obtenidos .....	30
4. Análisis e interpretación de resultados .....	31
4.1. Geometría vial.....	32
4.1.1. Inspección visual de la vía .....	32
4.2. Climatología.....	34
4.3. Flujo vehicular .....	35
4.3.1. Análisis del tránsito vehicular .....	35
4.4. Estructura del pavimento.....	35
4.5. Deterioro del pavimento.....	36
4.5.1. Índice de condición del pavimento.....	36
4.5.2. Índice de rugosidad del pavimento.....	37
4.6. Gestión de proyecto.....	38
4.6.1. Análisis del software HDM-4.....	38
4.6.2. Modelo de tráfico .....	38
4.6.3. Velocidad y capacidad según el tipo de vía.....	39
4.6.4. Zona climática .....	40
4.6.5. Zona climática .....	40
4.6.6. Parque de vehículos.....	41
4.6.7. Características básicas de la flota vehicular .....	42
4.6.8. Costos unitarios de operación.....	43
4.6.9. Estándares de trabajo .....	44
4.7. Resultados de las alternativas planteadas.....	45
4.7.1. Estándares de conservación.....	46
4.7.2. Estándares de mejora.....	48

5. Análisis de resultados en la zona de estudio .....	49
5.1. Alternativas “Sin proyecto” .....	49
5.2. Alternativas “Con proyecto” .....	49
5.3. Análisis de resultados en el software HDM-4.....	49
6. Conclusiones .....	54
7. Referencias bibliográficas.....	55
8. Anexos .....	62
8.1. Anexo 1: Ensayo de Proctor modificados calicata 1 .....	62
8.2. Anexo 2: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)-calicata 1.....	63
8.3. Anexo 3: E Ensayo de Proctor modificados calicata 1 .....	66
8.4. Anexo 4: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)-calicata 2.....	67
8.5. Anexo 5: Granulometría calicata 1 –Base granular-0.50m.....	70
8.6. Anexo 6: Granulometría calicata 2-Base granular -0.50m.....	71
8.7. Anexo 7: Granulometría calicata 1-profundidad 1.50m .....	72
8.8. Anexo 8: Granulometría calicata 2-profundidad 1.50m .....	73
8.9. Anexo 9: Evaluación del PCI.....	74
8.10. Anexo 10: Conteo vehicular.....	92
8.11. Anexo 11: Relaciones beneficio coste .....	93
.....	93
8.12. Anexo 12: Resumen del análisis económico.....	94
8.13. Anexo 13: Grafico de regularidad media por alternativa proyecto .....	95
8.14. Anexo 14: Grafico regularidad media por tramos.....	96
8.15. Anexo 15: Grafico regularidad media por tramos.....	97
8.16. Anexo 16: Calendario de actuaciones .....	98

## Índice de Tablas

Tabla 1 Distribución de las vías del Cantón Portovelo.....	13
Tabla 2: Descripción del proceso metodológico.....	28
Tabla 3: Escala de clasificación del IRI en función del TPDA. ....	29
Tabla 4: Escala de clasificación de las categorías de la Subrasante - CBR.....	30
Tabla 5: Escala de clasificación del PCI.....	30
Tabla 6: Parámetros de evaluación. ....	31
Tabla 7: Escala de evaluación.....	32
Tabla 8.- Datos de precipitación y temperatura en el año 2022.....	34
Tabla 9.- Datos obtenidos de los ensayos .....	36
Tabla 10.- Resultado del PCI para las unidades de muestreo .....	36
Tabla 11.- Parámetros del modelo de trafico .....	38
Tabla 12.- Parámetros en el HDM-4.....	39
Tabla 13.- Características de la vía.....	41
Tabla 14.- Características geométricas de la red vial .....	41
Tabla 15.- Características del pavimento o firme .....	41
Tabla 16.- TPDA. Transito promedio Diario Anual .....	42
Tabla 17.- Tasas de crecimiento anual de trafico .....	42
Tabla 18.- Parque vehicular – características básicas y peso promedio .....	42
Tabla 19.- Parque vehicular – costos unitarios .....	43
Tabla 20.- Parque vehicular – costos unitarios de operación.....	43
Tabla 21.- Costos de combustibles en Ecuador 2023 por galón .....	44
Tabla 22.- Parque vehicular – costos del tiempo .....	44
Tabla 23.- Clasificación de las actuaciones .....	45
Tabla 24: Resultados de la Evaluación .....	46
Tabla 25.- Estándar de conservación .....	47
Tabla 26.- Tareas de conservación .....	47
Tabla 27.- Costos Referenciales .....	48
Tabla 28.- Indicadores Económicos Vía Portovelo - El Pindo .....	50

### **Índice de ilustraciones**

Ilustración 1.- Tramo de la vía E585 Portovelo - El Pindo.....	15
Ilustración 2: Fallas y mantenimientos en pavimentos flexibles .....	33
Ilustración 3.- Fallas en la zona de estudio .....	34
Ilustración 4.- Porcentaje de flujo vehicular .....	35
Ilustración 5.- Índice de Regularidad de zona de estudio. ....	37
Ilustración 6.- Espacio de Trabajo software HDM-4.....	38
Ilustración 7.- Histograma de distribución de los datos de flujo (MP Flow).....	39
Ilustración 8.- Diagrama de rango de temperatura del Cantón Portovelo.....	40
Ilustración 9.- Rugosidad Promedio de la vía Portovelo - El Pindo .....	51
Ilustración 10: Proceso para el uso del programa HDM-4 .....	52



## **Introducción**

### **Importancia del tema**

A nivel mundial mantener la infraestructura vial en buen estado es primordial ya que ayuda a eliminar sobrecostos operativos. Todo esto implica tener un buen diseño y mantenimiento de esta forma otorgará seguridad, comodidad a todos los usuarios (Rubio Idrogo, 2023) y es un componente esencial para el desarrollo social, ya que se presenta de manera significativa en la vida cotidiana de las personas. (Huamaní Arone et al., 2022).

Para evaluar la estructura vial se debe considerar la estructura del pavimento ya que sirve para la circulación de personas y vehículos (Moreno Ponce et al., 2018) indica que el mantenimiento y mejoramiento vial, está reconocido desde la Constitución de la República del Ecuador de 2008. Además, la norma suprema según el artículo 262 establece dentro de las competencias exclusivas de los gobiernos regionales, el deber de planificar, construir y mantener el sistema vial de ámbito regional. En las redes locales y urbanas en Ecuador actualmente la evaluación superficial del pavimento se realiza mediante tres metodologías que son, mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción (Pucha Aguinaca & Zárate Torres, 2020). En el pavimento se pueden dar fallas prematuras que están dadas por defectos constructivos, deficiencias en el diseño, aumentos inesperados en el tránsito vehicular y debilidad del periodo de diseño todo esto ocasiona el envejecimiento de la infraestructura (Mardones Parra et al., 2019). Por lo tanto, las condiciones en que se encuentre la carretera generan mayor costo a los usuarios. (Lee & Madanat, 2014).

Ante esto, es importante considerar la evaluación de la infraestructura vial teniendo en cuenta el estado óptimo de la vía, permitirá analizar el nivel de impacto de la infraestructura vial, el desarrollo social y económico de la zona (De Fabiis et al., 2023). De esta forma se reducirá el número de accidentes de tránsito como lo menciona (Segarra et al., 2020) en Latinoamérica como los países Bolivia, Perú y Ecuador la tasa de crecimiento por accidentes es la más alta todo esto se relaciona con los daños estructurales que se encuentran en la vía.

En general, un análisis de redes e infraestructura de transporte está conectado con indicadores de accesibilidad. (Bautista, 2018) En Colombia la actividad agropecuaria, minera y turística evoca escenarios del desarrollo territorial que se relacionan con el desarrollo de una infraestructura de transporte vial adecuado y eficiente.

Considerando lo antes mencionado, es importante analizar la infraestructura vial de la vía E585 que une dos comunidades que son el Cantón Portovelo y el sector El Pindo, ya que se encuentra en condiciones precarias. De esta manera se brindará un servicio adecuado de mantenimiento vial conforme lo establece la ley, y los usuarios tendrán un buen acceso, seguridad y transporte vial cómodo, reduciendo así los tiempos en desplazamientos.

### **Actualidad de la problemática**

En el Ecuador el mantenimiento de la infraestructura vial se ve afectado de forma directa en los procesos de desarrollo económico - social, de esta forma limita la accesibilidad a los bienes, productos y servicios vitales que la Constitución garantiza (MTOP, 2013). Con ese antecedente, realizar mantenimientos de rehabilitación vial es una función que no ha sido puesta en práctica adecuadamente, por lo tanto, el deterioro se ha ido incrementando en diferentes carreteras del país (Zárate Falconí, 2019)

La provincia de El Oro cuenta con 3243.94 km de vialidad, pero solo 459.52 km se encuentran en buen estado. El cantón Portovelo cuenta con una longitud de 193.53 km de vías, donde solo 15.40 km se le realiza un mantenimiento rutinario (GAD Municipal de Portovelo, 2019).

Actualmente la vía Portovelo – El Pindo presenta algunos deterioros en su superficie de la capa de rodadura tales como baches, huecos, etc. En algunos tramos, la zona durante el invierno es propensa a deslaves de tierra (GAD Municipal de Portovelo, 2019). El deterioro presente en la infraestructura debido a los deficientes trabajos de mantenimiento que permita garantizar un adecuado servicio.

### **Estructura del trabajo**

En el capítulo I, se describe la situación problemática junto con sus causas y consecuencias subyacentes. Además, se establece la delimitación del objeto de estudio y

se detalla el lugar de investigación. También se elabora una justificación que sustenta las preguntas científicas previamente planteadas. Finalmente, se detallan el objetivo general y los objetivos específicos que orienta esta investigación.

En el capítulo II, se centra en el marco teórico de la investigación, que comprende definiciones y trabajos de diversos autores provenientes de una investigación bibliográfica. Se describen las investigaciones y los resultados obtenidos, y una breve referencia a los antecedentes en las dimensiones macro, meso y micro del problema estudiado.

En el capítulo III se describe la metodología que se aplica, el enfoque de investigación, de igual forma la selección de la población y muestra, así como el plan de recolección y análisis de datos.

El capítulo IV se enfoca en los estudios que se emplearon para definir metodologías de resolución, y se analizan e interpretan los datos recopilados en campo y laboratorio, y se emiten criterios técnicos para cada resultado obtenido. Al mismo tiempo, se identifica la alternativa de solución más factible para la ruta de investigación basándose en los resultados previamente analizados.

El capítulo V se presenta las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación, con base en la teoría de la investigación y los resultados obtenidos en el trabajo de titulación.

## 1. Planteamiento del problema

### 1.1. Línea base del proyecto

La infraestructura cantonal se encuentra dividida en tres tipos vías: primaria, secundaria, terciaria. De acuerdo el (MTOPE, 2013) la carretera E585 vía permite el acceso al cantón Portovelo. Y se comunica a redes viales de primer orden ramales E25 y E50 que lo une a la capital de Machala, atravesando Santa Rosa y Piñas y se dirige hasta Zaruma. Como En la Tabla 1 se muestra la distribución vial que cuenta Portovelo de acuerdo con el tipo de superficie o capa de rodadura y niveles.

Tabla 1 Distribución de las vías del Cantón Portovelo

Sector	Tipo		
	Asfaltadas	Lastradas	Tierra
Portovelo	12.00km	55.00 km	13.00 km
Salati	21.00	10.00 km	38.00 km
Curtincapac	6.00km	10.00 km	19.50 km
Morales	3.00 km	3.50 km	9.00 km
<b>Total</b>	42.00 km	78.50 km	79.5 km

**Fuente:** Gad Portovelo 2020 - Equipo Técnico GAD Portovelo AME y SENPLADES Zona7 2014)

Además, el cantón Portovelo presenta un 6.24 % que corresponde a actividades económicas - productivas, tales actividades como la agricultura, ganadería y pesca (CONGOPE, 2019). Evidentemente estas actividades económicas y productivas que se desarrollan en el cantón Portovelo permiten dinamizar la economía y esto a su vez genera fuentes de empleo a la población (MTOPE, 2013). La movilidad y el acceso a estas vías con zonas productivas esta categorizada, un 8.98% mantiene condiciones accesibles, un 14.29 % en condiciones mediamente accesibles y un 42.86 % en condiciones poco accesibles (CONGOPE, 2019)

### 1.2. Descripción de la situación actual (causas y efectos)

Una causa principal, que afecta al mantenimiento vial es la presencia de baches y grietas que se presentan en la carpeta asfáltica, por motivo de sobredimensionamiento en los espesores de la estructura, todo esto conlleva que el drenaje sea deficiente. Estos

problemas se manifiestan a lo largo de la carretera, provocando así el aumento del deterioro de los vehículos.

Por ser una zona montañosa en tiempos de invierno las condiciones climáticas que se presentan ocasionan deslizamientos de tierra, provocando así obstaculización de la circulación vehicular, esto produce incremento en el tiempo de transporte, inseguridad vial para los usuarios. Como es el caso del tramo de carretera de montaña Portovelo - El Pindo, donde la situación impacta significativamente en la actividad turística.

También se argumenta que existe un inadecuado diseño del pavimento ocasionado por daños superficiales, permitiendo así disminuir la vida útil del pavimento y dificultando el acceso al sistema vial local, la falta de un enfoque técnico al momento de asignar recursos económicos destinados a la rehabilitación de la estructura vial en mal estado se los realiza sin utilizar criterios técnicos, sino que se basan en necesidades urgentes. Orientándonos a las situaciones mencionadas, el problema central se basa en solucionar el servicio inadecuado de mantenimiento vial que reciben los usuarios de la vía E585 del tramo de la carretera de montaña, Portovelo – El Pindo.

### **1.3. Formulación del problema (preguntas científicas).**

Una de las razones del congestionamiento vehicular que se presentan en las vías, puede ser provocados por deslizamientos de tierra que se dan por condiciones climáticas adversas, estos proporcionan inseguridad vial, además también obstaculizan a las carreteras montañosas que se intersecan con zonas rurales que se dedican a la agricultura y ganadería ocasionando un decrecimiento socioeconómico en cuanto a su producción en el mercado.

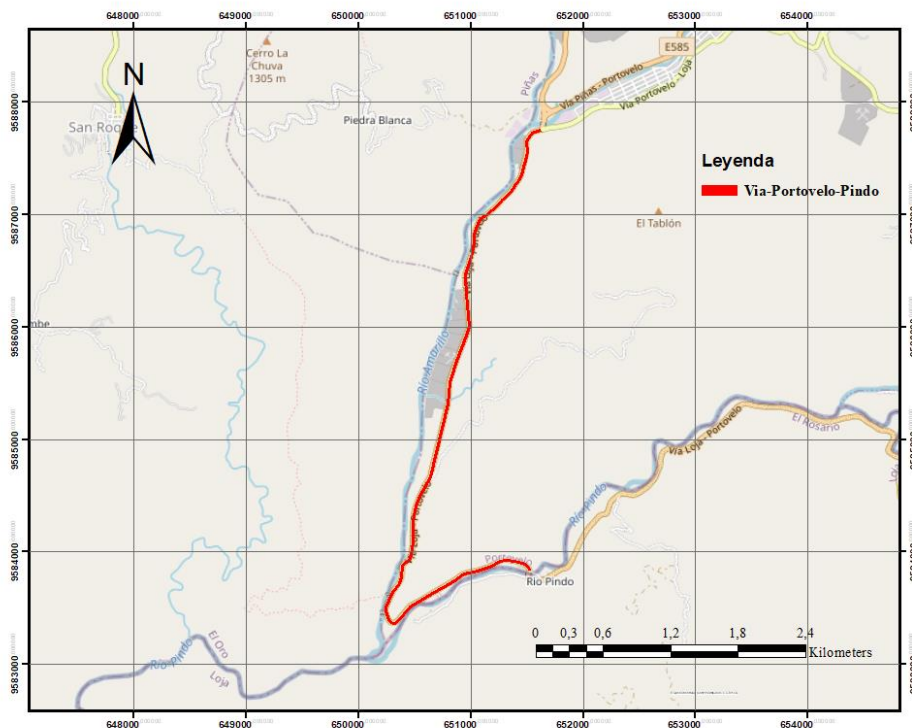
Por otra parte, tenemos que el deterioro de la carpeta asfáltica afecta la circulación vial, el tiempo de transporte y el aumento de costos de operación, por la presencia de baches y grietas. De esta forma realizar la evaluación de las estructuras viales permite detectar los problemas a tiempo, así poder incrementar su vida útil y dar mejores condiciones de serviciabilidad para que el desarrollo socioeconómico no se vea afectado, permitiéndonos así disminuir los excesos de defectos superficiales que se encuentra en las estructuras viales.

Por ende, evaluar a las estructuras viales es de gran importancia, ya que es un punto clave en el desarrollo económico de un país, de esta manera implementar un mantenimiento adecuado permite brindarles un mejor servicio de vialidad, seguridad y de esta forma tener una red vial en óptimas condiciones a los habitantes de una población.

#### 1.4. Delimitación del objeto de estudio

Este estudio tiene como objetivo analizar alternativas para la rehabilitación de carreteras de montaña, centrándose en el tramo de la carretera Portovelo-El Pindo, perteneciente al Cantón Portovelo de la Provincia de El Oro. La vía E585 tiene una extensión de 6.05 km, está compuesta por dos carriles de circulación. La carreta establece un vínculo vital al permitir la conexión de los cantones de Portovelo y Loja, entre ambas ciudades y los sectores ubicados a lo largo de la vía.

Ilustración 1.- Tramo de la vía E585 Portovelo - El Pindo.



Fuente: Elaboración propia

#### 1.5. Justificación

El presente trabajo se sustenta en una revisión bibliográfica que abarca la exploración de artículos científicos, tesis de posgrado y documentos gubernativos del cantón Portovelo, lo que nos permitirá usar de guía para aplicar métodos ya desarrollados por otros autores

donde evalúan las condiciones de la estructura vial, donde se definen algunas alternativas de rehabilitación. Este enfoque se logra mediante el uso del software Highway Development & Management (HDM-4), en español significa Modelo de desarrollo y gestión de carreteras. Se desarrolla basándose en el estado actual de la vía, obteniendo el volumen de tráfico, recolectando datos del pavimento, las características de las capas que lo componen mediante ensayos, con esta información detallada es posible obtener intervenciones técnicas y así contar con la estructura vial adecuada implementando conservaciones periódicas, mantenimientos rutinarios y mejoramientos, con el objetivo de preservar el nivel de servicio como la vía útil de la estructura vial. Además, servirá como fines académicos para la obtención del Título de tercer nivel de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

- Evaluar alternativas de rehabilitación vial, mediante el uso del software HDM4 basándose en la evaluación de la infraestructura de carreteras para que los usuarios tengan un servicio de vialidad eficiente en la carretera de montaña.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Investigar los métodos de evaluación basados en la infraestructura de carreteras mediante la revisión de referencias bibliográficas que permita que los usuarios tengan un servicio de vialidad eficiente en carreteras de montaña.
- Analizar las características de las carreteras de montaña mediante los métodos de evaluación basados en la infraestructura de carreteras para el tramo E585 en la intersección de la vía Portovelo-El Pindo.
- Proponer alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña mediante el software HDM4, para que los usuarios tengan un servicio de vialidad eficiente en carreteras de montaña.

## **2. Estado del arte**

Dado que el sector El Pindo no cuenta con un servicio de mantenimiento vial adecuado, resulta esencial explorar diversas alternativas como punto de partida para abordar esta necesidad. Antes de desarrollar este documento, se ha llevado a cabo una revisión del criterio de varios autores, obtenidos de diversas fuentes bibliográficas tanto a nivel nacional como internacional. A continuación, se presentan algunos de los antecedentes de investigación relacionados con el tema de estudio.

### **2.1. Antecedentes conceptuales**

#### **2.1.1. Macro**

Desde 1999, la India ha desarrollado su red nacional de carreteras, ampliando y reparando las carreteras existentes y construyendo gradualmente autopistas. Los aumentos sin precedentes del tráfico rodado, los cambios drásticos en las temperaturas de la superficie de las carreteras y la necesidad de pavimentos duraderos han aumentado el uso de pavimentos especializados. En este estudio, (Deori et al., 2018) se empleó la herramienta HDM-4 para abordar las diversas problemáticas de las carreteras, centrándose en las secciones recién construidas de pavimento flexible pertenecientes a la red nacional de carreteras de la India. Se recopilieron datos sobre el estado del pavimento de 23 secciones flexibles que estuvieron en servicio de manera continua durante tres años, desde 2011 hasta finales de 2013.

(González et al., 2020) considera al pavimento como un elemento principal en la evaluación de una obra vial. La metodología que emplea es la aplicación del (PCI), que la usa para ver el deterioro del pavimento. Otra forma de evaluar es mediante la guía de diseño de pavimento AASTHO 1972 y así conocer su vida útil (Ahmed et al., 2023). Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Además, (Cortés Villafradez, 2018) también analiza que la infraestructura está relacionada con la competitividad como son los costos, tiempos, la calidad y el desempeño logístico, el tener un buen estado vial contribuye de manera positiva la economía, facilitando el comercio y permitiendo el desarrollo económico de un país.

También podemos analizar en otro país como es Italia, (Mei et al., 2022) explica que el mantenimiento vial tiene un gran impacto en el plan financiero de los administradores de



carreteras y que los métodos de evaluación deben ser rentables y gestionarse rápidamente. Este autor desarrolla métodos automáticos y semiautomáticos, basados en imágenes donde la metodología se enfoca más en detectar problemas, el mantenimiento preventivo y la exploración de grietas y baches presentes en la estructura vial. Mediante indicadores individuales que permiten la evolución del pavimento, índice del Pavimento (PCI), el Índice de estructura (SI), el índice de capacidad de Servicio del Pavimento (PSI) y el índice Internacional de Rugosidad (IRI). Todos estos índices requieren de muchos datos que deben recopilarse In situ y requieren demasiado tiempo. Por ende, el uso nuevas tecnologías aprueban técnicas de imágenes para detectar los efectos superficiales que se presenta en la vía.

El autor (Guan et al., 2023) obtiene información de la evaluación del desempeño del pavimento asfáltico, por medio de indicadores de evaluación según las condiciones de la superficie de la carretera. Los daños superficiales de la carretera, como la suavidad, resistencia al desplazamiento y resistencia estructural, son parte de los daños superficiales correspondientes a los indicadores individuales, pero los integrales se establecen a partir de los indicadores individuales que resultan en el pavimento.

En los países de Unión Europea (UE), la inversión de la estructura vial cubre tres dimensiones que son la ambiental, social y económica. En España tener vías en buen estado ayuda a sostener el crecimiento económico, de esta manera mejorar el nivel de servicio de acceso a la red vial, reducir tiempo de viajes y gastos de movilización de esta manera incrementan la competitividad con mercados nacional e internacionales, de esta forma implementan un acceso adecuado a colegios y puestos de salud y sobre todo impulsan el desarrollo del recurso humano (Lavado & Sánchez, 2021). La importancia del mantenimiento adecuado de las carreteras para asegurar su funcionalidad a lo largo de su vida útil, lo cual se requiere mantener la calidad y minimizar los costos a través de estrategias de mantenimiento bien seleccionadas. El estudio se centra en el uso software HDM-4 (Gestión y Desarrollo de Carreteras) en dos áreas fundamentales: la revisión de los procedimientos actuales de mantenimiento vial mediante encuestas y entrevistas, y el análisis de múltiples alternativas de mantenimiento utilizando datos específicos de carreteras, tráfico y deterioro del pavimento. Se identificaron cinco opciones, evaluadas a lo largo de 20 años, basándose en criterios como el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno (TIR). Los resultados resaltan que un programa de fresado y reemplazo, junto con mantenimiento rutinario, es económicamente

rentable y beneficioso estructuralmente para las redes de carreteras seleccionadas. Se recomienda su implementación para mejorar el desempeño y la eficiencia económica de la red vial de la ciudad. (Million Demie et al., 2020)

### **2.1.2. Meso**

En Colombia la infraestructura vial, la evalúan mediante los deterioros que se presentan en la vía. Usando el método VIRZ (Vision Inspection de Zones et Itinéraires Á risque) que se utiliza para concreto flexible y permite determinar los deterioros en degradaciones de tipo A. También utilizan el método Índice de Condición del Pavimento (PCI) y es aplicado para cualquier pavimento y establece clase, severidad y cantidad de daño presente. Su metodología evalúa los daños que se presentan en pavimentos flexibles usando técnicas de fotogrametría terrestre y redes neuronales que se componen por seis etapas. Este procedimiento lo utilizan porque procesa información rápida y bajo costo. (Tello-Cifuentes et al., 2021)

En su artículo científico (Chen & Zheng, 2021) fundamenta que un buen estado vial es primordial ya que ayuda a mantener un nivel económico bueno y ayuda al avance de un país. Por ende, en Perú se evalúa la infraestructura vial, (Ramirez Medina & Valenzuela Robles, 2023) se centró en desarrollar un plan de mantenimiento regular para extender la vida útil del pavimento en la sección Paradero Las Retamas - Puente Los Ángeles de la carretera Central. Utilizó un enfoque cuantitativo, descriptivo y no experimental, examinando una muestra de 1.9 km dividida en 13 secciones de 230.42 m<sup>2</sup> cada una. Se evaluaron estas secciones para determinar su Índice de Condición del Pavimento (PCI) y se realizaron análisis de tráfico, inspecciones de drenaje y pruebas de laboratorio para medir propiedades físicas, esta información se procesó con el software HDM-4 para definir estrategias de mantenimiento. Como resultado, la opción de mantenimiento más viable fue el simple tratamiento superficial con agente bituminoso en pavimento granular y un mantenimiento rutinario eficiente. Los criterios de rentabilidad arrojaron un Valor Actual Neto (VAN) de 3.20 millones de soles (equivalente a 844,804 USD) y una Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) del 20 %. Esta alternativa también mejoró el Índice de Servicialidad Presente (PSI).

Así mismo, en su estudio (Cassana, 2016) realiza un análisis y evaluación del mantenimiento para conservar la capa de rodadura en la vía interdistrital Ascope - Casa

Grande utilizando el modelo HDM-4. Se realizó en la Provincia de Ascope, en la vía Ascope-Casa Grande, por sus características técnicas propicias para este estudio. La investigación, de naturaleza descriptiva y aplicada, registró todos los datos de campo en los formularios del sistema Paver. A partir de las fallas existentes en la vía, se evaluó su estado considerando aspectos como el índice de rugosidad (IRI), lo que permitió generar un inventario del estado actual de la carretera. Además, se empleó el conteo promedio diario anual de vehículos para el análisis del mantenimiento de la capa de rodadura mediante el programa HDM-4, evaluando tanto aspectos funcionales como estructurales de los pavimentos. Dando como resultado que el modelo de análisis y evaluación de mantenimiento vial será una base de datos que ayudará a guiar a las instituciones, mediante autoridades y directivos, en la gestión del mantenimiento y servicio de las vías, lo que mejorará la seguridad y la comodidad de los usuarios.

### **2.1.3. Micro**

A partir del año 2009, Ecuador han aplicado modelos de Mantenimiento vial, conocido como “Mantenimiento Vial por niveles de servicio”; comprende la práctica de obras necesarias para realizar reparaciones y mejoramiento de una vía, permitiendo optimizar los recursos asignados al mantenimiento de las carreteras, preservando el patrimonio vial del país incrementando la vida útil del pavimento y de los componentes del sistema vial, cuya finalidad es que se apliquen medidas pertinentes evitando el incremento de los costos (Tapia, 2016). Por otra parte, el autor (Rodríguez, 2011) en su trabajo de investigación propone un modelo de gestión de conservación vial para la red de la provincia de Riobamba, con instrumentos a guías de revisión se permitió levantar información para obtener un inventario vial, y así evaluar la vía. Para mantener la red vial en un estado óptimo y ofrecer niveles de servicios de velocidad, comodidad y seguridad permitiendo reducir costos por operación vehicular y mantenimiento vial, lo que beneficia a los usuarios de la vía y promover la revitalización socio económica de las zonas integradas a la red vial.

El deterioro de la vía es notorio y ocurre de manera recurrente, por lo tanto, el mantenimiento vial es importante para garantizar un adecuado desarrollo económico y social de los ciudadanos. El autor (Cevallos et al., 2017) se enfoca en el análisis de las condiciones socio económicas de un sector rural de la Provincia de Pastaza, donde el acceso vial es limitado. Aplicando la metodología descriptiva, en base a encuestas

realizadas a una muestra de población se logró obtener información que indica la calidad de vida y de igual forma se determinó la inaccesibilidad al sector por la falta de una vía en óptimas condiciones. Estos autores mencionan que existe una estrecha relación entre el mejoramiento de la infraestructura vial con las condiciones de vida de los habitantes de ese sector.

Con el propósito de desarrollar un plan estratégico para conservar la vía de acceso a San Juan en el cantón Manta mediante el sistema HDM-4. La metodología empleada en el estudio se define como descriptiva y aplicada, ya que permitió identificar soluciones y estrategias para el mantenimiento de la vía. Se utilizó un enfoque no experimental a través de una investigación de campo, con el uso del HDM-4 como instrumento permitió evaluar diversas opciones para gestionar la conservación de la vía. El proceso incluyó la recopilación de información en el lugar, análisis estadísticos sobre el tráfico, evaluación del estado actual de la vía y propuestas de estrategias y alternativas para su conservación y como resultado, la investigación contribuyó al mejoramiento de las condiciones de la vía de acceso a San Juan, gracias a una gestión adecuada para su conservación utilizando la herramienta informática HDM-4 (Zambrano & Villacreses, 2023).

## **2.2. Antecedentes conceptuales**

La estructura vial consta de componentes físicos relacionados entre sí, para su diseño y construcción deben cumplir con las especificaciones técnicas ya determinadas, así ofrecerán condiciones cómodas y seguras para la circulación vehicular, permitiendo así el crecimiento y desarrollo sostenible de un país. (De La Cruz Pairazamán Rodas, 2018). Con el paso del tiempo, la estructura vial se ve afectada en la superficie de la carretera esta se desgasta y deteriora debido a factores como su ubicación, edad, volumen de tráfico, clima y materiales empleados. Por tanto, conocer su nivel de deterioro nos ayuda a realizar un mantenimiento eficaz y viable. El impacto de estos deterioros genera una deficiencia de las carreteras en la seguridad y el desarrollo económico ya que son factores que influyen en el crecimiento regional, industrial, comercial, recreacional, salud pública y a las actividades productivas del mercado. (Arya et al., 2021).

La presencia de grietas son deterioros que se encuentran más frecuentes en el pavimento, reduciendo la capacidad de resistencia al agua y mantenerse impermeable, de esta manera acelera el deterioro del pavimento. Además, si estas grietas no se intervienen

oportunamente se convertirán en baches, y estos pueden deformar la superficie del pavimento o provocar desprendimientos en diferentes grados (Weng et al., 2019). Es por esto que, Yuan indica que el deterioro de la superficie vial, como baches y grietas, constituye un peligro significativo tanto para la seguridad en las carreteras como para la durabilidad de la infraestructura. Al detectar estos problemas a tiempo es esencial para garantizar la seguridad de sus usuarios, y al contar con una vía en óptimas condiciones contribuye al crecimiento económico y prosperidad de las sociedades. (Yuan et al., 2023).

Estos agentes mencionados nos ayudan a evaluar la calidad del pavimento así podemos medir diversas características, como su nivel de rugosidad, capacidad de resistencia al deslizamiento, resistencia, deflexión y deterioro visual en la superficie. (Qureshi et al., 2022) De esta manera realizar inspección visual detecta los daños y se evalúa la condición del pavimento utilizando escalas de calificación estándar, debido que la superficie del pavimento no solo afecta los costos operativos del vehículo, sino también el aumento de consumo de combustible, velocidad de conducción reducida y retaso en el tiempo de viaje, sino que también aumenta el peligro de accidentes. (Dong et al., 2019).

La inspección visual y el deflectómetro de impacto son métodos no destructivos, la función del método por el deflectómetro es analizar la condición estructural del pavimento, cuyos deterioros son producidas por las cargas dinámicas efectuadas por el tránsito. Estos métodos ayudan a solucionar y establecer un adecuado mantenimiento, rehabilitación o construcción de la estructura (Ávila et al., 2015). Para identificar que técnicas de mantenimiento son adecuadas, se debe evaluar la vía y conocer su estado actual, en ellos se usa el PCI (Índice de Condición del Pavimento) para flexible y rígido y el método ICP (Índice de Condición del Pavimento) para pavimento articulado, ayudan a determinar el nivel de servicio de la vía y sus acciones operacionales que pueden realizarse ya sea un tratamiento preventivo, correctivo, de construcción o nulo. De esta forma se puede dar un servicio más acoplado para obtener recursos favorables (Guzmán & Mogrovejo, 2017). En Perú la construcción de carreteras debe contar con buen mantenimiento de la superficie de la estructura del pavimento, de esta manera contribuye en el crecimiento demográfico, económico y social de comunidades (Soto Sulca et al., 2021). Tener un buen sistema de transporte ayuda de manera positiva, ya que genera mayor fluidez en actividades económicas como la mercancía, apoya de manera directa a la actividad productiva y a su vez el ingreso económico en la población.

Los mantenimientos viales permiten mantener el pavimento en las condiciones requeridas y al mismo tiempo reducir costos a largo plazo representando un gran desafío (Coenen & Golroo, 2017). Además, (Vásquez, 2019) describe en tres clases a los mantenimientos viales como son: correctivo, preventivo y periódico. El mantenimiento correctivo está relacionado con los elementos deteriorados, por ende, nos permiten tener una sustitución y reparación del mismo modo estos mantenimientos se los realiza únicamente cuando hay fallas. Los mantenimientos preventivos, que se basan en revisiones técnicas periódicas, pretenden no esperar a que se produzca la rotura o falla del elemento, de lo contrario, se optan a la prevención mediante una planificación en un tiempo. Finalmente, el mantenimiento periódico sirve para restablecer las condiciones del pavimento, se lo realiza mediante tratamientos superficiales o recapeo asfáltico, se debe tener en cuenta no alterar las capas del pavimento subyacente.

Un paradigma que existe en la toma de decisiones en el sector de las infraestructuras es el mantenimiento que se basan en la evaluación del coste a largo plazo (Aguado de Cea et al., 2017). Es por ende que al considerar estos parámetros Pizarro dice que en términos de “El desarrollo vial a nivel nacional y mundial es de suma importancia para la accesibilidad a nuevas oportunidades de desarrollo y la mejora continua del bienestar social-económico del país y sus habitantes”, dado esto se da una mejora continua de la infraestructura como es el beneficios de cohesionar el territorio, otorga servicios de calidad a pueblos y habitantes olvidados, traslado de mercancías, creación de nuevas empresas, empleo, mayor acceso a la educación, salud, vivienda, disminución de migración a las grandes ciudades, de esta forma se da bienestar en a un País (Aguado de Cea et al., 2017).

Los factores como el tráfico, superficie y calidad de señalización son agentes que afectan los mantenimientos viales. Además, se debe considerar que los espesores del pavimento no estén sobredimensionados, estos son los que nos permiten analizar la capacidad y condiciones de este (Zapata Duque & Cardona Londoño, 2012). El autor (Carpio et al., 2018) define a la capacidad de una carretera como” la *máxima tasa horaria (volumen de automotores) a la cual los vehículos razonablemente pueden esperar atravesar una sección transversal de un carril en una vía durante un tiempo dado, bajo las condiciones de tráfico predominantes*” y por sus siglas en inglés como HCM (Highway Capacity Manual). Por ende, la carga que soporta el pavimento se la determina por medio del

Transito Promedio Diario Anual (TPDA) que se lo realiza mediante el conteo vehicular. El daño de la estructura del pavimento tiene repercusiones económicas, ambientales, sociales y políticas, en las que los usuarios causan el aumento de costos de operación vehicular, inconformidad, accidentalidad, congestión y consumo de combustible.

### **2.3. Antecedentes referenciales**

El modelo Highway Development and Management 4 (HDM-4), desarrollado por el Banco Mundial, ha sido empleado para la gestión de pavimentos, pero requiere adaptarse a condiciones locales. Este estudio tiene como objetivo proponer factores de calibración específicos para predecir el deterioro de las carreteras en Marruecos, considerando fisuras estructurales, desintegraciones, baches y rugosidad resultante. Se basa en datos de inspecciones y mediciones visuales realizadas por el Centro Nacional de Estudios e Investigaciones Viales durante seis años en 55 tramos de carreteras marroquíes. Se analizaron cuatro tipos de estructuras de pavimento con diferentes materiales y espesores. El análisis se realizó mediante modelos estadísticos implementados en HDM-4, empleando regresiones lineales para calibrar el comportamiento del pavimento y determinar los factores de propagación de cada daño en los modelos. Los resultados obtenidos muestran una calibración efectiva que permite el uso pertinente de HDM-4 en el contexto local de Marruecos. (Bannour et al., 2019)

Según los autores Chopra et al. en su estudio busca crear un Pavement Maintenance Management System (PMMS) para cuatro tramos de la red de carreteras urbanas en Patiala, Punjab, India mediante el modelo HDM-4, que usa datos precisos sobre el estado de la carretera, el volumen de tráfico y la composición del pavimento para prever el deterioro, principalmente mediante el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Se analiza el uso de este modelo para determinar estrategias óptimas de Mantenimiento y Rehabilitación (M&R) en cada sección de la carretera y se lleva a cabo una comparación entre estrategias programadas y adaptativas a la condición. Los resultados se esperan que brinden apoyo a los responsables de la toma de decisiones, ayudando en la asignación precisa de fondos para la conservación de la red de carreteras urbanas (Chopra et al., 2017).

Otro enfoque en la evaluación de las estructuras viales es por medio de (Vásquez Vargas et al., 2023) desarrolló el modelo de optimización de estructuras viales, que fue creado

mediante un proceso que incluye el análisis y diseño con el método ASSTHO 93 y el análisis del método analítico por fatiga y deformación. Los resultados obtenidos permitieron establecer una relación matemática mediante la correlación en entre el número de ejes equivalentes y la deformación tangencial ocasionada en la capa de rodadura, presentes en el pavimento. Es esencial mantener adecuadamente la infraestructura vial ya que conecta diferentes regiones del país, además permite reducir los costos de operación, lo que beneficia a la economía de sus habitantes, fundamental para el desarrollo de una ciudad.

Además, en España y México se compararon los efectos socioeconómicos de dos carreteras utilizando el método de evaluación clásico, que observaba la evolución de diversos indicadores socioeconómicos antes y después de la construcción de la infraestructura. Estos indicadores incluyen 1) el aspecto demográfico, que examina la evolución de la población y los saldos migratorios; 2) el tema económico, que estudia la evolución de las actividades productivas, la renta familiar, el PIB, las actividades financieras, entre otros; 3) el tema laboral, que analiza la evolución del empleo por sector de actividad; y 4) el efecto urbano, que estudia la evolución del parque residencial y las variaciones en la superficie utilizada por los establecimientos económicos. En cuanto al impacto sobre el tráfico y la movilidad, el estudio examina la evolución del parque de vehículos y la intensidad media diaria (IMD) de la carretera, así como la evaluación económica del ahorro de tiempo y combustible (Obregón, 2010).



### **3. Metodología**

#### **3.1. Modalidad básica de la investigación**

El enfoque que se tendrá en esta investigación será cuantitativo de esta forma se obtendrá información de campo, para así plantear alternativas de rehabilitación para la conservación de carreteras de montaña identificadas mediante el uso del software HDM4.

#### **3.2. Tipo de investigación**

Para el presente trabajo se realizó tres tipos de investigaciones: documental, campo, y descriptiva.

Documental. - este enfoque investigativo se basa en la recopilación de información mediante fuentes bibliográficas de revistas, libros, artículos, tesis de maestría y guías de manuales referentes a la aplicación del software HDM-4.

El enfoque de campo permitirá conocer las características de diseño, la calidad de construcción de la vía mediante ensayos destructivos, además obtendremos información del estudio de tráfico de vehículos que circulan en la zona de estudio mediante la inspección visual.

Descriptiva. - Mediante este tipo de estudio, se tendrá un análisis detallado de los datos recopilados referente a las condiciones del área de estudio, con el fin de obtener alternativas de mantenimiento que nos ayuden a la conservación de carreteras.

#### **3.3. Objeto de estudio**

El estudio se basó en proponer una metodología para emplear alternativas de mantenimiento vial, aplicando niveles de servicio que detallan las clasificaciones de desempeño empleando una escala regular-bueno-malo, así nos ayudará a tener un resultado favorable en la toma de decisiones al aplicar mantenimientos que favorezcan el servicio de vialidad en carreteras de montaña.

#### **3.4. Descripción de la población y muestra**

##### **3.4.1. Población**

La población a la cual va dirigida nuestra investigación será para la vía interurbana del cantón Portovelo – El Pindo de la provincia de El Oro. Donde se registró una longitud de

6,50 km de la vía, lo que permite la conexión entre dos sectores permitiendo la movilidad y el desarrollo en la zona.

### 3.4.2. Muestra

Para determinar la muestra se aplicará la metodología del PCI, para evaluar los daños de la vía, Posteriormente se calculan las unidades de muestreo con la siguiente ecuación de la Norma ASTM D6433.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{(N - 1) + \sigma^2}$$

Ecuación 1 Tamaño de la muestra

- $n$ : número mínimo de unidades de muestreo a evaluar
- $\sigma$ : desviación estándar del PCI entre las unidades (10 para pavimentos flexibles)
- $e$ : error admisible en el estimativo del PCI de la sección (5%)
- $N$ : número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

Obteniendo una muestra de 18 unidades de muestreo.

### 3.5. Métodos con los materiales utilizados

Este método se basa en la recolección de los datos bibliográficos, donde se establecen las bases teóricas y técnicas que nos permite fundamentar nuestro proyecto. Además, nos permite englobar todos los procesos y análisis que se utilizaran en este estudio que aborda la evaluación de alternativas de mantenimiento vial en la conservación de carreteras de montaña.

Tabla 2: Descripción del proceso metodológico.

Proceso	Descripción	Instrumento	Indicadores	Referencias
Análisis de la condición existente del área de estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspección visual de la vía</li> <li>Análisis de geología y geotecnia</li> <li>Análisis hidrológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de observación</li> <li>Estudio del suelo</li> <li>Software Excel</li> <li>Manuel “Estado de lluvias intensas”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioros, fallas que se presentan en la vía.</li> <li>Tipo de suelo.</li> <li>Precipitaciones de la zona</li> </ul>	<p>(Plan de Uso y Gestión Del Suelo - PUGS, 2019)</p> <p>(AASHTO, 1993)</p>
Análisis de las características Vehiculares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis del tráfico vehicular</li> <li>Características de la flota vehicular, velocidades y radios de curvatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conteo manual</li> <li>Manual de lineamiento de los vehículos en Ecuador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculo del TPDA y el número del ESAL’S</li> <li>Características físicas, neumáticos, usos promedio de vida, peso promedio vehicular</li> </ul>	<p>(Carpio et al., 2018)</p> <p>(Plan de desarrollo vial El Oro – CONGOPE, 2019)</p>
Análisis de la estructura del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la condición del pavimento</li> <li>Rugosidad del pavimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de Condición del Pavimento (PCI)</li> <li>Índice de Regularidad Internacional (IRI) - Programa – Calc- Free</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clasificación del estado del pavimento</li> <li>Determinación de la rugosidad y comodidad de la conducción</li> </ul>	<p>(Mei et al., 2022)</p> <p>(Million Demie et al., 2020)</p>
Análisis del programa HDM 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conservación vial</li> <li>Mejoramiento vial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Software HDM-4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo – beneficio en relación con el mantenimiento de carreteras</li> </ul>	<p>(Zambrano &amp; Villacreses, 2023)</p> <p>(Chopra et al., 2017)</p>

Fuente: Autores.

### 3.5.2. Método empírico

Inspección visual. - Se realizará una inspección visual para conocer las condiciones superficiales del pavimento. Una vez observadas las fallas se las puede categorizar y darle valor número de acuerdo con su severidad, de esta forma se logrará tener el índice de serviciabilidad de la vía de acuerdo con los parámetros del PCI.

Ensayo CBR. - este ensayo se lo realizara para obtener la cuantificación de la capacidad resistente de la subrasante, subbase y base. Además, nos permite tener las condiciones controladas de humedad y densidad. Para esto se empleará el ensayo mediante la perforación de dos calicatas para determinar las muestras y obtener el porcentaje del CBR.

Conteo vehicular. - Se realizará un aforo vehicular durante 12 horas, por tres días, mediante el conteo manual. La vía tiene una longitud de 6,50 km, debido a la forma que presenta se dividió el conteo en dos estaciones en diferentes puntos, una a la entrada de la vía y otra a la salida. Teniendo en cuenta que el conteo será en de ambos sentidos.

### 3.5.3. Método de evaluación

### 3.5.4. Escala de calificaciones

Para recopilar la información de las escalas de calificación se consideró el análisis del flujo vehicular, la estructura del pavimento y el deterioro de este. Para los rangos admisibles especificados en la tabla 3, se tomó referencia del Manual de Capacidad de Carretera, que indica los valores correspondientes del IRI en función del tránsito promedio actual (TPDA), mediante el Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos se obtuvo la clasificación de las categorías de la Subrasante como se indica en la tabla 4. Y para evaluar las fallas del pavimento se considerará la tabla 5. Donde indica los rangos establecidos en el ensayo del PCI.

Tabla 3: Escala de clasificación del IRI en función del TPDA.

Transito Diario Promedio Anual (TPDA)	Índice Internacional de Rugosidad (IRI) (m/km)				
	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo
0-4999	$0 \geq \text{IRI} \leq 4$	$4 \geq \text{IRI} \leq 8$	$8 \geq \text{IRI} \leq 10$	$\text{IRI} \geq 12$	$12 \geq \text{IRI}$
5000-9999	$0 \geq \text{IRI} \leq 2$	$2 \geq \text{IRI} \leq 4$	$4 \geq \text{IRI} \leq 6$	$8 \geq \text{IRI} \leq 10$	$10 \geq \text{IRI} \leq 12$
10000-19999	$0 \geq \text{IRI} \leq 2$	$2 \geq \text{IRI} \leq 4$	$4 \geq \text{IRI} \leq 6$	$6 > \text{IRI} \leq 8$	$10 \geq \text{IRI} \leq 12$

Fuente: (Consejo nacional de investigación., 2020)

Tabla 4: Escala de clasificación de las categorías de la Subrasante - CBR

<b>Tipo</b>	<b>Categoría de la subrasante</b>	<b>CBR</b>
S0	Inadecuada	CBR < 3%
S1	Pobre	3% ≥ CBR < 6%
S2	Regular	6 % ≥ CBR < 10%
S3	Buena	10 % ≥ CBR < 20%
S4	Muy buena	20 % ≥ CBR < 30 %
S5	Excelente	CBR ≥ 30 %

**Fuente:** (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015)

Tabla 5: Escala de clasificación del PCI.

<b>Clasificación</b>	<b>PCI</b>	<b>Mantenimiento</b>
Muy bueno	80-100	Rutinaria
Bueno	60-80	Periódica
Regular	40-60	Periódica
Pobre	25-40	Mejora
Muy pobre	0-25	Mejora

**Fuente:** (Chaverri Jimenez & Madrigal Salazar, 2012)

### 3.5.5. Procedimiento de los datos obtenidos

El proceso para seguir después de la realización de los métodos empíricos es analizar y calcular los datos obtenidos. Así mismo, mediante el análisis de la condición del área de estudio que consiste en la inspección visual se vio el deterioro de la estructura del pavimento según sus daños, severidad, cantidad o densidad de este, esta información es utilizada para el análisis de la estructura del pavimento, el cálculo del PCI por sus siglas en inglés Índice de Condición del Pavimento. Estos resultados fueron computarizados y se basó en los “Valores deducidos” de cada daño. Además, con los datos del ensayo destructivo se obtuvo el porcentaje del CBR, ayudándonos así evaluar la resistencia de la subrasante del suelo.

Por otro lado, mediante el conteo vehicular se obtuvieron los vehículos que transitan en la vía se realiza el cálculo del TPDA, una vez obtenido el número total del ESAL'S se clasifica la vía según la MTOP. Estos datos son relevantes e importantes para evaluar el cumplimiento de los parámetros en el software HDM-4

#### 4. Análisis e interpretación de resultados

Para el análisis de los resultados nos basamos en la revisión bibliográfica, permitiéndonos así a elaboración de la propuesta metodología descrita en la tabla 6, donde se detalla el análisis y los procesos que utilizan los autores mencionados. Luego se describen los resultados obtenidos de forma más clara, así se consideran los parámetros necesarios en el software HDM-4.

Tabla 6: Parámetros de evaluación.

Análisis	Indicador	Descripción	Instrumento	Técnica	Criterio	Referencias
Geometría Vial	Velocidad Curvatura Ancho	Características geométricas de la vía	Ficha de observación	Observación de campo	Cumple con la capacidad y seguridad	(AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. , 1993)  (Plan de Uso y Gestión Del Suelo - PUGS, 2019)
Climatología	Precipitaciones Temperatura	Zona Climática	Clasificación del tipo de clima	Análisis de contenido media en la zona	Factores climáticos que está expuesta la vía	(CONGOPE , 2019)
Flujo Vehicular	TPDA ESAL's	Clasificación de la carretera según MTOP	Conteo vehicular manual	Análisis de contenido del volumen y numero de ejes equivalentes	Capacidad vial	(Carpio et al., 2018)  (GAD Municipal de Portovelo, 2019)
Estructura del Pavimento	CBR	Tipo del pavimento y sus espesores	Ensayo de laboratorio	Análisis de contenido de la capacidad de soporte del suelo	Condición de la estructura del pavimento	(De La Cruz Vega et al., 2022)
Deterioro del Pavimento	PCI IRI	Análisis de la serviciabilidad del pavimento	Ficha de cotejo	Observación de campo	Condición superficial del pavimento	(Mei et al., 2022)  (Million Demie et al., 2020)

						(Rodríguez Moreno et al., 2022)
Gestión de Proyecto	Red Vial	Evaluación de las condiciones de la vía	Software HDM-4	Trabajo de técnico	Conservación de la infraestructura vial	(Zambrano & Villacreses, 2023) (Chopra et al., 2017)

Fuente: Autores

Una vez mencionados los indicadores a evaluar, se relaciona con el tipo de mantenimiento necesario y los cuantificadores de cada condición, así se puede tener un análisis para aplicar la alternativa adecuada en el programa de gestión de proyectos HDM-4.

Tabla 7: Escala de evaluación.

Mantenimiento	Tipo	Actividad/t area	Condición		
			TPDA en función del IRI (ver tabla 3)	PCI (ver tabla 5)	CBR (ver tabla 4)
Rutinario	Actuaciones sobre el firme	Bacheo	Muy Bueno Bueno Regular Malo Muy malo	Muy Bueno Bueno Regular Pobre Muy Pobre	Excelente Muy Buena Buena Regular Pobre Inadecuada
		Sellado de Fisuras			
Periódico	Rehabilitación	Fresado y Reposición			
Mejora	Reconstrucción	Ampliación de carril			
		Mejora			

Fuente: Autores

## 4.1. Geometría vial

### 4.1.1. Inspección visual de la vía

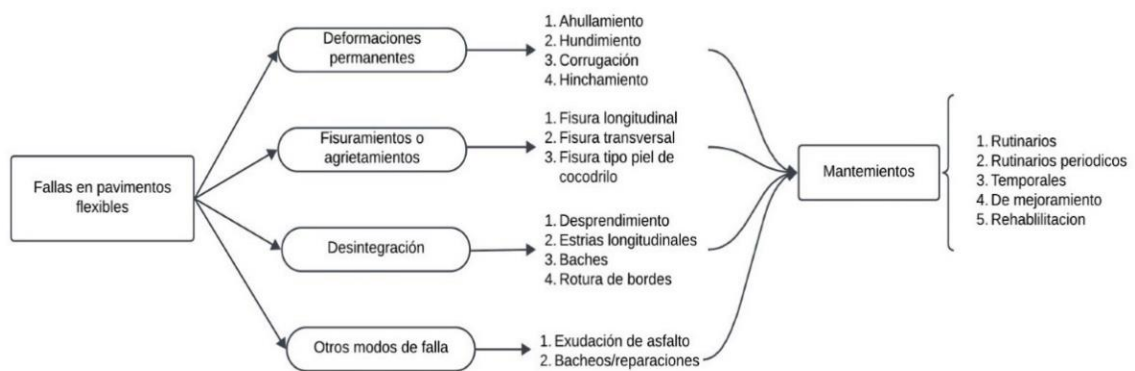
Para determinar las características de la vía se realizó una inspección visual de esta manera, se clasificó la zona de estudio, que presentó un terreno ondulado con pendientes del 6 % al 12 % y montañoso con pendientes del 13 % al 40 %, según la normativa de la Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2013).

Una vez analizada el área de estudio con una ficha de observación, se determinaron las fallas del pavimento. Nuestro trabajo se basó en las fallas que existen en pavimentos

flexibles, estos datos fueron determinados mediante el catálogo de fallas y recuperación que menciona el autor.

Para proponer nuestras variables, se consideró los tipos de daños presentes en nuestra vía que cuenta con una longitud de 6.50 km. Para la distribución de las variables se tomó como referencia un estudio realizado por el autor Simo, donde identifica las fallas que existen en pavimentos flexibles y a su vez las técnicas de reparación necesarias para la aplicación de mantenimientos, como se indica en la ilustración 2, (Simo, 2016).

Ilustración 2: Fallas y mantenimientos en pavimentos flexibles



**Fuente:** Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (Simo, 2016).

Una vez diagnosticado las fallas por el autor antes mencionado, se procedió a conocer las fallas existentes en la vía de estudio que está conformada por 6.50km, llamada E585 que conecta al Cantón Portovelo-El Pindo, la mayor falla que se presenta en la carretera es de piel de cocodrilo con un porcentaje del 29%. En la figura 3, se puede observar los porcentajes de cada falla encontrada en el pavimento. De esta manera estos registros nos ayudaran a determinar las alternativas de mantenimiento necesarias para obtener una conservación vial óptima.



Ilustración 3.- Fallas en la zona de estudio



Fuente: Autores

## 4.2. Climatología

La climatología del lugar es fundamental para implementar los parámetros en el software, ya que se necesitan los datos de la temperatura máximas, mínimas y la información de precipitaciones. Estos datos se deben tener en consideración la última intervención que se realizó en la vía, Una vez investigado por fuentes bibliográficas no se encontraron registros actuales por parte del INAMI, por ende, se utilizó la aplicación de cartografía en la red POWER Data Access Viewer (DAV), la misma que contiene datos relacionados con la nube meteorológica y relacionada con la nube geoespacial, de esta forma se obtuvo datos de la temperatura máximas y mínimas y la información de las precipitaciones, como se indica en la Tabla 8.

Tabla 8.- Datos de precipitación y temperatura en el año 2022.

Meses	Temperatura		
	Precipitación (mm)	Max	Min
Enero	58.01	26.29	12.26
Febrero	126.56	26.8	11.79
Marzo	47.46	25.24	11.33
Abril	63.28	24.92	10.05
Mayo	47.46	25.71	11.51
Junio	36.91	25.75	10.1
Julio	52.73	25.35	10.17
Agosto	0	26.83	10.39
Septiembre	15.82	27.73	10.73
Octubre	10.55	27.94	10.51

Noviembre	15.82	28.01	10.9
Diciembre	36.91	25.4	12.04

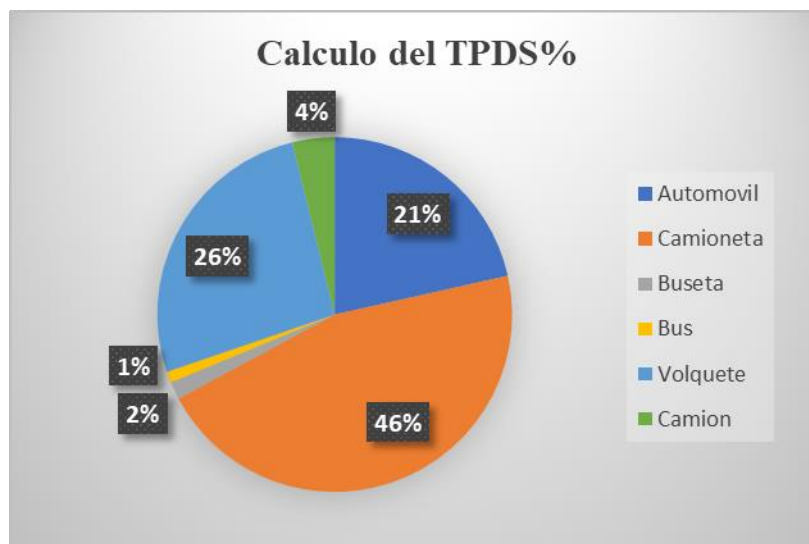
Fuente: Autores

### 4.3. Flujo vehicular

#### 4.3.1. Análisis del tránsito vehicular

Con el programa HDM-4, tenemos como parámetros globales al volumen de tráfico, una vez determinado el TPDA se clasificó la vía según el número del ESAL'S, de esta manera se logró determinar el porcentaje de vehículos que transitan en la vía. El parque automotor que dicta el software cuenta con lineamientos como es de ingresar los tipos de vehículos motorizados y no motorizados, clase de vehículo, su uso y por su peso. A continuación, en la ilustración 4, se detalla el porcentaje de cada clase de vehículos.

Ilustración 4.- Porcentaje de flujo vehicular



Fuente: Autores

### 4.4. Estructura del pavimento

Para analizar la zona de estudio se determinaron primero los parámetros a utilizar en el software HDM-4, el mismo que indica el dato del CBR. Para ello se tuvo que determinar este dato mediante ensayos destructivos, como la extracción del material en la zona de estudio, para ello se hicieron dos calicatas utilizadas para determinar el CBR, consecuentemente se realizó el ensayo de granulometría que nos dio como resultado un límite líquido de 26.7 %, un índice plástico de 11.8 y una clasificación de suelo (SC) de acuerdo con la normativa SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) es un

suelo arenoso. Para este proceso también se determinó el ensayo de Proctor modificado a continuación se detalla los resultados obtenidos de los ensayos.

Tabla 9.- Datos obtenidos de los ensayos

<b>Ensayos</b>	<b>Datos</b>
Compactación %	95.00
Densidad seca gr/cm <sup>3</sup>	2.011
C.B.R. Diseño %	14

**Fuente:** Autores

## 4.5. Deterioro del pavimento

### 4.5.1. Índice de condición del pavimento

Para determinar el estado del pavimento se utilizó el método del PCI, mediante una inspección visual considerando su nivel de severidad de daño, los resultados obtenidos para cada una de las 18 muestras estudiadas, dándonos como resultado que un PCI promedio de 58 % el cual indica un pavimento en estado de conservación buen. Estos resultados resultas lógicos ya que la densidad de los daños en la vía no era constantes a lo largo de la capa de rodadura. En la tabla 4 se aprecian los datos obtenidos.

Tabla 10.- Resultado del PCI para las unidades de muestreo

<b>Unidad de muestra</b>	<b>PCI</b>	<b>Clasificación</b>
T-1	15	Muy pobre
T-2	74	Muy bueno
T-3	16	Muy pobre
T-4	6	Fallado
T-5	76	Muy bueno
T-6	42	Regular
T-7	26	Pobre
T-8	74	Muy bueno
T-9	76	Muy bueno
T-10	10	Fallado
T-11	88	Excelente
T-12	86	Excelente
T-13	92	Excelente
T-14	76	Muy bueno
T-15	90	Excelente
T-16	52	Regular
T-17	74	Muy bueno

T-18	78	Excelente
General Tramo	58	Bueno

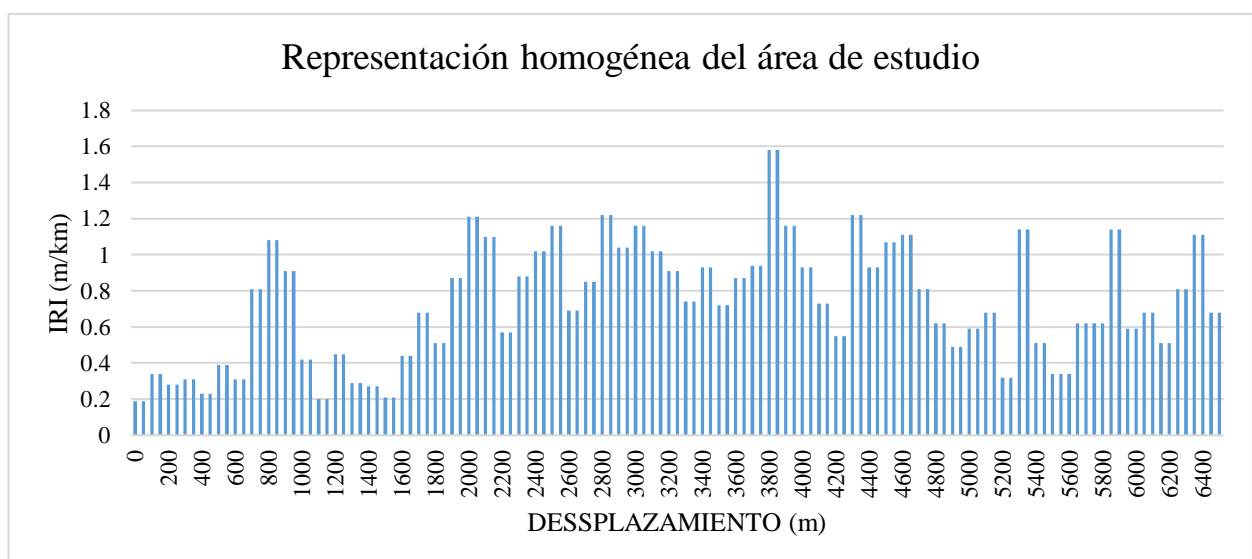
Fuente: Autores

#### 4.5.2. Índice de rugosidad del pavimento

Los estudios del pavimento establecen la necesidad de un índice que permita evaluar las deformaciones verticales del camino, que afectan a los vehículos que transitan en las vías, este estudio hace relación al cálculo del índice de rugosidad Internacional (IRI), que permite dar rangos específicos para determinar las condiciones de la superficie en caminos pavimentados, de acuerdo a lo que establece este método los rangos están entre 0 a 12 m/km, donde cero indica que es una superficie en condiciones óptimas y 12 de un camino intransitable.

Tras especificar lo de este autor, se obtuvieron los cálculos, para ello se utilizó una aplicación Android llamada IRI-Calc-Free que nos permitió obtener los datos necesarios para clasificar el índice de Regularidad Internacional (IRI). Los resultados fueron de 1.60 m/km lo cual nos indica que la condición de la vía de estudio es muy buena. Después, se realizan las secciones homogéneas que ayudan a describir de mejor manera el índice de regularidad de la sección de la vía, Ilustración 5.

Ilustración 5.- Índice de Regularidad de zona de estudio.



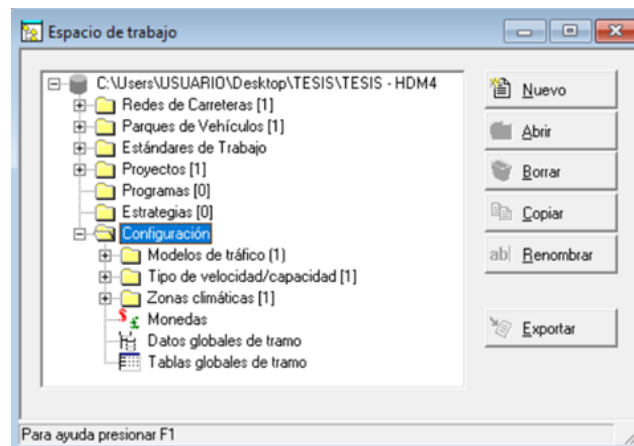
Fuente: Autores

## 4.6. Gestión de proyecto

### 4.6.1. Análisis del software HDM-4

El programa HDM-4 requiere de variables y datos para su correcto funcionamiento, las más relevantes tenemos: modelo de tráfico, zonas climáticas, parque de vehículos, red de carreteras, estándar de trabajos. En cada parámetro se debe llenar los datos obtenidos en campo.

Ilustración 6.- Espacio de Trabajo software HDM-4



Fuente: Propia con el Programa HDM-4

### 4.6.2. Modelo de tráfico

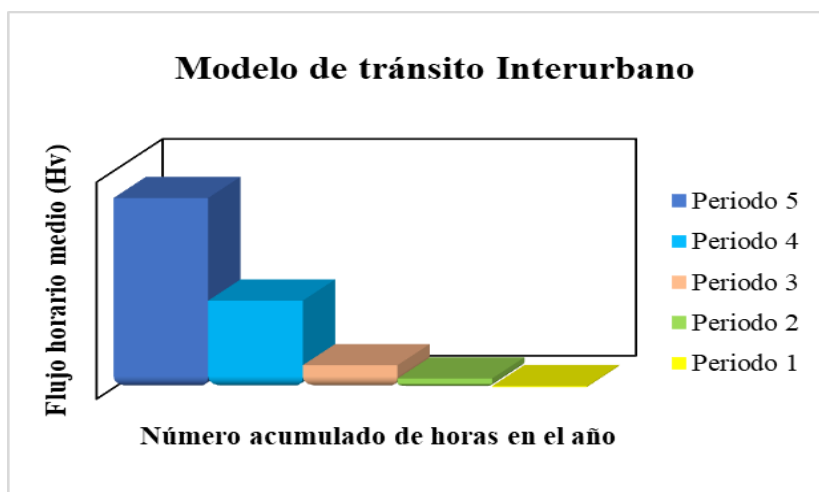
Para analizar el modelo de tráfico se tomaron datos considerando los periodos que trae por defecto el programa HDM-4. Esta opción depende del tipo de uso determinado a la vía en nuestro caso se determinó el uso de una vía interurbana. En la Tabla 11. Podemos referenciar el modelo de tráfico. En la Ilustración 7. Se observa el flujo horario medio como va decreciendo según las horas acumuladas por año.

Tabla 11.- Parámetros del modelo de trafico

Descripción	Horas por año	Horas acumuladas por año	Hyp Transito interurbano	% de IMP (Flujo del periodo (%TPDA))
Periodo 1	87.60	87.6	0.090	2.17
Periodo 2	350.40	438	0.080	7.59
Periodo 3	613.20	1051.2	0.070	11.64
Periodo 4	2978.40	4029.6	0.050	40.24
Periodo 5	4730.40	8760	0.030	2.17

Fuente: Autores

**Ilustración 7.-** Histograma de distribución de los datos de flujo (MP Flow)



Fuente: Autores

#### 4.6.3. Velocidad y capacidad según el tipo de vía

Para relacionar la velocidad y capacidad de acuerdo con la modelación que determina el programa HDM-4, se debe considerar las características geométricas de la vía, intensidad del flujo y de la función misma de la vía. Lo importante de este análisis es que nos ayuda analizar los efectos del volumen de tráfico en la velocidad. Para determinar el tipo de carretera se basó en los parámetros que indica la Norma NEVI-12, donde especifica que para velocidad en 20-80 km/h el número de carriles que esta pronosticado para este rango es de dos carriles. Una vez considerado el tipo de carretera se llena los datos para el modelo de velocidad y capacidad como se indica en la Tabla 6. Esto cálculos nos ayudan a tener como consecuencia los costos económicos para poder implementar una mejoría en la vida de estudio. Para el análisis de la calibración se utilizó la serie de calibración RD la misma que está destinada a predecir el deterioro de la capa de rodadura. Este parámetro esta seleccionado por defecto del programa HDM-4.

Tabla 12.- Parámetros en el HDM-4

Tipo de carretera	Dos carriles
Capacidad ultima	1400
Capacidad en tráfico libre ( $0 < xQ1 < 1$ )	0.2
Capacidad nominal ( $0 < xQ2 < 1$ )	0.9
Velocidad de atraso en capacidad (km/h)	25
Amax (m/s <sup>2</sup> )	0.65

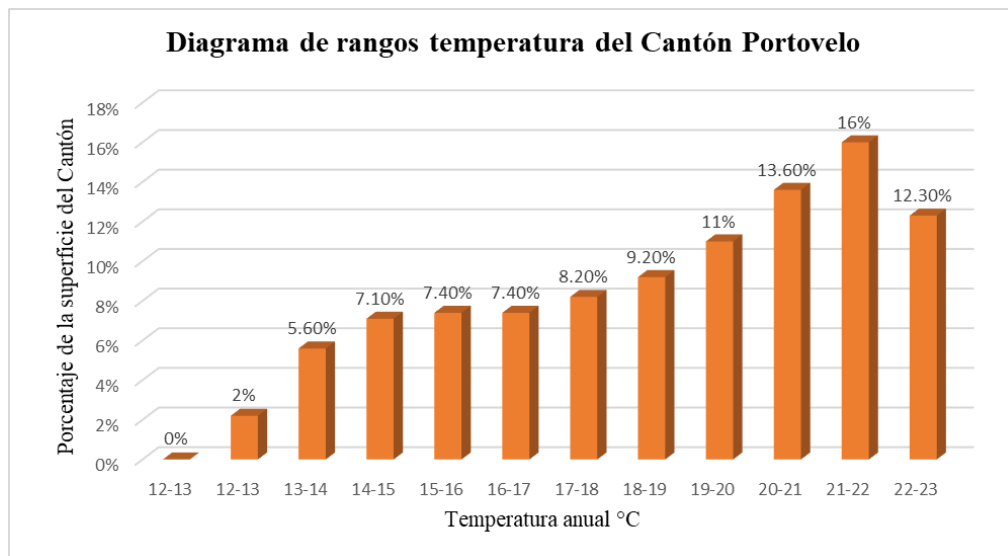
Fuente: Autores

#### 4.6.4. Zona climática

El análisis climático de la zona de estudio es un parámetro fundamental requerido en el software, estos datos se deben tener en consideración la última intervención que se realizó en la vía.

De acuerdo con el GAD del Cantón Portovelo, para el análisis de la temperatura ha tomado en referencia datos de estaciones más cercanas al área de influencia. Portovelo posee una temperatura cálida húmeda, en las zonas altas la temperatura es de 11° a 15°C; así mismo tenemos que las zonas bajas esta entre 16° a 23°C y finalmente la húmeda entre 40 a 50%. A continuación, se detalla los valores de la temperatura en el Cantón Portovelo. Ilustración 8 (Plan de Uso y Gestión Del Suelo - PUGS, 2019).

Ilustración 8.- Diagrama de rango de temperatura del Cantón Portovelo



Fuente: Autores

Tras encontrar los datos de las fuentes de información, se obtuvieron los datos de la precipitación, temperatura, etc. Para obtener los factores que afectan al deterioro de la vía, como las lluvias que se presentan en el lugar según la Ilustración 8. Tenemos que la zona de estudio cuenta con una temperatura que esta entre el rango de 22 a 23 °C con una superficie del 12.30%.

#### 4.6.5. Zona climática

Para analizar la zona de estudio y crear la red de carretera se determinó primero las características de la vía de estudio como se indica en la Tabla 8., así mismo tenemos las

características geométricas como se muestra en la Tabla 9. Además, en la Tabla 10. se puede observar las características del pavimento o firme, de esta manera se logra obtener la creación de la red de carretera la misma que se dividió en dos tramos. Según lo que planifica el programa HDM-4, las condiciones para evaluar las alternativas de mantenimiento serán mediante alternativas con proyecto y sin proyecto.

Tabla 13.- Características de la vía

Tramos	Longitud (km)	Calzada (m)	Espaldone		Carriles (#)	Patrón de tránsito	Clima	Tipo de pavimento
			Izq (m)	Der (m)				
Tramo 1	3.00	7.34	0	0	2	Interurbano	Húmedo	Asf. B.Gran.
Tramo2	3.50							
Total	6.50							

Fuente: Autores

Tabla 14.- Características geométricas de la red vial

Rampas +pendientes	Peralte (%)	Curvatura (°/km)	Velocidad límite (km/h)	Altitud media (m)	XNM	XMT	Fricción lateral
15	3	75	60	1900	1	1	1

Fuente: Autores

Tabla 15.- Características del pavimento o firme

Tramos	Último año de intervención	CBR (%)	Tipo de pavimento	Compactación (%)	Espesores (cm)		Coef.	SN
Tramo 1	2022	14	Flexible	95	Asfalto	7.62	0.528	1.585
Tramo 2					Base	12.7	0.138	1.896
					Subbase	5.08	0.121	1.730

Fuente: Autores

#### 4.6.6. Parque de vehículos

En este apartado cuenta con tres distintas pestañas que permiten colocar datos específicos de los vehículos que circulan en la vía. Se introduce el nombre del vehículo y se especifica su función, ya sea de carga o de pasajeros. Además, se permite elegir entre las categorías de vehículos motorizados y no motorizados, se incluye la opción de describir el vehículo y, por último, seleccionar el método para calcular la vida útil según el kilometraje del vehículo. En la Tabla 11. Se indica el conteo vehicular que se realizó en la zona de estudio donde se pudo obtener el tránsito promedio Diario Anual, estos datos se utilizaron para los dos tramos de la red vial.



Tabla 16.- TPDA. Transito promedio Diario Anual

Tipo de vehículo	Automóvil	Camioneta	Buseta	Bus	Camión C2 (Volqueta)	Camión C3	Total
TPDA	220	545	18	11	253	35	1082
TPDA %	21	46	2	1	26	4	100

Fuente: Autores

En base a los datos, y a lo que determina la norma de la MOP NEVI-12 (Ministerio de Obras públicas), el TPDA del estudio se proyectara para 20 años, ya que nuestro estudio trata de la rehabilitación y mejoras en la vía. Además, contamos con la información del crecimiento anual de tráfico, como se observa en la Tabla 12.

Tabla 17.- Tasas de crecimiento anual de trafico

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2020-2025	5.16	1.96	4.07
2025-2030	4.15	1.72	3.67
2030-2035	3.99	1.15	3.33

Fuente: Implementación de un sistema de gestión vial sostenible a la Avenida de las Américas de la ciudad de Cuenca (Gallegos, 2022)

#### 4.6.7. Características básicas de la flota vehicular

Se describen las propiedades físicas del vehículo, el estado de los neumáticos y detalles sobre su uso y carga. Estos datos se introdujeron en el modelo HDM-4 usando los apartados de las siguientes tablas, obtenida del Plan Vial integral de la provincia de El Oro para crear un Plan Plurianual de Conservación de pavimentos en 2019.

Tabla 18.- Parque vehicular – características básicas y peso promedio

Tipos de vehículos Motorizados	Espacios equivalentes Veh. Pasajeros (PCSE)	Nº de ruedas (nº/veh)	Nº de ejes (nº/veh)	Tipo de neumáticos	Nº de renovaciones (nº)	Costo de renovaciones (%)	Ejes equivalentes a 8,16 ton ESALF (nº/veh)	Peso bruto de operación (ton)
Automóviles	1	4	2	Radial	-	-	0,005	0,5
Camioneta	1	4	2	Radial	-	-	0,005	1
Buses	2	6	2	Diagonal	1,3	43,8	0,584	10
Camiones C2	3	6	2	Diagonal	1,3	43,8	4,468	18
Camiones C3	2	10	3	Diagonal	1,3	45	4,343	27

Camiones C5	2,6	18	5	Diagonal	1,3	45	7,421	47
-------------	-----	----	---	----------	-----	----	-------	----

**Fuente:** Plan vial integral de la Provincia de El Oro – CONGOPE

Tabla 19.- Parque vehicular – costos unitarios

Tipos de vehículos Motorizados	Método de vida	Kilometraje anual (km/año)	Horas trabajadas por año (h/año)	Vida útil promedio (años)	Uso privado (%)	Nº de tripulantes (nº/vh)	Nº de pasajeros (nº/vh)	Viajes de trabajo (%)
Automóviles	Constante	18000	1300	8	75	-	2,7	75
Camioneta	Constante	30000	1300	10	36	-	2,6	64
Buses	Optimo	70000	2070	10	-	2	20	75
Camiones C2	Optimo	70000	1750	12	-	1	-	-
Camiones C3	Optimo	86000	2050	14	-	1	-	-
Camiones C5	Optimo	86000	2050	14	-	1	-	-

**Fuente:** Plan vial integral de la Provincia de El Oro – CONGOPE

#### 4.6.8. Costos unitarios de operación

Los gastos de operación para cada uno de los tipos de vehículos como los costos relacionados con un vehículo nuevo, neumáticos recién adquiridos, costo del combustible, aceite lubricante, mantenimiento, salario de tripulación e interés anual. Además, se detallan los costos de tiempo en donde un pasajero está trabajando o en descanso, así como los costos de tiempo de carga.

Tabla 20.- Parque vehicular – costos unitarios de operación

Tipos de vehículos Motorizados	Vehículo nuevo (USD/veh)	Neumático nuevo (USD/veh)	Combustible gasolina (USD/lt)	Combustible diésel (USD/lt)	Aceite lubricante (USD/lt)	Mano de obra de mantenimiento (USD/h)	Salario de tripulación (USD/h)	Fijo por año (USD/año)	Capital (%)
Automóviles	8472	78,64	1,04	-	5,34	7,74	1,24	281	8,00
Camioneta	12271	119,13	1,04	-	5,34	7,74	1,24	376	8,00
Buses	65089	200,00	-	0,42	5,42	12,92	9,61	845	8,00
Camiones C2	47720	243,00	-	0,42	5,42	12,92	8,80	1569	8,00
Camiones C3	96863	243,48	-	0,42	5,42	12,92	8,85	1931	8,00

Camiones C5	117793	250,00	-	0,42	5,42	12,92	8,85	2776	8,00
-------------	--------	--------	---	------	------	-------	------	------	------

**Fuente:** Plan vial integral de la Provincia de El Oro – CONGOPE

Utilizamos la Tabla 20. Propuesta por Plan vial integral de la Provincia de El Oro, la única modificación es el precio del combustible, que ha experimentado un aumento durante el último año, como se refleja en la Tabla 21.

Tabla 21.- Costos de combustibles en Ecuador 2023 por galón

Costo de combustible (\$/galón)		
Gasolinera	Combustible	
	Súper	Diésel
Primax	4,20	1,75
Petro Ecuador	3,71	1,75
	3,96	1,75

**Fuente.** Autores

Tabla 22.- Parque vehicular – costos del tiempo

Tipos de vehículos Motorizados	Costo de tiempo del pasajero	Costo de tiempo del pasajero no trabajando	Costo de tiempo de la carga
Automóviles	2,10	0,90	-
Camioneta	2,10	0,90	-
Buses	2,10	0,90	-
Camiones C2	-	-	0,05
Camiones C3	-	-	0,05
Camiones C5	-	-	0,05

**Fuente:** Plan vial integral de la Provincia de El Oro – CONGOPE

#### 4.6.9. Estándares de trabajo

Son actuaciones que se ejecutarán según los requerimientos para mantener la carretera en condiciones óptimas para su uso permanente. Se define una lista de tareas para la conservación y mejora.

Tabla 23.- Clasificación de las actuaciones

Categoría	Clase	Tipo	Actividad/Operación
Estándar de Conservación	Conservación Rutinaria	Actuaciones sobre el firme	Bacheo, reparación del borde, sellado de fisuras, relleno puntual, reparación de los arcenes, etc.
		Drenaje	Reparación de alcantarillas y limpieza de drenajes
		Rutinas diversas	Control de la vegetación, marcas viales, señalización, etc.
	Conservación Periódica	Tratamiento preventivo	Sellado de humo, rejuvenecimiento, ajuste de pasadores de transferencia de carga, sellado de juntas, etc.
		Renovación superficial o restauración	Tratamiento superficial, lechada bituminosa, sellado de la capa de rodadura, reemplazo de la losa, molida de diamante, etc.
		Rehabilitación	Refuerzo fino, fresado y reemplazo, incrustación, refuerzo
		Reconstrucción	Reconstrucción parcial, reconstrucción total del firme.
	Actuaciones Especiales	Emergencia	Limpieza de escombros, limpieza y reparación de socavones, retirada de accidentes, etc.
		Invierno	Retirada de nieve, adición de sal, gravilla, etc.
Estándar de Mejora	Mejora	Ampliaciones	Ensanchado parcial, adición de un carril.
		Mejora del trazado	Mejoras geométricas verticales y horizontales, mejoras geométricas en las intersecciones.
		Obras fuera de la calzada	Adición y mejora de arcenes, adición de carril para TNM, mejora del drenaje lateral, etc.
	Construcción	Aumento de capacidad	Cambio del tipo de capa de rodadura y mejora geométrica longitudinal y transversal de una carretera existente.
		Tramos nuevos	Construcción de un tramo de carretera nuevo o desdoblamiento de una existente.

**Fuente:** El modelo HDM-4: descripción y posibilidades de aplicación dentro de un sistema de gestión de carreteras. (Núñez & Pérez, 2019)

#### 4.7. Resultados de las alternativas planteadas

Luego del análisis de la metodología aplicada previamente, valoramos en base a los indicadores planteados en la zona de estudio, mediante la escala de clasificación se obtuvo la categoría para establecer el mantenimiento que se debe realizar en función a las condiciones propuestas. Estos resultados se pueden evidenciar en la tabla 24.

Tabla 24: Resultados de la Evaluación

Análisis	Indicador	Descripción	Resultados	Calificación	Tipo	Actividad /tarea
Flujo Vehicular	TPDA	Clasificación de la carretera según MTOP	1082 veh	Bueno	Mantenimiento Rutinario	Bacheo Sellado de Fisuras
	ESAL's					
Estructura del Pavimento	CBR	Tipo del pavimento y sus espesores	14%	Buena		
Deterioro del Pavimento	PCI	Análisis de la serviciabilidad del pavimento	58%	Regular		
	IRI		1,6 m/km	Bueno		

**Fuente.** Autores

El análisis se obtuvo porque se debe realizar el mantenimiento rutinario como actividad Bacheo y Sellado de fisuras en los tramos, por ende, se recurrió al software HDM-4 para completarse con los parámetros de los estándares de conservación del programa y gestionar una simulación para verificar si la alternativa planteada es factible para reducir costos y mejorar los servicios socioeconómicos teniendo mayores beneficios.

#### 4.7.1. Estándares de conservación

Los estándares de conservación ayudan a mantener el buen estado de la vía para garantizar un óptimo servicio al usuario. La conservación comprende de una serie de actividades tales como: corregir pequeñas imperfecciones en la capa de rodadura y mantener los sistemas de drenaje y otros elementos de la vía. También abarca el control del polvo y la vegetación, así como la limpieza de las áreas de descanso y de los dispositivos de señalización.

Para poder determinar la conservación necesaria para nuestro estudio, se basó en los datos que especifica la Tabla 24. Donde se puede ver el tipo de mantenimiento que es necesario para aplicar en la zona de estudio, según se especifica en la Tabla 25.

Tabla 25.- Estándar de conservación

Nombre	Mantenimiento en la carpeta asfáltica
Código	MCA
Tipo de rodadura	Bituminosa
Clase	Conservación rutinaria
	Conservación periódica

**Fuente:** Autores

Una vez especificado el estándar de conservación a realizar en la vía, se puede determinar el tipo de actividad de cada conservación, según se indica en la tabla 19. Donde se especifica la clasificación de las actuaciones de las conservaciones. De manera en la tabla 20, se detalla la tarea de cada conservación.

Tabla 26.- Tareas de conservación

Clase	Tipo	Tarea
Conservación rutinaria	Actuaciones sobre el firme	Sellado de fisuras
		Bacheo
Conservación periódica	Rehabilitación	Fresado y reposición

**Fuente:** Autores

Es importante considerar los costos que tiene cada conservación, en la tabla 21, se detalla los costos de intervenciones consideradas en la conservación, mejoramiento y mantenimiento rutinario, los datos de los costos fueron tomados del “Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia del El Oro en el año 2019”, estos presupuestos económicos y financieros están determinados por el Consorcio de Gobiernos Provinciales del Ecuador – CONGOPE.

Tabla 27.- Costos Referenciales

<b>Costos de actuaciones referenciales MTOP</b>				
<b>Carpeta asfáltica (CA)</b>				
Costos	Mantenimiento rutinario (km*año)	Recapeo 4cm (m)	Fresado 3cm + reposición 3cm (m)	Bacheo (m)
Económico	\$319.35	\$4.48	\$3.74	\$117.12
Financiero	\$391.84	\$5.50	\$4.60	\$143.70
<b>Tratamiento bituminoso (TB)</b>				
Costos	Mantenimiento rutinario (km*año)	Doble tratamiento superficial (m)	Tratamiento superficial (m)	Bacheo (m)
Económico	\$530.16	\$2.43	\$1.79	\$117.12
Financiero	\$650.50	\$2.98	\$2.20	\$143.70
<b>Base granular (GR)</b>				
Costos	Mantenimiento rutinario (km*año)	Recargo 10cm	Perfilado (regularización)	Bacheo (m)
Económico	\$1544.63	\$6.29	\$0.24	\$6.26
Financiero	\$1895.26	\$7.72	\$0.29	\$7.72 <sup>1</sup>

**Fuente:** Plan vial integral de la Provincia de El Oro – CONGOPE

#### 4.7.2. Estándares de mejora

Se refiere a actividades como la mejora o construcción que se dará a la vía, es decir, restablecer ciertas características de la capa de rodadura que al inicio de la vida de la vía existieron. Para realizar las actividades de mejora se debe tener en cuenta los niveles de cargas del tráfico y el tipo de capa de rodadura. La mejora del proyecto es de 5 años con un tipo de intervención programada.

## **5. Análisis de resultados en la zona de estudio**

En este capítulo se expondrán los resultados del programa HDM-4, permitiendo la evaluación técnico-económica de la carretera Portovelo-El Pindo, para disminuir costos y mejorar los servicios socioeconómicos logrando obtener mayores beneficios. Con este propósito, se ha formulado dos opciones para el análisis del proyecto, una designada como alternativa Sin Proyecto y otra alternativa Con Proyecto. Además, para el análisis los indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el análisis técnico depende de la Regularidad media del pavimento sobre la alternativa planteada

### **5.1. Alternativas “Sin proyecto”**

Esta opción tiene como objetivo mejorar la condición global de la carretera al intentar preservar su estado actual con una inversión menor en comparación con el proyecto de mejora. Dentro de esta alternativa, se llevará a cabo únicamente el mantenimiento de la calzada, que incluye el mantenimiento rutinario de dos carriles con pavimento asfáltico, el recapeo con una capa de 5 cm de carpeta asfáltica y el mantenimiento de la capa de rodadura existente.

### **5.2. Alternativas “Con proyecto”**

Al explorar diversas opciones, nuestro objetivo es alcanzar un estado superior en la carretera con características más rigurosas. Esta alternativa establece estándares de conservación y de mejora. Para la mejora se contempla especialmente para tramos que carecen de pavimentación o presentan un deterioro significativo en su capa de rodadura, simplemente se realizara una reconstrucción sin presentar cambios en el ancho de la vía.

### **5.3. Análisis de resultados en el software HDM-4**

Para ejecutar el programa se define los detalles del proyecto, como el año de inicio del estudio, su duración, el parque vehicular, la red de carreteras y también, se debe seleccionar la moneda para el estudio. Además, se debe especificar las alternativas para el análisis del proyecto y la tasa de descuento.



Conforme los resultados obtenidos por el software HDM-4, tenemos el análisis económico que hace relación al beneficio y costo, el propósito de este estudio es obtener beneficios para los distintos tipos de conservación o mejora. En la Tabla 22. Se aprecia que la mejor opción es el proyecto con mejoramiento, debido a que este proyecto tiene un VAN de 0.011 y un TIR de 12.4 % lo cual nos asegura que es una opción factible.

Tabla 28.- Indicadores Económicos Vía Portovelo - El Pindo

<b>HDM - 4</b> <small>HIGHWAY DEVELOPMENT &amp; MANAGEMENT</small>		<b>Relaciones Beneficio Coste</b> Nombre del estudio: <b>ANALISIS VIA EL PINDO</b> Fecha de ejecución: <b>29-01-2024</b> Moneda: <b>US Dollar (millones)</b> Tasa de descuento: <b>12,00%</b>							
Alternativa	Valor actual de los costos totales de la administración (RAC)	Valor actual de los costos 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)
SIN PROYECTO	0.380	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CON PROYECTO	0.625	0.488	0.245	0.258	0.000	0.011	0.018	0.022	12,4 (1)

El número entre parentesis es el número de soluciones de la TIR en el rango -50 a +500

**Elaboración:** Propia con el Programa HDM-4

En los resultados de los indicadores económicos tenemos la rugosidad promedio del proyecto (Ilustración 6), que indica que en el año 2024 al 2029 la capa de rodadura tendría una rugosidad entre 4.50 a 6 (m/km) de esta forma se clasificaría como vía regular a mala, pero si se realiza un mantenimiento se puede observar que la rugosidad de bajaría a 2.10 hasta 2.90 m/km lo que nos beneficiaría obteniendo como resultados la condición de la vía como muy buena, para el año 2039 al 2042 la rugosidad estaría entre 3.50 a 5.50 m/km lo cual nos indica que la vía estaría en malas condiciones, de esta manera se puede simular mediante el programa HDM-4 la rugosidad que sucede en cada año.

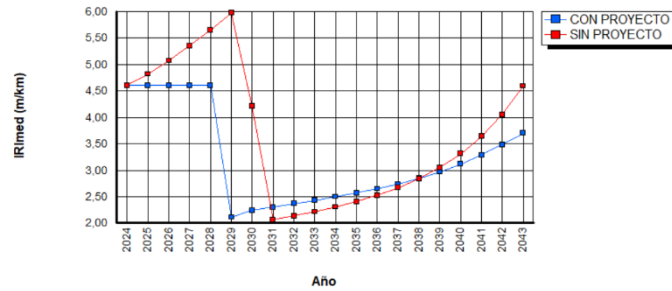
Ilustración 9.- Rugosidad Promedio de la vía Portovelo - El Pindo

**HDM - 4**  
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

**Gráfico de Regularidad Media por Alternativa de Proyecto**

Nombre del Estudio: ANALISIS VIA EL PINDO  
Fecha de Ejecución: 18-02-2024

**Regularidad Media (IRImed) por Proyecto**  
(ponderado según longitud de tramo)



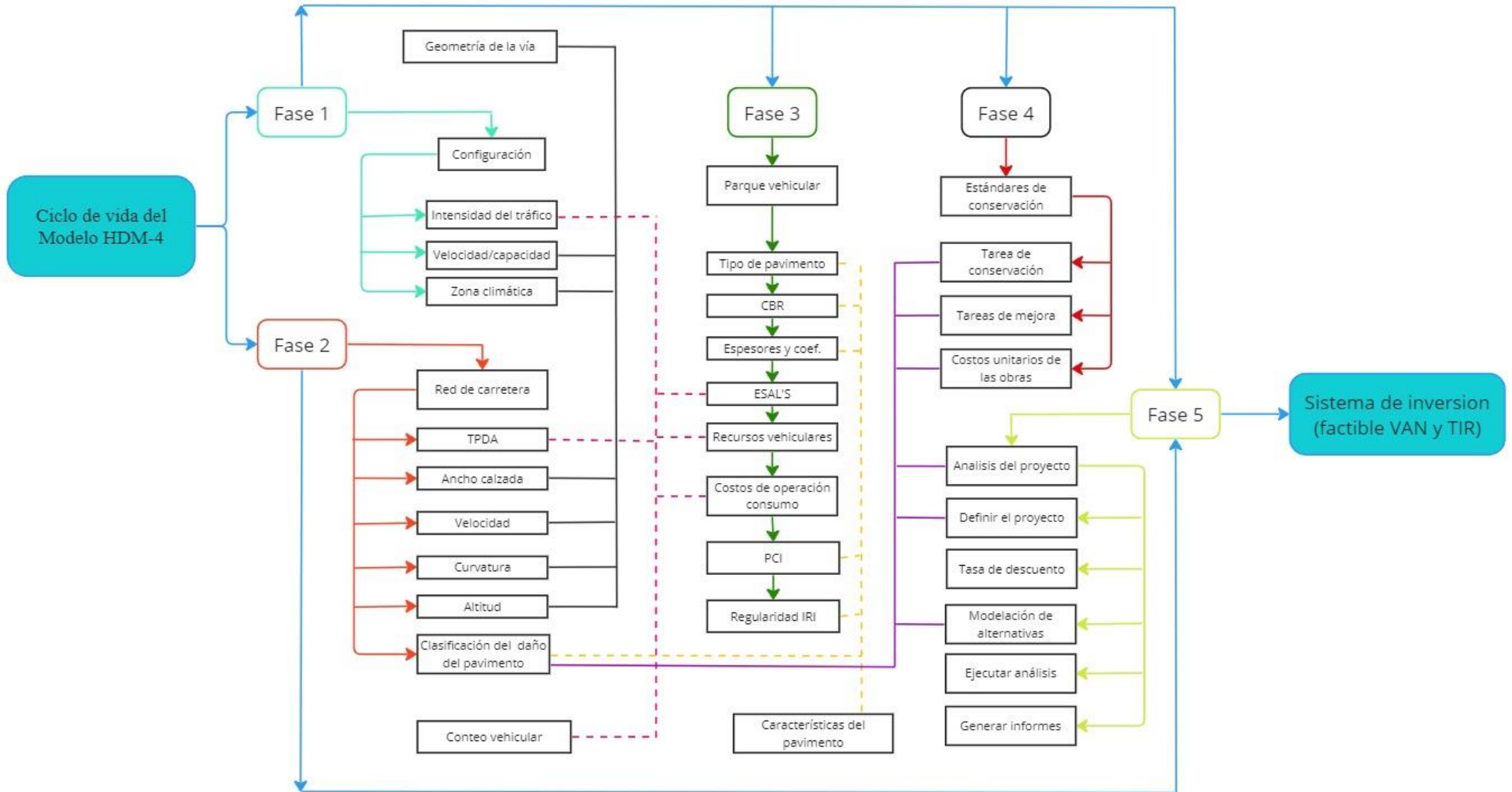
HDM-4 Version 1.30

Página 1 de 1

**Elaboración:** Propia con el Programa HDM-4

Con la aplicación de las alternativas de mantenimiento necesarias que se deben aplicar en la vía, se procesa a analizar los beneficios generados por el proyecto, los mismos que son la reducción del tiempo de viaje y el costo de operación debido al tráfico vehicular. Estos beneficios son obtenidos mediante un reporte obtenido del modelo HDM-4 en Anexos se puede observar los resultados.

**Ilustración 10:** Proceso para el uso del programa HDM-4



Fuente: Elaboración propia



## 6. Conclusiones

A partir de la investigación bibliográfica, se logró identificar los métodos de evaluación empleados en la infraestructura de carreteras, con la finalidad de garantizar un servicio de vialidad eficiente en el contexto de carreteras de montaña. Este estudio proporciona una base sólida para implementar prácticas y tecnologías que mejoren la calidad y seguridad en las vías, contribuyendo de esta manera la conducción más segura y eficaz para los usuarios. La elaboración de la metodología se llevó a cabo mediante el análisis de los artículos científicos, fundamentándose en la aplicación del Software HDM4.

Por medio de los ensayos no destructivos, se generó el modelo de tráfico que incluye la caracterización del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se obtuvo un valor de 1082 vehículos en ambos sentidos de la vía. Así mismo, con la inspección visual realizada se pudo evidenciar las fallas del pavimento, de esta misma manera se determinó las características geométricas de la vía como la velocidad, curvatura, pendientes y el ancho del carril. Al evaluar estos parámetros, podremos diagnosticar si la vía necesita de la intervención de las alternativas de mantenimiento necesarias y así poder tener una conservación vial óptima.

Mediante el software HDM-4 aplicado en la vía E585, Portovelo-El Pindo, primero se analizó las fases de la metodología planteada. En base a eso se especificó dos alternativas que son “con proyecto” y “sin proyecto”, analizando y ejecutando el trabajo se determinó si estas tareas son factibles para la rehabilitación de la vía. De acuerdo con los informes obtenidos por el programa se enfocó en la relación beneficio costo, teniendo como resultado el (12,4%) del TIR y el (0.011) del VAN, lo que nos indica que el proyecto es factible en cuanto a los costos de inversión. De la misma forma, por medio de las características del pavimento se pudo obtener la rugosidad de cada tramo, con periodos de intervención en la vía de 20 años, con el fin de proyectar el estado vial en cada periodo de tiempo. Teniendo referencia de este análisis se debe tener en consideración el valor del IRI para realizar las intervenciones necesarias en cuanto a los mantenimientos en las vías. De esta manera se pudo validar la metodología planteada obteniendo como respuesta un sistema de inversión factible.

## 7. Referencias bibliográficas

- AASHTO guide for design of pavement structures. . (1993). AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Aguado de Cea, A., Gálvez, J. C., Aguado Renter, A., Pujadas Álvarez, P., & Fernández-Ordoñez, D. (2017). Evaluación de la sostenibilidad de carreteras. *Carreteras*, 4, 8–19.
- Ahmed, F., Thompson, J., Kim, D., Huynh, N., & Carroll, E. (2023). Evaluation of pavement service life using AASHTO 1972 and mechanistic-empirical pavement design guides. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(1), 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2021.11.004>
- Arya, D., Maeda, H., Ghosh, S. K., Toshniwal, D., Mraz, A., Kashiyama, T., & Sekimoto, Y. (2021). Deep learning-based road damage detection and classification for multiple countries. *Automation in Construction*, 132, 103935. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103935>
- Ávila, E., Albarracín, F., & Bojorque, J. (2015). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *MASKANA*, 6(1), 149–167. <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11>
- Bannour, A., El Omari, M., Lakhal, E. K., Afechkar, M., Benamar, A., & Joubert, P. (2019). Optimization of the maintenance strategies of roads in Morocco: calibration study of the degradations models of the highway development and management (HDM-4) for flexible pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 20(2), 245–254. <https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1293261>
- Bautista, A. F. (2018). Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el micro-sistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 23(1). <https://doi.org/10.19053/01233769.8058>

- Carpio, F., Avilés, J., & Morillo, D. (2018). Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM. *MASKANA*, 9(1), 115–124. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.11>
- Cassana, T. V. G. (2016). Análisis y evaluación del mantenimiento para la conservación vial de la capa de rodadura de la vía interdistrital Ascope - Casa Grande, aplicando el modelo HDM-4 [Mención en Transporte y Conservación Vial]. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Cevallos, A., Cevallos, J., Galarza, C., & Molina, A. (2017). La Infraestructura Vial y el Desarrollo Socio Económico: El Caso Colonia San Vicente de Villanos, Ecuador. *Revista Académica Augusto Gruzso*, 1–17.
- Chaverri Jimenez, J., & Madrigal Salazar, D. (2012). Modelos de optimización lineal para realizar planes de inversiones de largo plazo en una red de pavimentos. *Infraestructura Vial*, 13, 22–30.
- 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 & Applied Sciences*, 9(1), 14–14. <https://doi.org/10.24107/ijeas.286473>
- Coenen, T. B. J., & Golroo, A. (2017). A review on automated pavement distress detection methods. *Cogent Engineering*, 4(1), 1374822. <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1374822>
- CONGOPE. (2019). Plan de desarrollo vial integral de la provincia de El Oro 2019. 136. Consejo nacional de investigación. (2020). Junta de Investigación del Transporte.

- Cortés Villafradez, R. A. (2018). ¿Qué tan competitivos son los países miembros de la Alianza del Pacífico en infraestructura de transporte? *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 85, 143–162. <https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2055>
- De Fabiis, F., Mancuso, A. C., Silvestri, F., & Coppola, P. (2023). Spatial Economic Impacts of the TEN-T Network Extension in the Adriatic and Ionian Region. *Sustainability*, 15(6), 5126. <https://doi.org/10.3390/su15065126>
- De La Cruz Pairazamán Rodas, A. (2018). Impacto de la infraestructura vial y de las exportaciones sobre el crecimiento económico regional: caso de la región Áncash. *Quipukamayoc*, 25(49), 41–49. <https://doi.org/10.15381/quipu.v25i49.14278>
- De La Cruz Vega, S. A., Ibañez Ccoapaza, C. E., & Coaquira Cueva, D. Y. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–8. <https://doi.org/10.15517/iv.v24i43.48563>
- Deori, S., Choudhary, R., Tiwari, D., & Gangopadhyay, S. (2018). Calibration of HDM-4 models for Indian conditions of flexible pavement having modified bitumen in wearing course. *International Journal of Pavement Engineering*, 19(9), 772–785. <https://doi.org/10.1080/10298436.2016.1208196>
- Dong, Y., Shao, Y., Li, X., Li, S., Quan, L., Zhang, W., & Du, J. (2019). Forecasting Pavement Performance with a Feature Fusion LSTM-BPNN Model. *Proceedings of the 28th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, 1953–1962. <https://doi.org/10.1145/3357384.3357867>
- GAD Municipal de Portovelo. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019 - 2023. 416.
- Gallegos, J. (2022). Implementación de un sistema de gestión vial sostenible a la Avenida de las Américas de la ciudad de Cuenca. [Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte]. Universidad de Cuenca.



- González, H., Ruiz, P., & Guerrero, D. (2020). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimento mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). *Ciencia En Su PC*, 4, 58–71.
- Guan, X., Zhang, H., Du, X., Zhang, X., Sun, M., & Bi, Y. (2023). Optimization for Asphalt Pavement Maintenance Plans at Network Level: Integrating Maintenance Funds, Pavement Performance, Road Users, and Environment. *Applied Sciences*, 13(15), 8842. <https://doi.org/10.3390/app13158842>
- Guzmán, G., & Mogrovejo, D. (2017). Gestión sostenible del pavimento flexible, rígido y articulado del centro urbano del Cantón Girón Autores/as Gonzalo Guzmán. *Maskana*, 8, 207–217.
- Huamaní Arone, J., Rimayhuaman Taipe, O. E., & Tito Catalán, X. S. (2022). Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5). [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i5.3202](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3202)
- Lavado, J., & Sánchez, K. (2021). Procesos de gestión de los proyectos de inversión de infraestructura vial en los gobiernos regionales: un caso del gobierno regional de San Martín - Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 6296–6334. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i4.772](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.772)
- Lee, J., & Madanat, S. (2014). Joint optimization of pavement design, resurfacing and maintenance strategies with history-dependent deterioration models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 68, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.06.008>
- Mardones Parra, L., Sánchez Alonso, E., Calabi Floody, A., & Valdés Vidal, G. (2019). Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno. *Infraestructura Vial*, 20(36), 10. <https://doi.org/10.15517/iv.v20i36.37729>
- Mei, A., Zampetti, E., Di Mascio, P., Fontinovo, G., Papa, P., & D'Andrea, A. (2022). ROADS—Rover for Bituminous Pavement Distress Survey: An Unmanned Ground



- Vehicle (UGV) Prototype for Pavement Distress Evaluation. *Sensors*, 22(9), 3414. <https://doi.org/10.3390/s22093414>
- Million Demie, Emer Tucay Quezon, & Alemayehu Feyissa. (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. *Journal of Xidian University*, 14(9). <https://doi.org/10.37896/jxu14.9/084>
- Moreno Ponce, L. A., Parrales Cantos, G. N., Cobos Lucio, D. A., Cordero Garcés, M. O., Peralta Delgado, J. A., Ponce Reyes, F. S., & Baque Campozaño, B. P. (2018). MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS. Editorial Científica 3Ciencias. <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2018.28>
- MTOP. (2013). Norma Ecuatoriana Vial NEVI - 12 - MTOP. In Libro A- Norma para Estudios y Diseño Viales (Vol. 2, p. 382). Quito.
- Núñez, C., & Pérez, I. (2019). El modelo HDM-4: descripción y posibilidades de aplicación dentro de un sistema de gestión de carreteras. Universidad de Coruña.
- Obregon, S. (2010). Estudio comparativo del impacto en el desarrollo socioeconómico en dos carreteras: Eix Transversal de Catalunya, España, y MEX120, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 10, 1–47.
- Plan de Uso y Gestión del Suelo - PUGS. (2019).
- Pucha Aguinsaca, P. A., & Zárate Torres, B. A. (2020). Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado. *Avances Investigación En Ingeniería*, 17(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6599>
- Qureshi, W. S., Hassan, S. I., McKeever, S., Power, D., Mulry, B., Feighan, K., & O'Sullivan, D. (2022). An Exploration of Recent Intelligent Image Analysis Techniques for Visual Pavement Surface Condition Assessment. *Sensors*, 22(22), 9019. <https://doi.org/10.3390/s22229019>

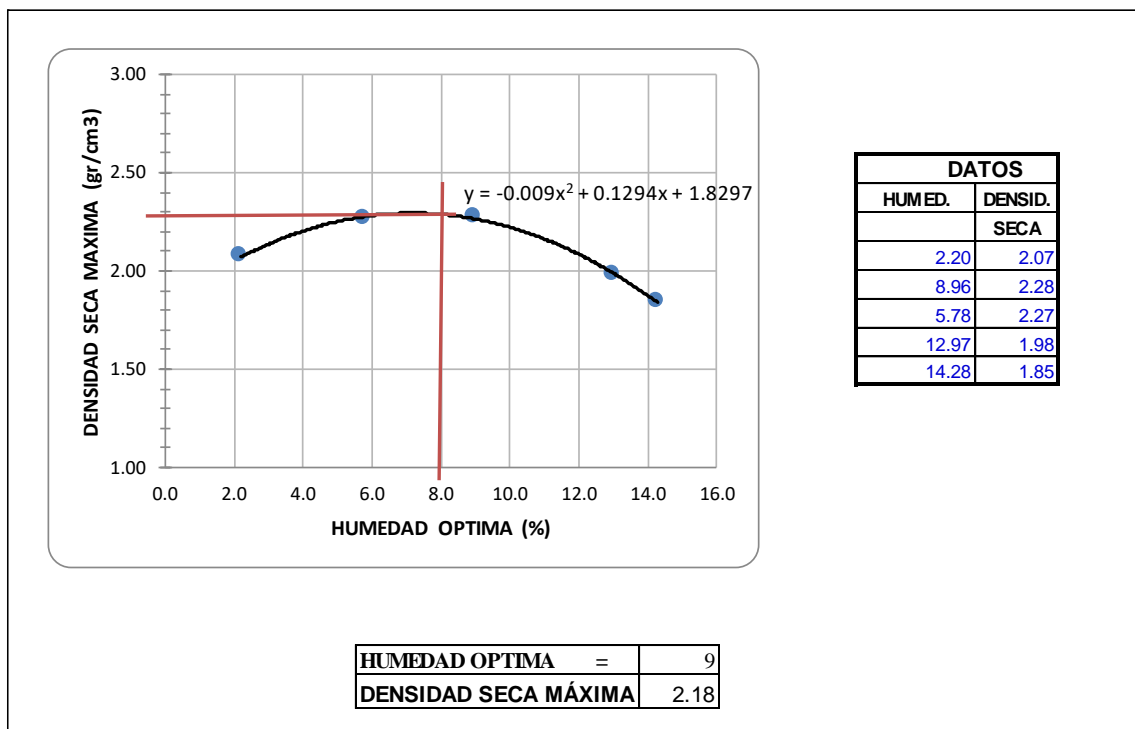
- Ramirez Medina, D. A., & Valenzuela Robles, L. S. (2023). Plan de mantenimiento periódico del pavimento en el tramo Paradero Las Retamas – Puente Los Ángeles. *Infraestructura Vial*, 25(44), 1–13. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.51309>
- Rodríguez Moreno, M. A., Marín-Uribe, C. R., & Restrepo Tamayo, L. M. (2022). PROBABILISTIC MODEL FOR PREDICTION OF INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX BASED ON MONTE CARLO. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37(2). <https://doi.org/10.7764/RIC.00021.21>
- Rodríguez, R. (2011). Modelo de gestión de conservación vial para reducir los costos de mantenimiento vial y operación vehicular en los caminos rurales de las poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la provincia de Chimborazo [Tesis de Maestría]. Universidad Tecnica de Ambato.
- Rubio Idrogo, M. A. (2023). Gestión de mantenimiento vial y su relación con la satisfacción de los usuarios de Lima Metropolitana, 2022. *Alpha Centauri*, 4(2), 22–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.47422/ac.v4i2.145>
- Segarra, M. S., Conza Conza, D. E., Zapata Bravo, M. Z., & Arévalo Maldonado, D. F. (2020). Análisis de metodologías para formación de conductores inexpertos en percepción del peligro: carreteras de montaña. *Avances Investigación En Ingeniería*, 17(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6638>
- Simo, N. L. (2016). Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación.
- Soto Sulca, R. W., Muñoz Rojas, J. K., & Cáceres Quispe, Y. N. (2021). Impacto social y económico del Corredor Vial Cañete – Perú. *Dataismo*, 1(3), 40–52. <https://doi.org/10.53673/data.v1i3.15>
- Tapia, S. (2016). Evaluación Ex – Post de la implementación del programa de mantenimiento vial por niveles de servicio en la red vial estatal del Ecuador [Tesis de Maestría]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Tello-Cifuentes, L., Aguirre-Sánchez, M., Díaz-Paz, J. P., & Hernández, F. (2021). Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales. *TecnoLógicas*, 24(50), e1686. <https://doi.org/10.22430/22565337.1686>
- Vásquez, J. (2019). La Política pública de la Infraestructura Vial Nacional de Costa Rica (0998-2014) [Tesis Doctoral]. Universidad de Costa Rica.
- Vásquez Vargas, J. D., Medina Sánchez, Y. P., Sánchez Mendieta, C. E., & Carrión Romero, L. O. (2023). MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS VIALES. *Revista Ciencia Y Construcción*, 4.
- Weng, X., Huang, Y., & Wang, W. (2019). Segment-based pavement crack quantification. *Automation in Construction*, 105, 102819. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.014>
- Yuan, Y., Chen, J., Lang, H., & Lu, J. (John). (2023). Exploring the Efficacy of Sparse Feature in Pavement Distress Image Classification: A Focus on Pavement-Specific Knowledge. *Applied Sciences*, 13(18), 9996. <https://doi.org/10.3390/app13189996>
- Zambrano, B. C. E., & Villacreses, V. C. G. F. (2023). Gestión de la conservación de la vía de acceso a San Juan del cantón Manta-Ecuador a través del sistema HDM-4. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN,"* 7, Num. 12(2697–3456), 286–322.
- Zapata Duque, J. A., & Cardona Londoño, G. J. (2012). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 70–84. <https://doi.org/10.21500/20275846.277>
- Zárate Falconí, J. P. (2019). Plan de mantenimiento vial para la vía Biblián – Zhud, en los tramos de pavimento rígido [Master Thesis]. Universidad de Cuenca.

## 8. Anexos

### 8.1. Anexo 1: Ensayo de Proctor modificados calicata 1

 <b>UNIVERSIDAD DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</b>										
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>										
<b>PROYECTO :</b>	Alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña - comprendido entre el Cantón Portovelo hasta la vía El Pindo									
<b>ELABORADO POR:</b>	Ana Carolina Lalangui Yaguana	<b>FECHA:</b>	12-21-2023	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50m					
	Gloria Elizabeth Serrano Sarango	<b>NUMERO DE GOLPES :</b>	56	<b>N° DE CAPAS :</b>	5					
<b>PESO DEL MARTILLO : 10 Lb</b>	10 Lb	<b>DIAMETRO DEL MOLDE</b>	10.16	<b>ALTURA DEL MOLDE =</b>	11.64					
<b>ALTURA DE CAIDA :</b>	18"									
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>PESO DE LA MUESTRA ( gr )</b>	5000		4873		4863		4846		4850	
<b>VOLUMEN DE AGUA ( cm<sup>3</sup> )</b>	250		139.229		135.083		130.973		127.632	
<b>% EQUIVALENTE DE AGUA</b>	5%		8%		11%		14%		17%	
<b>PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN ( gr )</b>	5589		5589		5589		5589		5589	
<b>PESO DEL MOLDE + SUELO HUM.( gr )</b>	10090		10865		10679		10346		10069	
<b>VOLUMEN DEL MOLDE ( cm<sup>3</sup> )</b>	2124.0		2124.0		2124.0		2124.0		2124.0	
	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>
<b>N° DE CAPSULA</b>	X50	R-299	R31A	E41	R14	R110	R45	R70	R34X	R73
<b>PESO DE CAPSULA ( gr )</b>	9.680	9.720	9.620	9.560	9.640	9.660	9.640	9.720	9.670	9.550
<b>CAPSULA + SUELO HUMEDO ( gr )</b>	66.520	66.020	64.580	65.930	61.730	65.950	62.790	59.530	51.860	51.330
<b>CAPSULA + SUELO SECO ( gr )</b>	64.250	65.890	59.530	61.850	60.030	61.690	55.750	54.730	46.660	46.040
<b>PESO DEL AGUA ( gr )</b>	2.270	0.130	5.050	4.080	1.700	4.260	7.040	4.800	5.200	5.290
<b>PESO DEL SUELO SECO ( gr )</b>	54.570	56.170	49.910	52.290	50.390	52.030	46.110	45.010	36.990	36.490
<b>CONTEN. HUMEDAD %</b>	4.160	0.231	10.118	7.803	3.374	8.188	15.268	10.664	14.058	14.497
<b>HUMEDAD PROMEDIO %</b>	2.20		8.96		5.78		12.97		14.28	
<b>DENSIDAD HUMEDA ( gr / cm<sup>3</sup> )</b>	2.12		2.48		2.40		2.24		2.11	
<b>DENSIDAD SECA ( gr / cm<sup>3</sup> )</b>	2.07		2.28		2.27		1.98		1.85	



## 8.2. Anexo 2: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)-calicata 1



**UNIVERSIDAD DE MACHALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**C.B.R.**



<b>PROYECTO :</b>	Alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña - comprendido entre el Cantón Portovelo hasta la vía El Pindo				<b>N° DE CAPAS :</b>	5						
<b>ELABORADO POR :</b>	Ana Lalangui Yaguana-Elisabeth Serrado Sarango				<b>FECHA :</b>	12-21-2023						
<b>ABSCISA:</b>	MUESTRA #3				<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50 m						
<b>MOLDE N°</b>	<b>1 - 10006560</b>				<b>2 - 10006642</b>				<b>3 - 10006561</b>			
N° DE GOLPES POR CAPAS	56				25				12			
PESO MOLDE (gr)	7698				7551				7546			
ALTURA DE LA MUESTRA Hm (cm)	11.68				11.68				11.68			
DIAMETRO DEL MOLDE D (cm)	15.24				15.24				15.24			
VOLUM MUEST V=( $\pi D^2/4$ )*H	2130.61				2130.61				2130.61			
<b>CONDICIÓN DE MUESTRA</b>	<b>A. SATURAR</b>		<b>D. SATURAR</b>		<b>A. SATURAR</b>		<b>D. SATURAR</b>		<b>A. SATURAR</b>		<b>D. SATURAR</b>	
PESO MUESTRA HUMED + MOLDE (gr)	12870		12994		11960		11985		10450		10596	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	5 172		5 296		4 409		4 434		2 904		3 050	
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.427		2.486		2.069		2.081		1.363		1.432	
<b>HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>
RECIPIENTE N°	R 63	R 15	R X6	R 59X	R 90	R 20	R 31A	R 44T	R 91	RT4	R 34X	R 187
PESO RECIPIENTE gr.	9.6	9.63	9.7	9.6	9.6	9.68	9.58	9.62	9.5	9.69	9.75	9.8
P. MUEST.HUM + REC. gr.	55.8	58.81	69.2	69.8	59.6	61.03	44.27	65.4	67.8	71.54	56.34	64.5
P. MUEST.SECA + REC. gr.	52.2	55.7	61.8	64	55.7	57.2	39.44	60.6	63.1	67.5	53.4	59.5
PESO AGUA gr.	3.6	3.11	7.4	5.8	3.9	3.83	4.83	4.8	4.7	4.04	2.94	5
PESO MUESTRA SECA gr.	42.6	46.07	52.1	54.4	46.1	47.52	29.86	50.98	53.6	57.81	43.65	49.7
CONT. DE HUMEDAD %	8.45	6.7506	0	10.66176	8.46	8.059764	0	9.415457	8.77	6.9884	0	10.06036
HUMEDAD PROMEDIO %	8.451		5.331		8.460		4.708		8.769		5.030	
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	2.238		2.246		1.908		1.902		1.253		1.301	

<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>			
MOLDE N°	<b>1 - 10006559</b>	<b>2 - 10005302</b>	<b>3 - 10006556</b>
PESO MUESTRA HUM + MOLDE DESP .SATURAR ( gr. )	12 994	11 985	10596
PESO MUESTR HUM + MOLDE ANTES .SATURAR ( gr. )	12 870	11 960	10450
PESO AGUA ABSORBIDA ( gr )	124	25	146
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>	<b>2.398</b>	<b>0.567</b>	<b>5.028</b>
<b>ALTURA DE LA MUESTRA ( mm )</b>	<b>116.80</b>	<b>116.80</b>	<b>116.80</b>

<b>ESPONJAMIENTO</b>										
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		LECT DIAL lx10 <sup>-2</sup> mm	CAMBIO LONG. lx10 <sup>-2</sup> mm	ES PONJ AMIENTO %	LECT DIAL lx10 <sup>-2</sup> mm	CAMBIO LONG. lx10 <sup>-3</sup> pulg	ES PONJ AMIENTO %	LECT DIAL lx10 <sup>-2</sup> mm	CAMBIO LONG. lx10 <sup>-3</sup> pulg	ES PONJ AMIENTO %
LECT. INICIAL	0	0	0	0.000	0	0	0.00	0	0	0.00
25/12/2023	1	0.15	0.15	0.001	0.8	0.8	0.01	3.1	3.1	0.03
26/12/2023	2	1.95	1.95	0.017	0.71	0.71	0.01	3.2	3.2	0.03
27/12/2023	3	1.7417	1.7417	0.015	0.8	0.8	0.01	3.6	3.6	0.03
28/12/2023	4	2.77	2.77	0.024	0.97	0.97	0.01	3.8	3.8	0.03

PENETRACIÓN										
Area (mm):20.43- (m2):20.43x10(-3)										
PENETRACIÓN mm	PRESION ESTANDAR (MPa)	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		CARGAS TIPO KN	PRESIÓN (MPa)	CBR % Correg	CARGAS TIPO KN	PRESIÓN (MPa)	CBR % Correg	CARGAS TIPO KN	PRESIÓN (MPa)	CBR % Correg
0.625		0.782	0.73		0.427	0.90		0.196	0.440	
1.250		1.689	1.31		1.389	1.52		0.397	0.690	
1.875		2.697	1.87		2.25	2.11		0.589	0.930	
<b>2.500</b>	6.90	3.75	2.47	22.30	3.02	2.69	14.20	0.756	1.160	7.50
<b>3.750</b>	88	5.5	3.64		4.157	3.70		0.963	1.570	
5.000	10.30	7.145	4.76	23.6	4.963	4.63	15.8	1.153	1.940	8
7.500	13.11	9.5	6.75		5.953	6.34		1.356	2.660	
10.000	15.87	11.473	8.61		6.678	7.92		1.496	3.350	
12.500	17.94	12.769	10.44		7.156			0	4.020	

### FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

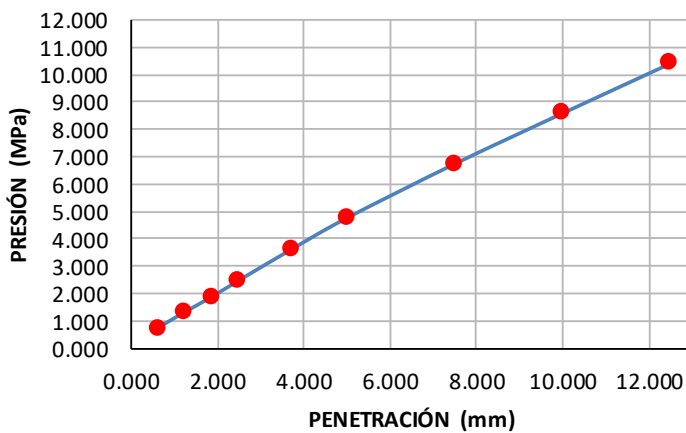
PROYECTO: Alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña - comprendido entre el Cantón Portovelo hasta la via El Pindo

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: A -2- 6 FECHA: 30/12/2023

ABSCISA: 0+000 MUESTRA # 3 PROFUNDIDAD: 1.5 m

#### MOLDE# 1

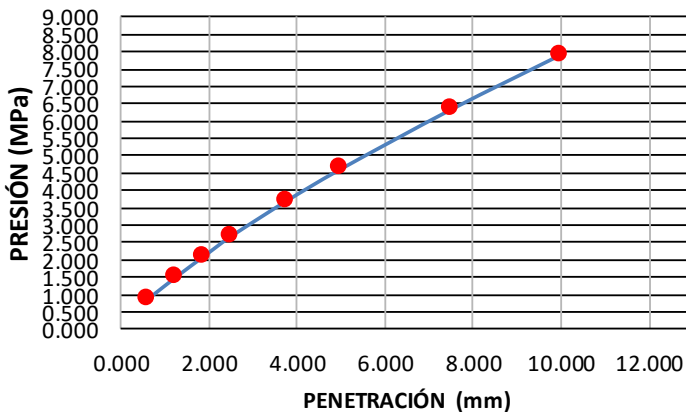
ENSAYO DE PENETRACIÓN (50 GOLPES)



PENETRACIÓN mm	PRESIÓN MPa
0.625	0.730
1.250	1.310
1.875	1.870
2.500	2.470
3.750	3.640
5.000	4.760
7.500	6.750
10.000	8.610
12.500	10.440

#### MOLDE # 2

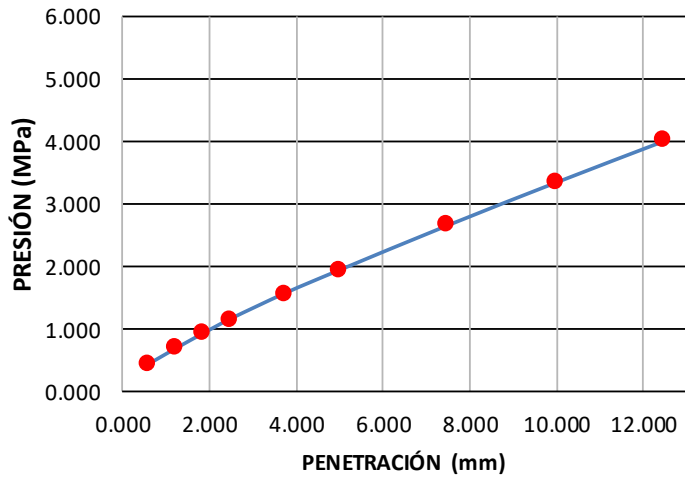
ENSAYO DE PENETRACIÓN (25 golpes)



PENETRACIÓN mm	PRESIÓN Mpa
0.625	0.900
1.250	1.520
1.875	2.110
<b>2.500</b>	2.690
<b>3.750</b>	3.700
5.000	4.630
7.500	6.340
10.000	7.920

MOLDE # 3

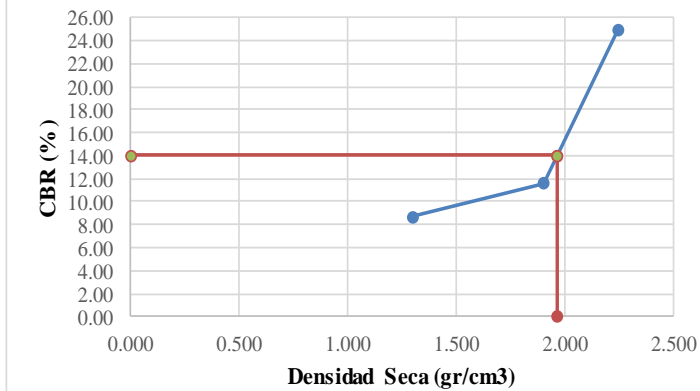
ENSAYO DE PENETRACIÓN (12 golpes)



PENETRACIÓN	PRESIÓN
mm	Mpa
0.625	0.440
1.250	0.690
1.875	0.930
<b>2.500</b>	1.160
<b>3.750</b>	1.570
5.000	1.940
7.500	2.660
10.000	3.350
12.500	4.020

CBR-SATURACIÓN VS DENSIDAD SECA

CBR-Densidad seca





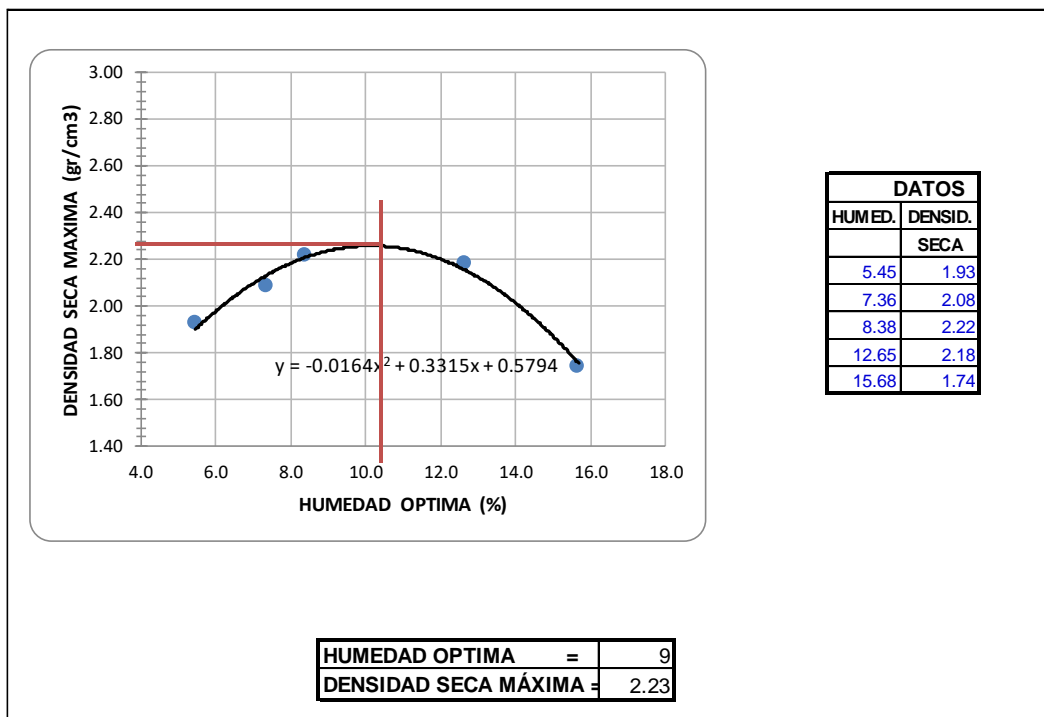
Compactación %	90.0
Densidad seca gr/cm <sup>3</sup>	1.966
C.B.R. DISEÑO %	14.00

C.B.R. %	DENSIDAD SECA
corregido	gr / cm3
25.00	2.246
11.60	1.902
8.70	1.301





### 8.3. Anexo 3: E Ensayo de Proctor modificados calcata 1

 <b>UNIVERSIDAD DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</b>										
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>										
<b>PROYECTO :</b>	Alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña - comprendido entre el Cantón Portovelo hasta la via El Pindo									
<b>ELABORADO POR:</b>	Ana Carolina Lalangui Yaguana	<b>FECHA:</b>	12-21-20	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50m					
	Gloria Elizabeth Serrano Sarango	<b>NUMERO DE GOLPES :</b>	56	<b>N° DE CAPAS :</b>	5					
<b>PESO DEL MARTILLO : 10 Lb</b>	10 Lb	<b>DIAMETRO DEL MOLDE =</b>	10.16	<b>ALTURA DEL MOLDE =</b>	11.64					
<b>ALTURA DE CAIDA :</b>	18"									
<b>MUESTRA N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>					
PESO DE LA MUESTRA ( gr )	5000	4897	4923	5133	5106					
VOLUMEN DE AGUA ( cm <sup>3</sup> )	250	139.914	136.750	138.730	134.368					
% EQUIVALENTE DE AGUA	5%	8%	11%	14%	17%					
PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN ( gr )	5476	5476	5476	5476	5476					
PESO DEL MOLDE + SUELO HUM.( gr )	9789	10228	10583	10694	9759					
VOLUMEN DEL MOLDE ( cm <sup>3</sup> )	2124.0	2124.0	2124.0	2124.0	2124.0					
	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>
<b>N° DE CAPSULA</b>	<b>K 14</b>	<b>R 34X</b>	<b>R21</b>	<b>R52</b>	<b>R80</b>	<b>R58</b>	<b>R611</b>	<b>R11</b>	<b>R71</b>	<b>X110</b>
PESO DE CAPSULA ( gr )	9.650	9.660	9.700	9.470	9.810	9.620	9.640	9.660	9.510	9.720
CAPSULA + SUELO HUMEDO ( gr )	46.890	49.150	62.700	62.450	45.220	47.420	61.600	58.300	58.600	58.020
CAPSULA + SUELO SECO ( gr )	44.860	47.220	59.650	58.250	42.490	44.490	53.760	54.890	52.060	51.360
PESO DEL AGUA ( gr )	2.030	1.930	3.050	4.200	2.730	2.930	7.840	3.410	6.540	6.660
PESO DEL SUELO SECO ( gr )	35.210	37.560	49.950	48.780	32.680	34.870	44.120	45.230	42.550	41.640
CONTEN. HUMEDAD %	5.765	5.138	6.106	8.610	8.354	8.403	17.770	7.539	15.370	15.994
HUMEDAD PROMEDIO %	5.45		7.36		8.38		12.65		15.68	
DENSIDAD HUMEDA ( gr / cm <sup>3</sup> )	2.03		2.24		2.40		2.46		2.02	
DENSIDAD SECA ( gr / cm <sup>3</sup> )	1.93		2.08		2.22		2.18		1.74	



### 8.4. Anexo 4: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)-calicata 2

	<b>UNIVERSIDAD DE MACHALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</b> <b>C.B.R.</b>	
---	---	---

<b>PROYECTO :</b>	Alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña - comprendido entre el Cantón Portovelo hasta la via El Pindo	<b>N° DE CAPAS :</b>	5
<b>ELABORADO</b>	Ana Lalangui Yaguana-Elisabeth Serrado Sarango	<b>FECHA :</b>	30/12/2023
<b>CALICATA</b>	#2	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.50 m
<b>MOLDE N°</b>	<b>1 - 10006643</b>	<b>2 - 10006484</b>	<b>3 - 10005402</b>
N° DE GOLPES POR CAPAS	<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
PESO MOLDE ( gr )	8049	6186	6895
ALTURA DE LA MUESTRA Hm (cm)	11.68	11.68	11.68
DIAMETRO DEL MOLDE D (cm)	15.24	15.24	15.24
VOLUM MUEST V=( πD <sup>2</sup> /4) * H	2130.61	2130.61	2130.61
<b>CONDICIÓN DE MUESTRA</b>	<b>A. SATURAR</b>	<b>D. SATURAR</b>	<b>A. SATURAR</b>
PESO MUESTRA HUMED + MOLDE	12932	12969	10920
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4 883	4 920	4 734
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.292	2.309	2.222
<b>HUMEDAD</b>	<b>ARRIBA</b>	<b>ABAJO</b>	<b>ARRIBA</b>
RECIPIENTE N°	R80	M 14	K14
PESO RECIPIENTE gr.	9.7	9.63	9.8
P. MUEST.HUM + REC. gr.	519	6181	53.2
P. MUEST.SECA + REC. gr.	47.5	57.43	48.8
PESO AGUA gr.	4.4	4.38	4.4
PESO MUESTRA SECA gr.	37.8	47.8	39
CONT. DE HUMEDAD %	11.64	9.16318	0
HUMEDAD PROMEDIO %	11.640	5.359	10.045
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	2.053	2.086	2.019

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			
MOLDE N°	<b>1 - 10006559</b>	<b>2 - 10005302</b>	<b>3 - 10006556</b>
PESO MUESTRA HUM + MOLDE DESP .SATURAR ( gr.)	12 969	10 983	11515
PESO MUESTR HUM + MOLDE ANTES.SATURAR ( gr.)	12 932	10 920	11430
PESO AGUA ABSORBIDA ( gr )	37	63	85
<b>PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA</b>	<b>0.758</b>	<b>1.331</b>	<b>1.874</b>
<b>ALTURA DE LA MUESTRA ( mm)</b>	<b>116.80</b>	<b>116.80</b>	<b>116.80</b>

ESPONJAMIENTO										
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		LECT DIAL x 10 <sup>-2</sup> mm	CAMBIO LONG. x 10 <sup>-2</sup> mm	ES PONJ AMIENTO %	LECT DIAL x 10 <sup>-2</sup> mm	CAMBIO LONG. x 10 <sup>-3</sup> pulg	ES PONJ AMIENTO %	LECT DIAL x 10 <sup>-2</sup> mm	CAMBIO LONG. x 10 <sup>-3</sup> pulg	ES PONJ AMIENTO %
LECT. INICIAL	0	0.11	0	0.000	0.26	0	0.00	0	0	0.00
25/12/2023	1	1.685	1.575	0.013	2.49	2.23	0.02	1.79	1.79	0.02
26/12/2023	2	1.7133	1.6033	0.014	2.566	2.306	0.02	1.85	1.85	0.02
27/12/2023	3	1.7417	1.6317	0.014	2.642	2.382	0.02	1.91	1.91	0.02
28/12/2023	4	1.77	1.66	0.014	2.72	2.46	0.02	1.97	1.97	0.02

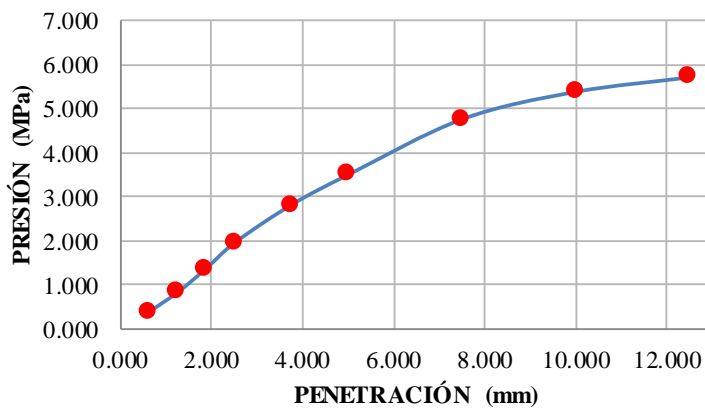
PENETRACIÓN										
Area (mm):20.43- (m2):20.43x10(-3)										
PENETRACIÓN mm	PRESION ESTANDAR (MPa)	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		CARGAS TIPO KN	PRESIÓN (MPa)	CBR % Correg	CARGAS TIPO KN	PRESIÓN (MPa)	CBR % Correg	CARGAS TIPO KN	PRESIÓN (MPa)	CBR % Correg
0.625		0.781	0.382		0.538	0.26		0.61	0.30	
1.250		1.689	0.827		0.868	0.42		0.91	0.45	
1.875		2.797	1.369		1.207	0.59		1.16	0.57	
<b>2.500</b>	6.90	3.987	1.952	21.10	1.556	0.76	11.80	1.37	0.67	9.00
<b>3.750</b>	88	5.749	2.814		2.198	1.08		1.74	0.85	
5.000	10.30	7.145	3.498	22.6	2.796	1.37	15.5	2.07	1.01	8
7.500	13.11	9.717	4.757		3.695	1.81		2.62	1.28	
10.000	15.87	10.987	5.378		4.262	2.09		3.1	1.52	
12.500	17.94	11.66	5.708		4.585	2.24		0	0.00	

### FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

<b>PROYECTO :</b>	Alternativas de rehabilitación en carreteras de montaña-comprneda entre el Catón Portovelo hasta la via el Pindo		
<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:</b>	A -2-6	<b>FECHA :</b>	30/12/2023
<b>CALICATA</b>	#2	<b>PROFUNDIDAD :</b>	1.5 m

#### MOLDE# 1

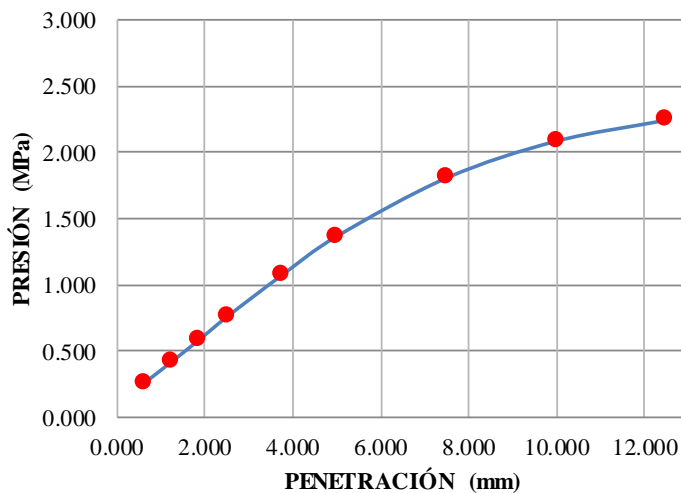
ENSAYO DE PENETRACIÓN (56 golpes)



PENETRACIÓN mm	PRESIÓN MPa
0.625	0.382
1.250	0.827
1.875	1.369
<b>2.500</b>	<b>1.952</b>
<b>3.750</b>	<b>2.814</b>
5.000	3.498
7.500	4.757
10.000	5.378
12.500	5.708

#### MOLDE# 2

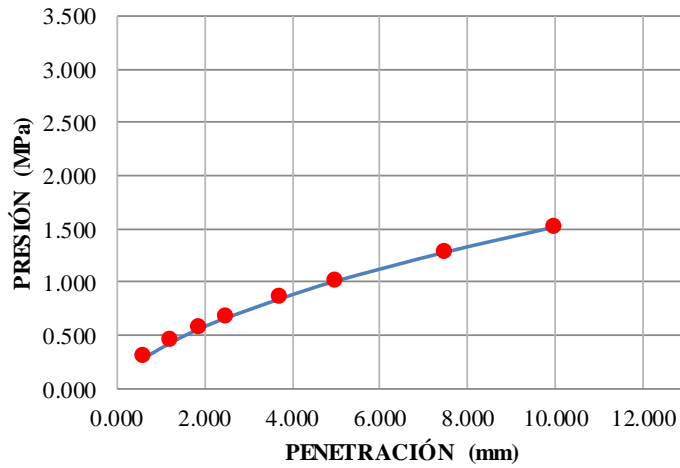
ENSAYO DE PENETRACIÓN (25 golpes)



PENETRACIÓN mm	PRESIÓN Mpa
0.625	0.263
1.250	0.425
1.875	0.591
2.500	0.762
3.750	1.076
5.000	1.369
7.500	1.809
10.000	2.086
12.500	2.244

MOLDE # 3

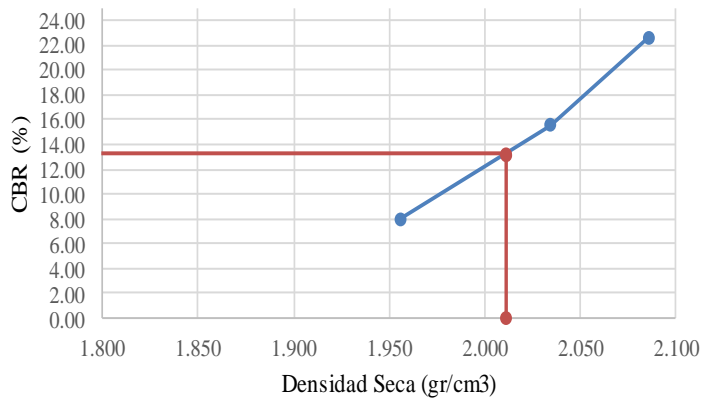
ENSAYO DE PENETRACIÓN (12 golpes)



PENETRACIÓN	PRESIÓN
mm	Mpa
0.625	0.299
1.250	0.445
1.875	0.568
2.500	0.671
3.750	0.852
5.000	1.013
7.500	1.283
10.000	1.518
12.500	0.000

CBR-DENSIDAD SECA

CBR-Densidad seca



Compactación %	90.0
Densidad seca gr/cm <sup>3</sup>	2.011
C.B.R. DISEÑO %	13.23

C.B.R. %	DENSIDAD SECA
corregido	gr / cm <sup>3</sup>
22.60	2.086
15.50	2.034
8.00	1.956

## 8.5. Anexo 5: Granulometría calicata 1 –Base granular-0.50m

### LABORATORIO DESUELOS

<b>PROYECTO:</b> ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN EN CARRETERAS DE MONTAÑA		<b>REALIZADO:</b> Ana Lalangui-Elizabeth Serrano
<b>LUGAR :</b> VIA PORTOVELO-EL PINDO		<b>CALCULADO:</b> Ana Lalangui-Elizabeth Serrano
<b>MUESTRA 1</b>	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0,5 m.	<b>FECHA:</b> 13/11/2023

#### GRANULOMETRÍA(ASTMD422)

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"		-	-	100.0	
2 1/2"			-	100.0	
2"		-	-	100.0	
1 1/2"		-	-	100.0	
1"		-	-	100.0	
3/4"			-	100.0	
1/2"			-	100.0	
3/8"			-	100.0	
N°4		54	9.7	(90.3)	
PASA N°4			(90.3)		
N°8					
N°10		142.8	28.5	(61.8)	
N°40		259.1	51.8	(38.6)	
N°50			-		
N°100			-		
N°200		342.2	68.3	(22.0)	
PASA N°200		158	31.7		
<b>TOTAL</b>					

#### CUARTEO(PESO)

ANTES            **500.67** grms  
 DESPUES        **342.2** grms

GRAVA        10 %  
 ARENA        68 %  
 FINOS        22 %

		<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	<b>6.8 %</b>
<b>CLASIFICACION:</b>		<b>LIMITE LIQUIDO:</b>	<b>21.9 %</b>
SUCS	SM	<b>INDICE PLASTICO:</b>	<b>3.7</b>
AASHTO	A-1	<b>INDICE DE GRUPO:</b>	

#### HUMEDAD NATURAL(ASTMD2216)

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
R70		98.10	92.00	9.70	7.4	
R470		93.90	89.00	9.70	6.2	6.8

#### LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

	42	30.48	27.10	9.50	19.2
	34	32.19	28.30	9.50	20.7
	20	32.55	28.30	9.60	22.7
	16	35.67	30.60	9.60	24.1
					<b>21.9</b>

#### LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)

		16.33	15.50	9.60	14.1
		15.25	14.20	9.50	22.3
					<b>18.2</b>

#### HUMEDAD vs # DE GOLPES.



## 8.6. Anexo 6: Granulometría calicata 2-Base granular -0.50m

LABORATORIO DE SUELOS						
PROYECTO: ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN EN CARRETERAS DE MONTAÑA				REALIZADO: Ana Lalangui-Elizabeth Serrano		
LUGAR : VIA PORTOVELO-EL PINDO				CALCULADO: Ana Lalangui-Elizabeth Serrano		
MUESTRA 1		PROFUNDIDAD: 0,5 m.		FECHA: 13/11/2023		
GRANULOMETRÍA(ASTM D422)						
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	
3"		-	-	100.0		
2 1/2"			-	100.0		
2"		-	-	100.0		
1½"		-	-	100.0		
1"		-	-	100.0		
¾"			-	100.0		
½"			-	100.0		
3/8"			-	100.0		
N°4		123	19.7	(80.3)		
PASA N°4			(80.3)			
N°8						
N°10		200.5	40.1	(40.2)		
N°40		284.4	56.9	(23.4)		
N°50			-			
N°100			-			
N°200		372.3	74.4	(5.9)		
PASA N°200		128	25.6			
TOTAL						
CUARTEO(PESO)						
ANTES <span style="margin-left: 100px;">500.18</span> grms						
DESPUES <span style="margin-left: 100px;">372.3</span> grms						
GRAVA	20 %					
ARENA	74 %					
FINOS	6 %					
			HUMEDAD NATURAL:		5.7 %	
CLASIFICACION:			LIMITE LIQUIDO:		22.2 %	
SUCS		SC	INDICE PLASTICO:		18.7	
AASHTO		A-2	INDICE DE GRUPO:			

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
R4		94.50	89.00	9.60	6.9	
R68		97.80	94.00	9.70	4.5	5.7

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
	43	26.71	24.00	9.60	18.8	
	28	24.52	21.70	9.60	23.3	
	13	31.79	27.30	9.50	25.2	
	8	31.06	26.60	9.50	26.1	
						22.2

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
		11.14	11.10	9.80	3.1	
		11.26	11.20	9.70	4.0	3.5

HUMEDAD vs # DE GOLPES.

# DE GOLPES

## 8.7. Anexo 7: Granulometría calicata 1-profundidad 1.50m

LABORATORIO DESUELOS					
PROYECTO: ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN EN CARRETERAS DE MONTAÑA			REALIZADO: Ana Lalangui-Elizabeth Serrano		
LUGAR : VIA PORTOVELO-EL PINDO			CALCULADO: Ana Lalangui-Elizabeth Serrano		
MUESTRA 1		PROFUNDIDAD: 1,5 m.		FECHA: 13/11/2023	
GRANULOMETRÍA(ASTM D422)					
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"		-	-	100.0	
2 1/2"			-	100.0	
2"		-	-	100.0	
1 1/2"		-	-	100.0	
1"		-	-	100.0	
3/4"			-	100.0	
1/2"			-	100.0	
3/8"			-	100.0	
N°4		36	6.8	(93.2)	
PASA N°4				(93.2)	
N°8					
N°10		146.7	29.3	(63.9)	
N°40		296.8	59.3	(33.9)	
N°50			-		
N°100			-		
N°200		387.5	77.5	(15.8)	
PASA N°200		113	22.5		
TOTAL					
CUARTEO(PESO)					
ANTES <span style="float: right;">500.3 grms</span>					
DESPUES <span style="float: right;">387.5 grms</span>					
LA GRANULOMETRÍA ES EL PASANTE DEL 4					
GRAVA		7 %			
ARENA		77 %			
FINOS		16 %			
		HUMEDAD NATURAL:		7.5 %	
CLASIFICACION:		LIMITE LIQUIDO:		26.7 %	
SUCS		SC		INDICE PLASTICO:	
AASHTO		A-2		11.8	
		INDICE DE GRUPO:			

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A42		91.50	85.00	9.70	8.63	
R77		82.40	78.00	9.60	6.43	7.53

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)					
	N°	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	%
1	30	20.29	17.50	9.60	35.3
6	26	27.25	24.00	9.50	22.4
J	18	32.00	28.60	9.50	17.8
A	10	30.77	26.35	9.60	26.4
					<b>26.7</b>

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)					
	N°	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	%
O		15.17	15.00	9.60	3.1
4		15.20	14.00	9.50	26.7
					<b>14.9</b>

**HUMEDAD vs # DE GOLPES.**

# DE GOLPES	% DE HUMEDAD
10	26.4
18	17.8
26	22.4
30	35.3

## 8.8. Anexo 8: Granulometría calicata 2-profundidad 1.50m

### LABORATORIO DESUELOS

<b>PROYECTO:</b> ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN EN CARRETERAS DE MONTAÑA		<b>REALIZADO:</b> Ana Lalangui-Elizabeth Serrano
<b>LUGAR:</b> VIA PORTOVELO-EL PINDO		<b>CALCULADO:</b> Ana Lalangui-Elizabeth Serrano
<b>MUESTRA 1</b>	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1,5 m.	<b>FECHA:</b> 13/11/2023

#### GRANULOMETRÍA(ASTM D422)

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"	-	-	-	100.0	
2 1/2"	-	-	-	100.0	
2"	-	-	-	100.0	
1 1/2"	-	-	-	100.0	
1"	-	-	-	100.0	
3/4"	-	-	-	100.0	
1/2"	-	-	-	100.0	
3/8"	-	-	-	100.0	
N°4	65		11.5	(88.5)	
PASA N°4			(88.5)		
N°8					
N°10	136.1		27.2	(61.3)	
N°40	264.8		52.9	(35.6)	
N°50			-		
N°100			-		
N°200	367.2		73.3	(15.1)	
PASA N°200		134	26.7		
TOTAL					

#### CUARTEO(PESO)

ANTES      **500.75** grms  
 DESPUES      **367.2** grms

LA GRANULOMETRÍA ES EL PASANTE DEL 4

GRAVA      12 %  
 ARENA      73 %  
 FINOS      15 %

		<b>HUMEDAD NATURAL:</b>	<b>8.5 %</b>
<b>CLASIFICACION:</b>		<b>LIMITE LIQUIDO:</b>	<b>21.3 %</b>
<b>SUCS</b>	<b>SC</b>	<b>INDICE PLASTICO:</b>	<b>16.9</b>
<b>AASHTO</b>	<b>A-2</b>	<b>INDICE DE GRUPO:</b>	

#### HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)

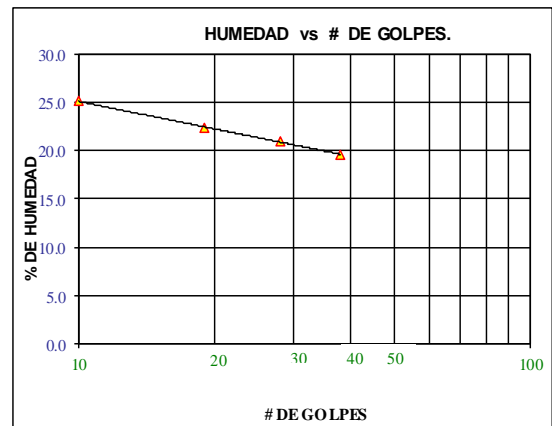
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
R44T		97.20	89.00	9.70	10.34	
K14		95.30	90.00	9.50	6.58	<b>8.46</b>

#### LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

N°	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
1	38	33.06	29.20	9.50	19.6	
6	28	33.45	29.30	9.50	21.0	
J	19	29.92	26.20	9.60	22.4	
A	10	30.49	26.30	9.60	25.1	
						<b>21.3</b>

#### LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)

N°	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
O		12.78	12.50	6.62	4.8	
4		11.78	11.60	7.29	4.2	<b>4.5</b>





## 8.9. Anexo 9: Evaluación del PCI

PCI	CLASIFICACION	COLOR
86-100	EXCELENTE	
71-85	MUY BUENO	
56-70	BUENO	
41-55	REGULAR	
26-40	POBRE	
11-25	MUY POBRE	
0-10	FALLADO	

### TRAMO 1:

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA									
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL									
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
<b>Via:</b>	Via Portovelo-EI Pindo		<b>Evaluado por:</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023		<b>Revisado por :</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica		<b>Area de tramo (m2):</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>	1			
<b>Tipo de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>		<b>Unidad</b>				
1	Piel de cocodrilo	m2	11	Parqueo	m2				
2	Exudación	m2	12	Pulimento de agregado	m2				
3	Agrietamiento en bloque	m2	13	Huecos	N°				
4	Abultamiento y hundimientos	m2	14	Cruce de via ferrea	m2				
5	Corrugación	m2	15	Ahuellamiento	m2				
6	Depresión	m2	16	Desplazamiento	m2				
7	Grieta de borde	m	17	Grieta parabolica	m2				
8	Grieta de reflexión de junta	m	18	Hinchamiento	m2				
9	Desnivel carril/espaldón	m	19	Desprendimiento de agregados	m2				
10	Grietas longitudinal y/o transversal	m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Piel de cocodrilo		m2	H	3	15		45		
Grietas de borde		m2	M	1.7	2.1		3.57		
Parqueo		m2	H	5	6		30		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES									
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Piel de cocodrilo		m2	H	45	19.57	68			
Grietas de borde		m2	M	3.57	1.55	8			
Parqueo		m2	H	30	13.04	55	68	3	
CALCULO DEL PCI									
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	68	55	8				63	3	78
2	68	55	2				57	2	85
3	68	2	2				4	1	72
							CDV max		85
							PCI		15
							CLASIFICACIÓN		
							MUY POBRE		

**TRAMO 2:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			2	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m2	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hincharamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Grietas de borde				m	L	3			3		
Parcheo				m2	M	1.03	7		7.21		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Grietas de borde				m	L	3	1.30	2			
Parcheo				m2	M	7.21	3.13	23			
									23	2	
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	23	2							25	2	26
2	23	2							25	1	18
										CDV max	26
										PCI	74
										CLASIFICACIÓN	
										<b>MUY BUENO</b>	

**TRAMO 3:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			3	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parqueo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m2	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Abultamiento y hundimientos				m	M	8			8		
Piel de cocodrilo				m2	H	9	6		54		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Abultamiento y hundimientos				m	M	8	3.48	20	80	2	
Piel de cocodrilo				m2	H	54	23.48	80			
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	80	20							100	2	70
2	80	2							84	1	84
									CDV max		84
									PCI		16
CLASIFICACIÓN											
MUY POBRE											

**TRAMO 4:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>			4	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m2	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Huecos				m	H	18			18		
Piel de cocodrilo				m2	M	6.5	3.7		24.05		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Huecos				m	H	18	1.37	4			
Piel de cocodrilo				m2	M	24.05	2.17	22			
								22		2	
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>							<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>	
1	22	4						26	2	18	
2	22	2						24	1	24	
								CDV max		24	
								PCI		76	
CLASIFICACIÓN											
<b>FALLADO</b>											

**TRAMO 5:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluated</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			5	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m2	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Grietas longitudinales				m	M	1.5	2.1		1.5		
Parcheo				m2	H	5	1		5		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Huecos				m	H	1.5	7.83	90	90	2	
Piel de cocodrilo				m2	M	5	10.46	60			
									90	2	
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	90	60							150	2	94
2	90	2							92	1	90
									CDV max		94
									PCI		6
CLASIFICACIÓN											
<b>MUY BUENO</b>											

**TRAMO 6:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA												
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL												
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)												
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo					<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023					<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica					<b>Area de</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>			6	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>			
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2			
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2			
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°			
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2			
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2			
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2			
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2			
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2			
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2			
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m								
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES												
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>			
Abultamiento y hundimientos				m	H	4	0		4			
Piel de cocodrilo				m2	M	1.5	2.2		3.3			
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES												
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>		
Abultamiento y hundimientos				m	H	4	1.74	50	50	2		
Piel de cocodrilo				m2	M	3.3	1.43	30				
CALCULO DEL PCI												
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>	
1	50	30							80	2	58	
2	50	2							52	1	52	
									CDV max		58	
									PCI		42	
									CLASIFICACIÓN			
									REGULAR			

**TRAMO 7:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA												
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL												
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)												
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluated</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano						
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.						
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			7		
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>			
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2			
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2			
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°			
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2			
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2			
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2			
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2			
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2			
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2			
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m								
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES												
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>			
Grieta de borde				m2	M	6	12		72			
Parcheo				m2	H	8	17		136			
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES												
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>		
Grieta de borde				m2	M	72	31.30	20	75	2		
Parcheo				m2	H	136	59.13	75				
CALCULO DEL PCI												
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>							<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>		
1	75	20						95	2	66		
2	75	2						77	1	74		
										CDV max 74		
										PCI 26		
										CLASIFICACIÓN		
										POBRE		

**TRAMO 8:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			8	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parqueo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Huecos				N	L				2		
Piel de cocodrilo				m2	M	2.5	1.3		3.25		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Huecos				N	L	2	0.87	11			
Piel de cocodrilo				m2	M	3.25	1.41	23			
									23	2	
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	23	11							34	2	24
2	23	2							25	1	26
									CDV max		26
									PCI		74
									CLASIFICACIÓN		
									<b>MUY BUENO</b>		



**TRAMO 9:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>		9		
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
<b>1</b>	Piel de cocodrilo			m2	<b>11</b>	Parcheo			m2		
<b>2</b>	Exudación			m2	<b>12</b>	Pulimento de agregado			m2		
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque			m2	<b>13</b>	Huecos			N°		
<b>4</b>	Abultamiento y hundimientos			m	<b>14</b>	Cruce de via ferrea			m2		
<b>5</b>	Corrugación			m2	<b>15</b>	Ahuellamiento			m2		
<b>6</b>	Depresión			m2	<b>16</b>	Desplazamiento			m2		
<b>7</b>	Grieta de borde			m	<b>17</b>	Grieta parabolica			m2		
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta			m	<b>18</b>	Hinchamiento			m2		
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón			m	<b>19</b>	Desprendimiento de agregados			m2		
<b>10</b>	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Abultamiento y hundimientos				m	L				2		
Piel de cocodrilo				m2	M	1.1	2.5		2.75		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Abultamiento y hundimientos				N	L	2	0.87	4			
Piel de cocodrilo				m2	M	2.75	1.20	22			
									22	2	
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	22	4							26	2	18
2	22	2							24	1	24
									CDV max		24
									PCI		76
									CLASIFICACIÓN		
									<b>MUY BUENO</b>		

**TRAMO 10:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Vía:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			10	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Huecos				m	H				13		
Piel de cocodrilo				m2	M	7	9		63		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Huecos				N	H	13	5.65	75			
Piel de cocodrilo				m2	M	63	27.39	60			
									75	2	
<b>CALCULO DEL PCI</b>											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	75	60							135	2	90
2	75	2							77	1	76
									CDV max		90
									PCI		10
									CLASIFICACIÓN		
									FALLADO		

**TRAMO 11:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluated</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			11	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Grietas longitudinal y/o transversal				m	M				5		
Parcheo				m2	M	2.6	1.3		3.38		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Grietas longitudinal y/o transversal				N	M	5	2.17	5	10	2	
Parcheo				m2	M	3.38	1.47	10			
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	10	5						15	2	10	
2	10	2						12	1	12	
								CDV max		12	
								PCI		88	
								CLASIFICACIÓN			
								EXCELENTE			

**TRAMO 12:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluated</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			12	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hincharamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Piel de cocodrilo				m2	L	1.4	2.5		3.5		
Grieta de borde				m2	M	2.4	1.9		4.56		
Parcheo				m2	M	1.3	2.9		3.77		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Piel de cocodrilo				m2	L	3.5	1.52	11			
Grieta de borde				m2	M	4.56	1.98	5			
Parcheo				m2	M	3.77	1.64	10	11	2	
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	11	10	5						26	3	0
2	11	10	2						23	2	10
3	11	2	2						15	1	14
									CDV max		14
									PCI		86
											<b>CLASIFICACIÓN</b>
											<b>EXCELENTE</b>

**TRAMO 13:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>			13	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Grieta de borde				m2	M	1.4	1.8		2.52		
Parcheo				m2	L	1	1.1		1.1		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Grieta de borde				m2	M	2.52	1.10	5			
Parcheo				m2	L	1.1	0.48	4			
								5	2		
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>							<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>	
1	5	4						9	2	0	
2	5	2						7	1	8	
								CDV max		8	
								PCI		92	
								CLASIFICACIÓN			
								<b>EXCELENTE</b>			

**TRAMO 14:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			14	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Abultamiento y hundimientos				m	M				3		
Piel de cocodrilo				m2	M	2.3	1		2.3		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Abultamiento y hundimientos				m	M	3	1.30	14	20	2	
Piel de cocodrilo				m2	M	2.3	1.00	20			
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	20	14							34	2	24
2	20	2							22	1	22
									CDV max		24
									PCI		76
									CLASIFICACIÓN		
									MUY BUENO		

**TRAMO 15:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			15	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Grietas longitudinal y/o transversal				m	M				10		
Parcheo				m2	L	1.4	1.8		2.52		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Grietas longitudinal y/o transversal				m	M	10	4.35	9			
Parcheo				m2	L	2.52	1.10	3			
								9	2		
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	9	3							12	2	0
2	9	2							11	1	10
									CDV max		10
									PCI		90
									CLASIFICACIÓN		
									EXCELENTE		

**TRAMO 16:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Vía:</b>	Vía Portovelo-El Pindo				<b>Evaluated</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>			16	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
<b>1</b>	Piel de cocodrilo			m2	<b>11</b>	Parcheo			m2		
<b>2</b>	Exudación			m2	<b>12</b>	Pulimento de agregado			m2		
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque			m2	<b>13</b>	Huecos			N°		
<b>4</b>	Abultamiento y hundimientos			m	<b>14</b>	Cruce de via ferrea			m2		
<b>5</b>	Corrugación			m2	<b>15</b>	Ahuellamiento			m2		
<b>6</b>	Depresión			m2	<b>16</b>	Desplazamiento			m2		
<b>7</b>	Grieta de borde			m	<b>17</b>	Grieta parabolica			m2		
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta			m	<b>18</b>	Hinchamiento			m2		
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón			m	<b>19</b>	Desprendimiento de agregados			m2		
<b>10</b>	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Abultamiento y hundimientos				m	M				2		
Piel de cocodrilo				m2	H	1.6	2		3.2		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Abultamiento y hundimientos				m	M	2	0.87	48			
Piel de cocodrilo				m2	H	3.2	1.39	10			
								48	2		
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	48	10							58	2	44
2	48	2							50	1	48
									CDV max		48
									PCI		52
									CLASIFICACIÓN		
									<b>REGULAR</b>		



**TRAMO 17:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Vía Portovelo-El Pindo					<b>Evaluado</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano				
<b>Fecha:</b>	21/12/2023					<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.				
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica					<b>Area de</b>	230	<b>N° de Tramo:</b>			17
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Huecos				N	M				2		
Piel de cocodrilo				m2	L	1.2	1.3		1.56		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Huecos				N	M	2	0.87	25	25	2	
Piel de cocodrilo				m2	L	1.56	0.68	5			
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	25	5							30	2	22
2	25	2							27	1	26
									CDV max		26
									PCI		74
									CLASIFICACIÓN		
									MUY BUENO		

**TRAMO 18:**

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA											
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA CIVIL											
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)											
<b>Via:</b>	Via Portovelo-El Pindo				<b>Evaluated</b>	Ana Lalangui-Elisabeth Serrano					
<b>Fecha:</b>	21/12/2023				<b>Revisado</b>	Ing. Carlos Sanchez Msc.					
<b>Tipo de</b>	Pavimento Flexible-Carpeta asfáltica				<b>Area de</b>	230	N° de Tramo:			18	
<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>	<b>Tipo de fallas</b>				<b>Unidad</b>		
1	Piel de cocodrilo			m2	11	Parcheo			m2		
2	Exudación			m2	12	Pulimento de agregado			m2		
3	Agrietamiento en bloque			m2	13	Huecos			N°		
4	Abultamiento y hundimientos			m	14	Cruce de via ferrea			m2		
5	Corrugación			m2	15	Ahuellamiento			m2		
6	Depresión			m2	16	Desplazamiento			m2		
7	Grieta de borde			m	17	Grieta parabolica			m2		
8	Grieta de reflexión de junta			m	18	Hinchamiento			m2		
9	Desnivel carril/espaldón			m	19	Desprendimiento de agregados			m2		
10	Grietas longitudinal y/o transversal			m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. M</b>	<b>Total</b>		
Grietas longitudinal y/o transversal				m	M				1		
Parcheo				m2	H	1.6	1.8		2.88		
VALORES DEDUCIDOS EXISTENTES											
<b>Falla</b>				<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT max</b>	<b>q</b>	
Grietas longitudinal y/o transversal				m	M	1	0.43	0			
Parcheo				m2	H	2.88	1.25	20			
								20	2		
CALCULO DEL PCI											
<b>NRO</b>	<b>VALORES DEDUCIDOS</b>								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
1	20	1							21	2	16
2	20	2							22	1	22
									CDV max		22
									PCI		78
									<b>CLASIFICACIÓN</b>		
									<b>EXCELENTE</b>		

## 8.10. Anexo 10: Conteo vehicular

Fecha de conteo	Dia de la semana	LIVIANOS		BUSES		CAMIONES LIVIANOS		CAMIONES PESADOS			TOTAL	fd
		Automovil	Camioneta	Buseta	Bus	2DA	2DB	T3	T3-S2	T3-S3		
	JUEVES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
	VIERNES	95	150	6	4	128	20	0	0	0	403	0.598
	SABADO	80	185	7	3	75	10	0	0	0	360	0.669
	DOMINGO	45	210	5	4	50	5	0	0	0	319	0.755
TOTAL		220	545	18	11	253	35	0	0	0	1082	0.506
TPDS		52	110	4	2	64	9	0	0	0	241	
%TPDS		21%	46%	2%	1%	26%	4%	0%	0%	0%	100%	
TPDA actual		23	49	1.712	1	28	4	0	0	0	107	
%TPDA actual		21%	46%	2%	1%	26%	4%	0%	0%	0%	100%	
TPDA asignado		30	63	2.226	1	37	5	0	0	0	139	
%TPDA asignado		21%	46%	2%	1%	26%	4%	0%	0%	0%	100%	

AÑO	N	TIPO DE VEHICULOS								
		%	LIVIANOS	%	BUSES	%	C LIVIANOS	%	C PESADOS	TOTAL
2022	0		93		4		42		0	139
2023	1	5.60%	99	5.60%	4	5.60%	44	7.30%	0	147
2024	2	5.60%	104	5.60%	4	5.60%	47	7.30%	0	155
2025	3	5.60%	110	5.60%	4	5.60%	50	7.30%	0	164
2026	4	5.60%	116	5.60%	5	5.60%	52	7.30%	0	173
2027	5	5.60%	123	5.60%	5	5.60%	55	7.30%	0	183
2028	6	5.60%	129	5.60%	5	5.60%	58	7.30%	0	193
2029	7	5.60%	137	5.60%	5	5.60%	62	7.30%	0	204
2030	8	5.60%	144	5.60%	6	5.60%	65	7.30%	0	215
2031	9	5.60%	152	5.60%	6	5.60%	69	7.30%	0	227
2032	10	5.60%	161	5.60%	6	5.60%	73	7.30%	0	240
2033	11	5.60%	170	5.60%	7	5.60%	77	7.30%	0	253
2034	12	5.60%	180	5.60%	7	5.60%	81	7.30%	0	267
2035	13	5.60%	190	5.60%	7	5.60%	85	7.30%	0	282
2036	14	5.60%	200	5.60%	8	5.60%	90	7.30%	0	298
2037	15	5.60%	211	5.60%	8	5.60%	95	7.30%	0	315
2038	16	5.60%	223	5.60%	9	5.60%	101	7.30%	0	332
2039	17	5.60%	236	5.60%	9	5.60%	106	7.30%	0	351
2040	18	5.60%	249	5.60%	10	5.60%	112	7.30%	0	371
2041	19	5.60%	263	5.60%	10	5.60%	118	7.30%	0	392
2042	20	5.60%	278	5.60%	11	5.60%	125	7.30%	0	413

Nro. ESAL's (8.2 Ton) [Nd]	Factor de distribución Direccional	Factor Carril [Fc]	Nro. años [n]	Tasa de crecimiento [i]	ESAL's
19.54	0.5	1	20	6%	131191.0000

### CLASIFICACIÓN DE VIA

FUNCION	CATEGORIA	TPDA ESPERADO
CORREDOR ARTERIAL	R I o R II	>8000
	I	3000-8000
	II	1000-3000
COLECTORAS	III	300-1000
VECINAL	IV	100-300
	V	<100

**CLASIFICACIÓN: Corredor arterial**

## 8.11. Anexo 11: Relaciones beneficio coste



### Relaciones Beneficio Coste

Nombre del estudio: ANALISIS VIA EL PINDO

Fecha de ejecución: 18-02-2024

Moneda: US Dollar (millones)

Tasa de descuento: 12,00%.

Alternativa	Valor actual de los costes laborales de la administración (RAC)	Valor actual de los costes 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)
SIN PROYECTO	0,360	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CON PROYECTO	0,625	0,488	0,245	0,256	0,000	0,011	0,018	0,022	12,4 (1)

El número entre paréntesis es el número de soluciones de la TIR en el rango -90 a +900

## 8.12. Anexo 12: Resumen del análisis económico



### Resumen del análisis económico

Nombre del estudio: ANALISIS VIA EL PINDO

Fecha ejecución: 18-02-2024

Este informe muestra los beneficios económicos totales usando:

Moneda: US Dollar (millones).

Tasa de descuento: 12,00%.

Modo de Analisis: Por Proyecto

Alternativa: CON PROYECTO vs Alternativa: SIN PROYECTO

	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 exogenos neto	Beneficio Economico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin des contar	-0,35	0,00	0,00	0,77	-0,18	0,00	0,00	0,00	0,94
Des contados	0,25	0,00	0,00	0,30	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,01

Tasa Interna de Retorno Economica (TIRe) = 12,4% (No. de soluciones = 1)

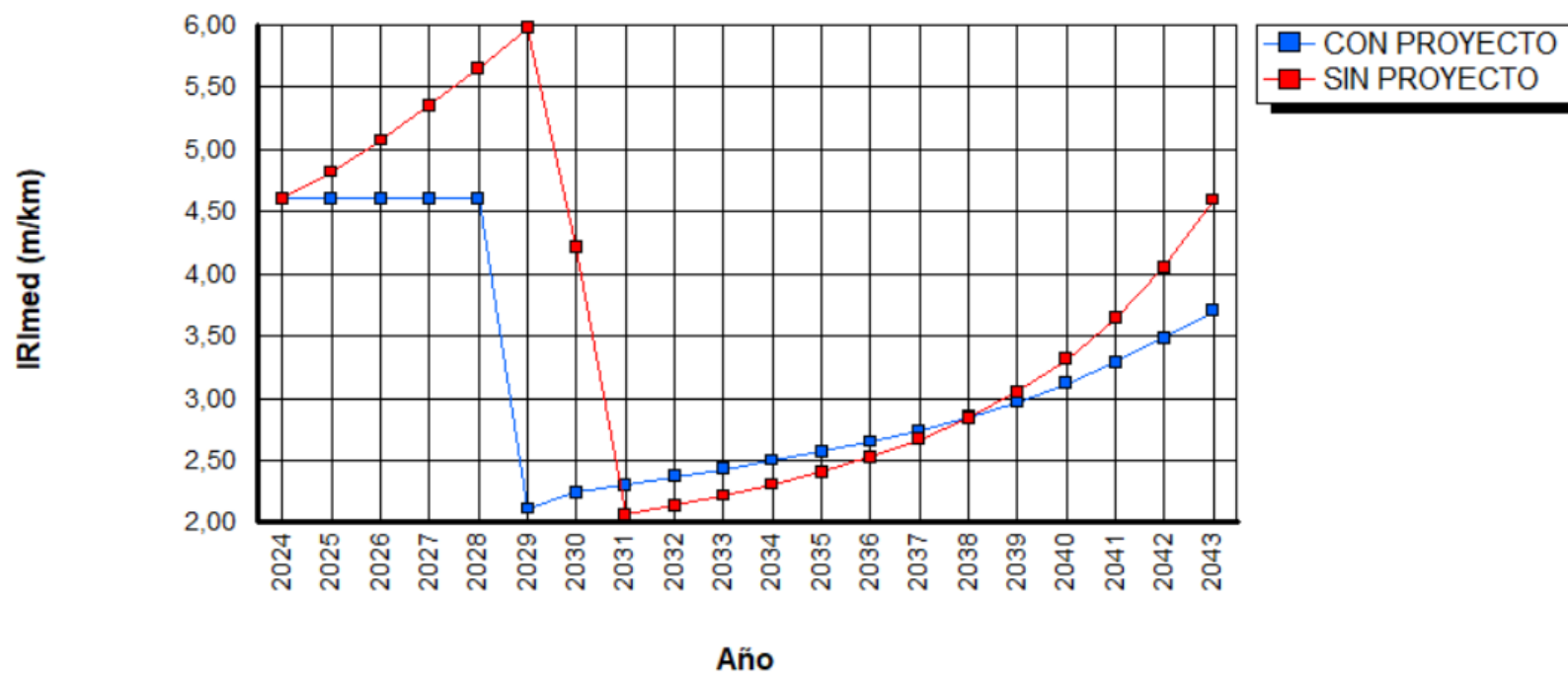
### 8.13. Anexo 13: Grafico de regularidad media por alternativa proyecto

## Gráfico de Regularidad Media por Alternativa de Proyecto

Nombre del Estudio: ANALISIS VIA EL PINDO

Fecha de Ejecución: 18-02-2024

### Regularidad Media (IRImed) por Proyecto (ponderado según longitud de tramo)



8.14. Anexo 14: Grafico regularidad media por tramos

# H D M - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Gráfico Regularidad Media por Tramos

Nombre del Estudio: ANALISIS VIA EL PINDO

Fecha de Ejecución: 18-02-2024

**Detalles del Tramo:**

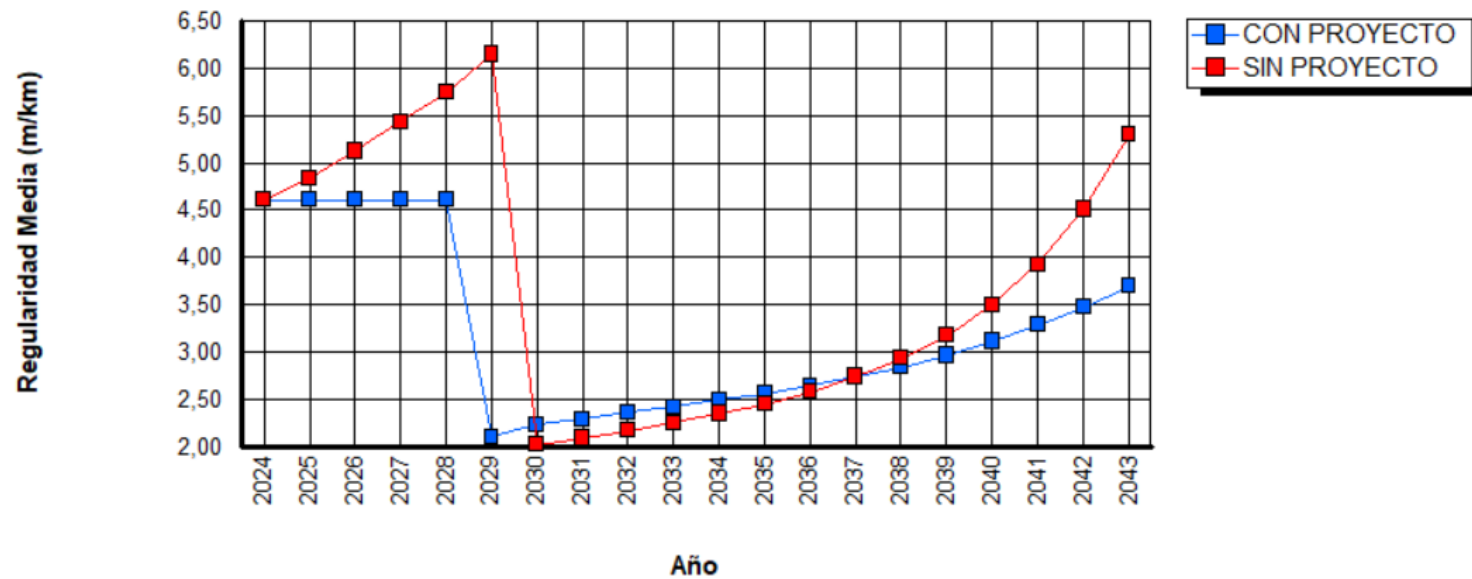
ID: T1  
 Descripción: TRAMO 1

Clase de Carretera: Secundaria o principal

Longitud: 3,00 km  
 Ancho: 7,34 m

Rampa + Pendiente: 15,00 m/km

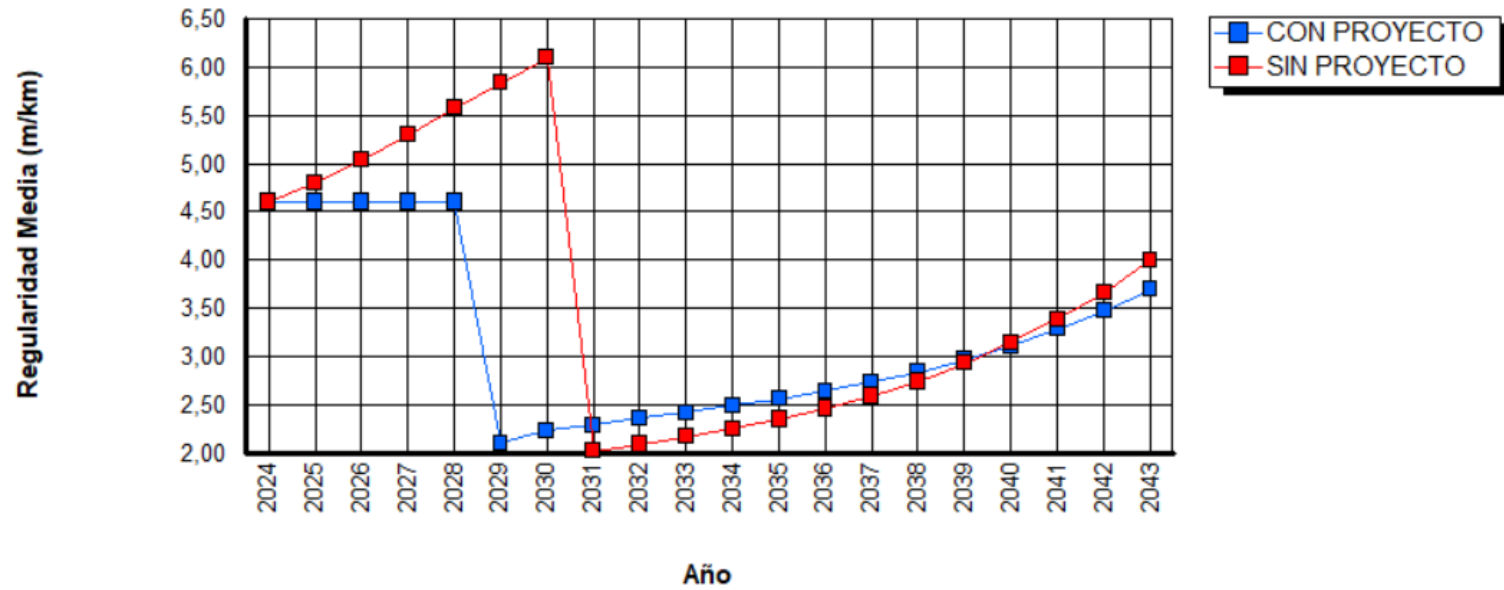
Curvatura: 75,00 %/km



### 8.15. Anexo 15: Grafico regularidad media por tramos

**HDM - 4 Gráfico Regularidad Media por Tramos**

Detalles del Tramo:		
ID: T2	Clase de Carretera: Secundaria o principal	Rampa + Pendiente: 15,00 m/km
Descripción: TRAMO 2	Longitud: 3,50 km	Curvatura: 75,00 °/km
	Ancho: 7,34 m	





## 8.16. Anexo 16: Calendario de actuaciones

Todos los costes se expresan en: U\$ Dollar.

### CON PROYECTO

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2024	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	63,504.0	600,000.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	74,088.0	700,000.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>153,991.5</b>	<b>1,300,000.0</b>	
2025	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	63,504.0	600,000.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	74,088.0	700,000.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>153,991.5</b>	<b>1,300,000.0</b>	
2026	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	63,504.0	600,000.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	74,088.0	700,000.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>153,991.5</b>	<b>1,300,000.0</b>	
2027	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	63,504.0	600,000.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	74,088.0	700,000.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>153,991.5</b>	<b>1,300,000.0</b>	
2028	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	63,504.0	600,000.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
		Obra de reconstrucción en carr	OBR	74,088.0	700,000.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>153,991.5</b>	<b>1,300,000.0</b>	
2029	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2030	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	7,589.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	

2031	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2032	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2033	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2034	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2035	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2036	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2037	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2038	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2039	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2040	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2041	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr	Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	

2042	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2043	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>			<b>1,015,950.0</b>	<b>6,500,000.0</b>	

**SIN PROYECTO**

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2024	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2025	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2026	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2027	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2028	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>16,399.5</b>	<b>0.0</b>	
2029	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
		Recapeo de la carpeta asfáltica RCAF		209,190.0	0.0	22,020,00 sq. m
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>225,589.5</b>	<b>0.0</b>	
2030	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km
		Recapeo de la carpeta asfáltica RCAF		244,055.0	0.0	25,690,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>260,454.5</b>	<b>0.0</b>	
2031	TRAMO 1	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Ruínario 2 carr Mr		8,830.5	0.0	3,50 km

<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2032	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2033	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2034	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2035	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2036	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2037	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2038	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2039	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2040	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2041	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			<u>16,399.5</u>	<u>0.0</u>	
2042	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km

<b>Coste total anual:</b>		16,399.5	0.0		
2043	TRAMO 1	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	7,569.0	0.0	3,00 km
	TRAMO 2	Mantenimiento Rutinario 2 carr Mr	8,830.5	0.0	3,50 km
<b>Coste total anual:</b>			16,399.5	0.0	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>			781,235.0	0.0	

**Resumen de Costes Económicos Totales Anuales**

	CON PROYECTO	SIN PROYECTO
2024	153,991.50	16,399.50
2025	153,991.50	16,399.50
2026	153,991.50	16,399.50
2027	153,991.50	16,399.50
2028	153,991.50	16,399.50
2029	16,399.50	225,589.50
2030	16,399.50	260,454.50
2031	16,399.50	16,399.50
2032	16,399.50	16,399.50
2033	16,399.50	16,399.50
2034	16,399.50	16,399.50
2035	16,399.50	16,399.50
2036	16,399.50	16,399.50
2037	16,399.50	16,399.50
2038	16,399.50	16,399.50
2039	16,399.50	16,399.50
2040	16,399.50	16,399.50
2041	16,399.50	16,399.50
2042	16,399.50	16,399.50
2043	16,399.50	16,399.50
<b>Total</b>	<b>1.015.950,00</b>	<b>781.235,00</b>