



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**RELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS TRADICIONAL Y DRON
PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS MEDIANTE LOS MÉTODOS
PCI Y MTC, TRAMO: KM. 5 AL 6 - CARRETERA ATUNCOLLA-
HUATA PUNO – 2024.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA

Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO –PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

RELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS TRADICIONAL Y DRON PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS MEDIANTE LOS MÉTODOS PCI Y MTC, TRAMO: KM. 5 AL 6 - CARRETERA ATUNCOLLA-HUATA PUNO – 2024

AUTOR

ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL

RECuento de palabras

32644 Words

RECuento de caracteres

165552 Characters

RECuento de páginas

174 Pages

Tamaño del archivo

9.0MB

Fecha de entrega

Jun 21, 2024 9:35 PM GMT-5

Fecha del informe

Jun 21, 2024 9:37 PM GMT-5

● 14% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Ing. Samuel Huáquina Cáceres
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 2007537

Visto



25 JUNIO 2024

Ing. Jaime Medina Leiva
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 910545

SUB DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
EPIC

[Resumen](#)



DEDICATORIA

A nuestro Padre Celestial, agradezco por concederme la vida y permitirme llegar a este momento crucial de mi formación académica y profesional. Expreso mi profundo agradecimiento a mi querida madre, Basilia Cahuana Poma, por su amor, comprensión, apoyo incondicional, sacrificio y paciencia, Agradezco a mi padre, Florentino Espinoza Ramos, por motivarme a ser una mejor persona. A mi querido hermano Oliver, agradezco la comprensión y apoyo constante Durante la elaboración de este proyecto de investigación. Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mis familiares y a mi compañero de trabajo Bryan Manuel.

Luz Roxana Cahuana Espinoza



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi querido padre Antonio Salcedo Ali (Q.E.P.D) a quien llevo siempre presente y que desde el cielo ilumina mis pasos; a mi madre amada Irma Angélica Herrera Velásquez por el sustento moral e incondicional en todo momento, por ser guía y motivarme a ser una mejor persona en el ámbito profesional y laboral, así también agradecer a mis hermanos Paúl y Wilson por brindarme un respaldo necesario para poder cumplir mis metas y objetivos. Finalmente agradecer a mi compañera de trabajo Luz Roxana.

Bryan Manuel Salcedo Herrera



AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestra profunda gratitud a Dios creador por permitirnos llegar a este punto en nuestras vidas y otorgarnos la salud necesaria para alcanzar nuestros objetivos, así como por su infinita bondad y amor.

A mi honorable jurado: D.Sc. Edgar Vidal Hurtado Chávez, D.Sc. Félix Rojas Chahuares e Ing. Gleny Zoila De la Riva Tapia por compartir sus saberes y vivencias, colaborando en nuestro crecimiento personal y laboral.

A mi director de tesis: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres por orientarnos con paciencia en este largo proceso y compartir sus saberes para nuestro desarrollo profesional.

Queremos reconocer a nuestra casa de estudios, la Universidad Nacional del Altiplano, por brindarnos la gracia de estudiar en sus instalaciones y vivir una experiencia facinante.

Finalmente extendemos nuestro agradecimiento a nuestras familias, ya que cada una de ellas nos brindó soporte mediante sus consejos, alentándonos de diversas maneras a seguir adelante y seguir nuestras metas profesionales.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1 Problema general.....	21
1.2.2 Problemas específicos	21
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1 Hipótesis General	22
1.3.2 Hipótesis Específicas	22
1.4. JUSTIFICACIÓN	22
1.5. OBJETIVOS.....	24
1.5.1 Objetivo general	24
1.5.2 Objetivos específicos	24

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTES	25
2.1.1	Antecedentes internacionales	25
2.1.2	Antecedentes nacionales	27
2.1.3	Antecedentes regionales	30
2.2.	MARCO TEÓRICO	33
2.2.1	Pavimento.....	33
2.2.2	Pavimentos flexibles	33
2.2.3	Deterioros o fallas	35
2.2.3.1	Piel de cocodrilo:	35
2.2.3.2	Abultamientos y hundimientos	36
2.2.3.3	Grietas longitudinales y transversales.....	37
2.2.3.4	Baches o Huecos	38
2.2.4	Procesos tradicionales	39
2.2.4.1	Índice de condición de pavimento (PCI).....	39
2.2.4.2	Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial del ministerio de transportes (MTC).....	50
2.2.5	Vehículo aéreo no tripulado VANT	58
2.2.5.1	Introducción	58
2.2.5.2	Dron	59
2.2.5.3	Aplicaciones de los drones.....	60

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	61
3.1.1	Altitud	62
3.1.2	Accesibilidad.....	62



3.1.3	Topografía	62
3.2.	PERIODO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO	62
3.3.	METODOLOGÍA	63
3.3.1	Enfoque de investigación.	63
3.3.2	Tipo de investigación.	63
3.3.3	Nivel de investigación.....	63
3.3.4	Diseño de la investigación.	63
3.3.5	Población y muestra del estudio.....	63
3.3.5.1	Población.....	63
3.3.5.2	Muestra.....	64
3.3.6	Análisis estadístico	64
3.3.6.1	Prueba de normalidad.....	64
3.3.6.2	Prueba de hipótesis.....	65
3.3.7	Hipótesis de investigación.....	66
3.4.	MATERIALES E INSTRUMENTOS.....	66
3.5.	MÉTODO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)	67
3.5.1	Muestreo y unidades de muestreo	67
3.5.2	Levantamiento de fallas en campo	69
3.5.3	Rendimiento de personal en campo	73
3.5.4	Cálculo del PCI en unidad de muestra	74
3.5.5	Interpretación de resultados	80
3.6.	MÉTODO DE APLICACIÓN DEL MANUAL DE CARRETERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL DEL MTC.....	81
3.6.1	Unidades de muestreo.	81
3.6.2	Levantamiento de fallas:	81



3.6.2.1	Cálculo de calificación de condición:	86
3.6.2.2	Resultados con el manual del MTC	88
3.7.	VUELO FOTOGRAMÉTRICO.....	91
3.7.1	Equipo utilizado	91
3.7.2	Plan de vuelo	92
3.7.3	Ejecución de vuelo	94
3.7.4	Procesamiento de imágenes	95
3.7.5	Identificación y metrado de fallas	98
3.7.6	Determinación del PCI con imágenes VANT georreferenciadas.....	99
3.7.7	Determinación del MTC con imágenes VANT georreferenciadas	101
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	RESULTADOS DE LA RELACIÓN DEL PROCESO TRADICIONAL Y CON DRON EN EL TRAMO KM 5 -6.....	105
4.1.1	Correlación obtenida entre proceso tradicionales con dron.	106
4.1.1.1	Prueba de normalidad para PCI Tradicional y PCI dron	106
4.1.1.2	Prueba de hipótesis (correlación de Spearman)	107
4.1.1.3	Prueba de normalidad para MTC Tradicional y MTC dron....	110
4.1.1.4	Prueba de hipótesis (correlación de Pearson)	111
4.2.	RESULTADOS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO MEDIANTE INSPECCIONES VISUALES TRADICIONALES EN EL TRAMO KM 5 - 6.....	116
4.3.	RESULTADOS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO MEDIANTE INSPECCIONES VISUALES CON EL USO DE DRON EN EL TRAMO KM 5 -6.	118



4.4. RESULTADOS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE INSPECCIONES VISUALES TRADICIONALES Y DRON EN EL TRAMO KM 5 -6.	120
4.5. DISCUSIÓN	125
V. CONCLUSIONES	128
VI. RECOMENDACIONES	130
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	134

Área: Transportes

Tema: Carreteras

Línea de investigación: Transportes y gestión vial

FECHA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS: 01 de julio del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fallas consideradas en PCI: pavimentos flexibles.....	40
Tabla 2 Deterioro o fallas de los pavimentos asfaltados	51
Tabla 3 Clase de extensión de los daños de los pavimentos.....	53
Tabla 4 Criterio de densidad de baches (huecos).	54
Tabla 5 Cálculo de área de fisuras.	54
Tabla 6 Aplicaciones de unidades de muestreo	69
Tabla 7 Valor total de deducción para la unidad de muestreo.....	78
Tabla 8 Cálculo del VDC para determinar el PCI de la UM – 01	79
Tabla 9 Resumen de metrado de fallas.	80
Tabla 10 Puntaje de condición resultante	86
Tabla 11 Puntaje de calificación de condición	87
Tabla 12 Puntaje de condición.....	88
Tabla 13 Puntaje resultante de condición	89
Tabla 14 Estado de condición de pavimento	90
Tabla 15 Medidas de aplicación de condición de pavimentos según el MTC.....	90
Tabla 16 Resumen de metrado de fallas (VANT)	101
Tabla 17 Resumen de puntaje de condición por medio de VANT PHANTON PRO V2	103
Tabla 18 Resumen de estado de condición de pavimento (VANT)	104
Tabla 19 Resultados del método PCI tradicional y PCI dron.....	105
Tabla 20 Resultados del método MTC tradicional y MTC dron	106
Tabla 21 Prueba de normalidad para Shapiro-Wilk PCI tradicional y PCI dron.....	107
Tabla 22 Valores PCI tradicional y PCI dron	108
Tabla 23 Correlación de Rho de Spearman	109



Tabla 24 Prueba de normalidad para Shapiro-Wilk MTC tradicional y MTC dron....	111
Tabla 25 Valores MTC tradicional y MTC dron	112
Tabla 26 Correlación de Rho de Pearson.....	113
Tabla 27 Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman	114
Tabla 28 Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson	116
Tabla 29 Resumen de metrado de fallas PCI tradicional para determinar el estado de la vía.....	117
Tabla 30 Resumen de estado de condición de pavimento según el método MTC tradicional	118
Tabla 31 Resumen de metrado de fallas para determinar el PCI con DRON.....	119
Tabla 32 Estado de condición de pavimento para determinar el MTC con dron	120
Tabla 33 Tiempo de ejecución de los métodos PCI y MTC tradicional frente a dron.	121
Tabla 34 Presupuesto aproximado por cada método.	122
Tabla 35 Ventajas y desventajas de métodos tradicionales y con la incorporación de dron.	124



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sección típica transversal pavimento flexible	35
Figura 2 Piel de cocodrilo	36
Figura 3 Abultamientos y hundimientos.....	37
Figura 4 Fisuras longitudinales y transversales.	38
Figura 5 Baches o huecos.	39
Figura 6 Escala de graduación y colores	42
Figura 7 Índice de condición de pavimento.....	43
Figura 8 Formato del MTC	55
Figura 9 Clasificación de condición superficial del pavimento flexible según el MTC.	58
Figura 10 Phantom pro v2	60
Figura 11 Vista satelital de la carretera Atuncolla- Huata PU 118.....	61
Figura 12 Unidades de muestreo	70
Figura 13 Estudio en campo progresiva km 5+000	71
Figura 14 Estudio en campo progresiva km 6+000	71
Figura 15 Medición de fallas en pavimento flexible	72
Figura 16 Falla piel de cocodrilo	72
Figura 17 Falla hueco	73
Figura 18 Falla fisura longitudinal.....	73
Figura 19 Ficha de evaluación del índice del pavimento PCI	75
Figura 20 Densidad hallada en el eje de las abscisas.....	77
Figura 21 Curvas de corrección del VDC para pavimentos asfálticos.	79
Figura 22 Ficha de evaluación del MTC	83
Figura 23 Medición de calzada en vía.....	85
Figura 24 Medición de tipo de falla	85



Figura 25 Medidas de aplicación de conservación de los pavimentos de acuerdo al manual del MTC	88
Figura 26 VANT modelo Phantom 4 pro V2	91
Figura 27 Equipo técnico	93
Figura 28 Interfaz de la aplicación dronedeploy	93
Figura 29 Inicio de despegue del VANT	94
Figura 30 Recorrido del VANT	95
Figura 31 Ventana de inicio del software Agisoft Metashape	96
Figura 32 Procesamiento inicial	96
Figura 33 Orientación de las coordenadas UTM	97
Figura 34 Creación de nube de puntos densa	97
Figura 35 Creación de malla	98
Figura 36 Identificación de metrado y fallas	98
Figura 37 Visualización de baches huecos	99
Figura 38 Identificación de piel de cocodrilo.	99
Figura 39 Formato PCI	100
Figura 40 Formato MTC.....	102
Figura 41 Grafico Q-Q normal Del proceso PCI Tradicional	109
Figura 42 Gráfico Q-Q normal Del proceso PCI Dron.....	110
Figura 43 Gráfico-Q normal Del proceso MTC TRADICIONAL	113
Figura 44 grafico-Q normal Del proceso MTC DRON	114
Figura 45 Tiempo de ejecución de las pruebas (%).....	121
Figura 46 Costo de ejecución de las pruebas (%).....	123



ACRÓNIMOS

ASTM:	American Society for Testing and Materials
CDV:	Máximo Valor Deducido Corregido
DGAC:	Dirección General de Aeronáutica Civil
DV:	Valor Deducido
GSD:	Ground Sample Distance
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
OACI:	Organización de Aviación Civil Internacional
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PCI:	Pavement Condition Index
RPAS:	Remotely Piloted Aircraft System
UAV:	Unmanned Aerial Vehicle
VANT:	Vehículo Aéreo No Tripulado



RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo relacionar los procesos tradicionales y dron para la detección de fallas mediante los métodos PCI y MTC en el tramo: 5 - 6 km. la carretera Atuncolla – Huata, Puno 2024. El enfoque de la investigación fue cuantitativo, de tipo aplicada, nivel correlacional, diseño no experimental, con una población de 12km y la muestra fue de tipo no probabilística, intencional o por juicio. El procedimiento de trabajo implicó describir el estado actual del pavimento mediante inspecciones visuales tradicionales y fotogrametría utilizando dron, así mismo se contrastaron las ventajas y desventajas de estos procesos. Los resultados finales dieron un “PCI tradicional” de 72.7 de calificación determinando el estado de la vía como “muy bueno” y un “MTC tradicional” de 994.786 dando un estado de condición como “bueno”. Así mismo un “PCI con dron” de 78.0 estableciendo el estado de la vía como “muy bueno” y un “MTC con dron” de 994.976 asignando un estado de condición como “bueno”. Los valores obtenidos usando el “proceso tradicional” y el “proceso con dron” fueron bastante próximos, puesto que la prueba de hipótesis presentó un coeficiente rho de Spearman de 0.986 dando una “correlación positiva muy alta”, lo cual ratificó el proceso utilizando drones como una alternativa para evaluar la superficie del pavimento mediante fotogrametría. En conclusión, la inspección visual tradicional y el uso de drones son procesos complementarios para detectar fallas en el pavimento.

Palabras Clave: Detección de fallas, Fotogrametría, Inspección visual, Manual, Pavimento flexible.



ABSTRACT

The focus of the research was quantitative, applied, correlational level, and non-experimental design, with a population of 12 km and a non-probabilistic judgmental sampling. The work procedure involved describing the current state of the pavement through traditional visual inspections and photogrammetry using a drone, as well as comparing the advantages and disadvantages of these processes. The final results yielded a “traditional PCI” rating of 72.7, determining the road condition as “very good,” and a “traditional MTC” rating of 994.786, assigning a condition status of “good.” Similarly, a “drone PCI” rating of 78.0 established the road condition as “very good,” and a “drone MTC” rating of 994.976 assigned a condition status of “good.” The values obtained using the “traditional process” and the “drone process” were quite close, as the hypothesis test presented a Spearman's rho coefficient of 0.986, indicating a “very high positive correlation,” which confirmed the drone process as an alternative for surface pavement evaluation through photogrammetry. In conclusion, traditional visual inspection and the use of drones are complementary processes for detecting pavement faults.

Keywords: Fault detection, photogrammetry, Visual inspection, Comparison, Flexible pavement.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la conservación y mantenimiento de la infraestructura vial, especialmente en carreteras, representa un desafío importante para garantizar la seguridad y eficiencia del transporte terrestre. En este contexto, la detección temprana y precisa de fallas superficiales en el pavimento es fundamental para prevenir deterioros mayores y reducir costos asociados a reparaciones más extensas. La inspección visual tradicional ha sido durante mucho tiempo el método principal para evaluar el estado de las carreteras, pero con el avance tecnológico, especialmente el desarrollo de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), surgen nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y precisión en este tipo de evaluaciones. Los VANT ofrecen la capacidad de obtener imágenes detalladas desde perspectivas aéreas, lo que puede facilitar una inspección más rápida y exhaustiva de extensas secciones de carreteras.

La relevancia de este estudio radica en su potencial para mejorar las prácticas de mantenimiento vial, optimizando la planificación y asignación de recursos para la conservación de carreteras. Los resultados obtenidos podrían tener implicaciones significativas en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de infraestructura vial, no solo en la región Puno, sino también a nivel nacional e internacional.

La presente tesis, está estructurada en siete capítulos, resumidos de la siguiente manera:

El Capítulo I, Introducción, abarca el planteamiento del problema, aborda la justificación de la investigación y define los objetivos.



El Capítulo II, Revisión de la Literatura, comprende los Antecedentes y Marco Teórico donde se analizan los conceptos necesarios para comprender plenamente el desarrollo de la tesis.

El Capítulo III, Materiales y Métodos, contiene la ubicación geográfica del estudio, periodo de duración, procedencia de material utilizado, metodologías, población, materiales y métodos PCI - MTC.

El Capítulo IV, Resultados y Discusión, muestra los resultados obtenidos en la evaluación de un tramo de prueba, y la discusión comparando la eficacia de los métodos tradicionales frente al Dron.

El Capítulo V, Conclusiones, abarca las conclusiones de los objetivos, destacando las más relevantes y las recomendaciones derivadas de este estudio.

El Capítulo VI, Recomendaciones, incluye las sugerencias para futuras investigaciones referentes a este campo de investigación.

Finalmente, el Capítulo VII, Referencias, reflejamos la recopilación de información obtenida de las diferentes fuentes bibliográficas para efectos de este proyecto de investigación.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, la inspección visual ha sido el método predominante para evaluar el estado de las carreteras, pero presenta limitaciones significativas en eficiencia y cobertura. Este enfoque tradicional, que implica que los técnicos recorran las vías manualmente para identificar problemas, es laborioso y consume mucho tiempo. Requiere la presencia física de los inspectores, lo que puede causar inconvenientes y congestiones de tráfico debido al cierre parcial de carreteras. (Tomic, 2020)

En Latinoamérica, la inspección visual de carreteras enfrenta desafíos debido a la deficiencia de métodos tradicionales y la falta de una buena gestión vial, lo que afecta la detección de problemas y la seguridad. La cobertura es limitada, especialmente en áreas rurales, y la precisión varía según la experiencia de los inspectores, resultando en evaluaciones subjetivas y propensas a errores. (Vargas, 2018)

En el ámbito nacional, el mantenimiento de la infraestructura vial es fundamental para el desarrollo económico y social. Sin embargo, los métodos tradicionales de inspección visual enfrentan desafíos en precisión y velocidad, ya que la experiencia y capacitación de los inspectores varían, resultando en evaluaciones subjetivas e inconsistentes del estado de las carreteras. (Fiestas & Merino, 2020)

Dado este contexto, en nuestra región, la carretera Atuncolla - Huata (PU 118) desempeña un papel crucial en la conectividad y el desarrollo regional, sin embargo, su evaluación se basa principalmente en la inspección visual, un proceso laborioso y que consume mucho tiempo, lo que limita su cobertura y puede resultar en evaluaciones propensas a errores. (Choque, 2019)



Sí continúa este problema podría llevar a un deterioro más rápido y costoso de los pavimentos, afectando la seguridad vial, la calidad de conducción, la economía local, la percepción pública de la infraestructura, y el impacto ambiental.

La implementación de drones presenta una oportunidad para complementar y mejorar los métodos de inspección tradicional, cubren grandes áreas rápidamente, a largo plazo disminuyen costos de mano de obra y horas de trabajo, acceden a áreas difíciles sin riesgo humano, mejoran la calidad de datos con cámaras avanzadas, y permiten monitoreo regular.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cómo se relacionan los procesos tradicional y dron para la detección de fallas mediante los métodos PCI y MTC en el tramo 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–¿Huata, Puno – 2024?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es el estado actual de la vía mediante inspecciones visuales tradicionales con método PCI y MTC en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata?

¿Cuál es el estado actual de la vía mediante la fotogrametría utilizando dron con el método PCI y MTC en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata?

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los procesos tradicional y dron en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata?



1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Hipótesis General

Los procesos tradicional y dron se relacionan positivamente para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: Km. 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.

1.3.2 Hipótesis Específicas

El estado actual de la vía mediante inspecciones visuales tradicionales con el método PCI es “muy bueno” y con el método MTC es “bueno” del tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata.

El estado actual de la vía mediante fotogrametría utilizando dron con el método PCI es “muy bueno” y con el método MTC es “bueno” en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata.

El proceso tradicional es más eficiente en términos de costo de ejecución, mientras que el uso de dron en tiempo y cobertura, para evaluar el tramo de 5 a 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La investigación se plantea porque existe una necesidad de aportar nuevos conocimientos sobre la aplicación de tecnologías emergentes en la evaluación de infraestructuras de transporte, esta podrá establecer pautas para futuras investigaciones en el campo de la gestión de pavimentos y la inspección de carreteras utilizando sistemas no tripulados.



Además, se busca establecer un enfoque más efectivo en relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que en su objetivo 9 pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación (Naciones Unidas, 2015) para la gestión del mantenimiento de la infraestructura vial en la región de Puno en el año 2024.

En el área social la importancia de esta investigación radica en su potencial impacto en la seguridad vial y la calidad de las carreteras. Una detección precisa y temprana de fallas en la infraestructura vial contribuirá a mejorar la confiabilidad de las carreteras, lo que se traduce en un mejor servicio para los usuarios y una reducción de costos asociados con mantenimientos correctivos más costosos.

Este estudio ayudará a resolver problemas prácticos relacionados con la gestión y planificación de mantenimiento. Si los métodos con drones resultan más efectivos, las entidades encargadas de la conservación de carreteras podrán optimizar sus recursos y tomar decisiones informadas sobre intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

Este estudio es importante para entender como el empleo de drones puede ofrecer mayor eficiencia en tiempo y economía en la evaluación del pavimento, lo cual impacta positivamente en la seguridad y durabilidad de las infraestructuras viales.



1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Relacionar los procesos tradicional y dron para la detección de fallas mediante los métodos PCI y MTC en el tramo: en el tramo: 5 - 6 km. la carretera Atuncolla – Huata, Puno 2024.

1.5.2 Objetivos específicos

Determinar el estado actual del pavimento mediante inspecciones visuales tradicionales en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata.

Determinar el estado actual del pavimento mediante la fotogrametría utilizando dron en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata.

Determinar las ventajas y desventajas de los procesos tradicional y dron en el tramo: 5 - 6 Km. de la carretera Atuncolla–Huata.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes internacionales

Pineda (2017) evaluó y comparó los métodos VIZIR y PCI. Debido a la deteriorada condición del pavimento lo que afecta la seguridad vial y el bienestar de la comunidad. Se propuso la contrastación de estos métodos para identificar soluciones efectivas que mejoren la calidad de la infraestructura y reduzcan riesgos para los usuarios. La investigación fue descriptiva – comparativa, la población incluyó la calle 134 entre carreteras 52A hasta 53C. El estudio concluyó arrojando resultados similares con método PCI, la calificación promedio fue de 0.65, indicando un estado bueno, mientras que VIZIR dio un índice de deterioro superficial de 2, también calificado como bueno. Ambas metodologías, aunque aplican procedimientos distintos, sugieren que la vía está en buen estado con daños superficiales menores. VIZIR destaca por su aplicación más sencilla y la diferenciación entre daños estructurales y funcionales. Aunque PCI es más completo, su aplicación es más compleja y detallada.

Vargas (2018) buscó a través de la comparación de dos metodologías determinar cuál era la más viable o práctica para la evaluación de una carretera con pavimento flexible. En el contexto de desarrollo vial por inversión en vías 4G, surgió la necesidad de evaluar métodos efectivos y económicos para inspeccionar pavimentos. El problema fue identificar el mejor enfoque técnico y económico. El resultado determinó cuál de los métodos era más eficiente en términos de costo y



tiempo para la evaluación de la vía. Se utilizó una metodología cuantitativo-comparativa, y la población del estudio abarcó la calle séptima en el municipio de Cajicá, Cundinamarca, desde el Km 0+000 hasta el Km 1+000. Basados en las cotizaciones el costo de realización del método tradicional fue de \$180.000 + IVA, que corresponde al 19%, para un total de \$214.200, mientras que el costo para realizar la inspección con el dron fue de \$429.950. De modo que los costos con el dron se incrementaron al doble. El tiempo de realización para el trabajo de campo fue de una hora de vuelo con el dron, con tramos de aproximadamente 100 metros cada vuelo, mientras que con el método tradicional el tiempo fue de 7 horas, lo que generó una demora de 6 horas más en un tramo de 1km, en cuanto a la precisión el uso de sensores remotos a una altitud de 30 metros presentó desafíos, generando margen de error en comparación con mediciones manuales precisas del método tradicional.

Cardoso (2017) desarrolló un método alternativo para identificar problemas superficiales en el pavimento asfáltico. Se emplearon un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), software de planificación y procesamiento de imágenes, ortofotos y un modelo digital de superficie (MDS). La investigación adoptó un diseño cuantitativo, aplicativo y transversal, la población fue la vía estatal TO-050 en Palmas – Tocantins y abarco 3.0km. Los resultados mostraron que áreas más grandes presentan menos distorsiones en el ortomapa debido al mayor número de imágenes que las cubren. El margen de precisión alcanzó el 95.43%, evidenciando la alta similitud con los valores reales, validando la precisión de los MDS y software de procesamiento. Concluyó que el sistema VANT empleado no busca reemplazar las metodologías estándar, sino maximizar la información con imágenes georreferenciadas para aclarar incertidumbres.



Pucha (2020) evaluó la superficie del pavimento de carreteras, automatizando la recolección, procesamiento y análisis del estado del pavimento mediante un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Se evaluó el estado del pavimento rígido mediante ortoimágenes capturadas por el VANT y la metodología del índice de condición del pavimento. La investigación adoptó un diseño cuantitativo, no experimental y transversal. La población de estudio correspondió la carretera Catamayo-San Pedro de la Bendita entre la abscisa 5+256,00 a la 5+936,00. Se encontró que la precisión del procesamiento de las imágenes VANT cumplió con las tolerancias establecidas, con errores inferiores a 0,03 metros. Además, el error entre las medidas en campo y las realizadas en la ortofoto fue menor que el RMSE del ajuste con el algoritmo SfM, lo que asegura la confiabilidad de las distancias medidas y la condición del pavimento. Se concluyó que la técnica VANT es adecuada para detectar y medir deterioros en la superficie de carreteras debido a la obtención de información detallada y precisa sobre su condición.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Ruiz (2022) evaluó y caracterizó las patologías del pavimento flexible en un tramo específico de la vía Ibagué-Rovira. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño no experimental – descriptivo, la población abarcó la prolongación José de Lama entre los kilómetros 2+500 – 5+500, Sullana. Los resultados revelaron un suelo SP con una capacidad de carga promedio de 11.38, indicando resistencia regular. La evaluación con dron identificó la pérdida de película ligante (38%), pérdida de agregados (20%), bacheos y parcheos (18%), entre otras fallas, resultando en una condición general del pavimento clasificada como mala. Se llegó a la conclusión de la rehabilitación



como solución. La combinación del dron con el método VIZIR permitió evaluaciones rápidas y eficientes para ingeniería y gestión de pavimentos.

Bustamante (2021) determinó las deficiencias del pavimento flexible en base a una comparación entre los métodos PCI y VIZIR, en el contexto de la carretera. El desarrollo de esta investigación se fundamentó en la utilización de dos métodos para la evaluación superficial de pavimentos flexibles: el método PCI y el método VIZIR. El tipo de investigación fue cuantitativa y con un diseño no experimental, la población tomó la carretera Jaén-Aeropuerto Cajamarca y la muestra de 3.15Km de longitud. Como resultado Ambos métodos utilizados para la evaluación superficial del pavimento resultaron útiles y fáciles de aplicar, generando resultados similares. Se concluyó que en investigaciones futuras podrían aplicarse ambos métodos por separado o en conjunto. Las fallas predominantes en el pavimento incluían la "piel de cocodrilo" (30.41%), mientras que abultamientos, hundimientos y otras eran menos frecuentes (0.31% cada una). La evaluación mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI) indicó que la carretera presentaba una condición "buena" con un valor de PCI de 69.45. Sin embargo, se destacó que en las unidades de muestra 10 y 11, se obtuvieron condiciones "muy pobres" y "pobres", respectivamente, debido a la interrupción de un cauce natural de agua que afectó la estabilidad del pavimento. En resumen, se estableció que la condición de la carretera es positiva y se sugirió la necesidad de realizar análisis más exhaustivos en las unidades de muestra 10 y 11, en las progresivas 31+724.00 a 31+787.00.

Valdivia (2023) realizó un análisis comparativo de sus parámetros de evaluación, reconociendo sus semejanzas, discrepancias, aspectos positivos y



falencias de los mismos, con el fin de determinar la de mayor confiabilidad de aplicación y proponer alternativas para rehabilitar el pavimento de esta avenida. El diseño metodológico fue no experimental de tipo transversal con un enfoque cuantitativo y alcance explicativo, la población comprendió la Av. B, del distrito de Comas, el cual abarca 2000 m de longitud. La investigación determinó una condición "bueno" con un valor de 57 aplicando el PCI, un estado "regular" con un IS de 3 aplicando el método VIZIR y una clasificación "bueno" con un valor de 924 utilizando el MTC. Comparando los resultados y parámetros de evaluación, se concluyó que el PCI presentaba mayor confiabilidad para diagnosticar el estado del pavimento al presentar menor área de evaluación por unidad de muestra y un mayor número de fallas a considerar.

Cruz (2018) propuso una metodología alternativa para la evaluación superficial de pavimentos, que empleaba imágenes georreferenciadas obtenidas de un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Estas imágenes fueron procesadas para generar una ortofoto y un modelado en 3D de alta resolución. La investigación es de tipo aplicada de enfoque mixto, la población fue la Av. Separadora Industrial la cual incluye 510m. La investigación determinó que el método VANT destacó en el relevamiento de fallas frente al convencional, evaluando la vía en solo 7 minutos, con un equipo reducido. Esto permitió una evaluación completa sin cierres viales, editando imágenes para eliminar vehículos y garantizar seguridad. Las imágenes de alta resolución proporcionaron datos precisos para determinar medidas y elaborar planos detallados, facilitando el mantenimiento. La información recopilada puede ser analizada repetidamente, permitiendo un seguimiento continuo de la evolución de las fallas. En conclusión,



el uso de fotografías obtenidas con VANT simplifica la interpretación para desarrollar estrategias de mantenimiento y rehabilitación en bien de los usuarios.

Alvares (2021) estudió el impacto del empleo de la tecnología VANT en la evaluación superficial del pavimento flexible en el paseo Turicarami, Sullana. El estudio fue de tipo aplicado y experimental, utilizando los 600 metros de longitud de la vía Paseo Turicarami, Sullana - Piura. La técnica empleada fue la observación, utilizando un dron DJI Mavic 2 Pro como instrumento. El procesamiento de datos se llevó a cabo con el software Agisoft PhotoScan Professional, y para determinar la condición del pavimento (PCI) se utilizó el software EvalPav del MTC. Se concluyó que la Tecnología VANT tuvo un impacto positivo al identificar las fallas, evaluar la severidad de los daños (excepto el pulimiento de agregados) y determinar el estado de conservación del Pavimento Flexible, con PCI variando de 20.5 (Muy pobre) a 89 (Excelente) en diferentes secciones del paseo Turicarami.

2.1.3 Antecedentes regionales

Morales (2019) comparó los métodos PCI y VIZIR en la evaluación de fallas del pavimento, con la finalidad de conocer la condición de la vía. El enfoque de la investigación es cuantitativo, el nivel de investigación es: explicativo – correlacional, el diseño de la investigación no experimental – transeccional, la población fue la avenida Aviación de la ciudad de Juliaca tomando como muestra 1400 m de longitud. Al realizar la comparación entre ambos métodos, se concluyó que, según el PCI, el pavimento se encontraba en una condición muy buena, con un porcentaje del 76%. Por otro lado, según el método VIZIR, el pavimento se encontraba en un estado bueno, con un porcentaje del 91%, en cuanto a la totalidad



de la vía. La prueba estadística aplicada para comparar ambos métodos arrojó un 95% de confianza para el método PCI. Sin embargo, el método VIZIR no contó con confianza estadística al sobrepasar el margen de error de $\pm 5\%$.

Calcina (2021) tuvo como objetivo principal determinar la condición del pavimento rígido empleando el método PCI y fotogrametría aérea, con el fin de conocer la condición superficial del pavimento existente. La investigación fue de tipo aplicada, el diseño de investigación fue no experimental y enfoque mixto, la población fue el Jr. Beltrán Rivera, Puno con una longitud de 280m como muestra del estudio. Los resultados promedio de acuerdo a los PCI de ambas metodologías son de clasificación primer tramo “muy pobre”, segundo tramo “fallado”, tercer tramo “muy pobre” y el cuarto tramo “excelente. Concluyendo que el uso de la fotogrametría aérea nos permite determinar la evaluación de pavimento rígido con resultados óptimos, en menor costo y en menor tiempo en frente al método convencional.

Sullo (2022) determinó el inventario de fallas del pavimento flexible mediante el análisis por imágenes (fotogrametría) haciendo uso de un dron y la evaluación de manera manual para la evaluación superficial del análisis y evaluación del PCI, por el cual se determinó la condición real de la vía en la Av. los Próceres. El nivel de investigación del trabajo realizado es de tipo aplicada, cuyo diseño de investigación es no – experimental, la población estuvo compuesto por la avenida los Próceres–barrio Ezequiel Urbiola de la ciudad de Azángaro con una muestra de longitud de 600 m. En el análisis de rendimiento, se destacó que el dron logró una eficiencia significativa, con una tasa de 327.87 m²/hora, superando considerablemente al método manual que alcanzaba solo 203.39



m²/hora. Se concluyó que el uso del dron Phantom 4 Pro V2.0 redujo el costo en un 20% y el tiempo en un 38%, en comparación con el método manual (PCI) para el inventario de fallas en el pavimento. Este enfoque optimizó los recursos financieros y aceleró el proceso sin cerrar calles ni poner en peligro la vida de los evaluadores.

Pongo (2023) comparó la precisión del levantamiento topográfico realizado por un dron fotogramétrico en modo RTK con un GPS diferencial en modo. Se estableció un punto geodésico de orden C para el plan de vuelo del dron y se utilizó software como Agisoft Metashape y Civil 3D para procesar los datos obtenidos. El nivel de investigación corresponde al nivel descriptivo y el método cuantitativo, la población fue la autopista Juliaca-Puno y la muestra el Km 29+000 AL 31+000. Se realizó un análisis estadístico que reveló diferencias significativas en las coordenadas obtenidas por el dron en comparación con el GPS diferencial, lo que indica que el uso del dron Phantom 4 RTK no es recomendable para levantamientos topográficos que requieran mayor precisión.

Serruto (2024) determinó como la cantidad y distribución de GCPs afectan la precisión fotogramétrica. Se crearon 10 modelos fotogramétricos variando la cantidad y distribución de los GCPs, La investigación, de enfoque cuantitativo y diseño transversal, utilizó análisis de datos explicativos y ANOVA, la población fueron 50Km de la autopista Puno – Juliaca con una muestra de 2 km desde el Km 48+000 al 50+000. Concluyó que una adecuada distribución y cantidad de puntos de control permiten lograr resultados más precisos en un levantamiento fotogramétrico.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Pavimento

“Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento” (Montejo, 2002).

Un pavimento debe ofrecer una calidad de manejo aceptable, resistencia al ahuellamiento, deslizamiento y agrietamiento, niveles adecuados de reflejo y bajo ruido. Su superficie debe ser uniforme, resistir cargas repetitivas, condiciones ambientales, intemperismo y desgaste de llantas, además de ser económico y drenar adecuadamente. (Sotil, 2005)

2.2.2 Pavimentos flexibles

El pavimento asfáltico o flexible se compone de capas granulares (subbase y base) y una capa de rodadura formada por materiales bituminosos, incluyendo aglomerantes, agregados y, ocasionalmente, aditivos. (MTC, 2013)

Están formados por una o más capas de mezcla asfáltica en caliente (HMA) o por tratamientos superficiales, apoyadas en capas de menor rigidez hechas de materiales granulares no tratados, como base, subbase, afirmado y, en algunos casos, subrasante mejorada, que descansan sobre el terreno natural o subrasante. (Cruz, 2018). Por otro lado Tapia (2018) indica que estos pavimentos poseen una



capa de rodadura conformada por una mezcla asfáltica, siendo también denominados pavimentos asfálticos. Las capas de rodadura asfáltica más comunes sobre capas granulares son el mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas en caliente. (Fiestas & Merino, 2020)

Podemos elucidar la función de cada estrato de la siguiente manera:

- **Subrasante:** Constituye el estrato superior de la plataforma de una carretera donde se instala la estructura del pavimento (Tapia, 2018)
- **Subbase:** “Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento. (Choque, 2019)
- **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Esta capa será de material granular ($\text{CBR} \geq 80\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento. A su vez esta capa debe ser de mejor calidad y granulometría que la subbase. (Montejo, 2002)
- **Carpeta asfáltica:** Constituye la superficie de rodamiento y debe ofrecer una superficie uniforme y estable al tránsito, con textura y color apropiados, además de resistir los efectos abrasivos del tránsito. En cuanto a su impermeabilidad, debe procurar evitar en la medida de lo posible el ingreso de agua al interior del pavimento. Asimismo, contribuye a la resistencia

estructural del pavimento mediante su capacidad para resistir tensiones (Vilca & Cuba, 2020).

Figura 1

Sección típica transversal pavimento flexible



Nota: El gráfico muestra el corte transversal de capas de pavimento flexible. Tomado de: Pavimentos (p.03), por C. Giordani, D. Leone, 2020, Catedra: Ingeniería civil I.

2.2.3 Deterioros o fallas

2.2.3.1 Piel de cocodrilo:

Son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. (Norma ASTM D6433 , 2018)

Figura 2

Piel de cocodrilo



Nota: La imagen muestra el tipo de falla piel de cocodrilo. Tomado de: *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT* (p. 07), por F. Álvarez, R. Ramos, 2021, (<https://repositorio.ucv.edu.pe>).

2.2.3.2 Abultamientos y hundimientos

Son desplazamientos hacia arriba o abajo en la superficie de la carretera, causados por varias razones como levantamiento de losas, material acumulado en fisuras y problemas de drenaje. (Olaya & Ramos, 2021)

Figura 3

Abultamientos y hundimientos



Nota: La imagen nos muestra el tipo de falla, abultamientos y hundimientos. Tomado de: *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones* (p. 22), por C. D. Fiestas, F. G. Merino, 2020, (<https://alicia.concytec.gob.pe>).

2.2.3.3 Grietas longitudinales y transversales

Grietas paralelas y perpendiculares a la vía, asociadas a factores climáticos, juntas de dilatación deficientes y asfalto endurecido, sin atribución a causas del tráfico vehicular. (Olaya & Ramos, 2021)

Figura 4

Fisuras longitudinales y transversales.



Nota: La imagen detalla las fisuras longitudinales y transversales. Tomado de: *Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI* (p. 37), por M. Bravo, 2020, (<https://repositorio.urp.edu.pe>)

2.2.3.4 Baches o Huecos

Hoyos en la superficie de rodadura con desprendimiento de la carpeta asfáltica, causados por diversos factores como defectos constructivos, subdrenaje inadecuado o diseño deficiente del paquete estructural de la vía. (Vazquez, 2002)

Figura 5

Baches o huecos.



Nota: La fotografía muestra el tipo de falla bache o hueco. Elaboración propia.

2.2.4 Procesos tradicionales

Entre 1974 y 1976, el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE.UU. encargó a los ingenieros Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn el desarrollo del Índice de Condición de Pavimento (PCI). Este método, adoptado por agencias como la FAA, el U.S. Department of Defence, fue publicado por ASTM para carreteras y pavimentos aeroportuarios y recomendado en 1982 para el mantenimiento de los mismos (Fiestas & Merino, 2020).

En Perú, En 1969, durante el gobierno del General Juan Velasco Alvarado, se creó el MTC según Decreto Ley N° 17626 y en 1990 el PCI se aplicó por primera bajo la dirección del Ing. W. Gutiérrez Lazares para evaluar la carretera Panamericana Sur. (Cruz, 2018)

2.2.4.1 Índice de condición de pavimento (PCI)

El PCI (Índice de Condición del Pavimento) es un proceso que implica evaluar el estado del pavimento mediante observaciones visuales.



Este método implica identificar la categoría, gravedad y cantidad de defectos presentes en el pavimento mediante una metodología fácil de aplicar y que no depende de herramientas especializadas, ya que evalúa la condición del pavimento de manera indirecta. el método PCI presenta 19 fallas para pavimentos asfálticos o mixtos, tal como se muestra en la tabla 1 (Choque, 2019)

Tabla 1

Fallas consideradas en PCI: pavimentos flexibles

Falla N°	Descripción	Unidad
1	Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2
4	Abultamiento y hundimiento	m
5	Corrugación	m2
6	Depresión	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m
9	Desnivel carril/berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parcheo	m2
12	Pulimiento de agregados	N°
13	Huecos	m2
14	Cruce de vía férrea	m2
15	Ahuellamiento	m2
16	Desplazamiento	m2
17	Grieta parabólica	m2



Falla N°	Descripción	Unidad
18	Hinchamiento	m2
19	Desprendimiento de agregados	m2

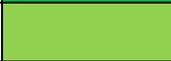
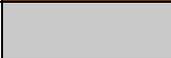
Nota: La tabla muestra los 19 tipos de fallas con su respectiva unidad de medida.

Tomado de: Norma ASTM 6433, 2018.

El daño en la estructura del pavimento se correlaciona con la clase de deterioro, su nivel de severidad y la cantidad o densidad de los mismos. La creación de un índice que considerara estos tres factores ha sido un desafío debido a la amplia variedad de condiciones posibles. Para abordar esta complejidad, se introdujeron los "valores deducidos" como una especie de factor de ponderación, destinados a señalar el impacto que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene en la condición del pavimento. El PCI, un índice numérico, oscila entre cero (0) para pavimentos en mal estado o con fallas, hasta cien (100) para pavimentos en perfectas condiciones. La figura 6 presenta los intervalos de PCI junto con la descripción cualitativa correspondiente del estado del pavimento. (Vazquez, 2002)

Figura 6

Escala de graduación y colores

Escala de clasificación estándar		Colores sugeridos
86 - 100	EXCELENTE	
71 - 85	MUY BUENO	
56 - 70	BUENO	
41 - 55	REGULAR	
26 - 40	POBRE	
11 - 25.	MUY POBRE	
0 - 10	FALLADO	

Nota: La imagen muestra el índice de condición de pavimento en una escala de 0 a 100. Adaptado de: *Procedimiento estándar para la Inspección de Índice de Condición de Pavimento de Caminos y la Inspección de Índice de Condición de Pavimento de Caminos y Estacionamientos*, (p. 02), por ASTM D6433, 2018, Manual del PCI.

El cálculo del PCI se basa en los hallazgos de una evaluación visual de la condición del pavimento, en la cual se identifican la clase, severidad y cantidad de cada tipo de daño. El propósito del PCI es generar un índice que refleje tanto la integridad estructural del pavimento como la condición operativa de su superficie. La información sobre los daños recopilada durante el inventario proporciona una comprensión clara de las causas subyacentes de los daños y su relación con las cargas o las condiciones climáticas (Norma ASTM 6433, 2018)

Figura 7

Índice de condición de pavimento

PCI CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA																																																													
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)																		UNIDAD DE MEDIDA																																											
CARRETERA DE ESTUDIO :																		AREA																																											
Fecha:																		progresiva																																											
Responsable:																																																													
TIPOS DE FALLA																																																													
1 Piel de cocodrilo	8 Grietas de reflexión de juntas m	15 Ahuellamiento m2																																																											
2 Exudación m2	9 Desnivel de calzada - hombrillo m	16 Deformación por empuje m2																																																											
3 Grietas de contra	10 Grietas longitudinales y transversales m	17 Grietas de deslizamiento m2																																																											
4 Flevaciones - Hur	11 Parcheo m2	18 Hinchamiento m2																																																											
5 Corrugaciones m.	12 Agregados pulidos m2	19 Disgregación y Desintegración m2																																																											
6 Depresiones m2	13 Huecos N°																																																												
7 Grietas de borde	14 Accesos a puentes m2																																																												
FALLAS EXISTENTES EN CAMPO																																																													
86 - 100 EXCELENTE	71 - 85 MUY BUENO	56 - 70 BUENO	41 - 55 REGULAR	26 - 40 POBRE	11 - 25 MUY POBRE	0 - 10 FALLADO	1				10				13																																														
							L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.																																			
TOTAL							BAJA (L)					MEDIA (M)					ALTA (H)																																												
CALCULO DEL PCI																																																													
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD				VALOR DE DEDUCCIÓN																																																							
1																																																													
10																																																													
13																																																													
13																																																													
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN										Índice de condición del pavimento PCI										CONDICIÓN DEL PAVIMENTO																																									
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC																																																													

Nota: La imagen muestra el índice de condición de pavimento. Adaptado de: *Procedimiento estándar para la inspección de índice de condición de pavimento de caminos y la inspección de índice de condición de pavimento de caminos y estacionamientos*, (p. 05), por ASTM D6433, 2018, Manual del PCI.

Unidades de muestreo:

Existen diferentes tipos de vías y capas de rodadura, como se describe a continuación: Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: En este caso, el área de la unidad de muestreo debe estar dentro del rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

Determinación de las unidades de muestreo para evaluación:

En el caso de la "evaluación de una red" vial, puede haber un gran número de unidades de muestreo, lo que requeriría una cantidad significativa de tiempo y recursos para su inspección. Por lo tanto, es



necesario implementar un proceso de muestreo. Por otro lado, en la "evaluación de un proyecto", todas las unidades deben ser inspeccionadas. Sin embargo, si esto no es factible, el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar se determina mediante la Ecuación 1. Esta ecuación proporciona una estimación del Índice de Condición de Pavimento (PCI) con un margen de error de ± 5 respecto al promedio verdadero, con una confiabilidad del 95%.

Ecuación: 1

$$n = \frac{N \times S^2}{\frac{e^2}{4}(25 - 1) + S^2}$$

Donde:

- **n**: Indica el número mínimo de unidades de muestreo que deben ser evaluadas
- **N**: Es el total de unidades de muestreo presentes en la sección del pavimento.
- **e**: Corresponde al margen de error permisible en la estimación del Índice de Condición de Pavimento (PCI) de la sección, establecido en el 5%.
- **S**: Representa la desviación estándar del PCI entre las diferentes unidades de muestreo.

Durante la inspección inicial, se considera una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico, donde el rango PCI es de 25, y



de 15 para pavimento de concreto, con un rango PCI de 35. En inspecciones subsecuentes, la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa se utiliza para determinar el número mínimo de unidades que deben ser evaluadas. Si el número mínimo de unidades a evaluar es inferior a cinco ($n < 5$), entonces todas las unidades deben ser evaluadas.

1) Selección de las unidades de muestreo para inspección:

Se recomienda que las unidades seleccionadas estén distribuidas de manera uniforme a lo largo de la sección del pavimento. La primera unidad de muestreo se elige al azar utilizando un método de aleatoriedad sistemática, calculando el intervalo de muestreo (i) mediante la Ecuación 2:

Ecuación: 2

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

- **N:** Representa el número total de unidades de muestreo disponibles.
- **n:** Indica el número mínimo de unidades que deben ser evaluadas.
- **i:** Corresponde al intervalo de muestreo, que se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3).

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo. Por ejemplo, si $i=3$, la primera unidad de muestreo seleccionada para inspeccionar podría estar entre la unidad 1 y la unidad 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S),



(S+1), (S+2), etc. Siguiendo este ejemplo, si la unidad inicial de muestreo seleccionada es la 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las unidades de muestreo subsiguientes a inspeccionar serían la 5, 8, 11, 14, etc. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), entonces todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

2) Selección de unidades de muestreo adicionales:

Uno de los principales inconvenientes del método aleatorio es la posibilidad de excluir del proceso de inspección y evaluación algunas unidades de muestreo que están en muy mal estado. Además, puede ocurrir que unidades de muestreo que presentan daños únicos, como un "cruce de línea férrea", sean incluidas de manera inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar esto, la inspección debe identificar cualquier unidad de muestreo inusual y examinarla como una "unidad adicional" en lugar de considerarla como representativa o aleatoria. Cuando se incorporan unidades de muestreo adicionales, se ajusta ligeramente el cálculo del PCI para evitar la extrapolación de condiciones inusuales en toda la sección.

3) Evaluación de la condición:

El proceso de evaluación varía según el tipo de superficie del pavimento que se esté inspeccionando. Es fundamental seguir estrictamente las definiciones de los daños establecidas en el manual para obtener un valor confiable del PCI. La evaluación de la condición implica los siguientes aspectos:



- **Equipo necesario:** Esto incluye un flexómetro manual para medir longitudes y áreas de los daños, una regla y una cinta métrica para determinar la profundidad de los baches o depresiones, y el manual de daños del PCI con los formatos correspondientes, en cantidad suficiente para llevar a cabo la actividad.
- **Procedimiento:** Se inspecciona cada unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Es crucial conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medición de los daños. Se utiliza un formulario o una "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad de muestreo, y cada línea se utiliza para registrar un daño específico, su extensión y su nivel de severidad.
- **Seguridad:** El equipo de inspección debe implementar todas las medidas de seguridad necesarias para su desplazamiento en la vía inspeccionada, como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

4) **Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) de las Unidades de muestreo**

Una vez completada la inspección de campo, la información recopilada sobre los daños se emplea para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este cálculo puede realizarse manualmente o mediante software especializado, y se fundamenta en los "Valores Deducidos" de cada tipo de daño, considerando su cantidad y severidad reportadas.



Etapa 1: Cálculo de los valores deducidos:

- **1a.** Se suman los totales de cada tipo de daño y su nivel de severidad, y se registran en la columna "total" del formato PCI. La medición del daño puede expresarse en términos de área, longitud o cantidad, según su naturaleza.
- **1b.** La cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, se divide entre el área total de la unidad de muestreo, obteniendo así la densidad del daño con el nivel de severidad específico dentro de la unidad en estudio, expresada en porcentaje.
- **1c.** Se determina el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad utilizando las curvas denominadas "valor deducido del daño", las cuales se adjuntan al final del documento y están adaptadas al tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

- **2a.** Si ninguno o solo uno de los "valores deducidos" supera el valor de 2, se emplea el "valor Deducido total" en lugar del "valor deducido corregido" más alto, obtenido en la Etapa 4. En caso contrario, se procede a seguir los pasos 2.b. y 2.c.
- **2b.** Enumere los valores deducidos individuales de mayor a menor.
- **2c.** Calcule el "Número máximo admisible de valores deducidos" (m) utilizando la Ecuación 3,

Ecuación: 3

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} \times (100 - HDVi)$$



Donde:

- "mi" Representa el máximo número admisible de valores deducidos, incluyendo fracciones, para la unidad de muestreo i .
- HDVi Corresponde al valor deducido individual más alto para la unidad de muestreo i .
- **2d.** Reduzca el número de valores deducidos individuales a m , incluida la parte fraccionaria. Si hay menos valores deducidos disponibles que m , utilice todos los que tenga.

Etapa 3: Determinación del "máximo valor deducido corregido"(CDV).

El CDV máximo se determina mediante un proceso iterativo:

- **3a.** Calcule el número de valores deducidos, q , que sean mayores que 2.0.
- **3b.** Obtenga el "valor deducido total" sumando todos los valores deducidos individuales.
- **3c.** Determine el CDV utilizando q y el "Valor Deducido Total" en la curva de corrección correspondiente al tipo de pavimento.
- **3d.** Ajuste a 2.0 el valor deducido individual más bajo que sea mayor que 2.0 y repita los pasos 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
- **3e.** El CDV máximo es el valor más alto obtenido en este proceso.

Etapa 4: Calcule el PCI de la unidad restando 100 al máximo CDV obtenido en la Etapa 3. (Norma ASTM 6433, 2018)



2.2.4.2 Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial del ministerio de transportes (MTC)

Tiene como objetivo proporcionar los criterios adecuados para gestionar las actividades técnicas de mantenimiento y conservación de la infraestructura vial, tanto de manera rutinaria como periódica. (MTC, 2018)

1) Inventario de condición

Tiene como objetivo principal preparar los inventarios detallados para establecer el estado actual de la vía y las medidas por realizar luego en lo que respecta a las actividades de conservación vial.

Las tareas son esencialmente las siguientes:

- Información de referencia, según los criterios descritos en detalle en el ítem siguiente, y formalizarlo en listas y formatos.
- Identificar las características principales y los puntos particulares.
- Preparar los cronogramas y la logística de los inventarios siguientes.
- Contar con la información disponible (mapas, inventarios anteriores y otros). (Choque, 2019)

2) Clasificación de los deterioros o fallas:

Los deterioros/fallas de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes categorías: los deterioros / fallas estructurales y los deterioros/fallas superficiales. Los deterioros de la primera categoría se asocian generalmente con obras de rehabilitación de costo alto. Los deterioros de la segunda categoría se relacionan generalmente con obras

de mantenimiento periódico (por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial). (Bravo, 2020)

Tabla 2

Deterioro o fallas de los pavimentos asfaltados

Cod. daño	Fallas.	Gravedad (G)
1	Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande ($> 0.5m$) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
2	Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho $\leq 1mm$) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $> 3mm$). También se denominan grietas 3: Fisuras Gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $> 3mm$). también se denominan grietas.
3	Deformación por Deficiencia Estructural	1: Profundidad de usuario $< 2cm$. 2: Profundidad entre 2cm y 4cm.
4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al Usuario, pero $\leq 6mm$. 2: Profundidad $> 6mm$ y $\leq 12mm$. 3: Profundidad $> 12mm$.
5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales 2: Reparación de piel de cocodrilo para deterioros superficiales. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.



Cód. daño	Fallas.	Gravedad (G)
6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial) 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular 3: Continuo con aparición de la base granular
7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5m 3: Diámetro > 0.5m
8	Fisuras Transversales	1: Fisuras finas (ancho \leq 1mm) 2: fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). también se denominan grietas
9	Exudación	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial) 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa
10	Daños Puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión 2: Daños en menos del 30% de la longitud 3: Daños en más del 30% de la longitud
11	Desnivel Calzada - Berma	1: Desnivel leve < 15 mm 2: Desnivel moderado entre 15 y 50 mm 3: Desnivel severo > 50 mm

Nota: En esta tabla se muestran las consideraciones que toma en cuanto al código de daño, el tipo de deterioros o fallas y la gravedad a determinar. Tomado de: MTC, 2018.



3) Proceso de los datos básicos de deterioros/fallas

El objeto del proceso es calificar la condición superficial de un pavimento flexible (asfáltico) de la carretera por secciones de 200 m de calzada y bermas. Para cada sección de 200 m se califica la condición de la capa de rodadura del pavimento de la calzada y de las bermas, considerando cada tipo de deterioro o falla según el nivel de gravedad de dicho tipo y su clase de extensión. El inicio y fin del nivel de gravedad de cada tipo de deterioro o falla observado tienen que localizarse. Luego dichos datos básicos se procesan aplicando la Tabla N°3 que define la clase de extensión para la longitud de la sección de 200m que presenta el deterioro, la Tabla N°4 que aplica para baches o huecos, la Tabla N°5, que precisa el ancho de influencia de las fisuras longitudinales y transversales según la gravedad del deterioro o falla y la Tabla. (MTC, 2018)

Tabla 3

Clase de extensión de los daños de los pavimentos

Clase	Descripción	Porcentaje de longitud de la sección
1	Leve	menor que el 10%
2	Moderado	entre 10 y 30%
3	Severo	mayor que el 30%

Nota: La siguiente tabla describe el proceso de calificación de condición superficial según el tipo de deterioro o falla. Tomado de: MTC, 2018.

En cuanto a baches (huecos), se necesita una información adicional para calificar su “densidad” en la sección afectada, número de baches (huecos) por sección de 200 m. Se usa la escala siguiente.

Tabla 4

Criterio de densidad de baches (huecos).

Clase	Descripción	Criterio de densidad de baches (huecos) (número/200m)
1	Leve	menor que 4
2	Moderado	entre 4 y 10

Nota: Clase de densidad de los baches (huecos) de los pavimentos flexibles Tomado de: MTC, 2018.

Para el cálculo del área de las fisuras longitudinales y transversales se tomará en cuenta la longitud de las fisuras por un ancho de influencia asignado según la gravedad del deterioro o falla.

Tabla 5

Cálculo de área de fisuras.

Gravedad	Ancho de Influencia(m)
1	0.10m
2	0.20m
3	0.30m

Nota: La siguiente tabla muestra los parámetros de ancho de influencia. Tomado de: MTC, 2018.

Figura 8

Formato del MTC

Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ fallas	Gravedad (G)	Medidas: Área de deterioro A _i (m ²) Número de deterioros (N _i) Longitud del deterioro (L _i)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro/ falla (E _{Fi})	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o Falla				Puntaje de Condición	
										0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve E _{Fi} = Menor a 10%	2: Moderado E _{Fi} = entre 10% y 30%	3: Severo E _{Fi} = Mayor a 30%		
1		Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	Área (11) Daño 1 Gravedad 1 = A ₁ (11) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(11) = (A11/AS) XL00		0	> 0 y < 40	≥ 0 y < 200	Mayor a 30%		
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	Área (12) Daño 1 Gravedad 2 = A ₁ (12) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(12) = (A12/AS) XL00	FP = [(EF(11) x A(11) + EF(12) x A(12) + EF(13) x A(13)) / (A11 + A12 + A13)]		0	> 0 y < 40	≥ 0 y < 200	200	
			3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	Área (13) Daño 1 Gravedad 3 = A ₁ (13) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(13) = (A13/AS) XL00							
2		Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1mm) Longitud x 0.30m (Ancho de Influencia)	Área (21) Daño 2 Gravedad 1 = A ₂ (21) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(21) = (A21/AS) XL00							
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas V/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas	Área (22) Daño 2 Gravedad 2 = A ₂ (22) Longitud x 0.30m (Ancho de Influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(22) = (A22/AS) XL00	FP = [(EF(21) x A(21) + EF(22) x A(22) + EF(23) x A(23)) / (A21 + A22 + A23)]		0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100	
			3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas V/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas.	Área (23) Daño 2 Gravedad 3 = A ₂ (23) Longitud x 0.30m (Ancho de Influencia)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(23) = (A23/AS) XL00							
3		Deformación por Deficiencia Estructural	1: Profundidad de usoireo < 2cm.	Área (31) Daño 3 Gravedad 1 = A ₃ (31) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(31) = (A31/AS) XL00							
			2: Profundidad entre 2cm y 4cm.	Área (32) Daño 3 Gravedad 2 = A ₃ (32) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(32) = (A32/AS) XL00	FP = [(EF(31) x A(31) + EF(32) x A(32) + EF(33) x A(33)) / (A31 + A32 + A33)]		0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100	
			3: Profundidad > 4cm.	Área (33) Daño 3 Gravedad 3 = A ₃ (33) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(33) = (A33/AS) XL00							
4		Ahueamiento	1: Profundidad sensible al Usuario pero ≤ 6mm.	Área (41) Daño 4 Gravedad 1 = A ₄ (41) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(41) = (A41/AS) XL00							
			2: Profundidad > 6mm y ≤ 12mm.	Área (42) Daño 4 Gravedad 2 = A ₄ (42) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(42) = (A42/AS) XL00	FP = [(EF(41) x A(41) + EF(42) x A(42) + EF(43) x A(43)) / (A41 + A42 + A43)]		0	> 0 y < 20	≥ 20 y < 100	100	
			3: Profundidad > 12mm.	Área (43) Daño 4 Gravedad 3 = A ₄ (43) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(43) = (A43/AS) XL00							
5		Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales	Área (51) Daño 5 Gravedad 1 = A ₅ (51) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(51) = (A51/AS) XL00							
			2: Reparación de piel de cocodrilo para deterioros superficiales.	Área (52) Daño 5 Gravedad 2 = A ₅ (52) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(52) = (A52/AS) XL00	FP = [(EF(51) x A(51) + EF(52) x A(52) + EF(53) x A(53)) / (A51 + A52 + A53)]		0	> 0 y < 10	≥ 10 y < 50	50	
			3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	Área (53) Daño 5 Gravedad 3 = A ₅ (53) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	200	ancho calzada x200	EF(53) = (A53/AS) XL00							

6	Pebadura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (pebadura superficial)	Área (61) Daño 6 Gravedad 1=A (61) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada x200	$EF(61) = \frac{A(61)(AS)}{X100}$	0	$EF(61) = \frac{A(61)(AS)}{X100}$	0	$EF(61) = \frac{A(61)(AS)}{X100}$	$EFp = \frac{[(EF(61) \times A(61)) + (EF(62) \times A(62)) + (EF(63) \times A(63))]}{[A(61) + A(62) + A(63)]}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	50	3: severo Efp = Mayor a 10 baches	
		2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular	Área (62) Daño 6 Gravedad 2=A (62) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	$EF(62) = \frac{A(62)(AS)}{X100}$	0	$EF(62) = \frac{A(62)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	0	1: leve EFP = Menor a 4 baches	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	50	3: severo Efp = Mayor a 10 baches
		3: Continuo con aparición de la base granular	Área (63) Daño 6 Gravedad 3=A (63) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	$EF(63) = \frac{A(63)(AS)}{X100}$	0	$EF(63) = \frac{A(63)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	0	1: leve EFP = Menor a 4 baches	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	50	3: severo Efp = Mayor a 10 baches
7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m	Número (N11) Daño 1 Gravedad 1						$Efp = \frac{N(11) + N(12) + N(13)}{3}$	$> 0 y < 20$	$\geq 20 Y < 100$	100			
		2: Diámetro entre 0.2 y 0.5m	Número (N12) Daño 7 Gravedad 2												
		3: Diámetro > 0.5m	Número (N13) Daño 7 Gravedad 3												
8	Fisuras Transversales	1: Fisuras finas (ancho ≤ 1mm)	Área (81) Daño 8 Gravedad 1=A (81) Longitud x 0.10m (Ancho de influencia)	ancho calzada	$EF(81) = \frac{A(81)(AS)}{X100}$	200	$EF(81) = \frac{A(81)(AS)}{X100}$								
		2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1mm y ≤ 3mm)	Área (82) Daño 8 Gravedad 2=A (82) Longitud x 0.20m (Ancho de influencia)	ancho calzada	$EF(82) = \frac{A(82)(AS)}{X100}$	200	$EF(82) = \frac{A(82)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	0	$EFp = \frac{[(EF(81) \times A(81)) + (EF(82) \times A(82)) + (EF(83) \times A(83))]}{[A(81) + A(82) + A(83)]}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	50	
		3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas	Área (83) Daño 8 Gravedad 3=A (83) Longitud x 0.30m (Ancho de influencia)	ancho calzada	$EF(83) = \frac{A(83)(AS)}{X100}$	200	$EF(83) = \frac{A(83)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$						
9	Excusación	1: Puntual sin aparición de la base granular (pebadura superficial)	Área (91) Daño 9 Gravedad 1=A (91) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	$EF(91) = \frac{A(91)(AS)}{X100}$	200	$EF(91) = \frac{A(91)(AS)}{X100}$								
		2: Continuo	Área (92) Daño 9 Gravedad 2=A (92) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	$EF(92) = \frac{A(92)(AS)}{X100}$	200	$EF(92) = \frac{A(92)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	0	$EFp = \frac{[(EF(91) \times A(91)) + (EF(92) \times A(92)) + (EF(93) \times A(93))]}{[A(91) + A(92) + A(93)]}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	100	
		3: Continuo con superficies viscosas	Área (93) Daño 9 Gravedad 3=A (93) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho calzada	$EF(93) = \frac{A(93)(AS)}{X100}$	200	$EF(93) = \frac{A(93)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$						
10	Daños Puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión	Área (101) Daño 10 Gravedad 1=A (101) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho bermas	$EF(101) = \frac{A(101)(AS)}{X100}$	200	$EF(101) = \frac{A(101)(AS)}{X100}$								
		2: Daños en menor del 30% de la longitud	Área (102) Daño 10 Gravedad 2=A (102) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho bermas	$EF(102) = \frac{A(102)(AS)}{X100}$	200	$EF(102) = \frac{A(102)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	0	$EFp = \frac{[(EF(101) \times A(101)) + (EF(102) \times A(102)) + (EF(103) \times A(103))]}{[A(101) + A(102) + A(103)]}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$	50	
		3: Daños en más del 30% de la longitud	Área (103) Daño 10 Gravedad 3=A (103) Longitud x Ancho (del deterioro)	ancho bermas	$EF(103) = \frac{A(103)(AS)}{X100}$	200	$EF(103) = \frac{A(103)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 10$	$\geq 10 Y < 50$						
11	Destrucción Calzadas - Bermas No Pavimentadas	1: Destrucción leve < 15 mm	Longitud (L111) Daño 11 Gravedad 1		$EF(111) = \frac{L(111)(AS)}{X100}$	200	$EF(111) = \frac{L(111)(AS)}{X100}$								
		2: Destrucción moderado entre 15 y 50 mm	Longitud (L112) Daño 11 Gravedad 2		$EF(112) = \frac{L(112)(AS)}{X100}$	200	$EF(112) = \frac{L(112)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 20$	$\geq 20 Y < 100$	0	$EFp = \frac{[(EF(111) \times L(111)) + (EF(112) \times L(112)) + (EF(113) \times L(113))]}{[L(111) + L(112) + L(113)]}$	$> 0 y < 20$	$\geq 20 Y < 100$	100	
		3: Destrucción severo > 50 mm	Longitud (L113) Daño 11 Gravedad 3		$EF(113) = \frac{L(113)(AS)}{X100}$	200	$EF(113) = \frac{L(113)(AS)}{X100}$	$> 0 y < 20$	$\geq 20 Y < 100$						

Nota: La siguiente tabla muestra el formato que tomamos a la hora de recolectar las fallas visibles en el pavimento flexible y encasilladas. Adaptado de: *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*, (p. 104), por MTC, 2018. (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras).



La suma total no debe ser mayor a 1000, en tal sentido la calificación de condición resulta de la diferencia de la suma total menos la suma puntaje de condición, tal como se indica a continuación:

$$\text{Calificación de condición} = 1000 - \text{Suma de puntaje de condición}$$

La calificación de condición representa el estado superficial del pavimento flexible y se sintetiza en tres tipos de condición:

- Bueno
- Regular
- Malo

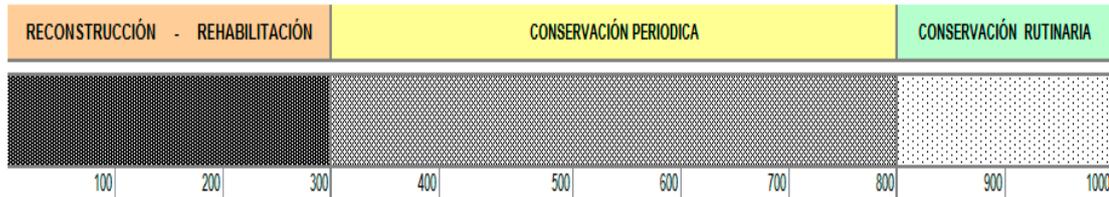
Los rangos de calificación de condición para asignar el estado superficial del pavimento flexible, de la calzada incluyendo las bermas, en uno de los tipos de condición son:

- Condición buena >800
- Condición regular >300 y <800
- Condición mala <300

De acuerdo a la calificación de condición superficial del pavimento flexible se podrá estimar el tipo de conservación a realizar en cada sección de 200 m de longitud: (MTC, 2018)

Figura 9

Clasificación de condición superficial del pavimento flexible según el MTC.



Nota: La figura muestra la clasificación que se toma cuando se ha llegado al final del puntaje, y depende del mismo para clasificarlo en reconstrucción, conservación periódica o conservación rutinaria. Tomado de: *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*, (p. 106), por MTC,2018. (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MA N_9%20MCV-2014_2016.pdf).

2.2.5 Vehículo aéreo no tripulado VANT

2.2.5.1 Introducción

En el área de ingeniería vial, antes de la adopción generalizada de drones, se utilizaban varios métodos para inspeccionar y monitorear carreteras y otras infraestructuras viales. Algunas de las técnicas comunes incluían:

- Estaciones Totales: Para obtener coordenadas precisas, pero requerían la presencia de topógrafos.
- GPS: Principalmente en áreas abiertas para determinar coordenadas exactas.
- Nivelación: Para medir diferencias de alturas y crear modelos de elevación del terreno.
- Fotogrametría Terrestre: Capturando imágenes para generar modelos tridimensionales.



- LIDAR Terrestre: Utilizaba pulsos láser para medir distancias al terreno y crear modelos digitales de alta resolución.

Estas técnicas, aunque efectivas, podían ser costosas, requerir mucho tiempo y no siempre proporcionar una cobertura completa del área de interés. La adopción de drones en la topografía ha simplificado y acelerado significativamente el proceso de levantamiento topográfico, permitiendo la captura rápida de datos de alta resolución sobre grandes áreas de terreno. (Paredes & Beltran, 2015)

2.2.5.2 Dron

Los drones son un sistema de vuelo que no necesita de tripulantes a bordo, ya que, a través de una serie de unidades de procesado, sensores anexados y enlaces de comunicación, son guiados autónomamente basado en misiones programadas, controladas por un operador en tierra. La denominación dron originalmente en inglés significaba zángano que es el macho de la abeja reina. (Reuter & Pendenovi, 2019). Por otro lado, Gonzales, y otros (2019) mencionan que los drones, son altamente versátiles y vienen en una variedad de tamaños y formas para adaptarse a diferentes necesidades. Su capacidad para acceder a zonas peligrosas o de difícil acceso los hace valiosos para capturar datos e imágenes aéreas sin riesgo para el personal, equipados con cámaras de alta resolución y otros sensores.

Figura 10

Phantom pro v2



Nota: La imagen muestra un vehículo de turbopropulsión utilizado principalmente para misiones de monitoreo y reconocimiento. Elaboración propia.

2.2.5.3 Aplicaciones de los drones

En hidrología, superan las limitaciones satelitales, ofreciendo imágenes de alta resolución y monitoreando glaciares. En agricultura, drones equipados con cámaras de alta resolución permiten detectar plagas y problemas de riego. En ecología, facilitan el monitoreo de vegetación en reservas naturales, previniendo incendios. En áreas urbanas, mejoran la gestión al inspeccionar infraestructuras, gestionar tráfico y monitorear la calidad del aire y agua. Estas aplicaciones demuestran la versatilidad y eficiencia de los drones en diversas áreas, optimizando la recolección de datos y mejorando la precisión. (Gonzales, y otros, 2019)

CAPITULO III

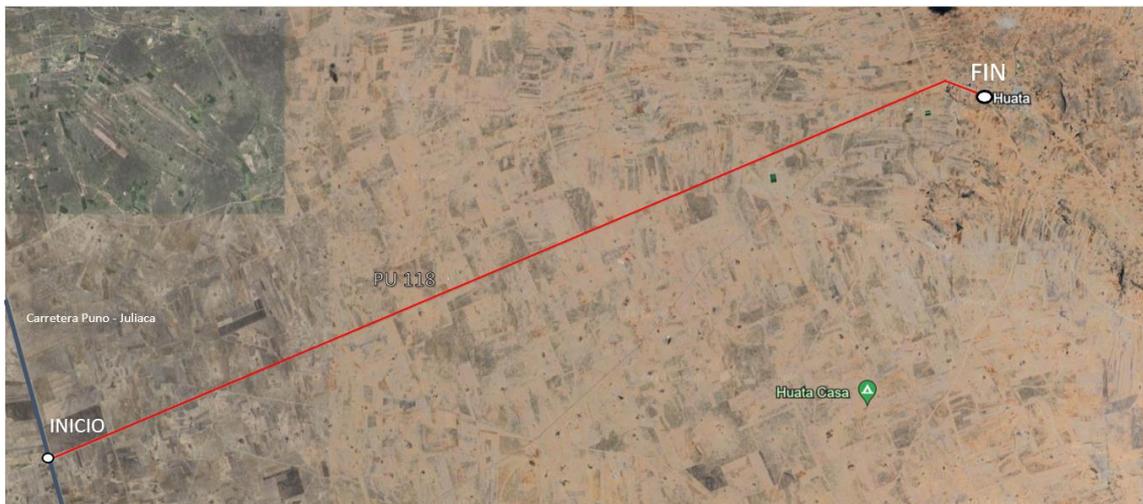
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La carretera Atuncolla - Huata PU 118 se encuentra políticamente en el distrito de Atuncolla, en la provincia y región de Puno, Perú. Desde una perspectiva geográfica, el tramo a analizar está situado al sureste del país, en la Meseta del Collao. El tramo en cuestión comienza en el desvío a Atuncolla de la carretera Panamericana Sur Emp. PU-118 (DV.Atuncolla) y finaliza en el distrito de Huata, abarcando una distancia total de 12 kilómetros.

Figura 11

Vista satelital de la carretera Atuncolla- Huata PU 118



Nota: La imagen muestra el recorrido de la vía que abarca 12 km. Tomado de: Google Earth, con adaptación propia.

Progresiva inicial: 05+000

- Latitud: 15°36'50.03''
- Longitud: 69°58'25.15''



- Elevación: 3820m

Progresiva final: 06+000

- Latitud: 15°36'50.12''
- Longitud: 69°58'25.24''
- Elevación: 3835m

3.1.1 Altitud

La carretera Atuncolla, Huata PU - 118 Puno – 2024. Discurre a una altitud superior a los 3820 metros sobre el nivel del mar.

3.1.2 Accesibilidad

La zona de evaluación es accesible por vía terrestre, se encuentra a 25.7 km de la ciudad Puno y a 18.8 km de Juliaca ambas con carreteras pavimentadas.

3.1.3 Topografía

La topografía de la zona a examinar se caracteriza por ser regular, llana y con ligeras ondulaciones.

3.2. PERIODO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se desarrolló entre octubre del 2023 y abril del 2024, abarcando así un lapso de siete meses. Durante este período, se realizaron distintas etapas que comprendieron la revisión bibliográfica, la redacción del proyecto, la ejecución de estudios de campo, el procesamiento de datos, el análisis de resultados y la elaboración del borrador final. Estas actividades conjuntas contribuyeron significativamente al avance del conocimiento en el área de investigación pertinente.



3.3. METODOLOGÍA

3.3.1 Enfoque de investigación.

Es cuantitativo debido a que se recaba información numérica de dos métodos para la evaluación del estado superficial de la carpeta asfáltica. (Sampieri, 2014)

3.3.2 Tipo de investigación.

La investigación es de tipo aplicada, este tipo de investigaciones se centra en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos a través de la investigación, con el objetivo de generar beneficios tangibles para la sociedad. (Rojas, s.f)

3.3.3 Nivel de investigación.

El nivel de investigación es correlacional.

3.3.4 Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación es no experimental porque mediremos y observaremos variables sin modificar nada y es de corte transeccional, porque la investigación se hace en un solo momento. (Sampieri, 2014)

3.3.5 Población y muestra del estudio

3.3.5.1 Población

La población es finita y comprende la carretera Atuncolla - Huata PU-118 que tiene una longitud de 12 Km.



3.3.5.2 Muestra

La muestra es de tipo no probabilística, intencional o por juicio, en la cual estas se seleccionan basándose únicamente en el conocimiento y la credibilidad del investigador. (Rojas, s.f). En otras palabras, el método no es automático ni se apoya en fórmulas de probabilidad; en cambio, se fundamenta en el criterio y las decisiones tomadas por un investigador o un grupo de investigadores. (Sampieri, 2014). Asumimos como muestra el tramo Km 5 - 6, tomando en cuenta que la concentración predominante de diversos tipos de fallas se localizaba en dicha sección.

3.3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado en el programa SPSS.

3.3.6.1 Prueba de normalidad

Las pruebas de normalidad se emplean para evaluar si los datos siguen o no una distribución normal. Esta evaluación es crucial ya que muchos análisis estadísticos presuponen una distribución normal de los datos. Utilizar estos análisis con datos que no se ajustan a una distribución normal puede resultar en conclusiones sesgadas o imprecisas. Existen diversas pruebas disponibles para realizar esta evaluación. (Sanchez, 2023)

Test de Shapiro Wilk: La prueba de Shapiro-Wilk se emplea para evaluar la normalidad de una muestra, siendo adecuada para tamaños de muestra pequeños (menos de 50 observaciones) y equivalente al test de Kolmogórov-Smirnov en muestras grandes. Se ordena la muestra de



menor a mayor valor y se calcula el estadístico de Shapiro-Wilk (W), rechazando la hipótesis nula de normalidad si W es menor que un valor crítico determinado. Esta prueba se basa en el análisis de la discrepancia entre los datos muestrales y una distribución normal, utilizando conceptos similares a la regresión lineal. Puede aplicarse también a muestras grandes utilizando algoritmos desarrollados para su extensión, como propuesto por Royston, y se encuentra disponible en algunos softwares especializados en estadística (Flores & Flores, 2021)

3.3.6.2 Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis, también conocida como teoría estadística de las decisiones, forma parte de la teoría de hipótesis y permite tomar decisiones en relación con un par de hipótesis que se plantean sobre un parámetro o característica de la población. Es un procedimiento estándar que implica aceptar o rechazar una afirmación acerca de un parámetro poblacional, es decir, decidir entre una hipótesis nula y una alternativa. En esta unidad, se abordan exclusivamente las pruebas paramétricas. (DCEIT, s.f)

Test de Rho de Spearman: Son medidas de correlación para variables en un nivel de medición ordinal, donde los individuos, casos o unidades de análisis de la muestra pueden ordenarse por rangos o jerarquías. (Sampieri, 2014)

Test de Rho de Pearson: Cuantifica la relación estadística entre dos variables continuas. Si la conexión entre los elementos no es directa,



el coeficiente no se visualiza correctamente. Este coeficiente puede variar de +1 a -1. (DCEIT, s.f)

3.3.7 Hipótesis de investigación.

Hi: - Los proceso tradicional y dron se relacionan para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: km 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.

Ho: Los proceso tradicional y dron no se relacionan para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: km 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.

3.4. MATERIALES E INSTRUMENTOS

- **Materiales bibliográficos:** Se refiere a cualquier tipo de recurso impreso o electrónico utilizado para la investigación, como libros, revistas, artículos académicos, informes técnicos, entre otros.
- **Equipos de Cómputo y otros:** Incluye dispositivos electrónicos como computadoras de escritorio, laptops, tabletas y dispositivos móviles, así como también accesorios como impresoras, escáneres y unidades de almacenamiento externo.
- **Material de escritorio:** Engloba elementos básicos de oficina como lápices, bolígrafos, gomas de borrar, sacapuntas, cuadernos, blocs de notas, clips, grapadoras, entre otros.
- **Regla de aluminio de 1.5m:** Es una herramienta de medición precisa, fabricada en aluminio y con una longitud de 1.5 metros, utilizada principalmente en trabajos de carpintería, arquitectura o diseño técnico.



- **Flexómetro:** También conocido como cinta métrica, es un instrumento de medición flexible y retráctil, fabricado en metal o plástico, utilizado para tomar medidas precisas en trabajos de construcción, carpintería, costura, entre otros.
- **Implementos de seguridad personal:** Incluye equipos y accesorios diseñados para proteger al trabajador durante la realización de actividades laborales, como cascos, guantes, gafas de protección, protectores auditivos, entre otros.
- **Pintura:** Se refiere a cualquier tipo de sustancia líquida o en polvo que, al aplicarse sobre una superficie, forma una capa de color, utilizada principalmente con fines decorativos o protectores en trabajos de pintura de interiores, exteriores, obras de arte, entre otros.
- **Dron:** Es un vehículo aéreo no tripulado controlado remotamente, equipado con cámaras u otros dispositivos, utilizado en diversas aplicaciones como la fotografía y videografía aérea, inspecciones industriales, agricultura de precisión, entre otros el modelo utilizado fue modelo Phantom 4 pro V2.

3.5. MÉTODO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

3.5.1 Muestreo y unidades de muestreo

Las unidades de muestreo se realizaron de acuerdo con la norma ASTM D6433-18, estableciendo un área de evaluación de 230 ± 93 m². Esto significa que cada unidad de muestreo evaluada tiene un área que varía entre 137 y 323 m²



- Longitud total del tramo: 1000m
- Ancho de calzado considerado: 6.20m
- Longitud de la muestra.: 40m
- Área: 248m

Se cuenta con una calzada de 6.2 metros de ancho y, para calcular el área recomendada, se adopta una longitud de vía de $L=40$ metros. Esto da como resultado un área de 248 metros cuadrados, que se encuentra dentro del rango recomendado por la norma ASTM D6433. Para determinar el número total de muestras, se divide la longitud total de la vía entre la longitud de cada muestra, es decir, $1000/40$, obteniendo un total de 25 unidades de muestra.

Aplicando la ecuación 1 para determinar el número mínimo de unidades de muestra "n" que deben ser inspeccionadas en una sección dada, con una confiabilidad del 95%, un error $e=5\%$ y una desviación estándar $S=10$. El valor calculado de "n" se redondea al número entero superior.

$$n = \frac{N \times S^2}{\frac{e^2}{4}(25-1) + S^2} = \frac{25 \times 10^2}{\frac{5^2}{4}(25-1) + 10^2} = 10$$

Por lo tanto, de las 25 unidades de muestra, se evaluarán 10 unidades de muestra seleccionadas de manera aleatoria, donde el intervalo de muestreo (i) de acuerdo a la ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{25}{10} = 2.5 \approx 2$$

Por lo tanto, las unidades a inspeccionar serán:

Tabla 6

Aplicaciones de unidades de muestreo

Aplicaciones de unidades de muestreo				
Unidades de muestreo	Longitud (m)		Progresiva	
UM 01	40	5 + 000	hasta	5 + 40
UM 02	40	5 + 120	hasta	5 + 160
UM 03	40	5 + 240	hasta	5 + 280
UM 04	40	5 + 320	hasta	5 + 360
UM 05	40	5 + 360	hasta	5 + 400
UM 06	40	5 + 480	hasta	5 + 520
UM 07	40	5 + 600	hasta	5 + 640
UM 08	40	5 + 720	hasta	5 + 760
UM 09	40	5 + 840	hasta	5 + 880
UM 10	40	5 + 940	hasta	5 + 980

Nota: la siguiente tabla nos muestra las aplicaciones que se han tomado para nuestro objeto de estudio teniendo en cuenta 10 Unidades de Muestra con 40 m de longitud cada una según el método PCI. Adaptado de: norma ASTM 6433, 2018.

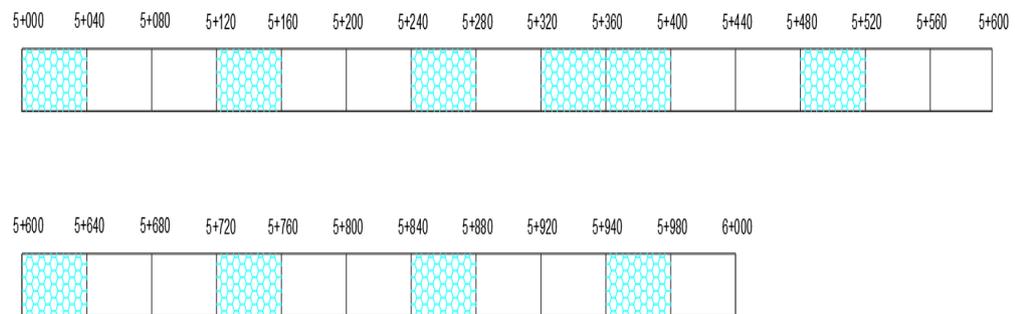
3.5.2 Levantamiento de fallas en campo

El levantamiento de las fallas se realizó utilizando hojas de inspección conforme a la norma D6433-18 del PCI. El muestreo comenzó en la progresiva 5+000 y finalizó en la progresiva 6+000, seleccionando este tramo por ser la unidad representativa con las fallas de pavimento más significativas. A continuación, se detalla la organización y secuencia de estas unidades de muestreo, junto con sus respectivas distancias progresivas:

- Unidad de muestreo 1: progresiva 5+000 a progresiva 5+040
- Unidad de muestreo 2: progresiva 5+120 a progresiva 5+160
- Unidad de muestreo 3: progresiva 5+240 a progresiva 5+280
- Unidad de muestreo 4: progresiva 5+320 a progresiva 5+360
- Unidad de muestreo 5: progresiva 5+360 a progresiva 5+400
- Unidad de muestreo 6: progresiva 5+480 a progresiva 5+520
- Unidad de muestreo 7: progresiva 5+600 a progresiva 5+640
- Unidad de muestreo 8: progresiva 5+720 a progresiva 5+760
- Unidad de muestreo 9: progresiva 5+840 a progresiva 5+880
- Unidad de muestreo 10: progresiva 5+940 a progresiva 5+980

Figura 12

Unidades de muestreo



Nota: La imagen presenta las unidades de muestra en color celeste que constan cada una de 40 m de longitud. Elaboración propia.

Figura 13

Estudio en campo progresiva km 5+000



Nota: La imagen muestra la progresiva inicial 5+000. Elaboración propia.

Figura 14

Estudio en campo progresiva km 6+000



Nota: La imagen muestra la progresiva final 6+000. Elaboración propia

Figura 15

Medición de fallas en pavimento flexible



Nota: La imagen muestra la medición de fallas (hueco), en la vía. Elaboración propia.

Las fallas de las 10 unidades muestrales fueron identificadas, y se determinó su cantidad, grado de severidad y densidad. En general, se encontraron 4 tipos de fallas, que incluyen: piel de cocodrilo, huecos, grietas longitudinales y elevaciones. Estas fallas pueden visualizarse en las siguientes figuras.

Figura 16

Falla piel de cocodrilo



Nota: La imagen muestra la falla piel de cocodrilo de gravedad severa. Elaboración propia

Figura 17

Falla hueco



Nota: la imagen muestra la falla denominada hueco de gravedad media. Elaboración propia.

Figura 18

Falla fisura longitudinal



Nota: la imagen muestra la falla fisura longitudinal de gravedad leve. Elaboración propia.

3.5.3 Rendimiento de personal en campo

El tiempo total de inspección para las 10 unidades de muestra fue de 5 horas y media, comenzando a las 12:30 pm y finalizando a las 4:30 pm. El rendimiento promedio de inspección fue de 40 minutos por cada unidad de muestra de 40 metros cada una. Este tiempo se vio afectado por la cantidad de



fallas encontradas, así como la medición por tramo, El equipo de campo para la inspección consistió en 3 personas, de las cuales 2 actuaron como evaluadores y un asistente encargado de tomar fotografías

3.5.4 Cálculo del PCI en unidad de muestra

Para comprender el procedimiento de cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI), se seleccionó la unidad de muestra UM01 como ejemplo. Se realizará paso a paso el cálculo de su condición actual utilizando la información de la hoja de inspección, que describe las fallas encontradas dentro de la progresiva 5+000 al 5+040, correspondiente a la unidad de muestra 01.



Para determinar la densidad de cada tipo de falla, primero se totaliza la cantidad de cada tipo y nivel de severidad de falla encontrada en la unidad de muestra. Luego, se divide esta cantidad entre el área total de la muestra y se expresa el resultado en porcentaje. Por ejemplo, para la primera falla (piel de cocodrilo de severidad media) resulta una densidad de 1.45%

Después, se utiliza la gráfica de la curva de valor deducido para asfalto específica para "piel de cocodrilo", según la norma ASTM D6433, que se encuentra en el anexo 1 de la tesis. En este ejemplo, se ingresa con la densidad hallada en el eje de las abscisas y se prolonga la línea hasta la curva correspondiente a la severidad media. Luego, se proyecta la intersección al eje de las ordenadas para determinar el valor deducido, como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Densidad hallada en el eje de las abscisas



Nota: La figura muestra la densidad hallada en el eje de las abscisas para severidad media obteniendo un valor deducido de 24 en el eje de las ordenadas. Adaptado de: *Procedimiento estándar para la Inspección de Índice de Condición de Pavimento de Caminos y la Inspección de Índice de Condición de Pavimento de Caminos y Estacionamientos*, (p. 68), por ASTM D6433, 2018, Manual del PCI.

Después de calcular los valores deducidos para cada tipo de falla individual en la unidad de muestra, procederemos a sumar estos valores para obtener el total de valores deducidos para dicha unidad. Este procedimiento se puede observar en la tabla 7:

Tabla 7*Valor total de deducción para la unidad de muestreo.*

Tipo de falla	Densidad %	Severidad	Valor de deducción
1	1.45	M	24
10	7.62	L	6
13	0.08	L	0
13	0.32	M	14
Valor total de deducción			44

Nota: La siguiente tabla muestra el tipo de falla, la densidad y la severidad para llegar a los valores deducidos. Elaboración propia

Una vez que hemos encontrado los valores deducidos para cada combinación de tipo de deterioro y severidad, procedemos a seleccionar el mayor valor deducido. En este caso, el mayor valor deducido es de 24. Luego, determinamos el número máximo de valores deducidos (m) utilizando la ecuación 3:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98}x(100 - HDVi) = 1 + \frac{9}{98}x(100 - 24) = 8$$

El número de valores deducidos “ q ” superiores a 2, según la Tabla 7, son 3, y el máximo número de valores deducidos $m_i = 8$. Dado que se tienen 3 valores deducidos, se utilizan todos ellos para calcular el valor deducido total (VDT).

Para determinar el valor de deducción corregido (VDC), se ordenan los valores deducidos de mayor a menor. En el primer caso, con $q=3$, la sumatoria de los valores deducidos es 44, este valor se utiliza para ingresar en la gráfica de valor deducido corregido, obteniendo un (VDC) de 26, como se muestra en la Figura 21. Este proceso se repite para cada uno de los valores, reemplazando el último

valor de cada caso por 2 y disminuyendo “q” en una unidad, hasta que “q” sea igual a 1.

Tabla 8

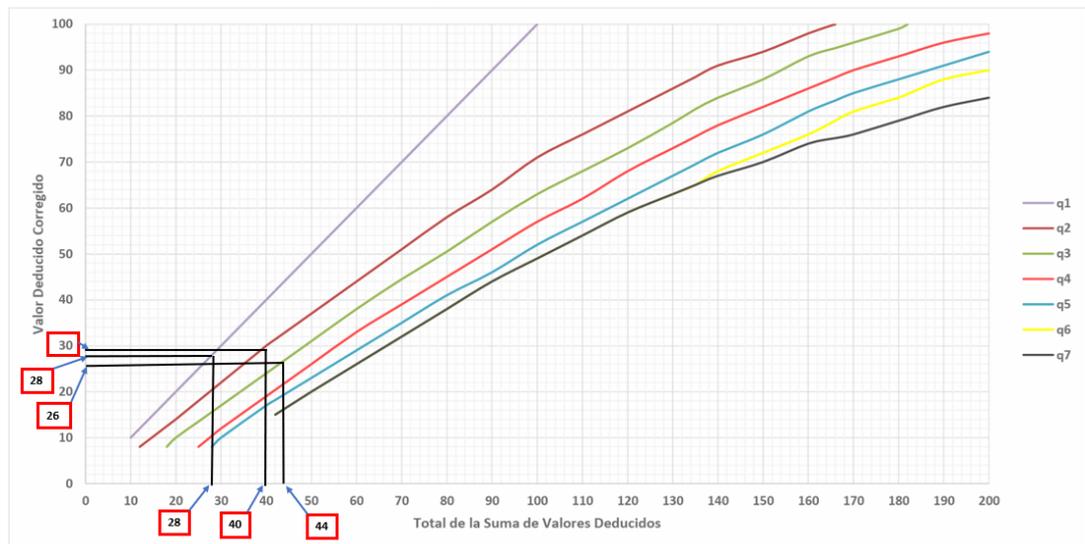
Cálculo del VDC para determinar el PCI de la UM – 01

N°	Valores deducidos			Total	q	VDC
1	24	14	6	44	3	26
2	24	14	2	40	2	30
3	24	2	2	28	1	28
Máx. VDC						30

Nota: La tabla muestra los cálculos de los valores deducidos, teniendo en cuenta el valor de “q”.
Elaboración propia.

Figura 21

Curvas de corrección del VDC para pavimentos asfálticos.



Nota: La figura muestra curvas de corrección del VDC para pavimentos asfálticos en base al total de la suma de valores deducidos. Adaptado de: *Procedimiento estándar para la Inspección de Índice de Condición de Pavimento de Caminos y la Inspección de Índice de Condición de Pavimento de Caminos y Estacionamientos*, (p. 68), por ASTM D6433, 2018, Manual del PCI.



Para la UM 01, tendremos:

- Max VDC= 30
- PCI = 100-30 = 70 (bueno)

3.5.5 Interpretación de resultados

Después de llevar a cabo la evaluación en campo y procesar la información relevada, se han obtenido los índices de condición de pavimento en cada unidad de muestra evaluada. La tabla 9 muestra los resultados obtenidos en cada unidad de muestra, junto con su respectivo PCI y clasificación.

Tabla 9

Resumen de metrado de fallas.

Resumen de metrado de fallas					
Unidades de muestreo	Área (m ²)	PCI	Clasificación	PCI promedio	Estado de la vía
UM 01	248	70	Bueno		
UM 02	248	24	Muy Pobre		
UM 03	248	36	Pobre		
UM 04	248	100	Excelente		
UM 05	248	46	Regular	72.7	Muy Bueno
UM 06	248	100	Excelente		
UM 07	248	100	Excelente		
UM 08	248	51	Regular		
UM 09	248	100	Excelente		
UM 10	248	100	Excelente		

Nota: La tabla indica los cálculos de PCI realizados en cada unidad de muestra evaluada se pueden encontrar en el anexo 1 de la presente tesis. Elaboración propia.



3.6. MÉTODO DE APLICACIÓN DEL MANUAL DE CARRETERAS MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN VIAL DEL MTC.

3.6.1 Unidades de muestreo.

Las unidades de muestreo se realizaron en función a la norma “Manual de Carreteras-Mantenimiento o Conservación Vial del MTC (Niveles de servicio-inventario de condición-pavimento flexible-calzada berma)”, donde se tiene los siguientes datos:

- Longitud total de la vía: 1000m.
- Ancho de la sección evaluada: 6.2m.
- Longitud de la sección evaluada: 200m.
- Área de la sección evaluada: 1240m².

Después de verificar la vía, procedemos a medir en tramos de 200 metros de ancho de la vía, los 1000 metros longitudinales, llegando a obtener 5 unidades de muestra con áreas de 1240 m².

A diferencia del método PCI, el “manual de carreteras-mantenimiento o conservación vial del MTC”, no es por tramos aleatorios, más bien se da en toda la vía en secciones de 200m.

3.6.2 Levantamiento de fallas:

Para el levantamiento de fallas se tomó todas las medidas de seguridad en la vía de estudio, considerando equipos de protección personal y colectiva respectivamente:

- Equipos de Seguridad personal y colectiva.
- Chalecos de seguridad.



- Casco de seguridad.
- Zapatos de seguridad.
- Regla de sección rectangular de 1.0m.
- Flexo metálico de 8m.
- Pintura.
- Tiza

El proceso de identificación de fallas sigue las pautas establecidas en el "manual de carreteras - mantenimiento o conservación vial del MTC", que se describe en el marco teórico correspondiente. Además, se diseñó el formato de acuerdo con las recomendaciones mencionadas en el manual del MTC. En cuanto a la recopilación de datos y el cálculo de la calificación de la condición del pavimento, se utiliza una unidad de muestra como referencia.

En la figura N°22 se muestra el código de daño, el tipo de falla/deterioro y la gravedad, fallas existentes en la muestra. El cuadro se construyó de acuerdo al manual del MTC. Como se indica para inspección de pavimentos flexibles.

Figura 22

Ficha de evaluación del MTC

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																								
Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118											UNIDAD DE MEDIDA		UM - 01											
Fecha: 23/03/2024											ÁREA		1000 m ²											
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL											PROGRESIVA		5 + 000 / 5 + 200											
Clasificación de los deterioros / Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas: Área de deterioro A11(m ²) Número de deterioros (Nij) Longitud del	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EFij)	Extensión Promedio	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o			Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de									
												0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%		0: Sin Deterioros o sin Fallas	3: Severo Efp = Mayor a 30%							
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	0.5	4.4	2.2	6.2	200	1240	0.177419355	0.83710534	0	3.34842136	0	0	0	3.3484214							
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	0.9	4	3.6	6.2	200	1240	0.290322581														
			3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	0.5	3.9	1.95	6.2	200	1240	0.157258065														
	2	Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 2mm)	0.8	1	0.8	6.2	200	1240	0.064516129								0.0009005	0	0.00180099	0	0	0	0.001801
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas	0.002	0.7	0.0014	6.2	200	1240	0.000112903														
			3: Fisuras Gruesas corresponden a fisuras	0.004	1.5	0.006	6.2	200	1240	0.000483871														
	3	Deformación por Deficiencia Estructural	1: Profundidad de usuario < 2cm.	0.003	1	0.003	6.2	200	1240	0.000241935								0.03870968	0	0.07741935	0	0	0	0.0774194
			2: Fisuras gruesas corresponden a fisuras	0.004	3.9	0.0156	6.2	200	1240	0.001258065														
			1: Profundidad de usuario < 2cm.	0.6	0.8	0.48	6.2	200	1240	0.038709677														
Calzada Deterioro o fallas Superficiales	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m	0.3	0.4	1					6	0		0	0	100								
				0.2	0.1	1																		
				0.1	0.3	1																		
				0.4	0.5	1																		
				0.4	1	1																		
				0.3	0.8	1																		
											SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN													

Nota: Se muestra los datos recolectados de la unidad de muestra 01 (UM – 01) según la clasificación de fallas, código de daño. Adaptado de: *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*, (p. 106), por MTC, 2018. (<https://portal.mtc.gov.pe/transportes/caminos>).

En la unidad de muestra (UM01) se recolecto el tipo de falla piel de cocodrilo con sus respectivas medidas y gravedad según descrito en la figura 22, que es de 2.2m² de gravedad 1 (G-1) y aplicando la ecuación 4 de porcentaje de extensión del deterioro /falla:

Ecuación: 4

$$EF11 = \frac{A11}{AS} \times 100$$

Dónde:

EF11: Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EFij)

A11: Área del deterioro (daño 1, gravedad 1).



As: Área de la sección evaluada(m²).

También se recolecto el tipo de falla piel de cocodrilo con sus respectivas medidas y con gravedad 2 según descrito en la figura 22, Que es de 6.35 m² de gravedad 2 (G-2) y aplicando la ecuación de porcentaje de extensión del deterioro /falla:

Ecuación: 5

$$EF12 = \frac{A12}{AS} \times 100$$

Dónde:

EF12: Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EFij)

A12: Área del deterioro (daño 1, gravedad 2).

As: Área de la sección evaluada(m²).

Por último, se recolecto el tipo de falla piel de cocodrilo gravedad 3 según descrito en la figura 22, Que es de 15.93 m² de gravedad 3 (G-3) y aplicando la ecuación de porcentaje de extensión del deterioro /falla:

Ecuación: 6

$$EF13 = \frac{A13}{AS} \times 100$$

Dónde:

EF13: Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EFij)

A13: Área del deterioro (daño 1, gravedad 3).

As: Área de la sección evaluada(m²).

Con el área del daño de la sección evaluada se calcula la extensión promedio ponderada.

Ecuación: 7

$$EFp = \frac{EF11 \times A11 + EF12 \times A12 + EF13 \times A13}{A11 + A12 + A13}$$

Figura 23

Medición de calzada en vía



Nota: La imagen muestra la medición de la calzada. Elaboración propia.

Figura 24

Medición de tipo de falla



Nota: La imagen muestra el deterioro de la falla denominada bache o hueco. Elaboración propia.

3.6.2.1 Cálculo de calificación de condición:

Para hallar el cálculo de calificación de condición de pavimento se utiliza la ecuación **extensión promedio ponderada**, para después dar un puntaje de condición, según el porcentaje de extensión que se ha calculado de acuerdo al tipo de daño y sus intervalos de puntaje. La cual podemos observar en la tabla 10.

Tabla 10

Puntaje de condición resultante

Clasificación de los deterioros/fallas	Cod. de daño	Deterioros/fallas	Extensión promedio ponderada	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro.			Puntaje de condición resultante
	1	Piel de Cocodrilo	0.84	0	3.35	0 0 0	3.35

Nota: La siguiente tabla muestra el puntaje de condición resultante en cuanto al código de daño que es para nuestro caso Piel de Cocodrilo. Adaptado de: MTC, 2018.

En nuestro caso se tiene código de daño 1, deterioro o falla: Piel de cocodrilo, con una extensión promedio ponderado de 0.84%, como el promedio ponderado es menor a 10%, entonces el puntaje debe estar en el intervalo de mayor a 0 y menor a 40 puntos para este tipo de falla, para nuestro caso sería 3.35 como se puede ver en la tabla 10 para los intervalos de puntaje por tipo de falla.

En los casos restantes, el procedimiento de cálculo es análogo, con pequeñas diferencias en los rangos de puntuación para cada tipo de deterioro. Se agrega la puntuación total de condición para cada tipo de



deterioro o fallo, y luego se utiliza una ecuación para calcular la calificación de condición.

$$CC = 1000 - PC = 984.58$$

Según lo indicado en la Tabla 11, se observa un pavimento flexible con un puntaje de clasificación de condición 984. Basándose en esta evaluación, se estima que el tipo de conservación requerido para el tramo de 200 metros de longitud sería una “conservación rutinaria”.

Tabla 11

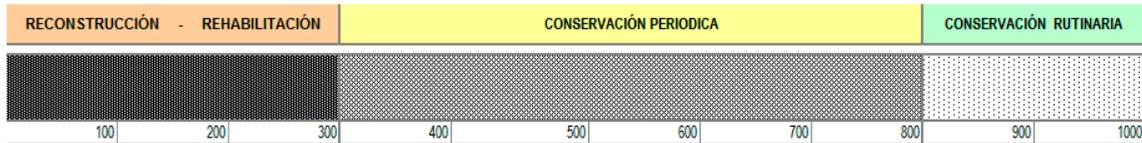
Puntaje de calificación de condición

Puntaje de calificación de condición	
Clasificación de condición	984.5723583
Clasificación de condición	984

Nota: La tabla muestra que llegó a una clasificación de 984.5 la cual se puede clasificar como “condición bueno”. Adaptado de: MTC, 2018.

Figura 25

Medidas de aplicación de conservación de los pavimentos de acuerdo al manual del MTC



Nota: La imagen muestra si el pavimento requiere de una reconstrucción - rehabilitación, conservación periódica o conservación rutinaria. Tomado de: *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*, (p. 106), por MTC, 2018. (<https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos>).

3.6.2.2 Resultados con el manual del MTC

El tipo de fallas identificados con el método del manual del MTC se presenta a continuación en la Tabla 12. En los cuales se muestra un resumen de puntajes de condición resultantes obtenidas del Anexo N° 01 de los resultados del MTC.

Tabla 12

Puntaje de condición

N° De falla	Falla o deterioro	UM 01	UM 02	UM 03	UM 04	UM 05	% de condición resultante	%
1	Piel de cocodrilo	3.75	3.75	0.08	1.72	0	9.3	35.28
2	Fisuras Longitudinales	0.02	0.35	0.02	0.002	0.012	0.404	1.53
3	Deformación por deficiencia estructural	0.08	0	0	0	0	0.08	0.30
4	Ahuellamiento	0	0	0	0	0	0	
5	Reparaciones o Parches	0	0	0	0.58	0	0.58	2.20



N° De falla	Falla o deterioro	UM 01	UM 02	UM 03	UM 04	UM 05	% de condición resultante	%
6	Peladura y Desprendimiento	0	0	0	0	0	0	0
7	Baches (Huecos)	12	4	0	0	0	16	60.69
8	Fisuras Transversales	0	0	0	0	0	0	0
9	Exudación	0	0	0	0	0	0	0
10	Daños Puntuales	0	0	0	0	0	0	0
11	Desnivel Calzada Berma	0	0	0	0	0	0	0
Total							26.364	100

Nota: La tabla muestra el resumen de porcentaje de condición resultante. Adaptado de: MTC, 2018

Tabla 13

Puntaje resultante de condición

Unidades de muestras	Progresivas (Km)	Puntaje de resultante de condición
UM - 01	5+000 - 5+200	15.43
UM - 02	5+200 - 5+400	8.1
UM - 03	5+400 - 5+600	0.1
UM - 04	5+600 - 5+800	2.3
UM - 05	5+800 - 6+000	0.11

Nota: La tabla nos muestra el resumen de puntaje resultante de condición según las unidades muestrales tomadas. Adaptado de: MTC, 2018.

Tabla 14

Estado de condición de pavimento

Unidades de muestras	Progresivas (Km)	Puntaje de resultante de condición	Calificación de condición	Estado de condición de pavimento
UM - 01	5+000 - 5+200	15.43	984.57	Condición bueno
UM - 02	5+200 - 5+400	8.1	991.89	Condición bueno
UM - 03	5+400 - 5+600	0.1	999.9	Condición bueno
UM - 04	5+600 - 5+800	2.3	997.69	Condición bueno
UM - 05	5+800 - 6+000	0.11	999.88	Condición bueno

Nota: la tabla muestra el resumen de estado de condición de pavimento. Adaptado de: MTC, 2018.

Tabla 15

Medidas de aplicación de condición de pavimentos según el MTC.

Reconstrucción rutinaria			Conservación periódica					Conservación rutinaria	
100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000

Nota: La tabla muestra la aplicación final que debe tener dicha vía conservación. Adaptado de: MTC, 2018.

Los resultados finales de las 5 unidades de muestro de la Carretera Atuncolla – Huata PU 118 puno – 2024. Tiene un promedio ponderado general de 994.786 de calificación para la condición de pavimento. Con esto se determinó que todas las unidades muestrales tienen un estado de condición como “bueno”.

3.7. VUELO FOTOGRAMÉTRICO

3.7.1 Equipo utilizado

Para la presente tesis, se ha empleado un multirrotor de la marca DJI, modelo Phantom 4 Pro V2, el cual se muestra en la siguiente figura:

Figura 26

VANT modelo Phantom 4 pro V2



Nota: la imagen muestra el modelo de VANT que se utilizó en las pruebas. Elaboración propia.

Entre sus características principales destacamos los siguientes:

- Peso, “baterías y hélices incluidas”: 1375 gr.
- Velocidad del Obturador mecánico 8 – 1/2000s
- Rango ISO: Vídeo: 100 – 3200 (auto) 100 – 6400(manual)
- Foto: 100 – 320 (auto) 100 – 12800 (manual)
- Capacidad de batería: 5770 mah.
- Sensor 1” 2” 3” CMOS Pixeles efectivos 20 Megapixeles.
- Velocidad máxima de ascenso modo S: 6m/s
- Velocidad máxima de ascenso modo S: 5m/s
- Velocidad máxima de descenso Modo S: 4m/s
- Velocidad máxima de descenso Modo P: 4m/s
- Velocidad máxima Modo S: 72 Km/h



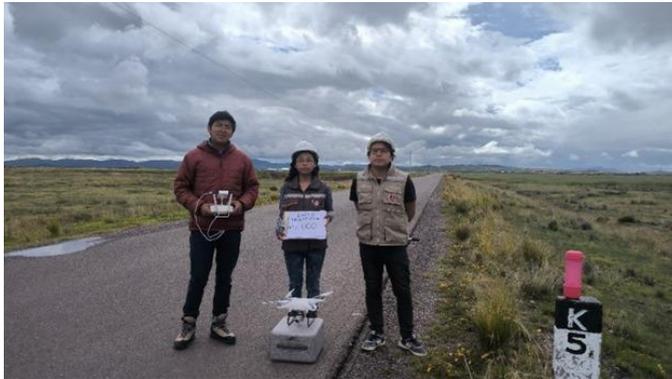
- Velocidad máxima Modo P: 50 Km/h
- Velocidad máxima Modo Á: 58 Km/h
- Tiempo máximo de vuelo: 30 min aprox.
- Resistencia máxima al viento: 10m/s
- Rango de temperatura de funcionamiento: 0°– 40 ° centígrados.
- Formatos de exportación de fotos: JPG, FNG(RAW), JPEG + DNG
- Formato de exportación de video: MP4/MOV, AVC/H264, HEVC/H.265
- Tarjetas sd compatibles: micro sd 128 Gb. (clase 10) u UHS-1
- Modos de fotografía: Disparo único, disparo en ráfaga: 3/5/7/10/14 fotogramas

3.7.2 Plan de vuelo

Para la planificación de vuelo, se utilizó la aplicación Dronedeploy. Esta herramienta está especialmente creada para la programación y planificación de vuelos automáticos de drones. Mediante su interfaz simple y directa, es posible definir el área a sobrevolar usando imágenes satelitales y establecer los parámetros de vuelo, tales como el modelo de cámara del VANT, la altitud del vuelo, y el porcentaje de superposición longitudinal y transversal entre las fotografías.

Figura 27

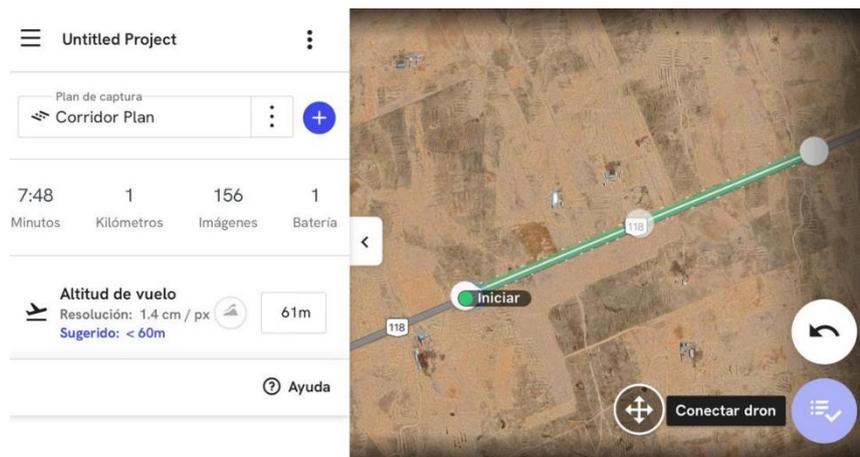
Equipo técnico



Nota: la imagen muestra el equipo técnico. Elaboración propia.

Figura 28

Interfaz de la aplicación dronedeploy



Nota: La imagen muestra la aplicación Dronedeploy para la programación de vuelo con VANT. Elaboración propia.

Con el propósito de detectar las fallas en el pavimento, esta metodología propone efectuar vuelos a una altitud de 18 metros para asegurar una resolución o GSD (Ground Sample Distance) de 8.56 milímetros por píxel. Asimismo, se contempla una superposición longitudinal debido a la realización de una línea de corredor. Tras la introducción de estos parámetros, el programa calculó la cantidad de líneas de vuelo, resultando en un total de 279 fotografías proyectadas.

3.7.3 Ejecución de vuelo

Para realizar el vuelo, se designa una zona de despegue, ya sea dentro o fuera del área de estudio, asegurándose de que no haya obstáculos que impidan el despegue y el vuelo del VANT. Antes del despegue, el piloto debe completar una lista de verificación para garantizar la viabilidad del vuelo.

- Comprobar que las hélices estén instaladas correctamente.
- Asegurarse de que tanto el VANT como el control remoto tengan una batería suficiente.
- Confirmar que exista una conexión adecuada entre el control remoto y el VANT.
- Establecer un punto de despegue y retorno en caso de pérdida de señal.
- Verificar que la tarjeta de memoria esté insertada correctamente.
- Comprobar que el plan de vuelo esté cargado correctamente.

Figura 29

Inicio de despegue del VANT



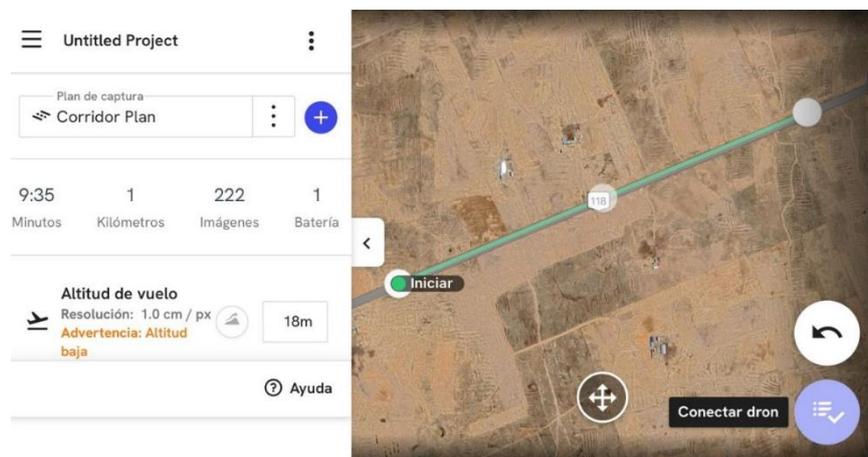
Nota: la fotografía muestra el inicio de despegue del VANT pilotado por el operador.

Elaboración propia.

Una vez que el VANT despegga y comienza el plan de vuelo, no se requiere intervención manual del piloto, excepto en casos donde sea necesario cancelar o pausar el vuelo debido a algún inconveniente que pueda afectar la recolección de datos. No obstante, durante la realización del vuelo, es posible monitorear en tiempo real la ubicación, velocidad, trayectoria, transmisión de imágenes, número de satélites GPS detectados, cantidad de fotografías tomadas y el porcentaje de carga de la batería del equipo.

Figura 30

Recorrido del VANT.



Nota: la imagen muestra el recorrido automático en pantalla del VANT. Elaboración propia.

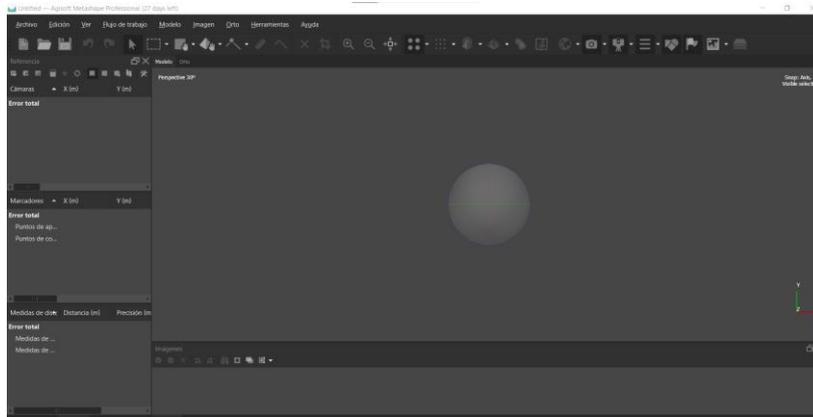
Al concluir el vuelo, el equipo está programado para regresar automáticamente al punto de despegue en la altura establecida. Todas las imágenes tomadas durante el vuelo se guardan en la memoria externa previamente insertada en el dispositivo. Posteriormente, estas imágenes pueden ser descargadas en el gabinete para su procesamiento.

3.7.4 Procesamiento de imágenes

El análisis de las imágenes capturadas durante el vuelo se lleva a cabo en el gabinete utilizando el software Agisoft Metashape.

Figura 31

Ventana de inicio del software Agisoft Metashape

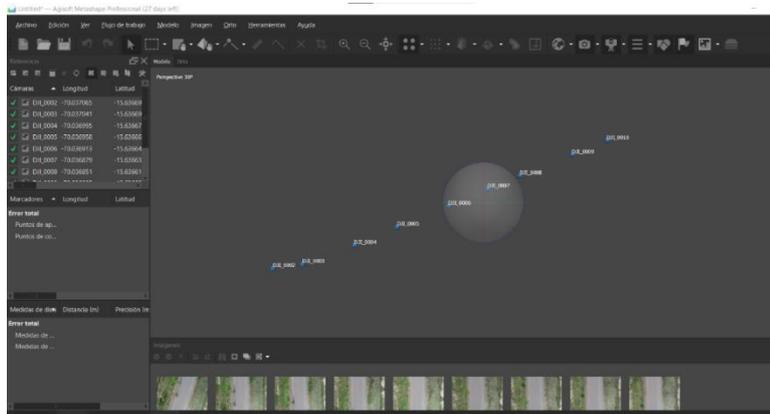


Nota: La imagen muestra la ventana de inicio del software Agisoft Metashape para llevar a cabo los procesos requeridos para nuestra investigación. Elaboración propia.

Se llevó a cabo el procesamiento inicial, en el cual se cargan las fotografías tomadas por el VANT el cual se ilustra en la figura 32.

Figura 32

Procesamiento inicial

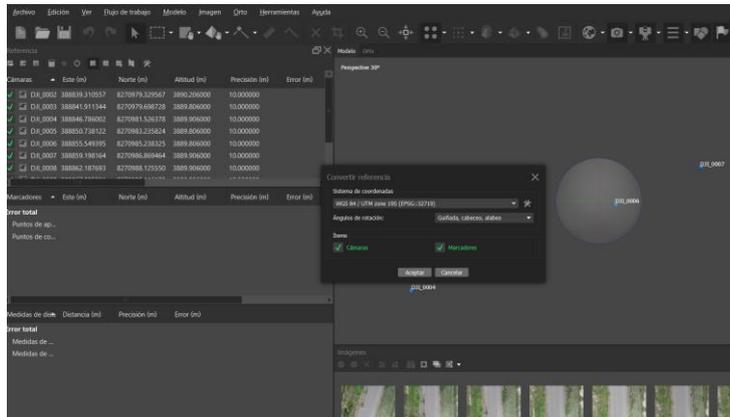


Nota: La figura muestra el procedimiento inicial el cual consta de cargar fotografías que se tomaron del VANT. Elaboración propia.

Se orientan los puntos con las coordenadas UTM de la zona de estudio que para nuestro caso el WGS 84 / UTM zona 19S.

Figura 33

Orientación de las coordenadas UTM

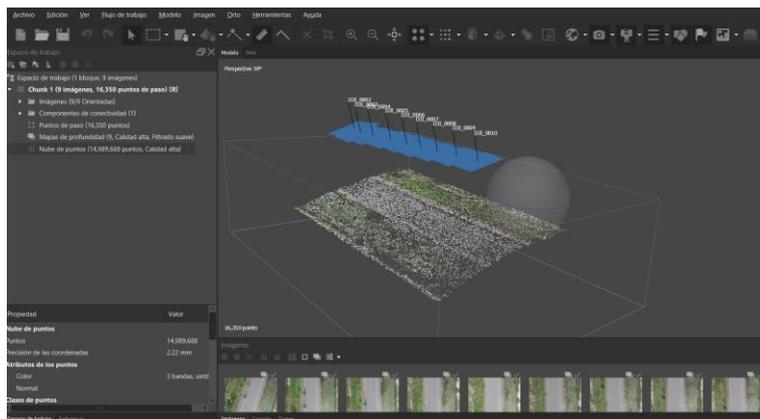


Nota: La imagen muestra la orientación de las coordenadas UTM de nuestra zona de estudio. Elaboración propia.

Continuando se ajusta las imágenes y produce los puntos de paso luego procedemos a la generación de nube de puntos densa el cual nos da 14,989,688 puntos, tal como se ilustra en la figura 34.

Figura 34

Generación de nube de puntos densa

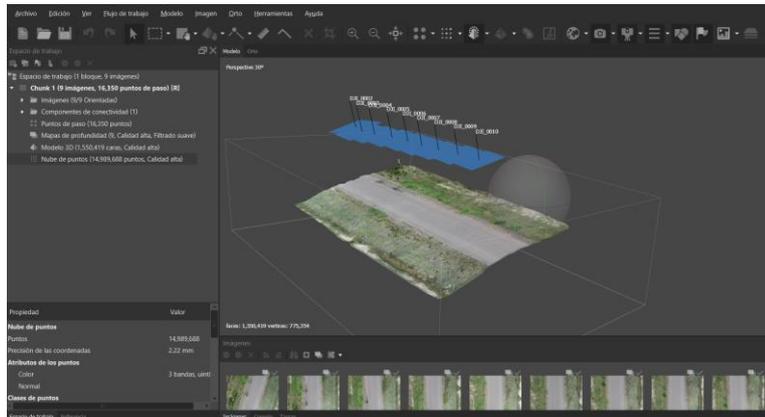


Nota: La imagen muestra la creación de nube de puntos densa después de haber ajustado las imágenes tomadas. Elaboración propia.

Como paso final se procede a la creación de una malla para generar el modelo digital en 3D de la vía en análisis, el cual se visualiza en la figura 35.

Figura 35

Creación de malla



Nota: La figura muestra la creación de la malla para generar un modelo digital. Elaboración propia.

3.7.5 Identificación y metrado de fallas

Figura 36

Identificación de metrado y fallas



Nota: La imagen muestra la identificación de fisuras longitudinales tomado por el dron. Elaboración propia.

Figura 37

Visualización de baches huecos



Nota: La imagen muestra la identificación de baches y/o huecos que se encuentran en la vía.
Elaboración propia.

Figura 38

Identificación de piel de cocodrilo.



Nota: La figura indica la identificación de la falla denominada piel de cocodrilo, la cual podremos medir para su clasificación respectiva. Elaboración propia.

3.7.6 Determinación del PCI con imágenes VANT georreferenciadas

La información resultante, junto con sus formatos de evaluación detallados en el Anexo 1, se presenta de acuerdo con el formato mostrado en la figura 39.

Tabla 16

Resumen de metrado de fallas (VANT)

Resumen de metrado de fallas (VANT)					
Unidades de Muestreo	Área (m2)	PCI	Clasificación	PCI promedio	Estado de la vía
UM 01	248	70	Bueno		
UM 02	248	23	Muy pobre		
UM 03	248	36	Pobre		
UM 04	248	100	Excelente		
UM 05	248	97.8	Excelente	72.7	Muy bueno
UM 06	248	100	Excelente		
UM 07	248	100	Excelente		
UM 08	248	51	Regular		
UM 09	248	100	Excelente		
UM 10	248	100	Excelente		

Nota: la tabla muestra el estado de condición de pavimento resultante como muy bueno.
Elaboración propia.

3.7.7 Determinación del MTC con imágenes VANT georreferenciadas

La información resultante, junto con sus formatos de evaluación detallados en el Anexo 1, se presenta de acuerdo a la figura 40.



Tabla 17

Resumen de puntaje de condición por medio de VANT PHANTON PRO V2

N°	Falla o deterioro	UM 01	UM 02	UM 03	UM 04	UM 05	% Condición resultante	%
1	Piel de cocodrilo	3.19	2.69	0.08	1.84	0	7.8	31.2
2	Fisuras Longitudinales	0.007	0.35	0.027	0.002	0.012	0.398	1.5
3	Deformación por deficiencia estructural	0.18	0	0	0	0	0.18	0.7
4	Ahuellamiento	0	0	0	0	0	0	0
5	Reparaciones o Parches	0	0	0	0.62		0.62	2.4
6	Peladura y Desprendimiento	0	0	0	0	0	0	0
7	Baches (Huecos)	12	4	0	0	0	16	64
8	Fisuras Transversales	0	0	0	0	0	0	0
9	Exudación	0	0	0	0	0	0	0
10	Daños Puntuales	0	0	0	0	0	0	0
11	Desnivel Calzada Berma	0	0	0	0	0	0	0
Total							24.998	100

Nota: La tabla muestra el resumen de porcentajes de condición de resultante según la fotogrametría que se realizó con el VANT. Adaptado de: MTC, 2018.



Tabla 18

Resumen de estado de condición de pavimento (VANT)

Unidades de muestra	Progresivas (Km)	Puntaje de resultante de condición	Calificación de condición	Estado de condición de pavimento
UM - 01	5 + 000 - 5 +200	15.37	984.61	Condición bueno
UM - 02	5 + 200 - 5 +400	7.03	992.97	Condición bueno
UM - 03	5 + 400 - 5 +600	0.11	999.89	Condición bueno
UM - 04	5 + 600 - 5 +800	2.47	997.53	Condición bueno
UM - 05	5 + 800 - 6 +000	0.12	999.88	Condición bueno

Nota: La tabla muestra el resumen de estado de condición de pavimento tomadas con la fotogrametría del VANT. Adaptado de: MTC, 2018.

Los resultados finales de las 5 unidades de muestreo con las imágenes tomadas del PHANTON PRO V2 de la Carretera Atuncolla – Huata PU 118 puno – 2024. Tiene un promedio ponderado general de 994.976 de calificación para la condición de pavimento. Con esto se determinó que todas las unidades muestrales tienen un estado de condición como “bueno”.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA RELACIÓN DEL PROCESO TRADICIONAL Y CON DRON EN EL TRAMO KM 5 -6.

La tabla 19 relaciona los resultados de PCI tradicional y PCI Dron, obtenidos como se muestra en la tabla:

Tabla 19

Resultados del método PCI tradicional y PCI dron

Resultados proceso PCI tradicional y PCI dron				
Unidades de muestras	Área(m2)	PCI tradicional	PCI dron	Diferencia
UM - 01	248	70	70	0
UM - 02	248	24	23	-1
UM - 03	248	36	36	0
UM - 04	248	100	100	0
UM - 05	248	97.8	100	2.2
UM - 06	248	100	100	0
UM - 07	248	100	100	0
UM - 08	248	51	51	0
UM - 09	248	100	100	0
UM - 10	248	100	100	0

Nota: La tabla muestra los resultados que se obtuvieron entre el método tradicional del PCI y el PCI dron. Elaboración propia.

La tabla 20 relaciona los resultados de MTC tradicional y MTC dron, obtenidos como se muestra en la tabla:

Tabla 20*Resultados del método MTC tradicional y MTC dron*

Resultados proceso tradicional MTC tradicional y MTC dron				
Unidades de muestras	Área(m2)	MTC tradicional	MTC dron	Diferencia
UM - 01	1240	984.47	984.61	0.14
UM - 02	1240	992.89	992.97	0.08
UM - 03	1240	999.9	999.89	-0.01
UM - 04	1240	997.7	997.53	-0.17
UM - 05	1240	999.88	999.88	0

Nota: La tabla muestra los resultados que se obtuvieron entre el método tradicional del MTC y el MTC con dron. Elaboración propia.

4.1.1 Correlación obtenida entre proceso tradicionales con dron.

4.1.1.1 Prueba de normalidad para PCI Tradicional y PCI dron

1) Hipótesis a contrastar

Hi: Los datos analizados siguen una distribución normal.

Ho: Los datos analizados no siguen una distribución normal.

2) Nivel de significancia

Confianza = 95%

Significancia (α) = 5%

3) Prueba estadística a emplear

La prueba de Shapiro-Wilk se utiliza cuando el tamaño de la muestra es igual o inferior a 30, siendo nuestra muestra igual a 10 datos optamos por esta prueba.

Tabla 21

Prueba de normalidad para Shapiro-Wilk PCI tradicional y PCI dron

Pruebas de normalidad			
Shapiro - Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
PCI tradicional	0.752	10	0.004
PCI dron	0.743	10	0.003

Nota: La tabla muestra un “p” valor menor a 0.05 para PCI tradicional y PCI dron. Adaptado de: Programa SPSS.

4) Criterio de decisión

- Si p valor $< \alpha$ aceptamos la hipótesis de investigación (H_i).
- Si p valor $\geq \alpha$ aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p valor < 0.05 , entonces rechazamos la hipótesis nula por lo que utilizaremos una prueba no paramétrica ya que nuestros datos no siguen una distribución normal.

4.1.1.2 Prueba de hipótesis (correlación de Spearman)

1) Hipótesis de investigación.

H_i : Los procesos tradicional y dron se relacionan positivamente para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: km 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.

H_o : Los procesos tradicional y dron no se relacionan positivamente para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: km 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.



2) Nivel de significancia

Confianza = 95%

Significancia (α) = 5%

3) Regla de decisión

- Si p valor $\geq \alpha$ aceptamos la hipótesis nula (H_0).
- Si p valor $< \alpha$ aceptamos la (H_1)

Tabla 22

Valores PCI tradicional y PCI dron

PCI tradicional	PCI dron
70	70
24	23
36	36
100	100
97	100
100	100
100	100
51	51
100	100
100	100

Nota: Se muestran los valores correspondientes para hacer la correlación de Spearman.
Elaboración propia.

Tabla 23

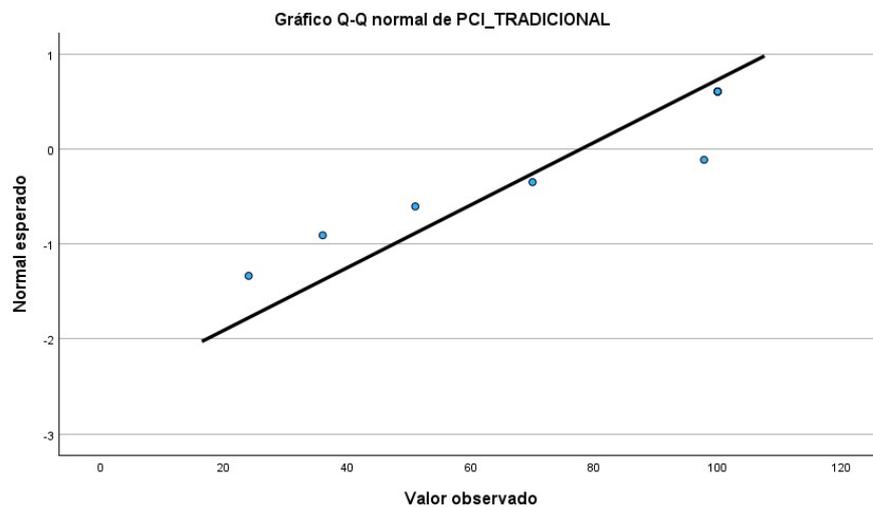
Correlación de Rho de Spearman

Correlaciones				
		PCI tradicional	PCI dron	
Rho de Spearman	PCI tradicional	N	10	
	Coeficiente de correlación		1	0.947
	Sig (bilateral)		.	<0.001
	PCI dron		N	10
	Coeficiente de correlación		0.947	1
	Sig (bilateral)		<0.001	.

Nota: Se detalla la correlación entre PCI tradicional y PCI dron con un “p” valor menor a 0.001 y un coeficiente de 0.947. Adaptado de: Programa SPSS.

Figura 41

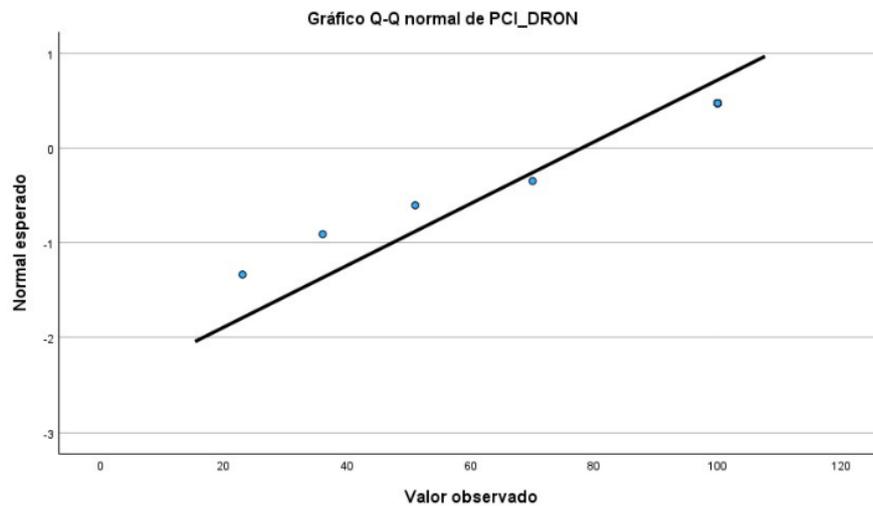
Gráfico Q-Q normal Del proceso PCI Tradicional



Nota: Se realiza el cálculo de correlación. Adaptado de: Programa SPSS.

Figura 42

Gráfico Q-Q normal Del proceso PCI Dron



Nota: Se realiza el cálculo de correlación. Adaptado de: Programa SPSS.

4.1.1.3 Prueba de normalidad para MTC Tradicional y MTC dron

1) **Hipótesis a contrastar**

Hi: Los datos analizados siguen una distribución normal.

Ho: Los datos analizados no siguen una distribución normal.

2) **Nivel de significancia**

Confianza = 95%

Significancia (α) = 5%

3) **Prueba estadística a emplear**

La prueba de Shapiro-Wilk se utiliza cuando el tamaño de la muestra es igual o inferior a 30, siendo nuestra muestra igual a 5 datos optamos por esta prueba.

Tabla 24

Prueba de normalidad para Shapiro-Wilk MTC tradicional y MTC dron

Pruebas de normalidad			
	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTC tradicional	0.837	10	0.156
MTC dron	0.841	10	0.168

Nota: La tabla indica un “p” valor mayor a 0.05 para PCI tradicional y PCI dron. Adaptado de: Programa SPSS.

4) **Criterio de decisión**

- Si p valor $< \alpha$ aceptamos la hipótesis de investigación (H_i).
- Si p valor $\geq \alpha$ aceptamos la hipótesis nula (H_o).

p valor ≥ 0.05 , entonces aceptamos la hipótesis nula por lo que utilizaremos una prueba paramétrica ya que nuestros datos siguen una distribución normal.

4.1.1.4 **Prueba de hipótesis (correlación de Pearson)**

1) **Hipótesis de investigación.**

Hi: Los procesos tradicional y dron se relacionan positivamente para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: km 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.

Ho: - Los procesos tradicional y dron no se relacionan positivamente para la detección de fallas mediante los métodos PCI Y MTC, tramo: km 5 al 6 - carretera Atuncolla–Huata Puno – 2024.



2) Nivel de significancia

confianza = 95%

significancia (α) = 0.05 (5%)

3) Regla de decisión

- Si p valor $\geq \alpha$ aceptamos la hipótesis nula (H_0).
- Si p valor $< \alpha$ aceptamos la (H_1)

Tabla 25

Valores MTC tradicional y MTC dron

MTC tradicional	MTC dron
984.5	984.6
992.9	993
999.9	999.9
997.7	997.5
999.9	999.9

Nota: Se muestran los valores correspondientes para hacer la correlación de Pearson.
Elaboración propia.

Tabla 26

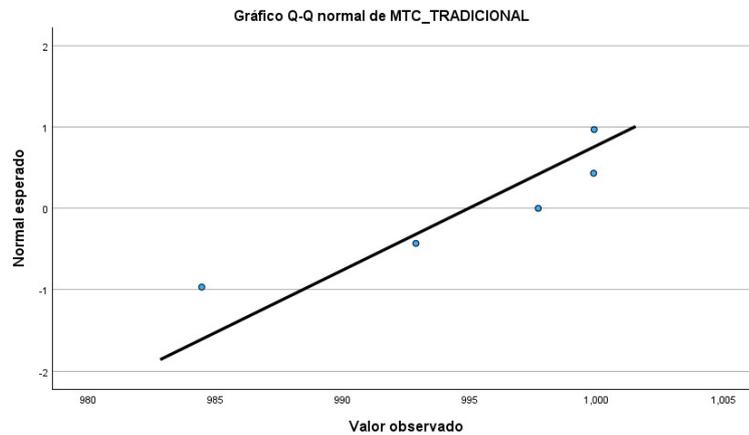
Correlación de Rho de Pearson

Correlaciones				
		MTC tradicional	MTC dron	
Rho de Pearson	MTC tradicional	Coef. De correlación	1	1.000
		Sig (bilateral)	.	<0.001
		N	5	5
	MTC dron	Coef. De correlación	1.000	1
		Sig (bilateral)	<0.001	.
		N	5	5

Nota: Se detalla la correlación entre MTC tradicional y MTC dron con un “p” valor menor a 0.001 y un coeficiente de 1.000. Adaptado de: Programa SPSS.

Figura 43

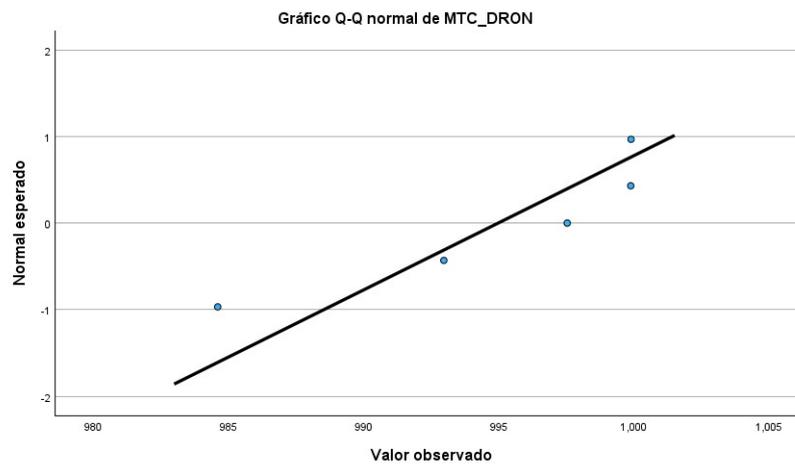
Gráfico-Q normal Del proceso MTC TRADICIONAL



Nota: Se realiza el cálculo de correlación. Adaptado de: Programa SPSS.

Figura 44

grafico-Q normal Del proceso MTC DRON



Nota: Se realiza el cálculo de correlación. Adaptado de: Programa SPSS.

Interpretación : Se tiene que el p - valor para Rho de Spearman y Rho de Pearson es $0.001 < 0.05$ con lo cual se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_i), a partir de ello se tiene evidencia para afirmar que existe relación entre las variables procesos tradicional y dron, así mismo presenta un coeficiente de Rho de Spearman de 0.947 el cual corresponde a una “correlación positiva muy alta” y Rho de Pearson de 1.000 que representa una correlación “positiva perfecta” (Sampieri, 2014), eso quiere decir que, los valores resultantes usando los procesos tradicional y dron son bastante próximos lo cual valida el método utilizando vehículos aéreos no tripulados como una opción para la evaluación superficial del pavimento mediante imágenes georreferenciadas.



Tabla 27

Interpretación del coeficiente de correlación de Spearman

Valor de rho	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0.99 a 0.99	Correlación negativa muy alta
-0.7 a 0.89	Correlación negativa alta
-0.4 a 0.69	Correlación negativa moderada
-0.2 a 0.39	Correlación negativa baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.2 a 0.39	Correlación positiva baja
0.4 a 0.69	Correlación positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlación positiva alta
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Nota: La tabla nos indica un valor de correlación positiva muy alta según el valor de rho de Spearman obtenido. Adaptado de:

(https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322015000300004)



Tabla 28

Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson

Valor de rho	Significado
-0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.75	Correlación negativa considerable
-0.50	Correlación negativa media
-0.25	Correlación negativa débil
-0.10	Correlación negativa muy débil
0.00	No existe correlación entre las variables
+0.10	Correlación positiva muy débil
+0.25	Correlación positiva débil
+0.50	Correlación positiva media
+0.75	Correlación positiva considerable
+0.90	Correlación positiva muy fuerte
+1.00	Correlación positiva perfecta

Nota: La tabla nos indica un valor de correlación positiva perfecta según el valor de rho de Pearson obtenido. Adaptado de: (Sampieri, 2014)

4.2. RESULTADOS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO MEDIANTE INSPECCIONES VISUALES TRADICIONALES EN EL TRAMO KM 5 - 6.

Resumen del metrado de fallas según método PCI Tradicional para la determinación del estado de la vía.



Tabla 29

Resumen de metrado de fallas PCI tradicional para determinar el estado de la vía.

Resultante metrado de fallas PCI tradicional					
Unidades de Muestreo	Área (m ²)	PCI	Clasificación	PCI promedio	Estado de la vía
UM 01	248	70	Bueno		
UM 02	248	24	Muy pobre		
UM 03	248	36	Pobre		
UM 04	248	100	Excelente		
UM 05	248	46	Regular	72.7	Muy bueno
UM 06	248	100	Excelente		
UM 07	248	100	Excelente		
UM 08	248	51	Regular		
UM 09	248	100	Excelente		
UM 10	248	100	Excelente		

Nota: La tabla nos muestra el estado de la vía según las 10 unidades de muestra que se han tomado.
Elaboración propia.

Los resultados finales de las 10 unidades de muestreo tramo de 5 Km. al 6 Km. de la carretera Atuncolla – Huata PU 118 puno – 2024. Tiene un “PCI tradicional” promedio de **72.7** de calificación según el resumen de metrado de fallas para la condición de pavimento. Con esto se determinó el estado de la vía como “muy bueno”.

Resumen de estado de condición de pavimento según el método MTC tradicional.

Tabla 30

Resumen de estado de condición de pavimento según el método MTC tradicional

Unidades de muestras	Progresiva. (Km)	Puntaje de condición resultante	Calificación de condición	Estado de condición de pavimento
UM - 01	5+000 - 5+200	15.43	984.57	Condición Bueno
UM - 02	5+200 - 5+400	8.1	991.89	Condición Bueno
UM - 03	5+400 - 5+600	0.1	999.9	Condición Bueno
UM - 04	5+600 - 5+800	2.3	997.69	Condición Bueno
UM - 05	5+800 - 6+000	0.11	999.88	Condición Bueno

Nota: La tabla nos muestra el estado de condición de pavimento según el método tradicional del MTC con las cinco unidades de muestra que se han tomado. Elaboración propia.

Los resultados finales de las 5 unidades de muestreo del tramo de 5 Km. al 6 Km. de la carretera Atuncolla – Huata PU 118 puno – 2024. Tiene un promedio ponderado general de **994.786** de calificación según manual “MTC tradicional” para la condición de pavimento. Con esto se determinó que todas las unidades muestrales tienen un estado de condición como “bueno”.

4.3. RESULTADOS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO MEDIANTE INSPECCIONES VISUALES CON EL USO DE DRON EN EL TRAMO KM 5 -6.



Tabla 31

Resumen de metrado de fallas para determinar el PCI con DRON

Resumen de metrado de fallas PCI con dron					
Unidades de Muestreo	Área (m2)	PCI DRON	Clasificación	PCI promedio	Estado de la vía
UM 01	248	70	Bueno		
UM 02	248	23	Muy pobre		
UM 03	248	36	Pobre		
UM 04	248	100	Excelente		
UM 05	248	100	Excelente	78.0	Muy bueno
UM 06	248	100	Excelente		
UM 07	248	100	Excelente		
UM 08	248	51	Regular		
UM 09	248	100	Excelente		
UM 10	248	100	Excelente		

Nota: La tabla nos muestra el estado de la vía según las 10 unidades de muestra que se han tomado.
Elaboración propia.

Los resultados finales de las 10 unidades de muestreo del tramo de 5 Km. al 6 Km. de la carretera Atuncolla – Huata PU 118 puno – 2024. Tiene un PCI CON DRON promedio de **78.0** de calificación según el resumen de metrado de fallas para la condición de pavimento. Con esto se determinó el estado de la vía como “muy bueno”.

Tabla 32

Estado de condición de pavimento para determinar el MTC con dron

Unidades de muestras	Progresivas (Km)	Puntaje de resultante de condición	Calificación de condición	Estado de condición de pavimento
UM - 01	5+000 - 5+200	15.38	984.61	Condición bueno
UM - 02	5+200 - 5+400	7.03	992.97	Condición bueno
UM - 03	5+400 - 5+600	0.11	999.89	Condición bueno
UM - 04	5+600 - 5+800	2.47	997.53	Condición bueno
UM - 05	5+800 - 6+000	0.12	999.88	Condición bueno

Nota: La tabla nos muestra el resultado del estado de condición de pavimento según el método del MTC con Dron según las cinco unidades de muestra que se han tomado. Elaboración propia.

Los resultados finales de las 5 unidades de muestreo del tramo de 5 Km. al 6 Km. de la carretera Atuncolla – Huata PU 118 puno – 2024. Tiene un promedio ponderado general de **994.976** de calificación según manual “MTC dron” para la condición de pavimento. Con esto se determinó que todas las unidades muestrales tienen un estado de condición como “bueno”.

4.4. RESULTADOS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE INSPECCIONES VISUALES TRADICIONALES Y DRON EN EL TRAMO KM 5 -6.

Tabla 33

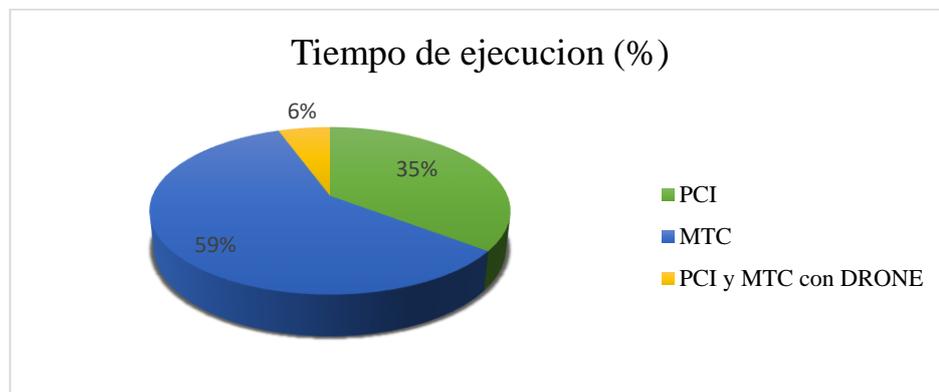
Tiempo de ejecución de los métodos PCI y MTC tradicional frente a dron.

Proceso	Jornada de tiempo	Tiempo de ejecución (min)
PCI Tradicional	1pm-4:30pm	180 min
MTC Tradicional	12pm-4:30 pm	300 min
PCI y MTC con DRON	10am-11:30am	28.06 min

Nota. Elaboración propia

Figura 45

Tiempo de ejecución de las pruebas (%)



Nota: la imagen muestra el porcentaje de tiempo que se tomó por prueba. Elaboración propia

Se presentan los siguientes resultados: Con el proceso "PCI tradicional", que implicó la evaluación de 10 unidades de muestra en **180** minutos con un equipo de 3 personas, y con el proceso "MTC tradicional", se estimaron 5 unidades de muestra en **300** minutos con el mismo equipo de 3 personas. En contraste, utilizando los métodos "PCI dron" y "MTC dron", se analizó toda la vía de 1000 metros en solo **28.06** minutos, con un equipo compuesto por un operador/piloto y un asistente. Esto indica claramente la superioridad del uso de drones sobre los métodos tradicionales, ya que permite una evaluación rápida de toda la vía sin necesidad de establecer unidades mínimas de muestra ni realizar muestreos adicionales. Esto se traduce en una mayor eficiencia en la obtención de datos sobre las fallas en el pavimento.

Tabla 34

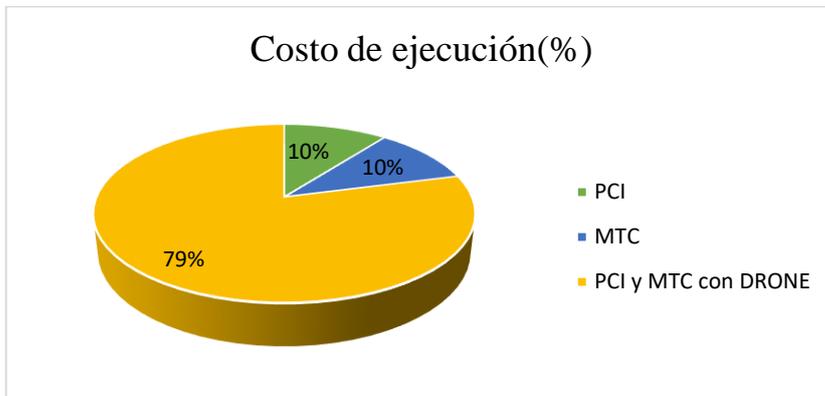
Presupuesto aproximado por cada método.

N°	Descripción	Metrado	UND	Precio S/.	Parcial S/.	Subtotal S/.
1	Proceso PCI tradicional					307.4
	Equipo de medición	1	glb	40	40	
	Tizas	3	caja	2.8	8.4	
	Impresión de hojas	20	und	0.2	4	
	Pasajes	3	und	5	15	
	Alimentación	3	und	10	30	
	Pago de personal técnico	2	jornal	80	160	
	Pago de asistente	1	jornal	50	50	
2	Proceso MTC tradicional					307.4
	Equipo de medición	1	glb	40	40	
	Tizas	3	caja	2.8	8.4	
	Impresión de hojas	20	und	0.2	4	
	Pasajes	3	und	5	15	
	Viáticos	3	und	10	30	
	Pago de personal Técnico	2	jornal	80	160	
	Pago de asistente	1	jornal	50	50	
3	Proceso PCI Y MTC con dron					2320
	Alquiler de camioneta	1	x día	130	130	
	Alquiler de Dron+ Operador	1	km	2000	2000	
	Alimentación	3	und	10	30	
	Pago de chofer	1	jornal	80	80	
	Pago de personal técnico	1	jornal	80	80	
					total	2934.8

Nota: La tabla muestra el presupuesto aproximado que se tomó en cada uno de los procedimientos y presupuesto general. Elaboración propia

Figura 46

Costo de ejecución de las pruebas (%)



Nota: La tabla muestra el porcentaje del presupuesto que se tomó en cada uno de los métodos.

Elaboración propia.

En términos de eficiencia de costo para la evaluación de fallas en campo, nos dieron los siguientes resultados los procesos tradicionales PCI y MTC arrojaron un costo igual de **307.40** soles por jornada, utilizando el proceso con dron esta cifra se eleva a **2320.00** soles cuya diferencia es muy notable esto demuestra una ventaja en el uso de métodos tradicionales.

Tabla 35

Ventajas y desventajas de métodos tradicionales y con la incorporación de dron.

Proceso	Ventajas	Desventajas
PCI TRAD.	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un menor costo de ejecución a comparación del procedimiento con Dron. - Tiene una mayor eficiencia de tiempo con respecto al método usando MTC tradicional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene una menor eficiencia de tiempo con respecto al procedimiento usando una Dron. - Puede existir errores de medición por el operador - No se puede verificar la medida e intensidad de las fallas después de haber hecho el recorrido
MTC TRAD.	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un menor costo de ejecución a comparación del procedimiento con DRON 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene una menor eficiencia de tiempo con respecto al método usando una Dron y PCI tradicional. - Puede existir errores de medición por el operador - No se puede verificar la medida e intensidad de las fallas después de haber hecho el recorrido
PCI-MTC Dron	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene una mayor eficiencia de tiempo (29%) con respecto al método PCI tradicional y (53%) al MTC tradicional. - Tiene una mayor cobertura visual. - Solo se necesita de un operador de VANT y un asistente de campo. - Se puede verificar la medida e intensidad de las fallas cuantas veces se requiera. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un mayor costo de ejecución (69%) a comparación del PCI y MTC tradicionales. - No se puede realizar las pruebas en climas desfavorables. - No se precisa exactitud en cuestión de profundidad de fallas.

Nota: la siguiente tabla muestra las ventajas y desventajas de la relación de los procesos de PCI Y MTC tradicional respectivamente frente al uso de dron. Elaboración propia.



4.5. DISCUSIÓN

Según Ruiz & Torres (2022), la evaluación realizada con dron y el método VIZIR determinó que la carretera evaluada varía de regular a mala en diferentes tramos. Se identificaron problemas como huellas, desprendimientos, baches, fisuras, pérdida de la capa de unión y de agregados, erosión de los márgenes, exudación y deterioro de los bordes del pavimento, además se obtuvieron diferentes ventajas como realizar la inspección de 3000m de vía en 120 minutos, no exponer al personal a los vehículos, no se interrumpió el tránsito, no se necesitó una gran cantidad de personal ni el uso de dispositivos para cerrar la calle, como conos, barreras o cintas de seguridad lo que resultó en costos de inspección muy bajos. Finalmente, estos resultados repercuten positivamente en nuestra investigación, ya que obtuvimos tiempos reducidos de 28.06 min para 1000m con el uso de dron y no necesitamos de otro tipo de materiales utilizados en los métodos tradicionales demostrando que el uso de drones es una opción viable para llevar a cabo evaluaciones de pavimentos. Este enfoque se convierte en un método rápido y eficaz para actividades relacionadas con la ingeniería y la gestión de pavimentos.

Según Calsina (2021), se empleó fotogrametría aérea y el método PCI para evaluar el pavimento en Jr. Beltrán Rivera, Puno. La investigación toma 4 tramos para la determinación del PCI con un total de 280 m. evaluados Los primeros tres tramos necesitan intervención urgente, con un PCI promedio de 7.91 (Fallado), mientras que el cuarto tramo tiene un PCI de 94.99 (Excelente) y necesita mantenimiento rutinario. La fotogrametría aérea ofrece resultados más precisos y rápidos en comparación con el método manual de PCI, que es más costoso y requiere más tiempo. La utilización de fotogrametría aérea cubrió un área de vuelo de 7429 m², que incluyó una vía de 1960 m² dividida en 4 tramos. Finalmente se usó el método PCI para identificar defectos significativos, tales como el pulimento de agregados, losas divididas, parches extensos,



grietas lineales y grietas en las esquinas. Estos resultados, son similares a los del presente estudio en el cual obtuvimos una diferencia mínima entre la determinación del PCI mediante el proceso tradicional y el empleo de drones, lo que valida nuestra investigación.

Según Sullo (2022), determinó que el uso del dron Phantom 4 Pro V2.0 permitió reducir los costos en un 20% en comparación con el método manual del Índice de Condición de Pavimento (PCI) al elaborar un inventario de fallas en el pavimento flexible de la Avenida Los Próceres en Azángaro, Puno. Además, el tiempo necesario se redujo en un 38% en comparación con el PCI manual para la misma tarea. La utilización del dron también facilitó completar el trabajo en un tiempo más corto, sin necesidad de cerrar calles o jirones, lo que contribuyó a la seguridad de los evaluadores al evitar exponer sus vidas al riesgo asociado con el método manual. Esta diferencia evidencia un significativo beneficio al usar el dron para recopilar la información en comparación con el método manual, el cual consume más tiempo y demanda de más personal para obtener un productividad óptima, lo que aumenta los costos asociados. En nuestra investigación, se determinó que el uso del método PCI cuesta un 69% menos en comparación al uso del dron Phantom 4 Pro V2.0. Además, el tiempo necesario se redujo en un 29% en comparación con el PCI manual para la misma tarea.

Según Cruz (2018) concluyó que, en relación a los rendimientos para el relevamiento de las fallas en campo, se evaluaron 7 unidades de muestra de 40m cada una en 330 minutos con el método convencional con un personal constituido por 3 personas. Utilizando el método VANT, se evaluaron los 510 metros de la vía en tan solo 7 minutos, con un equipo compuesto por un operador/piloto y un asistente. Esto muestra una gran ventaja del uso de VANT en comparación con el método convencional, ya que permite evaluar la totalidad de la vía en un tiempo reducido, sin necesidad de determinar unidades mínimas de muestra o tomar muestras adicionales, lo que reduce significativamente los



costos de inspección. Estos hallazgos respaldan nuestra investigación al comparar los resultados obtenidos mediante diferentes métodos de evaluación. Con el método tradicional de "PCI", se evaluaron 10 unidades de muestra de 40 metros cada una en un tiempo total de 180 minutos, utilizando un equipo de 3 personas. En contraste, con el método "MTC tradicional", se evaluaron 5 unidades de muestra en 300 minutos, también con un equipo de 3 personas. En cambio, utilizando el método con dron, se evaluó toda una vía de 1000 metros en solo 28.06 minutos, con un equipo compuesto por un operador/piloto y un asistente. Estos resultados subrayan la clara ventaja del uso de vehículos aéreos no tripulados sobre los métodos convencionales.

Según Olaya (2021), la investigación demostró que la combinación del uso de VANT junto con el método PCI permitió definir de manera efectiva el estado de conservación del pavimento, obteniendo un índice PCI de 64, lo cual corresponde a un estado de conservación "bueno". Las visitas realizadas al lugar de estudio respaldaron esta conclusión. De manera similar, en nuestro estudio se determinó un PCI de 72.7 utilizando drones, lo que resultó en una clasificación de "muy bueno". Estos resultados confirman la eficacia del uso de drones en la evaluación de pavimentos.



V. CONCLUSIONES

- Después de relacionar los procesos tradicional y dron para la detección de fallas mediante los métodos PCI y MTC, se concluye que el uso de drones es una estrategia favorable ya que puede ser utilizada para complementar el proceso tradicional. La relación entre ambos proporciona una evaluación integral del estado del pavimento, aprovechando las fortalezas de cada enfoque.
- La inspección visual tradicional con el método PCI permitió obtener una calificación de 77.88 que es el resultado promedio después de haber analizado las 10 unidades de muestra clasificando el estado de la vía como “muy bueno”. En tanto que la inspección visual tradicional con el método MTC dio como resultado 994.786 que es el promedio de las 5 unidades de muestra registrando un estado de condición “bueno”. La inspección visual tradicional es ideal para evaluaciones detalladas y específicas de áreas críticas del pavimento flexible, permitiendo la inspección táctil y visual cercana.
- La inspección con fotogrametría mediante el uso de dron permitió describir una perspectiva aérea del pavimento, el cual dio como resultado un PCI igual a 78 catalogando el estado de la vía como “muy bueno” y un MTC de 994.976 registrando el estado de condición como “bueno”.
- Después de determinar las ventajas y desventajas de inspecciones visuales tradicionales y dron, se concluye que el tiempo de ejecución utilizando dron es 29% menor al PCI tradicional y 53% menor al MTC tradicional, Además, los drones son altamente eficientes cubriendo grandes áreas en un corto período de tiempo, añadiendo que sólo se necesita de un operador de dron y un asistente de campo, también se puede verificar la medida e intensidad de



las fallas cuantas veces se requiera. Dentro de sus desventajas, el costo de ejecución usando dron es un 69% mayor al proceso tradicional del PCI y MTC, el dron no puede realizar la detección de fallas en climas desfavorables y no se precisa la exactitud en cuestión de profundidad de fallas.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar a fondo la integración de la inspección visual tradicional y el uso de drones para la detección de fallas en pavimentos, considerando diferentes contextos y condiciones de lugares de estudio.
- Se sugiere investigar el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia y precisión de las inspecciones con drones. Esto podría incluir el uso de sistemas de inteligencia artificial y análisis de datos avanzados para una evaluación más automatizada del estado del pavimento.
- Considerar el costo inicial de adquisición y operación de drones.
- Se recomienda investigar las limitaciones y desafíos asociados con el uso de drones, como la dificultad para realizar inspecciones en condiciones climáticas desfavorables y la precisión en la detección de fallas profundas como baches, hundimientos, etc.
- Se sugiere investigar cómo aceptan los usuarios y las autoridades viales el uso de drones para evaluar pavimentos, esto incluye entender sus actitudes hacia esta tecnología.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bravo, M. (2020). Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI. Lima, Perú.
- Campos, J., & Trevejo, L. (2021). Comparación del método de índice de condición del pavimento (PCI) y del método del MTC para la evaluación óptima del pavimento asfáltico. Lima, Perú.
- Choque, J. (2019). Estudio comparativo del método PCI y el Manual de conservación vial MTC en la evaluación Superficial de Pavimento Flexible Tramo EMP.PE-3S - Atuncolla, 2017. Puno, Perú. Puno, Perú.
- Cruz. (2018). Cálculo del Índice de Condición del Pavimento. Lima.
- DCEIT. (s.f). Prueba de hipótesis. Mexico.
- Fiestas, C., & Merino, F. (2020). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones. Piura, Perú.
- Flores, C., & Carla, F. (Abril de 2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson Darling, Ryan-joiner, Shapiro-wilk y Kolmogórov-smirnov. Ecuador.
- Gonzales, R., Ucán, J., Sánchez, I., Medina, R., Árcega, F., Zetina, C., & Casares, R. (2019). Drones. aplicaciones en ingeniería civil y geociencias. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 331.
- Lizana, P. (2021). Uso del método PCI para la evaluación del pavimento flexible en la Av. Grau, distrito de Castilla. Piura, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documento



s/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-08-

14%20Mantenimiento%20o%20Conservacion%20y%20Parte_4_Mant_Ruti
nario_Caminos_Vecinales_GL_OK.pdf

- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras* . Bogota: Agora Editores.
- Montesinos, S. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones en la ingeniería civil*. Madrid, España.
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial* . Lima, Peru.
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- Norma ASTM 6433. (2018). *Procedimiento estándar para la inspección de índice de condición de pavimento de caminos y estacionamientos*. United States.
- Olaya, F., & Ramos, R. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible del paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando tecnología VANT* . Piura, Perú.
- Paredes, D., & Beltran, A. (2015). *Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*. Madrid, España.
- Reuter, F., & Pendenovi, A. (marzo de 2019). *Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería*. *Cátedra de teledetección*. Santiago del Estero.
- Rojas, F. (s.f). *Metodología de la Investigación para ingeniería civil*. Puno, Peru.
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw-Hill.



- Sanchez, C. (Enero de 2023). Las pruebas de normalidad. Colombia.
- Sotil, A. (2005). Use of the Dynamic Modulus E* Test as Permanent Deformation Performance Criteria for Asphalt Pavement Systems. Arizona, The United States.
- Tapia, M. (2018). Pavimentos. Ciudad de Mexico: Facultad de Ingenieria DECDFI.
- Tomic, L. (2020). Runway pavement inspections using drone - safety. Belgrade , Serbia.
- Vargas, C. (2018). Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de la calle séptima en el municipio de Cajica Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
- Vazquez, L. (febrero de 2002). Pavement condition index (PCI) Para pavimentos asfálticos de concreto en carreteras. Manizales, Colombia: Ingepav.
- Vilca, R., & Cuba, A. (2020). Evaluación superficial en pavimentos flexibles aplicando la metodología PCI, IRI y deflectometria en las Av. floral y el sol de la ciudad de puno 2019. Puno, Perú. Puno, Peru.
- Vinicius, M. (16 de octubre de 2020). *Patologías del asfalto por obras de sustitución de red en Gurupi*. Obtenido de <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-civil/patologias-del-asfalto#>



ANEXOS

ANEXO 1 Fichas de evaluación de procesos tradicionales y dron digital.

ANEXO 2 Especificaciones técnicas del dron.

ANEXO 3 Cotizaciones para alquiler de dron.

ANEXO 4 Solicitud de permiso para realizar estudios.

ANEXO 5 Instrumentos documentales de los métodos utilizados.

ANEXO 6 Panel fotográfico.



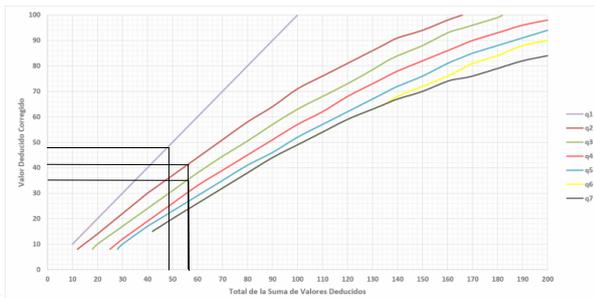
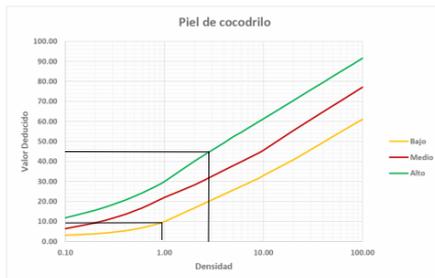
PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA

EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)															
CARRETERA DE ESTUDIO : CARRETERA ATUNCOLLA – HUATA PU 118							UNIDAD DE MEDIDA	UM-08							
Fecha: 23/03/2024							AREA	248							
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL							progresiva	5+720 / 5+760							
TIPOS DE FALLA															
1 Piel de cocodrilo m2	8 Grietas de reflexión de juntas m	15 Ahuellamiento m2													
2 Exudación m2	9 Desnivel de calzada - hombrillo m	16 Deformación por empuje m2													
3 Grietas de contracción (bloque) m2	10 Grietas longitudinales y transversales m	17 Grietas de deslizamiento m2													
4 Flevaciones - Hundimientos m	11 Parcheo m2	18 Hinchamiento m2													
5 Corrugaciones m2	12 Agregados pulidos m2	19 Disgregación y Desintegración m2													
6 Depresiones m2	13 Huecos N°														
7 Grietas de borde m	14 Accesos a puentes m2														
FALLAS EXISTENTES EN CAMPO															
Cant.	1				10										
	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	Sev.
86 - 100	EXCELENTE														
71 - 85	MUY BUENO														
56 - 70	BUENO														
41 - 55	REGULAR														
26 - 40	POBRE														
11 - 25	MUY POBRE														
0 - 10	FALLADO														
TOTAL		BAJA (L) MEDIA (M) ALTA (H)				BAJA (L) MEDIA (M) ALTA (H)				BAJA (L) MEDIA (M) ALTA (H)					
		2.40				9.60				7.26					
CALCULO DEL PCI															
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN												
1	0.97	L	9.6												
1	2.93	H	45												
10	3.87	L	2.1												
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			56.7												
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC			49												
				Indice de condicion del pavimento PCI	51	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO		REGULAR							

numero de valores deducidos >2 (q) 3
valor deducido mas alto (MaxVDi) 45
numero maximo de valores deducidos mi 6

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - \text{MaxVDi})$$

N°	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	q	VDC
1	45	9.6	2.1	56.7	3	36
2	45	9.6	2	56.6	2	42
3	45	2		49	1	49
				max VDC		49





PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)

CARRETERA DE ESTUDIO : CARRETERA ATUNCOLLA – HUATA PU 118 Fecha: 23/03/2024 Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL	UNIDAD DE MEDIDA AREA	UM-09 248 progresiva 5+840 / 5+880	
--	---------------------------------	--	--

TIPOS DE FALLA

1 Piel de cocodrilo m ²	8 Grietas de reflexión de juntas m	15 Ahuellamiento m ²
2 Exudación m ²	9 Desnivel de calzada - hombrillo m	16 Deformación por empuje m ²
3 Grietas de contracción (bloque) m ²	10 Grietas longitudinales y transversales m	17 Grietas de deslizamiento m ²
4 Flevaciones - Hundimientos m	11 Parcheo m ²	18 Hinchamiento m ²
5 Corrugaciones m ²	12 Agregados pulidos m ²	19 Disgregación y Desintegración m ²
6 Depresiones m ²	13 Huecos N°	
7 Grietas de borde m	14 Accesos a puentes m ²	

FALLAS EXISTENTES EN CAMPO

		10																				
		Cant.				Sev.	Cant.				Sev.	Cant.				Sev.						
		L(m)	A(m)	P(m)	Cant par		L(m)	A(m)	P(m)	Cant par		L(m)	A(m)	P(m)	Cant par							
86 - 100	EXCELENTE																					
71 - 85	MUY BUENO																					
56 - 70	BUENO	1.80																				
41 - 55	REGULAR																					
26 - 40	POBRE																					
11 - 25	MUY POBRE																					
0 - 10	FALLADO																					
TOTAL	BAJA (L)	1.80																				
	MEDIA (M)																					
	ALTA (H)																					

CALCULO DEL PCI

TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
10	0.73	L	0
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			0
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC			0

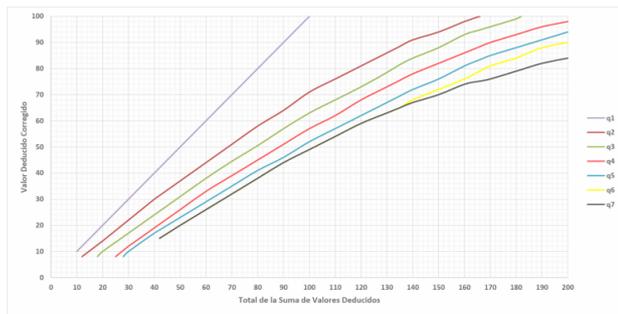
5+360 5+370 5+380 5+390 5+400

índice de condición del pavimento PCI	100	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	EXCELENTE
---	-----	--------------------------------	-----------

numero de valores deducidos >2 (q) 0
 valor deducido mas alto (MaxVDi) 0
 numero maximo de valores deducidos mi 10

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - \text{MaxVDi})$$

N°	VALORES DEDUCIDOS	TOTAL	q	VDC
1	0	0	1	0
		max VDC		0





PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA (DRONE)

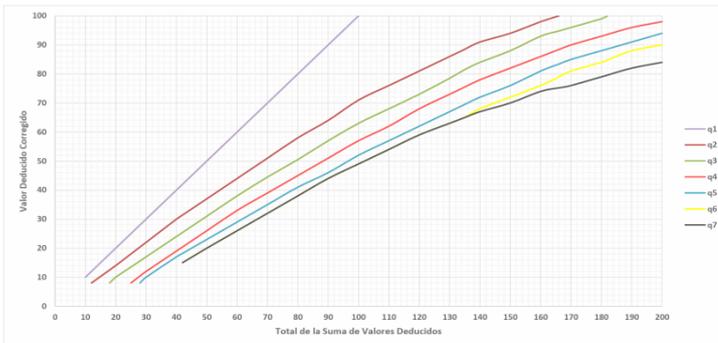
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)																		
CARRETERA DE ESTUDIO : CARRETERA ATUNCOLLA – HUATA PU 118										UNIDAD DE MEDIDA		UM-09						
Fecha: 23/03/2024										AREA		248						
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL										progresiva		5+840 / 5+880						
TIPOS DE FALLA																		
1 Piel de cocodrilo m2	8 Grietas de reflexión de juntas m	15 Ahuellamiento m2																
2 Exudación m2	9 Desnivel de calzada - hombrillo m	16 Deformación por empuje m2																
3 Grietas de contracción (bloque) m2	10 Grietas longitudinales y transversales m	17 Grietas de deslizamiento m2																
4 Flevaciones - Hundimientos m	11 Parcheo m2	18 Hinchamiento m2																
5 Corrugaciones m2	12 Agregados pulidos m2	19 Disgregación y Desintegración m2																
6 Depresiones m2	13 Huecos N°																	
7 Grietas de borde m	14 Accesos a puentes m2																	
FALLAS EXISTENTES EN CAMPO																		
10																		
		Cant.			Sev.	Cant.			Sev.	Cant.			Sev.	Cant.			Sev.	
86 - 100	EXCELENTE	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	L(m)	A(m)	P(m)	Cant par	
71 - 85	MUY BUENO	1.86																
56 - 70	BUENO				1.86	L												
41 - 55	REGULAR																	
26 - 40	POBRE																	
11 - 25	MUY POBRE																	
0 - 10	FALLADO																	
TOTAL					1.86													
		BAJA (L)																
		MEDIA (M)																
		ALTA (H)																
CALCULO DEL PCI																		
TIPO DE FALLA	DENSIDAD %	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN															
10	0.75	L	0															
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			0															
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC			0															
indice de condicion del pavimento PCI		100	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	EXCELENTE														



numero de valores deducidos >2 (q) 0
 valor deducido mas alto (MaxVDi) 0
 numero maximo de valores deducidos mi 10

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - MaxVDi)$$

N°	VALORES DEDUCIDOS	TOTAL	q	VDC
1	0	0	1	0
		max VDC		0



MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATAPI 118		UNIDAD DE MEDIDA		UM - 01												
Fecha: 23/03/2024		ÁREA		1.000 m ²												
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL		PROGRESIVA		5 + 000 / 5 + 200												
Clasificación de los deterioros / Fallas	Codigo de deterioros / Fallas	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo (m)	Medidas: Area de deterioro A1(m ²) Numero de deterioros (N1) Longitud del deterioro (L1)	Ancho de la Sección de la Evaluada (m)	Longitud de la Sección de la Evaluada (m)	Area de la Sección Evaluada (m ²) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EF1)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de Deterioro o Condición Resultante Por cada Tipo de				
												0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%	3: Severo Efp = Mayor a 30%	
1		Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	0.5	4.4	2.2	6.2	200	1240	0.177419355	0	3.34842136	0	0	0	3.3484214
				0.9	4	3.6	6.2	200	1240	0.290322581						
				0.5	3.9	1.95	6.2	200	1240	0.157258065						
2		Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho $\leq 1mm$) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras	0.004	15	0.06	6.2	200	1240	0.00483871	0	0.00777081	0	0	0	0.0077708
				0.003	1	0.003	6.2	200	1240	0.000241935						
				0.004	3.9	0.0156	6.2	200	1240	0.001258065						
3		Deformación por Deficiencia Estructural	1: Profundidad de usuario < 2cm.	0.6	1.8	1.08	6.2	200	1240	0.087096774	0	0.17419355	0	0	0	0.1741935
7		Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m	0.3	0.4	1	6.2	200	1240	0.087096774	6	12	0	0	0	12
				0.2	0.1	1										
				0.4	0.3	1										
				0.4	0.5	1										
				0.8	1	1										
				0.7	0.8	1										
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN											SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN					
CLASIFICACIÓN DE CONDICIÓN = 984.4696143											984.4696143					
CLASIFICACIÓN DE CONDICIÓN = 883											883					
TIPOS DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN											800					
											CONDICIÓN BUENO					
											300 < 800					
											CONDICIÓN REGULAR					
											CONDICIÓN MALO					
											< 300					

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																																		
UNIDAD DE MEDIDA										UM - 01																								
ÁREA										1000 m ²																								
Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas: Área de deterioro Aij(m2) Numero de	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi)	Extensión Promedio Ponderada	PUNTAJE DE CONDICIÓN SEGÚN EXTENSIÓN DE CADA TIPO DE DETERIORO O PROGRESIVA			Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de																			
												0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%		3: Severo Efp = Mayor a 30%																		
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrilo	2: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	1.5	0.6	0.9	6.2	200	1240	0.07258065	0.6893252	0	2.75730081	0	2.75730081																			
				1.1	10	11	6.2	200	1240	0.88709677		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				1	3.9	3.9	6.2	200	1240	0.31451613		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				1.1	10	11	6.2	200	1240	0.88709677		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				2	0.88	1.76	6.2	200	1240	0.14193548		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				1	5.4	5.4	6.2	200	1240	0.43548387		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				0.2	0.1	0.02	6.2	200	1240	0.0016129		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				0.2	4.2	0.84	6.2	200	1240	0.06774194		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				0.2	13.2	2.64	6.2	200	1240	0.21290323		0	2.75730081	0	2.75730081																			
				0.2	9	1.8	6.2	200	1240	0.14516129		0	2.75730081	0	2.75730081																			
2	Fisuras Longitudinales		2: Fisuras medias corresponde a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). Tambien se denominan grietas	0.2	3.6	0.72	6.2	200	1240	0.05806452	0.17687788	0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.2	13.8	2.76	6.2	200	1240	0.22258065		0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.2	2.8	0.56	6.2	200	1240	0.04516129		0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.2	10.3	2.06	6.2	200	1240	0.16612903		0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.2	13.6	2.72	6.2	200	1240	0.21935484		0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.2	4	0.8	6.2	200	1240	0.06451613		0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.2	0.1	0.02	6.2	200	1240	0.0016129		0	0.35375576	0	0.35375576																			
				0.19	0.25	1	6.2	200	1240	0.0016129		0	0.35375576	0	0.35375576																			
7	Baches (Huecos)	2: Diámetro > 0.5m	1	0.7	1	6.2	200	1240	0.0016129	2	0	4	0	4	0	4																		
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN</td> <td colspan="2">992.8889434</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN</td> <td colspan="2">CONDICIÓN BUENO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOPOS DE CONDICIÓN SEGUN CALIFICACION DE CONDICIÓN</td> <td colspan="2">800</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CONDICIÓN REGULAR</td> <td colspan="2">300 < 800</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CONDICIÓN MALO</td> <td colspan="2">< 300</td> </tr> </table>											PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN		992.8889434		ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN		CONDICIÓN BUENO		TOPOS DE CONDICIÓN SEGUN CALIFICACION DE CONDICIÓN		800		CONDICIÓN REGULAR		300 < 800		CONDICIÓN MALO		< 300		SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN		7.11105657	
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN		992.8889434																																
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN		CONDICIÓN BUENO																																
TOPOS DE CONDICIÓN SEGUN CALIFICACION DE CONDICIÓN		800																																
CONDICIÓN REGULAR		300 < 800																																
CONDICIÓN MALO		< 300																																

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																
Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118																
Fecha: 23/03/2024																
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL																
Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas: Area de deterioro A[(m2) Numero de	Ancho de la Seccion Evaluada (m)	Longitud de la Seccion Evaluada (m)	Area de la Seccion Evaluada (m2) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EFl)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o			Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de	
												0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%		3: Severo Deterioros o Efp = Mayor a 30%
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrillo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	0.2	1.2	0.24	6.2	200	1240	0.01935484	0.01935484	0	0.07741935	0	0	0.07741935
	2	Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho \leq 1mm)	0.2	0.7	0.14	6.2	200	1240	0.01129032	0.01129032	0	0.02258065	0	0	0.02258065
												SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN		0.1		
												PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN				
												ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN		999.9		
												ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN				
												TOPOS DE CONDICIÓN SEGUN CALIFICACION DE CONDICIÓN				
												CONDICIÓN BUENO		800		
												CONDICIÓN REGULAR		300 < 800		
												CONDICIÓN MALO		< 300		

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																
Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118 Fecha: 23/03/2024				UNIDAD DE MEDIDA UM - 01 1000 m ²												
				ÁREA PROGRESIVA												
Clasificación de los deterioros/ fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	Medidas:			Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²)	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o Condición Resultante Por cada Tipo de				
				ancho (m)	largo(m)	Area de deterioro Aij(m ²) Numero de						0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%	0: Sin Deterioros o sin Fallas	3: Severo Efp = Mayor a 30%
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	0.6	1.8	1.08	6.2	200	1240	0.08709677	0.42948965	0	1.71795859	0	1.71795859	
				1.2	1.2	1.44	6.2	200	1240	0.11612903						
	2	Fisuras Longitudinales	Reparaciones o parchados	3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin huellas del tránsito (ancho ≤ 1mm) 2: Fisuras medias corresponden a 3: Fisuras G gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas. 3: reparaciones pie de cocodrilo o de fisuras longitudinales, no evaluadas	1.1	6.6	7.26	6.2	200	1240	0.19354839	0.00095267	0	0.00190534	0	0.00190534
					1.2	2	2.4	6.2	200	1240	0.19354839					
					0.002	6	0.012	6.2	200	1240	0.00096774					
					0.004	1.5	0.006	6.2	200	1240	0.00048387					
					0.003	1	0.003	6.2	200	1240	0.00024194					
					0.004	3.9	0.0156	6.2	200	1240	0.00125806					
					1	3.6	3.6	6.2	200	1240	0.29032258					
					0.004	3.6	3.6	6.2	200	1240	0.29032258					
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN												2.3005091				
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN																
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN												997.6994909				
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN																
TOPOS DE CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN																
CONDICIÓN BUENO												800				
CONDICIÓN REGULAR												300 < 800				
CONDICIÓN MALO												< 300				

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																
Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118						UNIDAD DE MEDIDA			UM - 01							
Fecha: 23/03/2024						ÁREA			1000 m2							
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL																
Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	Medidas:		Area de deterioro Aij(m2)	Ancho de la Seccion Evaluada (m)	Longitud de la Seccion Evaluada (m)	Area de la Seccion Evaluada (m2) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o			Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de	
				largo(m)	ancho (m)							0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%		3: Severo Efp = Mayor a 30%
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	2	Fisuras Longitudinales	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	1.8	0.2	0.36	6.2	200	1.240	0.02903226	0.02903226	0	0.11612903	0	0	0.11612903
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN												0.11612903				
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN																
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN												999 883871				
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN																
TOPOS DE CONDICIÓN SEGUN CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN																
CONDICIÓN BUENO												800				
CONDICIÓN REGULAR												300 < 800				
CONDICIÓN MALO												< 300				

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118		UNIDAD DE MEDIDA		UM - 01		INGENIERIA CIVIL																						
Fecha: 24/03/2024		ÁREA		1.000 m ²																								
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL		PROGRESIVA		5 + 000 / 5 + 200																								
Clasificación de los deterioros / Fallas	Código de deterioro / Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas: Área de deterioro Aij(m ²) Número de deterioros (Nij) Longitud del	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²) / falla (Efi)	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Menor a 10%	0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%	3: Severo Efp = Mayor a 30%	Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de												
1	Piel de cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	0.56	4.32	2.4192	6.2	200	1240	0.195096774																			
			0.85	4.1	3.485	6.2	200	1240	1240	0.281048387																		
			0.45	3.78	1.701	6.2	200	1240	1240	0.137177419																		
2	Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). También se denominan grietas 3: Fisuras Grietas corresponden a fisuras	0.77	1	0.77	6.2	200	1240	0.062096774																			
			3.79	3.85	14.5915	6.2	200	1240	1240	1.176733871																		
			0.82	0.95	0.779	6.2	200	1240	1240	0.062822581																		
3	Deformación por Deficiencia Estructural	1: Profundidad de usuario < 2cm.	0.002	0.75	0.0015	6.2	200	1240	0.000120968																			
			0.004	15.14	0.06056	6.2	200	1240	1240	0.004988371																		
			0.002	1.12	0.00224	6.2	200	1240	1240	0.000180645																		
7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 y 0.5m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5m	0.004	4	0.016	6.2	200	1240	0.001290323																			
			0.6	1.84	1.104	6.2	200	1240	1240	0.089032258																		
			0.25	0.36	1																							
			0.25	0.15	1																							
			0.36	0.8	1																							
			0.41	0.54	1																							
			0.72	1.04	1																							
			0.7	0.9	1																							
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN											0	0	0	0	0	0.00789535	0	0	0	0.00789535	0	0	0	0.00789535	0	0	0	0.00789535
PUNTAJE DE CALIFICACION DE CONDICION											984.6215739		984		CONDICIÓN BUENO		CONDICIÓN REGULAR		CONDICIÓN MALO		CONDICIÓN BUENO		CONDICIÓN REGULAR		CONDICIÓN MALO			

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																
UNIDAD DE MEDIDA																
ÁREA																
UM - 01																
1000 m ²																
PROGRESIVA																
5 + 200 / 5 + 400																
Clasificación de los deterioros/ fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas:		Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Area de la Sección Evaluada (m ²)	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (EFI)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o			
						Area de deterioro Aij(m ²)	Numero de						0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%	3: Severo Deterioros o Efp a 30%
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrilo	2: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	1.53	0.57	0.8721	6.2	200	1240	0.07033065	0.6720298	0	2.6881192	0	0	2.6881192
Calzada Deterioro o fallas	2	Fisuras Longitudinales	3: Malla mediana (2.17	0.79	1.7143	6.2	200	1240	0.13825	0.17257863	0	0.34515725	0	0	0.34515725
Calzada Deterioro o fallas	7	Baches (Huecos)	2: Fisuras medias corresponde n a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). Tambien se denominan grietas	0.24	0.78	1	6.2	200	1240	0.00241935	0.17257863	0	4	0	0	4
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN												7.03327645				
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN												992.9667236				
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN												CONDICIÓN BUENO				
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN												CONDICIÓN REGULAR				
CONDICIÓN BUENO												CONDICIÓN MALO				
CONDICIÓN REGULAR																
CONDICIÓN MALO																

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																		
Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118 Fecha: 24/03/2024 Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL																		
Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas: Area de deterioro Aij(m2)	Numero de	Ancho de la Seccion Evaluada (m)	Longitud de la Seccion Evaluada (m)	Area de la Seccion Evaluada (m2)	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi)	Extensión Promedio Ponderada	UNIDAD DE MEDIDA			Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de		
													UM - 01	ÁREA	PROGRESIVA			
													5 + 400 / 5 + 600	1000 m2				
													0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%	3: Severo Deterioros o Efp = Mayor a 30%		
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	0.2	1.3	0.26		6.2	200	1240	0.02096774	0.02096774	0	0.08387097	0	0	0	0.08387097
	2	Fisuras Longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho \leq 1mm)	0.2	0.84	0.168		6.2	200	1240	0.01354839	0.01354839	0	0.02709677	0	0	0	0.02709677
													SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN			0.11096774		
													PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN					
													ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN			999.8890323		
													ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN					
													E CONDICIÓN SEGÚN CALIFICACION DE CC					
													CONDICIÓN BUENO			800		
													CONDICIÓN REGULAR			300 < 800		
													CONDICIÓN MALO			< 300		

MTC - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																				
Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118																				
Fecha: 24/03/2024																				
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL																				
Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo (m)	Medidas:		Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m ²)	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi%)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o Tipo de			Puntaje de Condición Resultante Por cada Tipo de				
						Área de deterioro Aji(m ²)	Numero de						0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%		3: Severo Efp = Mayor a 30%			
UNIDAD DE MEDIDA																				
ÁREA																				
PROGRESIVA																				
UM - 01																				
1000 m ²																				
5 + 600 / 5 + 800																				
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	1	Piel de Cocodrilo	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	0.78	1.98	1.5444	6.2	200	1240	0.12454839										
				1.4	1.4	1.96	6.2	200	1240	0.15806452										
	2	Fisuras Longitudinales		3: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin huellas del tránsito (ancho ≤ 1mm)	0.84	3.07	2.5788	6.2	200	1240	0.20796774	0.46210626	0	1.84842504	0	0	1.84842504			
					1.08	7.24	7.8192	6.2	200	1240	0.63058065									
					1.5	1.9	2.85	6.2	200	1240	0.22983871									
					0.002	6	0.012	6.2	200	1240	0.00096774									
					0.004	1.7	0.0068	6.2	200	1240	0.00054839									
					0.003	1.12	0.00336	6.2	200	1240	0.00027097									
					0.004	3.6	0.0144	6.2	200	1240	0.00116129									
					1	3.86	3.86	6.2	200	1240	0.31129032	0.31129032	0.00090194	0	0.00180388	0	0	0	0.00180388	
5	Reparaciones o parchados																			
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN												2.47280956								
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN																				
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN												997.5271904								
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN																				
E CONDICIÓN SEGUN CALIFICACION DE CC																				
CONDICIÓN BUENO												800								
CONDICIÓN REGULAR												300 < 800								
CONDICIÓN MALO												< 300								

Proyecto: CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PU 118																	
Fecha: 23/03/2024																	
Responsable: Bach. ESPINOZA CAHUANA LUZ ROXANA - Bach. SALCEDO HERRERA BRYAN MANUEL																	
Clasificación de los deterioros/ Fallas	Codigo de daño	Deterioros/ Fallas	Gravedad (G)	ancho (m)	largo(m)	Medidas:		Area de la Sección Evaluada (m ²)	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Area de la Sección Evaluada (m ²) AS	Porcentaje de Extensión del deterioro /falla (Efi)	Extensión Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada tipo de Deterioro o Condición Resultante Por cada Tipo de			
						Area de deterioro Aji(m ²)	Numero de							0: Sin Deterioros o sin Fallas	1: Leve Efp = Menor a 10%	2: Moderado Efp = entre 10% y 30%	3: Severo Efp = Mayor a 30%
Calzada Deterioro o fallas Estructurales	2	Fisuras Longitudinales	1: Malla Grande (> 0.5m) sin material suelto	0.2	1.86	0.372	6.2	200	1240	0.03	0.03	0	0.12	0	0	0	0.12
SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN													0.12				
PUNTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN																	
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN													999.88				
ASIFICACIÓN DE CONDICIÓN																	
ECONDICIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN DE CC																	
CONDICIÓN BUENO													800				
CONDICIÓN REGULAR													300 < 800				
CONDICIÓN MALO													< 300				

ANEXO 2 especificaciones técnicas del dron.

PHANTOM 4 PRO V 2.0

Gracias a un sensor CMOS de 1 pulgada que graba videos 4K a 60 fps y captura fotos de 20 MP, el Phantom 4 Pro V2.0 otorga a los cineastas una gran libertad creativa. El sistema de transmisión OcuSync 2.0 HD asegura una conectividad estable y fiable, la detección de obstáculos en cinco direcciones garantiza seguridad adicional y su control remoto con pantalla integrada proporciona mayor precisión y control. [1] Además, la amplia gama de funciones inteligentes facilita todavía más el vuelo. El Phantom 4 Pro V2.0 es una solución de imagen aérea integral, diseñada especialmente para creadores profesionales.



Descripción	Especificaciones Técnicas		
AERONAVE		CAMARA	
Peso (baterías y hélices incluidas)	1375g	Sensor	1.2.3" CMOS pixeles efectivos: 20MP
Tamaño diagonal (hélices excluidas)	350mm	Objetivo	FOV 84° 8.8mm / 24mm / f/2.8-f/11 enf. 1m-∞
Velocidad máx. de ascenso	Modo S: 6 m/s Modo P: 5 m/s	Video	100 - 3200 (auto)
Velocidad máx. de descenso	Modo S: 4m/s Modo P: 3m/s	Rango ISO	100 - 6400 (manual) Foto: 100 - 3200 (auto) 100 - 12800 (manual)
Velocidad máx.	Modo S: 72 km/h Modo A: 58km/h Modo P: 50km/h	Velocidad de obturador mecánico	8-1/2000s
Ángulo de inclinación máx.	Modo S: 42° Modo A: 35° Modo P: 25°	Tamaño máximo de imagen	3.2 proporción d imagen: 5472x3648 4.3 proporción d imagen: 5864x3648 16.9 proporción d imagen: 5472x3078
Velocidad angular máx.	Modo S: 250°/s Modo P: 150°/s	Modos de fotografía	Disparo único Disparo en ráfaga: 3/5/7/10/14fotogramas Exposición automática en horquillado (AEB), 3/5 Intervalo: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	6000m	Modos de video	H.265 C4K - 4K - 2.7K - FHD - HD H.264 C4K - 4K - 2.7K - FHD - HD
Resistencia máx. al viento	10 m/s	Tasa de bits máx.	100mbps
Tiempo máx. de vuelo	aprox. 30m	Sistema de archivos compatibles	FAT32 (<32GB); exFAT (>32GB)
Rango de temperatura de funcionamiento	de 0 a 40 °C	Foto	JPEG, FNG (RAW), JPEG+DNG
Sistemas de posicionamiento por satélite	GPS/GLONASS	Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Rango de precisión de vuelo estacionario	Vertical: ±0.1m (con posicionamiento visual) ±0.5m (Con posicionamiento por GPS) Horizontal: ±0.3m (con posicionamiento visual) ±1.5m (Con posicionamiento por GPS)	Tarjetas SD Compatibles	MicroSD máx128GB. Clase 10 ó UHS-1
ESTABILIZADOR		BATERIA DE VUELO INTELIGENTE	
Estabilización	3 ejes (inclinación, mov. Vertical y rotación)	Capacidad	5870 mAh
Intervalo controlable	Inclinación: -90° a 30°	Voltaje	15.2V
Velocidad angular máx. controlable	Inclinación: 90°/s	Tipo de batería	Lipo 4S
Intervalo de vibración angular	±0.02°	Energía	89.2 Wh
		Peso neto	468g
		Temperatura de operación	De 5 a 40°C
		Potencia de carga máx.	160W
		CARGADOR	
		Voltaje	17.4 V
		Potencia nominal	100 W



ANEXO 3 cotizaciones para alquiler de dron.

 D & G CONSTRUCTORES Y CONSULTORES E.I.R.L DIRECCIÓN: Jr. Benigno Ballon N° 349 - Juliaca. CEL: 961895874					
RUC N° 20605058176		COTIZACIÓN N° 017-2024 dg.constructores.consultores@gmail.com		FECHA DE COTIZACIÓN 11/03/2024	FECHA DE VENCIMIENTO 10/04/2024
DATOS DEL CLIENTE			DATOS DEL PROYECTO		
Solicitante:	Salcedo Herrera Bryan M.		Proyecto:	Proyecto de investigacion 1km carretera	
RUC:	47636328		Contacto:		
Dirección:	Jr. Tarapacá 145		Ubicación	ATUNCOLLA - HUATA - PUNO PU 118	
Sirvase a revisar, según los requerimientos técnicos mínimos que se detallan en la parte descriptiva del cuadro.					
Item	DESCRIPCIÓN	UNID. DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.
01	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO-FOTOGRAMÉTRICO - 1.0 KM	KM	1.00	2,700.00	2,700.00
<p>ALCANCES:</p> <p>Fotogrametria</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de Fotoc0ntroles en campo con el GPS Diferencial South Galaxy G6 IMU - Realización de planes de vuelo - Vuelo fotogramétrico con dron Phantom 4 Pro v2.0 - Post proceso fotogramétrico con el paquete de software necesario (Agisoft Metashape, Global Mapper, Autocad Civil 3D, PIX 4d Capture, Quick Terrain Modeler y otros) - Obtencion de la superficie topográfica (curvas de nivel en una franja de 100m) <p>ENTREGABLES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Archivo físico y/o digital de los trabajos realizados - Informe del Estudio Topográfico-Fotogramétrico - Presentación de planos diversos - Entre otros 					
<p>TIEMPO DE EJECUCIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trabajos de campo. 01 dias calendario • Trabajos de Gabinete + Post proceso Geodésico. 04 dias calendario. • Total 05 dias calendario. 					
FORMA DE PAGO: • 40% a la suscripción del contrato • 60% a la entrega del informe final		TÉRMINOS Y CONDICIONES: *El solicitante facilitará la información necesaria para la realizacion de los trabajos. Cabe mencionar que el servicio es a todo costo		SUB TOTAL	S/ 2,700.00
				I.G.V. (18%)	S/ 486.00
				TOTAL S/.	S/ 3,186.00



CLIENTE: D&G CONSTRUCTORES Y CONSULTORES E.I.R.L.
 TIPO: CTANEGOCIOS PJ
 MONEDA: SOLES
 CUENTA: 322 30223 1241
 CC: 003-322-003002231241-57
 DIRECCION: BRANCONESA 1090M71117DPTISAPEL CUARTER
 086439 PUNOSAN ROMAN JULIACA

Cuenta de detracciones:
 * 00 721 221318
 Código Interbancario:
 * 01872100072122131810



WEB: <https://bit.ly/DG-Constructores-Consultores>



ANEXO 4 solicitud de permiso para realizar estudios.

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

SOLICITO: Permiso para realizar estudios a un nivel de investigación de tesis del tramo 5 – 6 Km. de la carretera Atuncolla – Huata PU 118.

Señor. "A quien corresponda"

GOBIERNO REGIONAL DE PUNO

Yo, Luz Roxana Espinoza Cahuana, identificada con DNI N° 75494656 y Bryan Manuel Salcedo Herrera, identificado con DNI N° 47636328. Bachilleres de la Universidad Nacional del Altiplano, para poder culminar la carrera profesional de **Ingeniería Civil** solicitamos realizar una investigación con fines de tesis denominada: "EFICIENCIA DE MÉTODOS DE INSPECCIÓN VISUAL TRADICIONAL CON USO DE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO EN LA DETECCIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA ATUNCOLLA – HUATA PU 118 PUNO - 2023"



Que, teniendo la necesidad de realizar la investigación para la tesis mencionada anteriormente, solicito permiso para ejecutar las inspecciones visuales tradicionales con los métodos PCI - MTC y uso de dron, a partir de la fecha 04 de marzo del 2024 al 04 de mayo del 2024 garantizando tener resultados para fines académicos.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi petición.

Puno, 04 de marzo del 2024

Luz Roxana Espinoza Cahuana
DNI N° 75494656

Bryan Manuel Salcedo Herrera
DNI N° 47636328



ANEXO 5 Instrumentos documentales de los métodos utilizados.

PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA																
EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)															PP: 54000/54040	
Proyecto: Carretera Atuncolla Huata PU-118															UT: 01	
Fecha: 23/MAR/2024															40 m	
Responsable: Luz Roxana Espinoza Cahuana - Brian Manuel Salcedo Herrera																
1 Piel de cocodrilo m ² 8 Fisura de borde m 15 Ahuellamiento m ² 2 Exudación m ² 9 Fisura de reflexión de junta m 16 Desplazamiento m ² 3 Fisuras en bloque m ² 10 Desnivel carril - berma m 17 Fisura parabólica o deslizamiento m ² 4 Abultamientos m ² 11 Fisuras longitudinales y transv. m 18 Hinchariento m ² 5 Hundimientos m ² 12 Parches y parches de cortes útil. m ² 19 Peladura por Intemperismo y desprendimiento de agregados m ² 6 Corrugación m ² 13 Agregado pulido m ² 7 Depresión m ² 14 Baches N°																
FALLAS OBSERVADAS EN CAMPO																
85 - 100	EXCELENTE		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
71 - 85	MUY BUENO		1=0.8	2=1.4	1=4	1=9	1=3.9									
56 - 70	BUENO		1=0.5	2=0.9	1=1.8	1=4	1=1.5									
41 - 55	REGULAR															
26 - 40	POBRE															
11 - 25	MUY POBRE															
0 - 10	FALLADO															
TOTAL			BAJA (L)		MEDIA (M)		ALTA (H)									
TIPO DE FALLA				DENSIDAD		SEVERIDAD		CALCULO DEL PCI		VALOR DE DEDUCCIÓN		CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
										5400		5400				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN												CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC																

PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA																
EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)															S+120 / S+160	
Proyecto: Carretera Atuncolla Huata PU-118															UM: 02	
Fecha: 27/MAR/24																
Responsable: Luz Roxana Espinoza Cahuana - Brian Manuel Salcedo Herrera																
1 Piel de cocodrilo m ² 8 Fisura de borde m 15 Ahuellamiento m ² 2 Exudación m ² 9 Fisura de reflexión de junta m 16 Desplazamiento m ² 3 Fisuras en bloque m ² 10 Desnivel carril - berma m 17 Fisura parabólica o deslizamiento m ² 4 Abultamientos m ² 11 Fisuras longitudinales y transv. m 18 Hinchariento m ² 5 Hundimientos m ² 12 Parches y parches de cortes útil. m ² 19 Peladura por Intemperismo y desprendimiento de agregados m ² 6 Corrugación m ² 13 Agregado pulido m ² 7 Depresión m ² 14 Baches N°																
FALLAS OBSERVADAS EN CAMPO																
85 - 100	EXCELENTE		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
71 - 85	MUY BUENO		0.2	0.9	3.9	3.9	4	4								
56 - 70	BUENO		0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5								
41 - 55	REGULAR															
26 - 40	POBRE															
11 - 25	MUY POBRE															
0 - 10	FALLADO															
TOTAL			BAJA (L)		MEDIA (M)		ALTA (H)									
TIPO DE FALLA				DENSIDAD		SEVERIDAD		CALCULO DEL PCI		VALOR DE DEDUCCIÓN		CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
										5110		54160				
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN												CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC																



PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA															
EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)												S+720/S+760			
Proyecto: Carretera Atuncollo Huata PU-118												UM: 08			
Fecha: 23/MAR/2024															
Responsable: Luz Roxana Espinoza Calvora - Bryan Manuel Salcedo Herrera															
<p>1 Piel de cocodrilo m2 8 Fisura de borde m 15 Ahuellamiento m2</p> <p>2 Exudación m2 9 Fisura de reflexión de junta m 16 Desplazamiento m2</p> <p>3 Fisuras en bloque m2 10 Desnivel carril - berma m 17 Fisura parabólica o deslizamiento m2</p> <p>4 Abultamientos m2 11 Fisuras longitudinales y transv. m 18 Hinchamiento m2</p> <p>5 Hundimientos m2 12 Parches y parches de cortes útil. m2 19 Peladura por Intemperismo y desprendimiento de agregados m2</p> <p>6 Corrugación m2 13 Agregado pulido m2</p> <p>7 Depresión m2 14 Baches N°</p>															
FALLAS EXISTENTES EN CAMPO															
86 - 100 EXCELENTE		71 - 85 MUY BUENO		56 - 70 BUENO		41 - 55 REGULAR		26 - 40 POBRE		11 - 25 MUY POBRE		0 - 10 FALLADO			
Cant.		Sev.		Cant.		Sev.		Cant.		Sev.		Cant.			
L=56		L=6		L=208		L=24									
TOTAL		BAJA (L)		MEDIA (M)		ALTA (H)									
CALCULO DEL PCI															
TIPO DE FALLA				DENSIDAD				SEVERIDAD				VALOR DE DEDUCCIÓN			
												710 730 240 750 760			
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN												CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC															

PCI-01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA															
EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (ASTM D6433-03)												S+840/S+880			
Proyecto: Carretera Atuncollo Huata PU-118												UM: 09			
Fecha: 23/MAR/2024															
Responsable: Luz Roxana Espinoza Calvora - Bryan Manuel Salcedo Herrera															
<p>1 Piel de cocodrilo m2 8 Fisura de borde m 15 Ahuellamiento m2</p> <p>2 Exudación m2 9 Fisura de reflexión de junta m 16 Desplazamiento m2</p> <p>3 Fisuras en bloque m2 10 Desnivel carril - berma m 17 Fisura parabólica o deslizamiento m2</p> <p>4 Abultamientos m2 11 Fisuras longitudinales y transv. m 18 Hinchamiento m2</p> <p>5 Hundimientos m2 12 Parches y parches de cortes útil. m2 19 Peladura por Intemperismo y desprendimiento de agregados m2</p> <p>6 Corrugación m2 13 Agregado pulido m2</p> <p>7 Depresión m2 14 Baches N°</p>															
FALLAS EXISTENTES EN CAMPO															
86 - 100 EXCELENTE		71 - 85 MUY BUENO		56 - 70 BUENO		41 - 55 REGULAR		26 - 40 POBRE		11 - 25 MUY POBRE		0 - 10 FALLADO			
Cant.		Sev.		Cant.		Sev.		Cant.		Sev.		Cant.			
L=1,80		L=2													
TOTAL		BAJA (L)		MEDIA (M)		ALTA (H)									
CALCULO DEL PCI															
TIPO DE FALLA				DENSIDAD				SEVERIDAD				VALOR DE DEDUCCIÓN			
												840 850 860 870 880			
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN												CONDICIÓN DEL PAVIMENTO			
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO - VDC															



Ancho de Vía = 6.20 m

PROGRESIVA IP = 0+75+0.6
[5+200] 15 - X 24/03/2

RE = 5+200

Proyecto: CARRERA ATUNCOLLA - PUJIO / PUJIO

Clasificación de los Deterioros/ Fallos	Codigo de dicho	Deterioro/ Fallos	Gravedad(G)	Medidas		Medidas Área de deterioro Al (m) Número de	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m²)	Porcentaje de Extensión del deterioro/fallo a (EFI)	Extensión Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de			Puntaje de Condición Resultante Por Cada	
				1. Leve EFP = Menor a 10%	2. Moderado EFP = entre 10% y 30%							3. Severo EFP = mayor a 30%				
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	3	Fisuras longitudinales	2	0.2	4.0	0.800	7.00	200	1400	0.0541	0.054054054	8			8	
			2	0.2	1.90	0.380	11.00									
			2	0.2	1.30	0.260	11.00									
			2	0.2	2.30	0.460	11.00									
			2	0.2	1.00	0.200	11.00									
	5	Pitil	2	0.4	4	1.600	11.00								0	
			2	0.4	1.40	0.560	11.00									
			2	0.4	1.30	0.520	11.00									
			2	0.4	1.30	0.520	11.00									
			2	0.4	1.30	0.520	11.00									
	7	Baches huecos	3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
8	Baches huecos	3	0.4	0.5	0.200	11.00										
		3	0.4	0.5	0.200	11.00										
		3	0.4	0.5	0.200	11.00										
		3	0.4	0.5	0.200	11.00										
		3	0.4	0.5	0.200	11.00										
SUMA PUNTAJE DE CONDICION											8					

2. Pitil, Bache
Calificación de la condición = **992** PE X
1- (6-8)
0.6 x 1.0 m (40) 12.6m
D(3) 5+T
5 2 0.8 x 1 m
1900 → 15
1000 → X
X = 15
X = 10
X = 15

LORA INICIO = 12.30 m

13 27 x 10 / 6

[5+400] 24/03/2024

Proyecto: CARRERA ATUNCOLLA - HUATA PUJIO

Clasificación de los Deterioros/ Fallos	Codigo de dicho	Deterioro/ Fallos	Gravedad(G)	Medidas		Medidas Área de deterioro Al (m) Número de	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m²)	Porcentaje de Extensión del deterioro/fallo a (EFI)	Extensión Ponderada	Puntaje de Condición Según Extensión de Cada Tipo de			Puntaje de Condición Resultante Por Cada	
				1. Leve EFP = Menor a 10%	2. Moderado EFP = entre 10% y 30%							3. Severo EFP = mayor a 30%				
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	2	Fisuras longitudinales	2	0.20	4.00	0.800	7.00	200	1400	0.0541	0.054054054	8			8	
			2	0.20	4.20	0.840	14.00									
			2	0.20	13.20	2.640	14.00									
			2	0.20	0.20	0.400	14.00									
			2	0.20	0.20	0.400	14.00									
	5	Pitil	2	0.4	4	1.600	11.00								0	
			2	0.4	1.40	0.560	11.00									
			2	0.4	1.30	0.520	11.00									
			2	0.4	1.30	0.520	11.00									
			2	0.4	1.30	0.520	11.00									
	7	Baches huecos	3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
			3	0.4	0.5	0.200	11.00									
8	Fisuras transversales	2	0.6	1.00	0.600	11.00										
		2	0.6	1.00	0.600	11.00										
		2	0.6	1.00	0.600	11.00										
		2	0.6	1.00	0.600	11.00										
		2	0.6	1.00	0.600	11.00										
SUMA PUNTAJE DE CONDICION											8					

Calificación de la condición = **992**



Proyecto CARRETERA ATUNCOLLA-HUATA Pu 118

Programa (5600) 24/03/2024

Clasificación de los Deterioros/Fallas	Código de daño	Deterioros/Fallas	Gravedad (G)	An(m)	La(m)	Medidas Área de deterioro Al (m²) Número de	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m²) As	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla (EFI)	Evaluación Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según: 0: Sin Deterioros o sin fallas	Extensión de Cada Tipo de EFP: 1: Leve EFP = Menor a 10%	2: Moderado EFP = entre 10% y 30%	3: Severo EFP = mayor a 30%	Puntaje de Condición Resultante Por Cada
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	2	Fisuras longitudinales	2	0.20	4.00	0.800	7.40	200	1480	0.0541	0.054054	8				8
	5	Reparaciones o parchados														0
	7	Baches huecos														
	8	Fisuras transversales														
SUMA PUNTAJE DE CONDICION																8

Calificación de la condición = 992

Proyecto CARRETERA ATUNCOLLA-HUATA Pu (105 + 800)

Clasificación de los Deterioros/Fallas	Código de daño	Deterioros/Fallas	Gravedad (G)	An(m)	La(m)	Medidas Área de deterioro Al (m²) Número de	Ancho de la Sección Evaluada (m)	Longitud de la Sección Evaluada (m)	Área de la Sección Evaluada (m²) As	Porcentaje de Extensión del deterioro/falla (EFI)	Evaluación Promedio Ponderada	Puntaje de Condición Según: 0: Sin Deterioros o sin fallas	Extensión de Cada Tipo de EFP: 1: Leve EFP = Menor a 10%	2: Moderado EFP = entre 10% y 30%	3: Severo EFP = mayor a 30%	Puntaje de Condición Resultante Por Cada
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	2	Fisuras longitudinales	2	0.20	4.00	0.800	7.40	200	1480	0.0541	0.054054	8				8
	5	Reparaciones o parchados														0
	7	Baches huecos														
	8	Fisuras transversales														
SUMA PUNTAJE DE CONDICION																8

Calificación de la condición = 992

$\frac{1000}{1000} = 1000$
 $\frac{1000}{1000} = 1000$
 $\frac{1000}{1000} = 1000$

$\frac{1000}{1000} = 1000$
 $\frac{1000}{1000} = 1000$
 $\frac{1000}{1000} = 1000$
 $\frac{1000}{1000} = 1000$
 $\frac{1000}{1000} = 1000$

ANEXO 6: Panel fotográfico



Recolección de datos falla baches



Identificación de falla hueco a detalle



Recolección de datos tradicionales



Progresiva 5 + 000 Km.



Progresiva 5 + 200



Progresiva Km. 5 + 350



Medición de fallas en el eje z



Muestreo de deficiencia estructural



Medición de falla estructural



Recolección de datos para muestras



Uso de instrumentos de medición



Llenado de formatos PCI - MTC



Detección de falla en progresiva 5 + 600



Operatividad de vía con fallas



Falla: deficiencia estructural



Tramo 5 + 800 vía en estado “bueno”



Empaque de dron para cuidados externos



Dron Phantom 4 pro V2



Preparación de dron



Vehículo de transporte



Verificación de dron en aterrizaje



Dron momentos antes de lanzar vuelo



Dron en momento de vuelo



Equipo técnico para fotogrametría



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Luz Roxana Espinoza Cahua
identificado con DNI 75494656 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" RELACION ENTRE LOS PROCESOS TRADICIONAL Y DRON PARA
LA DETECCIÓN DE FALLAS MEDIANTE LOS METODOS PCI Y MTC
TRAMO : KM. 5 AL 6 - CARRETERA AJUNCOLLA - HUATA PUNO - 2024"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de Junio del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Luz Roxana Espinoza Cahuana
identificado con DNI 75494656 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"RELACION ENTRE LOS PROCESOS TRADICIONAL Y DROM PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS MEDIANTE LOS MÉTODOS RTI Y MTC TRAMO : KM 5 AL 6 - CARRETERA ATUNCOCHA - HUATA AÑO - 2024"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

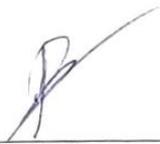
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia: Creative

Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Junio del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Bryan Manuel SALCEDO HERBERA
identificado con DNI 47636328 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil.

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ RELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS TRADICIONAL Y DRON PARA LA
DETECCIÓN DE FALLAS MEDIANTE LOS MÉTODOS PCE Y HTC TRAMO:
Km. 5 al 6 - CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PUNO - 2024 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de Junio del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Bryan Manuel SALCEDO HERRERA
identificado con DNI 47 6363 28 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"RELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS TRADICIONAL Y DEON PARA LA
DETECCIÓN DE FALLAS MEDIANTE LOS MÉTODOS - PCI y MTC
TRAMO: KM 5 AL 6.- CARRETERA ATUNCOLLA - HUATA PUNO - 2024"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia: Creative

Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Junio del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella