



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Optimización del costo y tiempo para el inventario de fallas del
pavimento mediante el PCI con dron, Azángaro - 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Sullo Condori, Amador (ORCID: 0000-0001-9080-8326)

ASESOR:

Mg. Benavente Leon, Christian (ORCID: 0000-0003-2416-4301)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

CALLAO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicado con fe a dios por haber iluminado mi camino. Con mucho cariño y admiración a mis padres y hermanos por ser apoyos principales en mi vida y formación, ayudándome en todo lo necesario para poder culminar este exitoso objetivo.

A mi Asesor por dirigirme y ayudarme en este camino para conseguir la conclusión de este trabajo, sus observaciones fueron recibidas con mucha estima y considerándolas como consejos para mejorar.

AGRADECIMIENTO

Les doy gracias a mis papás Marcelino y Gregoria, por el soporte brindado en todo instante.

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo por la oportunidad que me procuró y al Mg. Christian Benavente Leon por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO	16
III. METODOLOGÍA.....	38
3.1. Tipo y diseño de la investigación.	38
3.2. Variable y operacionalización.....	39
3.3. Población, muestra y muestreo.....	40
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.	42
3.5. Procedimientos.	43
3.6. Método de análisis de datos.....	52
3.7. Aspectos éticos.....	52
V. RESULTADOS	55
VI. DISCUSIÓN.....	78
VII. CONCLUSIONES.....	82
VIII. RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS	85X.
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Normas internacionales de PCI para su aplicación.....	20
Tabla 2 Identificación de las características de la vía en estudio.....	21
Tabla 3 Tipo de fallas para pavimentos flexibles.....	23
Tabla 4 Nivel de severidad.....	23
Tabla 5 Tipos de fotogrametrías.....	34
Tabla 6 Ubicación de las UM unidades de muestra (plataforma derecha e izquierda).....	41
Tabla 7 Puntos de control UTM WGS84 zona 19L.....	47
Tabla 8 Datos obtenidos del PCI manual de la Av. los Próceres.....	57
Tabla 9 Datos obtenidos del PCI con dron de la Av. los Próceres.....	61
Tabla 10 Comparación de valores de PCI obtenidos de la plataforma izquierda.....	65
Tabla 11 Comparación de valores de PCI obtenidos de la plataforma derecha.....	67
Tabla 12 resumen de datos obtenidos del PCI para la Av. los Próceres – Azángaro.....	68
Tabla 13 Índice de condición del pavimento y escala de medida.....	69
Tabla 14 Costos total (soles) de insumos utilizados para inventario de fallas con el uso de dron para las 60 unidades muestrales.....	70
Tabla 15 costo unitario (S/.) por metro cuadrado para la evaluación de pavimento utilizando dron.....	71
Tabla 16 tiempo empleado para trabajos con dron en CAMPO.....	72
Tabla 17 Tiempo empleado para trabajos con dron en GABINETE.....	72
Tabla 18 Tiempo requerido para inventario de fallas con dron de las 60 unidades muestrales.....	72
Tabla 19 Costo total para las 60 unidades muestrales empleado para trabajos de inventario de fallas para PCI de manera manual.....	73
Tabla 20 Costo unitario (S/.) por metro cuadrado para la evaluación de pavimento de manera manual.....	74
Tabla 21 Tiempo empleado para trabajos en CAMPO para PCI de manera manual.....	74
Tabla 22 Tiempo empleado para trabajos en GABINETE para PCI de manera manual.....	74
Tabla 23 Tiempo requerido para las 60 unidades muestrales para inventario de fallas PCI de manera manual.....	75
Tabla 24 Resumen de costos (S/.) empleados en el inventario de fallas del pavimento para las 60 unidades muestrales.....	75
Tabla 25 Resumen de tiempo total (horas) empleados en el inventario de fallas del pavimento para las 60 unidades muestrales.....	76
Tabla 26 Reducción de tiempo usando un dron con respecto al método convencional.....	79
Tabla 27 Porcentaje de reducción en cuanto al tiempo desarrollado para el cálculo de PCI.....	79
Tabla 28 Comparación de costos.....	79

Tabla 29 Porcentaje de reducción en cuanto al costo desarrollado para el cálculo de PCI	80
Tabla 30 Promedio de valor PCI del área de estudio de ambos procedimientos	80
Tabla 31 Promedio de índice de condición de pavimento PCI de manera manual y con dron.....	81
Tabla 32 Comparación de rendimientos para el cálculo del PCI de manera manual y con dron.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Escala de medida del índice de condición del pavimento PCI	19
Figura 2 Identificación del PCI.....	20
Figura 3 Esquema de levantamiento de fallas método de manera manual.....	20
Figura 4 Procesamiento de unidades de muestra ASTM D 6433.....	21
Figura 5 Formato para evaluación superficial con imágenes aéreas (Software EvalPav) creado por el Dr. Ing. Gerber Zavala Ascaño.....	29
Figura 6 Formato para la evaluación superficial convencional y/o manual (Hoja electrónica Excel)	30
Figura 7 Funcionalidad/ tipo de aeronave	31
Figura 8 Dron de ala fija	32
Figura 9 Imagen de dron cuadricóptero DJI Phantom 4 Pro V2.0	32
Figura 10 Esquema de tipos de RPAS.....	33
Figura 11 Distribución de carga en capas	35
Figura 12 Estructura de un pavimento asfáltico convencional.....	36
Figura 13 Estructura de un pavimento de resistencia profunda	37
Figura 14 Estructura de un pavimento asfáltico de profundidad total.....	37
Figura 15 Esquema de ubicación de la Av. Los Próceres – Azángaro – Puno - Perú.....	40
Figura 16 Unidades de muestras a ser evaluadas	41
Figura 17 Medición y marcado de progresivas.....	43
Figura 18 Evaluación de falla del pavimento flexible Av. Los Próceres.....	44
Figura 19 Unidad de Muestra UM 01 plataforma derecha Prog. 0+000 – 0+020 Coordenadas UTM Zona 19L N: 8350196 E: 371140	44
Figura 20 Hoja de evaluación para pavimento flexible.	45
Figura 21 Abaco ASTM D6433 para cálculo de falla en borde (7)	45
Figura 22 Curva de valores deducidos corregidos	46
Figura 23 Colocación de puntos de control con estación total.	47
Figura 24 Plan de vuelo Pix4D vuelo 1 y 2.....	48
Figura 25 Procesamiento de datos Agisoft Metashape	49
Figura 26 Nube de punto densa y generación de malla	49
Figura 27 Generación de modelo de elevación digital y ortomosaico	50
Figura 28 Corte transversal de la plataforma izquierda Av. los Próceres con presencia de falla.	50
Figura 29 Detalle de profundidad de falla del pavimento en Agisoft metashape.	51
Figura 30 Identificación de metrado de inventario vial de las fallas en Autocad Civil 3D.....	51
Figura 31 Inspección en Campo (unidad de muestra UM–04 0+240-0+260 margen izquierda)	55
Figura 32 Medición de la falla identificada (unidad de muestra UM–04 0+060-0+080 margen derecha).....	56
Figura 33 Porcentaje de fallas del pavimento flexible (PCI manual)	56
Figura 34 Estado y/o condición del pavimento Av. los Próceres	59
Figura 35 Fotografía aérea de la zona de estudio (Av. los Próceres)	60

Figura 36 Tipo y porcentaje de fallas del pavimento flexible (PCI con dron)	61
Figura 37 Estado y/o condición del pavimento Av. los Próceres	64
Figura 38 Valores de PCI obtenidos de la plataforma izquierda.....	66
Figura 39 Valores de PCI obtenidos de la plataforma derecha	68
Figura 40 Trabajos en campo con el uso de dron.	71
Figura 41 Porcentaje de reducción de costos del inventario de fallas del PCI manual y con dron.....	76
Figura 42 Porcentaje de reducción de tiempo respecto al inventario de fallas del PCI manual y con dron.....	77

RESUMEN

Este presente trabajo de investigación posee el fin determinar el inventario de fallas del pavimento flexible mediante el análisis por imágenes (fotogrametría aérea) haciendo uso de un dron (aeronave pilotada remotamente RPAS) y la evaluación de manera manual, para la evaluación superficial del análisis y evaluación del PCI (Índice de condición de pavimento ASTM D6433), por el cual se determinará la condición real de la vía en la Av. los Próceres, siendo una avenida principal e importante en la localidad de Azángaro - Puno.

El nivel de investigación del trabajo realizado es de tipo aplicada por lo que mide y recoge información, cuyo diseño de investigación es no-experimental, visualizar sin modificar las variables se encuentra en su contexto actual para posteriormente analizarla de corte transversal descriptivo, porque la investigación recopila datos en el momento único, de la ciudad de Azángaro del barrio Ezequiel Urbiola, la muestra que se eligió es la Av. Los próceres el cual es una muestra no probabilística que depende de las características de la investigación que consta de una longitud de 600 m (con un área de 12,000m²) de 3 carriles a cada margen separados por berma central. La técnica y método de recolección de información es la observación y medición (hoja de cálculo PCI y registro de programación de RPAS), de enfoque cuantitativo busca comparar la metodología tradicional o manual cuyo resultado es un número (rango desde fallado 0 hasta un máximo 100 excelente condición de la vía).

Palabras Claves: PCI, pavimento flexible, método manual, dron (RPAS).

ABSTRACT

This present research work has the purpose of determining the inventory of flexible pavement failures through image analysis (aerial photogrammetry) using a drone (RPAS remotely piloted aircraft) and the conventional manual visual methodology, for superficial evaluation, analysis and evaluation. of the PCI (Pavement Condition Index ASTM D6433), by which the real condition in the road on Av. Los Proceres will be determined, being a main and important avenue in the town of Azangaro - Puno.

The level of research of the work carried out is of an applied type, so it measures and collects information, whose research design is non-experimental, visualizing without modifying the variables is in its current context to later analyze it with a descriptive cross-section, because the research collects data at the single moment, of the city of Azangaro in the Ezequiel Urbiola neighborhood, the sample that was chosen is Av. Los Proceres, which is a non-probabilistic sample that depends on the characteristics of the investigation that consists of a length of 600 m (with an area of 12,000m²) with 3 lanes on each side separated by a central berm. The technique and method of collecting information is observation and measurement (PCI spreadsheet and RPAS programming record), with a quantitative approach whose result is a number (range from failed 0 to a maximum of 100 excellent condition of the road).

Keywords: PCI, flexible pavement, traditionaly method, drone (RPAS).

I. INTRODUCCIÓN

En la etapa de la vida útil de los pavimentos flexibles muestra complicaciones como fallas y deterioros, los cuales pueden ser: deformaciones, asentamientos, componentes climáticos, flujo vehicular, situaciones de drenaje, etc. El pavimento en general necesariamente necesita de conservación y mantenimiento de la carpeta de rodadura, eficiente y económica.

Para saber en qué estado superficial real se encuentra una carretera y/o pavimento, se utilizó el estudio del método de PCI realizando la utilización de la fotogrametría aérea, la cual es una evaluación superficial no destructiva para determinar el estado superficial de un pavimento asfáltico. Los trabajos se desarrollan en dos cursos; primeramente, los trabajos referentes al levantamiento de información en situ utilizando mano de obra, equipo y/o herramientas; subsiguientemente los trabajos en gabinete donde se ejecutan o procesan las informaciones recolectadas del tramo en estudio realizando el procesamiento de todos los datos obtenidos que acceda a formar los resultados finales para establecer la evaluación de las situaciones superficiales del pavimento de material asfáltico.

El presente trabajo evalúa, analiza y compara el estado superficial del pavimento de la Av. Los Próceres de la ciudad de Azángaro el cual está conformado la superficie de rodadura con pavimento flexible.

Para la presente investigación se tomaron Medición in situ de los daños en el pavimento con la toma de imágenes aéreas de toda el área de trabajo donde se empleó un RPAS (Aeronave pilotada remotamente) con un plan de vuelo automatizado mediante la aplicación del programa Pix4D, para su posterior procesamiento en Agisoft Metashape. Permitiendo a las entidades como empresas, municipalidades y/o gobiernos regionales que no generen mayores gastos, reduciendo riesgos y tiempo en la evaluación del estado superficial de pavimentos de calles, carreteras, avenidas, etc.

Para la identificación superficial de fallas el trabajo desarrolla la sistemática del PCI (Índice de Condición de Pavimento) ASTM D6433-03, donde se determina un valor (rango desde fallado 0 hasta un máximo 100 excelente condición de la vía), el mismo

que indicará su estado (desde fallado, muy pobre, regular, bueno, muy bueno y excelente condición de la avenida Los Próceres). La sistemática de trabajo a través de softwares Excel (de manera manual) y EvalPAvCar donde cada unidad de muestra deberá contener cada área de evaluación entre 225 ± 90 m².

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

(YUMIN & YUNXIN, 2019). La rehabilitación oportuna y adecuada de las carreteras dañadas es esencial para el mantenimiento de las carreteras, y se necesita urgentemente un método eficaz para detectar el deterioro de la superficie de las carreteras.

Lo que se pretende es utilizar el método visual manual y la aplicación de vehículo aéreo no tripulado (RPAS) para determinar un valor (rango desde fallado 0 hasta un máximo 100 excelente condición de la vía).

El tramo de estudio pertenece al distrito de Azángaro, la av. los Próceres fue construida en el año 2001, sin embargo, aún no se ha atendido este problema con eficiencia. En tanto, son muchas carreteras y jirones en el centro de la ciudad que se están deteriorando, sin embargo, las autoridades no están tomando en cuenta referente al mantenimiento preventivo de vías urbanas.

(Paucar Curo, 2019). El daño de los pavimentos flexibles se debe a diferentes factores originados como puede ser: el clima (lluvias, temperatura, viento, etc.), por factores de control de calidad de los agregados en la etapa de construcción de la vía, estudio de tráfico vehicular, etc.

(Chusung & Ahmed, 2012). Es importante para la identificación y rectificación oportuna de la deformación en carreteras. Esta presente investigación presenta un novedoso sistema de fotografías digitales tomados por vehículos aéreos pilotados a distancia (RPAS) que se enmarca en la recopilación eficientemente de resultados del estado de la superficie en caminos, calles, jirones y/o avenidas. A diferencia de otros enfoques, la evaluación con fotogrametría se plantea mediante la exploración de imágenes aéreas obtenidas de un sistema sin piloto para proceder un modelo de superficie en tres dimensiones (3D) sobre un espacio de avería y falla de la carretera para medir los daños. El sistema consiste en un modelo de Dron multi-

rotor de bajo costo equipado con gimbal, un receptor del GPS y un sensor geomagnético.

Justificación

Justificación del proyecto

Mediante la aplicación de la metodología PCI ASTM D6433 para la evaluación se puede determinar niveles en cuanto a clase, severidad y cantidad de daños actuales por la técnica de análisis por imágenes haciendo uso de una aeronave pilotada a distancia y el análisis de imágenes por software de la carpeta de rodadura (superficialmente) para que en tiempo menor posible resulte económico.

(Atra, 2020). Recomienda realizar la evaluación visual tanto el procedimiento tradicional implica acceder a la calzada y medir los defectos como el análisis de imágenes con software vinculado a GIS o CAD que inspeccione estas imágenes para identificar y medir los defectos

Justificación técnica

El deterioro de los pavimentos flexible durante los últimos años en la ciudad de Azángaro se va incrementando por falta de mantenimiento. Existen varios jirones y calles que requieren mantenimiento oportuno, es el inicio de esta investigación, que aporta a los problemas tan significativos de la vía, realizando la evaluación del estado superficial del pavimento (no destructivo).

(Patrick J., 2015). Detectar con precisión los defectos de las carreteras mediante la visión por computadora sigue siendo un problema desafiante para futuras investigaciones. El uso de aeronave pilotada a distancia autónomas para recopilar los datos es una vía viable para la recopilación de datos, teóricamente más rápido que los métodos actuales a velocidades de autopista.

(Parente, Felix, & Picanco, 2017). Manifiestan que no existe diferencias significativas en cuanto a porcentaje entre las fallas cuantificadas de la forma manual (levantadas en campo) y con el uso de dron (ortomosaico).

Justificación económica

(YUMIN & YUNXIN, 2019). Detectar el deterioro de la superficie de las carreteras con alta eficiencia y bajo costo. Mientras tanto, las aeronaves pilotadas a distancia

(RPAS), con las ventajas de alta flexibilidad, bajo costo y fácil maniobrabilidad, son una nueva opción fascinante para el monitoreo del estado de la carretera.

(Patrick J., 2015). Si bien existen metodologías actuales para realizar la evaluación de carreteras de forma manual y semiautónoma, esta investigación es una prueba de concepto para obtener la evaluación de carreteras de forma más rápida y económica con una visión de que se requiere poca o ninguna interacción humana.

Justificación social

La presente investigación tiene información propuesta importante para toma de decisiones y tomar como antecedentes por parte de las entidades distritales, provinciales, así como para las empresas estatales, privadas y estudiantes universitarios.

El presente trabajo de investigación es que la UCV por medio de la carrera de Ingeniería Civil, tenga mayor enfoque en temas que mejoren la calidad de trabajo en vías de comunicación. Que el estudiante y/o egresado contribuya en el crecimiento y mejora en el tema de evaluación de calles y avenidas mediante la aplicación de tecnologías.

Objetivos

Objetivo general

Optimizar el costo y tiempo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

Objetivos específicos

- Optimizar el costo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.
- Optimizar el tiempo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

- Optimizar el costo y tiempo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI de manera manual en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

Interrogante general

¿Como optimizar el costo y tiempo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno?

Interrogantes específicos

- ¿Como optimizar el costo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno?
- ¿Como optimizar el tiempo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno?
- ¿Como optimizar el costo y tiempo para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI de manera manual en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno?

HIPÓTESIS

Hipótesis general

El costo y tiempo disminuye para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

Hipótesis específicas

- El costo disminuye para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno
- El tiempo disminuye para la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

- El costo y tiempo se mantiene en la realización del inventario de fallas presentados en el pavimento flexible con el método PCI de manera manual en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la investigación

Antecedente Nacional

(Quispe Enriques, 2020), en su tesis denominado **Evaluación de confiabilidad del drone phantom 4 pro v2.0 para calcular el índice de condición del pavimento flexible** en av. Miraflores del distrito de Comas, Lima - 2020". La tesis tuvo como **objetivo principal** establecer el nivel de confiabilidad del dron de las características Phantom 4 Pro V2.0 para calcular el PCI ASTM D6433-03 ya que es un método para la determinación de fallas presentes en el pavimento en la Av. Miraflores distrito de comas según el **diseño** la investigación fue explicativo no experimental – transversal **Muestra y localización** la avenida en estudio tuvo una longitud de 1246.6 metros ubicado en el distrito de comas departamento de Lima. **Instrumento** se recolectó datos mediante fichas técnicas en un formato determinado cuyo **resultado** concluyó que la utilización del equipo de dron utilizado para la presente investigación es confiable

Este método identifica la cuantificación de todo tipo de anomalías que presenta el asfalto en forma directa, una de las desventajas es congestionar el tránsito vehicular;

Este procedimiento se representa por el procesamiento y toma de patologías en el pavimento directamente en situ, tomando tiempo que afectaría a la circulación de vehículos y poniendo en riesgo la vida de las personas que recolectan información generalmente en zonas urbanas de alto tránsito vehicular. Sin embargo, la utilización del dron permite fácilmente obtener resultados digitales de calidad como la ortofoto concluyó.

(Cubas Fernadez, 2021) **Uso de un dron para optimizar la evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI en la av. los Conquistadores, distrito de San Isidro, Lima – 2021**, La tesis tuvo como **objetivo** establecer la optimización con el uso del dron la evaluación de pavimento, **diseño** cuasi experimental, **muestra y localización** la avenida en estudio tuvo como longitud 678 m en la Avenida los Conquistadores San Isidro – Lima con 18 unidades muestrales, el **instrumento** que se utilizó el dron, odómetro se utilizaron formatos de acuerdo al ASTM D6433 estos datos han sido procesados en Excel, Pix4D Mapper y civil 3D para la cuantificación de fallas **resultado** el método utilizado tiene el 95% de confiabilidad realizando la comparación del uso de dron y el PCI conveccional en comparación del programa SPSS se determinó un p-valor mayor a por lo tanto concluyó que ambos procedimientos concretizaron que el estado del pavimento se encuentra en bueno 51 haciendo el uso del dron y 59 método tradicional.

(Peña Carbajal & Peña Carbajal, 2020) **Propuesta de levantamiento de tipos de fallas asistido por el sistema de aeronaves pilotadas remotamente (RPAS) para intervenir en carreteras de bajo volumen en Lima Provincias** en el presente trabajo de investigación tuvieron como **objetivo** fijar si la propuesta de investigación es confiable y si se optimizara la evaluación de fallas, el **diseño** es correlacional – explicativo busca relacionar las variables y encontrar los principios del problema, **muestra y localización** son carreteras vecinales de 500 m de longitud en Lima Provincias, **instrumento** para la presente tesis realizó búsquedas bibliográficas encontrando bases teóricas, artículos, libros, **resultado** el presente trabajo de investigación concluyo el inventario vial de fallas el tiempo de ejecución y procesamiento se redujo en un 70% respecto al método tradicional con la utilización del dron con sensor CMOS de la marca DJI, determinando que la propuesta de aeronave pilotadas remotamente es eficiente en la intervención de carreteras.

Antecedente Internacionales

(Vargas Buitrago, 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, en el presente trabajo que realizó tuvo como **objetivo** con el fin de conseguir resultados elabora la comparación de dos técnicas, método tradicional y con sensores remotos, el **diseño** comparativo porque se pretende establecer nuevas tecnologías respecto al uso de drones el punto de partidas es la parte económica y técnico, **muestra y localización** presenta 01 kilómetro de carretera en la municipalidad de Cajicá Bogotá, **instrumento** recopilación de la información, trabajo en campo, análisis y depuración de información, **resultado** concluye que en la ejecución del trabajo de investigación el método tradicional es mejor respecto al uso de sensores remotos cumpliendo con los requerimientos mínimos para el desarrollo de inspección visual de la carretera en estudio.

(Vasconcelos Fernandez, Fonseca Cabral, & Batista Dantas , 2021), **Mapeo de manifestaciones patológicas en pavimento asfáltico mediante el uso de drones**, en la presente revista se cumplió como **objetivo** este trabajo tuvo como objetivo realizar el mapeo de las fallas en el pavimento haciendo el uso de drones realizando comparaciones con el método tradicional, el presente método se identifica consiguiendo directamente obtención de medidas de las fallas en el pavimento utilizando y realizando con un tiempo mayor en cuanto al uso de dron exponiendo la integridad física de los responsables que realizan la medición en la vía, **diseño** es de tipo cuantitativo que busca comparar la metodología tradicional, **muestra y localización** El proyecto se realizó con una longitud de 0.50 km Rio Grande Brasil, **instrumento** recopilación de la información con el uso de UAV Phantom 4 pro cuadricóptero de peso estimado de 1.50 kilogramos suministrado por una cámara, se utilizó este equipo por su versatilidad, estabilidad en el aire, costo, maniobrabilidad, **resultado** para la presente investigación el tiempo de ejecución con el uso de dron de la marca DJI se redujo en un 1/3 respecto al método tradicional con un 94.4% de aciertos en la identificación de manifestaciones patologías del pavimento asfáltico cumpliendo con los objetivos propuestos e hipótesis planteados.

(Santana de Carballo , 2017), **Defectos de monitoreo y encuesta existente en el piso del campus de la UFPE CAA con uso de drones**, en la presente revista se cumplió como **objetivo** menciona el relevamiento de los diferentes deterioros en el pavimento asfáltico utilizando el método tradicional y con el uso de dron, **diseño** se

trabajó este instrumento en comparación con la metodología cuantitativo, **muestra y localización** Campus Universidad Federal de Pernambuco, Brasil ubicado en la carretera BR-104, Km 59, Nova Caruaru, Caruaru, **instrumento** recopilación de la información, utilizó dron Phantom 3 Advance, controlador, altímetro, auto desk ReCap, **resultado** Como se ve, se alcanzó un porcentaje del 73% (forma tradicional utilizada como referencia) de defectos observados con el uso del dron, esto con velocidad, practicidad y seguridad. Con la desventaja de un alto costo de implementación en comparación con la forma tradicional.

Marco Teórico

Índice de condición de pavimento (PCI)

El PCI determina la evaluación superficial de los pavimentos, es un valor numérico, que oscila desde cero (fallado) y cien (excelente) según la normativa ASTM D 6433. Su sistematización se basa en los resultados del inventario de fallas superficiales de la carpeta de rodadura de los pavimentos flexibles o rígidos, identificándose tipos de deterioro, cantidad y severidad.

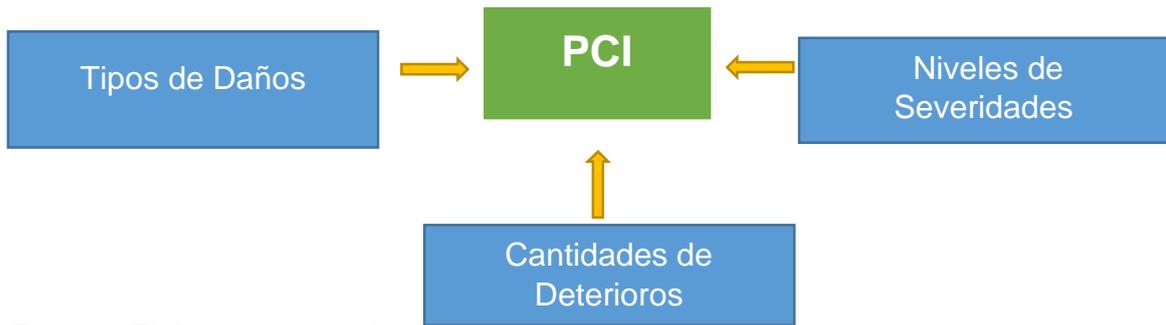
El método PCI “Índice de condición de pavimento” (pavement condition index), fue introducido por primera vez por el ejército de los EE.UU. Hoy en día el cálculo del PCI esta estandarizado por la ASTM internacional, determina la evaluación superficial de los pavimentos flexibles o rígidos

Figura 1 Escala de medida del índice de condición del pavimento PCI



Fuente: (ASTMD6343-03, 2003)

Figura 2 Identificación del PCI



Fuente: Elaboración propia

Normas internacionales:

Tabla 1 Normas internacionales de PCI para su aplicación.

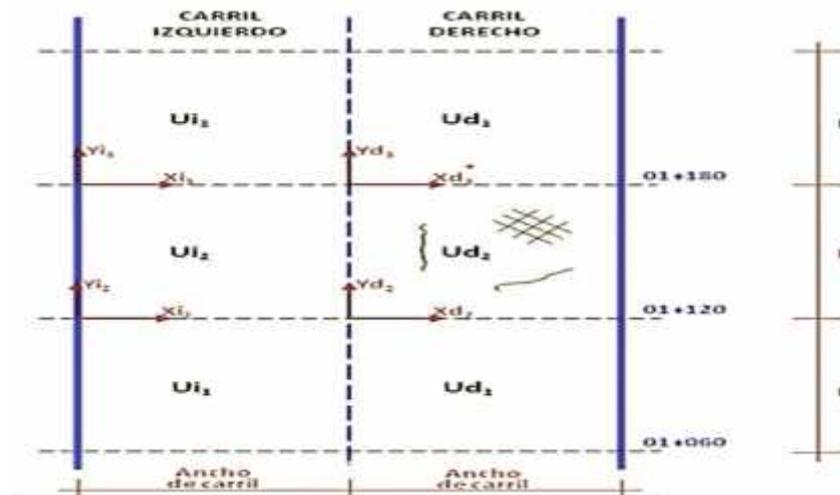
Tipo de Vía	Normatividad
Vías pavimentadas	ASTM D 6433-03
Aeropuertos, aeródromos	ASTM D 5340-04
Vías no pavimentadas	USACE TM 5-626

(ASTMD6343-03, 2003)

Procedimiento PCI

Inicialmente la 1º etapa toca al trabajo in situ en el cual se realizarán inventarios viales superficiales teniendo en cuenta las clases, severidades de daños. Se muestra un esquema de trabajo:

Figura 3 Esquema de levantamiento de fallas método de manera manual.



Fuente: Elaboración propia

Muestreo

Para casos de toma de muestras, se fracciona la carretera o calle en secciones uniformes o unidades de muestreo (UM), sin embargo, esta investigación realiza la evaluación de toda la avenida los Próceres.

El área de las secciones de estudio deberá efectuarse en un margen de 225.0 +- 90 m² para vías.

El área de las secciones de estudio deberá efectuarse en un margen de 450.0 +- 180 m² para aeropuertos

Se utiliza la siguiente fórmula para determinar las unidades de muestra para obtener al 95% de confiabilidad.

Figura 4 Procesamiento de unidades de muestra ASTM D 6433

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Fuente: (ASTMD6343-03, 2003)

Dónde:

n= número de secciones de muestreo.

N= número total de secciones de muestreo.

e= error admisible, frecuentemente, e=+/- 5 del PCI.

= desviación estándar. la desviación estándar es 10 para pavimentos flexibles y 15 para pavimentos rígidos.

Tabla 2 Identificación de las características de la vía en estudio

Descripción	Plataforma izquierda	Plataforma derecha
Tipo de pavimento	Flexible convencional	Flexible convencional
Longitud de plataforma:	600 metros	600 metros
Ancho de plataforma	10 metros	10 metros
Ubicación	Av. los Próceres	Av. los Próceres

Tipo de vehículos que transitan	Motocicletas, autos, camiones, buses, volquetes etc.	Motocicletas, autos, camiones, buses, volquetes, etc.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia

$$N = \frac{600 \text{ m}}{20 \text{ m}} \approx 30$$

Reemplazando en la fórmula se tomará 30 unidades a ser evaluadas en cada plataforma.

Calcularemos el número máximo de valores deducidos se utilizarán ábacos establecidos para pavimentos flexibles según el tipo de daño identificado en el intervalo de unidades.

$$mi = 1.00 + \frac{9}{18} (100 - HDVi)$$

Dónde:

mi= número máximo admisible de valores deducidos

HDVi= número mayor deducido.

Finalmente se utilizará el ábaco de valor deducido corregido vs valor deducido total para determinar el índice de condición de pavimento flexible PCI.

$$PCI = 100 - \text{Max. VDC}$$

Dónde:

PCI= índice de condición de pavimento flexible.

VDC= máximo valor deducido corregido.

Finalmente, al obtener PCI se determinará el valor cuyo resultado estará en el rango de fallado hasta excelente.

IDENTIFICACIÓN DE FALLAS

Se tiene la siguiente identificación de daño el cual cada una de las fallas será estimada con valores deducidos con ábacos para la metodología tradicional o manual en cambio para el uso de dron se realiza con software EvalPavCar.

Tabla 3 Tipo de fallas para pavimentos flexibles.

TIPOS DE FALLAS			
Tipo de falla	Und	Tipo de falla	Und
1. Piel de cocodrilo	m2	11. Parches	m2
2. Exudación	m2	12. Pulimento de agregados	m2
3. Agrietamiento en bloque	m2	13. Baches	Nº
4. Abultamiento y hundimiento	m2	14. Cruce de vía férrea	m2
5. Corrugación	m2	15. Ahuellamiento	m2
6. Depresión	m2	16. Desplazamiento	m2
7. Grieta de borde	m	17. Grietas parabólicas	m2
8. Grieta de reflexión de junta	m	18. Hinchamiento	m2
9. Desnivel carril/berma	m	19. Desprendimiento de agregados	m2
10. Grietas longitudinales y transversales	m		

Fuente: (ASTMD6343-03, 2003)

Según el tipo de severidad, cada uno de los daños muestra un nivel de severidad para su identificación.

Tabla 4 Nivel de severidad

SEVERIDAD	
BAJA	L
MEDIA	M
ALTA	H

Fuente: (ASTMD6343-03, 2003)

El manual del PCI ASTM D 6433-03 a continuación describe cada una de las fallas presente (19 tipos de fallas presente en un pavimento asfáltico).

1. Piel De Cocodrilo (m2)

Se describe a un conjunto de fisuras de fisuras conectadas ocasionadas por la fatiga presente en la parte superior del pavimento flexible causada por constantes pasos de carga de tráfico vehicular.

Severidad de deterioro: L, M, H.

2. Exudación (m2)

se encuentra parecido a una membrana de material bituminoso sobre la parte superior del pavimento flexible, que se visualiza lustroso, ocasionada por sumas enormes de PEN asfáltico o aditivos en el proceso constructivo del diseño de la mezcla asfáltica.

Severidad de deterioro: L, M, H.

3. Agrietamiento en bloque (m2)

Los agrietamientos en conjunto, son fisuras conectadas que parten la superficie de rodadura en piezas aproximadamente cuadrangulares. Las fisuras en bloque se deben a la retracción del concreto bituminoso y el constante cambio de temperatura. Este ejemplo de falla no depende directamente al tráfico vehicular.

Severidad de deterioro: L, M, H.

4. Abultamientos y hundimientos (ml)

Los abultamientos y hundimientos expresado en metros lineales, son cortos desplazamientos, localizados por encima de la carpeta de rodadura, en la superficie del pavimento existen entradas de agua y acumulación de residuos en una grieta incluyendo el tráfico de cargas vehiculares

Severidad de deterioro: L, M, H.

5. Corrugación (m2)

La corrugación es un tipo de falla del pavimento asfáltico y/o rígido causada por el tráfico vehicular con la inestabilidad de la carpeta de rodadura encontradas como cimas y depresiones son perpendiculares al sentido de la vía.

Severidad de deterioro: L, M, H.

6. Depresión (m²)

Se expresan en área de daño del pavimento muchas veces son claramente vistos al ojo humano después de la presencia de las precipitaciones pluviales, cuando el agua estancada forma un área formando manchas en el pavimento.

Severidad de deterioro: L, M, H.

7. Grieta en borde (ml)

Las grietas en márgenes corresponden a fallas en el extremo de la vía se encuentra por lo general a 0.50 m del borde de la vía originada por cargas de tráfico vehicular, corresponde al debilitamiento de la base o sub base del pavimento.

Severidad de deterioro: L, M, H.

8. Grieta de reflexión de junta (ml)

La grieta de reflexión de junta expresado en metros lineales presentes simplemente en pavimentos asfálticos fundados sobre pavimento de concreto este tipo de falla es causada por movimientos generados por cargas de tráfico vehicular, humedad y cambio de la temperatura.

Severidad de deterioro: L, M, H.

9. Desnivel carril/berma (ml)

El desnivel de carril – berma es el desnivel respecto a la elevación al extremo de la vía (borde) debido al colapso de la berma o la colocación de una nueva carpeta de rodadura sin reconstruir o modificar el nivel de la berma.

Severidad de deterioro: L, M, H.

10. Grietas longitudinales y transversales (ml)

Las grietas o fisuras longitudinales son causadas por las juntas de pavimentos mal selladas durante el proceso constructivo, cambios de temperaturas paralelos al sentido de la vía; las grietas o fisuras transversales son causadas por las juntas de pavimentos mal selladas durante el proceso constructivo, cambios de temperaturas perpendiculares al sentido de la vía.

Severidad de deterioro: L, M, H.

11. Parcheo (m2)

El parcheo esta expresado por área de pavimento nuevo que ha sido reemplazada o refaccionada considerado como falla del pavimento, sin importar su comportamiento el cual presenta rugosidades en el pavimento (el material reemplazado no es necesariamente del mismo material del pavimento construido en su etapa inicial).

Severidad de deterioro: L, M, H.

12. Pulimento de agregados (m2)

El pulimento de agregado esta dado por área de pavimento originada por cargas de tráfico generando pérdida de aspereza o textura del pavimento perdiendo resistencia al deslizamiento, debido a la durabilidad de los agregados (AG y AF).

Severidad de deterioro: L, M, H.

13. Huecos (und)

Los huecos o baches son fallas en forma de pequeños hoyos de 7.5 cm como máximo de diámetro por lo ordinariamente sus bordes están asociados a lados verticales cerca de la falla (hoyo).

Severidad de deterioro: L, M, H.

14. Cruce de vía férrea (m2)

Los cruces de vías férreas son fallas expresados en metros cuadrados por lo general presentan abultamientos e hinchamientos alrededor de los rieles de acero

del pavimento debido al frenado del tráfico vehicular.

15. Ahuellamiento (m2)

La falla por ahuellamiento del pavimento expresada en metros cuadrados presenta generalmente depresiones en las huellas de las ruedas vehiculares en forma de ondulaciones visibles directamente o solamente después de la lluvia, se deriva de fallas de deformaciones de las capas inferiores como base o subbase.

Severidad de deterioro: L, M, H.

16. Desplazamiento (m2)

Los desplazamientos son fallas expresados en metros cuadrados producidos por la acción del frenado y acción del tráfico, generando empujes de la carpeta de rodadura a lo largo de la vía produciendo ondas presentes generalmente en pavimentos bituminosos

Severidad de deterioro: L, M, H.

17. Grieta parabólica (m2)

Esta falla presenta deslizamientos y empujes por frenado o cambio de dirección de los vehículos presentando daños a la carpeta de rodadura en forma parabólica o media luna se presenta en forma transversal al sentido del tráfico vehicular. Este tipo de daño se da por lo general en carpetas de rodaduras superpuestas mal adherida (liga pobre).

Severidad de deterioro: L, M, H.

18. Hinchamiento (m2)

Este tipo de fallas presenta hinchamientos hacia arriba (protuberancias) ocasionados por la acción de las heladas el cual presenta congelamiento de las capas de la base o sub base del pavimento.

Severidad de deterioro: L, M, H.

19. Desprendimientos de agregados (m2)

El desprendimiento de agregados se expresa en metros cuadrados comprende en

la pérdida del agregado (fino – grueso) o peladuras del pavimento debido al endurecimiento del ligante asfáltico o mezcla asfáltica pobre, así como desprendimientos, también puede ser causado por el tráfico vehicular de rastreo. (vehículos de tracción a cadenas).

Severidad de deterioro: L, M, H.

Formatos

Para el presente estudio comparativo de la aplicación de los métodos visual manual y con vehículo aéreo pilotado a distancia (RPAS) para establecer el índice de condición del pavimento flexible (PCI), se utiliza el siguiente formato para la evaluación de acuerdo a la normatividad internacional para carreteras (**ASTM D 6433-03**).

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL CON IMÁGENES AÉREAS.

Figura 5 Formato para evaluación superficial con imágenes aéreas (Software EvalPav) creado por el Dr. Ing. Gerber Zavala Ascaño.

Evaluación de Pavimentos de Superficie Asfáltica - Método PCI (ASTM D 6433)

Sector Carril

Unidad de muestra Area de muestra (m²)

Progresiva inicial Progresiva final

Inspeccionado por

Fecha Muestra adicional

m VRC PCI

Daños

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía letrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel caril/berna	15. Ahuellamiento
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento
5. Corugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento
		19. Desprendimientos de agregados

Diagrama

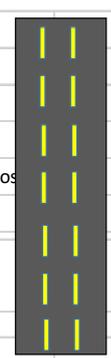
Longitud (m) Ancho (m)

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR

Fuente: Elaboración propia

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL MANUAL.

Figura 6 Formato para la evaluación superficial convencional y/o manual (Hoja electrónica Excel)

HOJA DE EVALUACION PARA PAVIMENTO FLEXIBLE INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)														
LUGAR :				SECCION :										
FECHA :				MUESTRA :										
ELABORADO :				AREA :						M2				
TIPOS DE FALLAS										DIAGRAMA				
1. Piel de cocodrilo		8. Grieta de reflexion de junta		14. Cruce de via ferrea										
2. Exudacion		9. Desnivel carril/berma		15. Ahuellamiento										
3. Agrietamiento en bloque		10. Grietas longitudinales y transversales		16. Despazamiento										
4. Abultamiento y hundimiento		11. Parches		17. Grietas parabolicas										
5. Corrugacion		12. Pulimento de agregados		18. Hinchamiento										
6. Depresion		13. Baches		19. Desprendimiento de agregados										
7. Grieta de borde														
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA			INTERVALOS DE UNIDADES DE MUESTRA		NUMERO MAXIMO DE VD						
LOW	BAJA	L						$n = 1.00 + \frac{1}{(100 - \dots)}$						
MEDIUM	MEDIA	M	$n = \dots$											
HIGH	ALTA	H	$n = \dots$					area =						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES														
86 - 100	EXCELENTE		CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.
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)													
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD (I)	TOTAL	DENSIDAD (%) (II)		VALOR DEDUCIDO (abaco) (I y II)									
							Numero de valores deducidos > 2							
							Valor deducido mayor =							
							Numero maximo de VD (m) =							
NRO	VALORES DEDUCIDOS						VDT (I)	q (II)	VDC (abaco) (I y II)					
									Max. VDC 0					
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI = 100 - Max. VDC						
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								PCI =						

Fuente: Elaboración propia

DRON: también denominado RPAS (Remote Piloted Aircraft System), cuya traducción es aeronave pilotada a distancia, establecido y regulado en cuanto al uso y aplicaciones en el Perú existe la ley N° 30740 publicada el 22 de marzo del 2018. Es una aeronave que realiza vuelos y misiones semiautomatizados utilizados para diversos tipos de trabajo y misiones civiles o militares, existen diferentes tipos de drones en cuanto a uso y aplicaciones, una aeronave es pilotada por un “piloto remoto” quien monitorea teniendo responsabilidades durante el vuelo. (Tacca Qqelca, 2015)

Tipos de drones:

Figura 7 Funcionalidad/ tipo de aeronave

Descripción	Ala Rotatoria	Ala fija
Despegue, aterrizaje y maniobrabilidad	✓	⊘
Autonomía	⊘	✓
Precio	✓	⊘
Cobertura de levantamiento	⊘	✓
Calidad de producto (ortofoto, DEM, curvas de nivel, etc.)	✓	✓

Fuente: (Ventura Fernandez, 2019)

- **Ala fija:** El dron de ala fija es una aeronave diferente al multirotor presentan dos alas similares o parecidas a los aviones tradicionales con baterías incorporadas los cuales pueden mantenerse estables en el aire, necesariamente requieren un despegue y aterrizaje para el trabajo a ejecutarse, estas aeronaves realizan trabajos de fotogrametría, toma de videos, etc. En grandes extensiones de terreno por su versatilidad y velocidad.

Figura 8 Dron de ala fija.



Fuente: (Ventura Fernandez, 2019)

- **Multi-rotor:** también conocido como ala rotatoria existen diferentes tipos entre los cuales encontramos a los cuadricópteros (4 rotores o hélices), hexacópteros (6 rotores o hélices), octacópteros (8 rotores o hélices) diseñados y utilizados para transportar equipos de cargas).

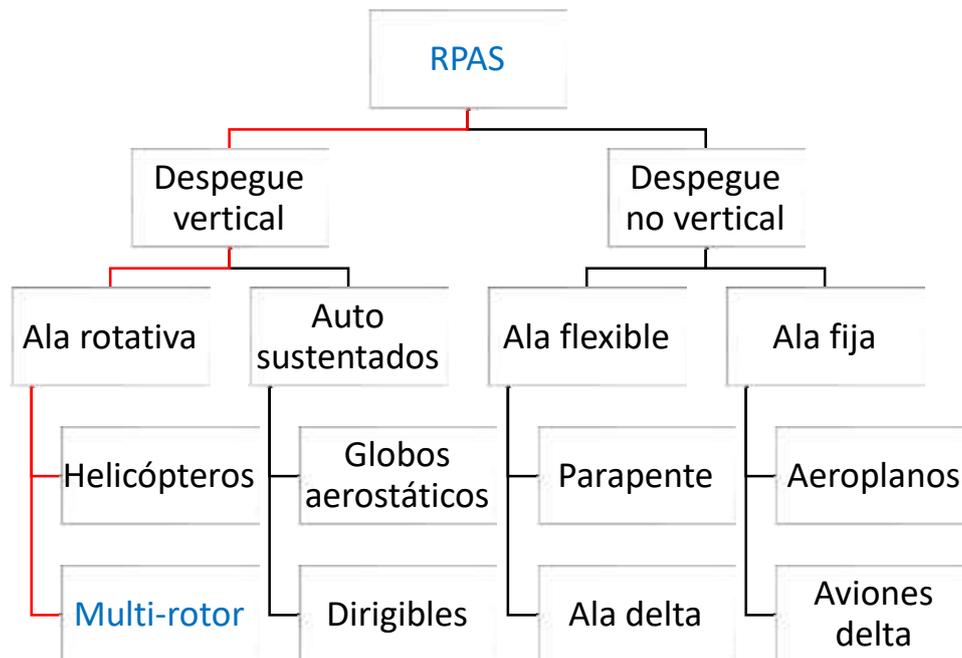
En el presente trabajo de investigación se utilizó los drones cuadricópteros (4 rotores o hélices) de la marca DJI el cual se mantiene en el mismo lugar de esta forma evitando movimientos gracias a su gimbal o giroscopio el cual es ideal para realizar videos y la toma de fotografías aéreas utilizando la aplicación Pix4D.

Figura 9 Imagen de dron cuadricóptero DJI Phantom 4 Pro V2.0



Fuente: (Ventura Fernandez, 2019)

Figura 10 Esquema de tipos de RPAS



Fuente: (Coaquira Quispe, 2017).

Aplicaciones y usos

Las aplicaciones que se tiene referente a uso de RPAS son diversas tal como se menciona a continuación.

- Topografía y fotogrametría.
- Agricultura de precisión.
- Arqueología.
- Inspección de instalaciones eléctricas.
- Sistema LIDAR.
- Inspección audio visual.
- Cinematografía.

Fotogrametría

La fotogrametría es un procedimiento y forma de tomar fotos aéreas georreferenciadas con coordenadas UTM (universal transversal Mercator), pudiéndose medir a escala real desde cualquier altura.

Según la norma técnica complementaria (NTC) los trabajos para fines civiles deben mantener una altura mayor a 20 metros hasta una altura máxima de 152.4 metros de altura sobre el terreno (NORMA TECNICA COMPLEMENTARIA, 2015)

deriva del verbo:

Fotograma: potos, luz

Gamma: trazado, dibujo

Metron: medir

Tabla 5 Tipos de fotogrametrías.

Tipo de fotogrametría	Definición
Aérea	cuando la cámara está en el aire bajo el soporte de un elemento (dron)
Terrestre	cuando la cámara está en la superficie del terreno

Fuente: (Fiestas Leon & Merino Rodriguez, 2020)

¿Qué es un pavimento?

Un pavimento está comprendido por una o más capas de material granular seleccionados o naturales colocado sobre terreno de fundación o sub rasante donde las capas inferiores soportan menores esfuerzos, como función principal es la circulación de vehículos a su vez permitir seguridad y comodidad es el punto muy importante para el nivel de confiabilidad; el pavimento debe tener un costo de operación y mantenimiento optimo y resistente a la acción del tránsito, medio ambiente y a las cargas vehiculares. (Sáez Alván, 2019)

Estructura de una vía

Carpeta de rodadura

La carpeta de rodamiento o rasante de la vía pertenece a la estructura de la vía presentándose en la parte superior de un pavimento tiene como función principal estructura e impermeabilizante, soportar el tránsito vehicular permitiendo excelente condición del pavimento.

Presenta las siguientes funciones

- Impermeabilizador, para evitar el ingreso del agua a las capas inferiores del pavimento por acción de las lluvias.
- Proveer una textura resistente al deslizamiento, inclusive cuando una pista presenta humedad.

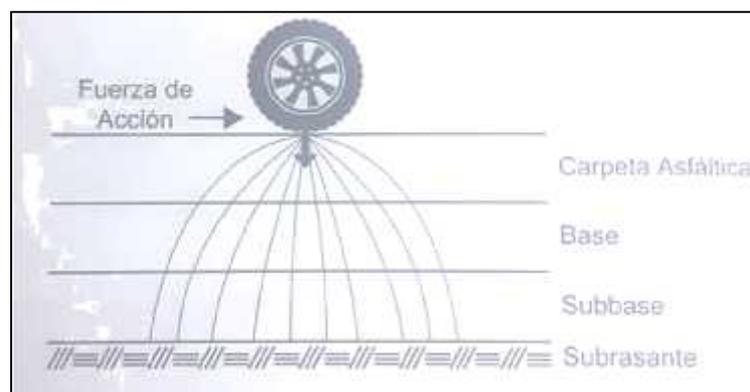
Bases granulares / subbase

Las bases granulares o subbase son materiales seleccionados de acuerdo a la normatividad nacional especificados en la EG – 2013 del Ministerio de transportes y comunicaciones en cuanto a sus ensayos de granulometrías, límites de consistencia, Proctor modificado, CBR, abrasión los ángeles, etc. Cumpliendo función estructural, drenaje y económica

Presenta las siguientes funciones

- Firmeza, esencialmente a la acción del tráfico vehicular
- Transmitir y soportar cargas de tráfico hacia el terreno de fundación o suelo naturales
- Presenta función de drenaje evitando la capilaridad del agua (ascensión de la humedad)
- Función económica, esta capa es determinante para determinar el espesor de la carpeta de rodadura.

Figura 11 Distribución de carga en capas



Fuente: (Sáez Alván, 2019)

Tipos de pavimentos

- Pavimentos flexibles o asfáltica
- Pavimentos rígidos
- Pavimentos semirrígidos

Pavimento flexible: Un pavimento flexible es una estructura de capa bituminosa preparado de una mezcla asfáltica (PEN), aditivos, piedra chancada, arena chancada y/o arena natural seleccionado de acuerdo al diseño efectuado en laboratorio, que presentan diferentes capas como base granular, sub base, terraplén los espesores varían de acuerdo a la calidad de CBR de la sub rasante o terreno de fundación. (Sáez Alván, 2019)

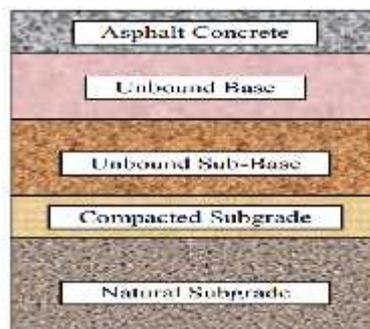
Tipos de pavimentos flexibles

- Pavimentos flexibles convencional
- Pavimentos flexible de resistencia profunda (Depp Strength)
- Pavimentos de HMA de profundidad total (Full-Depth)

a). Pavimentos flexibles convencional

Los pavimentos flexibles convencionales comprendes de carpeta de rodadura menores a 6 pulgadas de espesor (15.24 cm), comprendiendo múltiples capas de base granular, sub base pueden presentar también capa de sub rasante estabilizadas o tratadas. (AASHTO, 2015).

Figura 12 Estructura de un pavimento asfáltico convencional

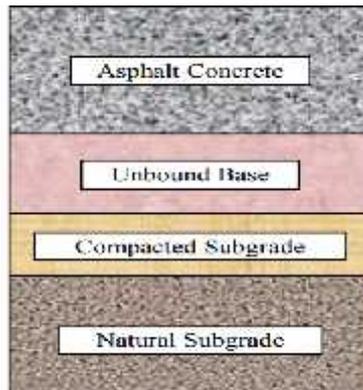


Fuente: (NCHRP, 2004)

b). Pavimentos flexibles de resistencia profunda (Depp Strength)

Los pavimentos flexibles de resistencia profunda (Depp Strength) presenta una capa de rodadura relativamente gruesa con granulometría densa sobre una capa de base granular pueden presentar capa de subrasante estabilizada. (AASHTO, 2015)

Figura 13 Estructura de un pavimento de resistencia profunda



Fuente: (NCHRP, 2004)

c). Pavimentos de HMA de profundidad total (Full-Depth)

Los pavimentos de profundidad total son capas colocadas sobre una capa de subrasante estabilizada o colocadas verdaderamente sobre el terraplén, o sobre la cimentación preparada. Se llevaron a cabo menos secciones de ensayo en el caso de los pavimentos de resistencia convencional y de resistencia profunda. (AASHTO, 2015)

Figura 14 Estructura de un pavimento asfáltico de profundidad total.



Fuente: (NCHRP, 2004)

Pavimento rígido

El pavimento rígido o hidráulico está conformado por una losa de concreto tiene por objeto principal función estructural no económica sobre una sub base o sobre la subrasante preparada. Permite transmitir cargas distribuidas de una forma minimizada sobre la base o subrasante preparada. (Sáez Alván, 2019)

Pavimento semirrígido

El pavimento semirrígido son la combinación de pavimentos flexibles (asfálticos) y pavimentos rígidos (cemento portland) con base y sub base granulares. (Sáez Alván, 2019)

Clasificación de las carreteras por orografía

- Terreno plano (tipo 1)

Presentan pendientes longitudinales menores o iguales a 3%, demandando menores cortes y rellenos en cuanto a movimientos de tierra. (DG, 2018)

- Terreno ondulado (tipo 2)

Presentan pendientes longitudinales entre a 3% y 6%, demandando moderados cortes y rellenos en cuanto a movimientos de tierras. (DG, 2018)

- Terreno accidentado (tipo 3)

Presentan pendientes longitudinales entre a 6% y 8%, demandando importantes cortes y rellenos en cuanto a movimientos de tierras. (DG, 2018)

- Terreno escarpado (tipo 4)

Presentan pendientes longitudinales superiores a 8%, demandando máximos cortes y rellenos en cuanto a movimientos de tierras donde se genera mayor dificultad de trazado. (DG, 2018)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación.

Nivel de la investigación es tipo aplicada: El soporte metodológico es descriptivo, ya que investiga detallar las propiedades, particularidades, conjuntos, asociaciones, objetos o cualquier otro tipo de particularidades

para un análisis el cual tiene como objeto **medir o almacenar información** en forma individual o junta sobre las variables o conocimientos.

Diseño de investigación no experimental: Esta investigación del diseño de la investigación se realiza sin modificar las variables, donde no se varia o cambia sus variables independientes, la investigación de diseño no-experimental observa el contexto tal como se encuentra en un momento único para posteriormente analizarlas y dar conclusiones.

El diseño no experimental de este estudio es **de corte transversal descriptivo** (información que recopila información en un tiempo único).

Enfoque de investigación el método cuantitativo representa técnicas metódicas prácticos y críticos de investigación involucran la obtención de datos de campo (rango PCI 0 – 100) dándole una evaluación (rango desde fallado 0 hasta un máximo 100 excelente condición de la vía), logrando un mayor alcance de la avenida en estudio.

3.2. Variable y operacionalización.

Variable independiente

Optimización Costo – Tiempo

Variable dependiente

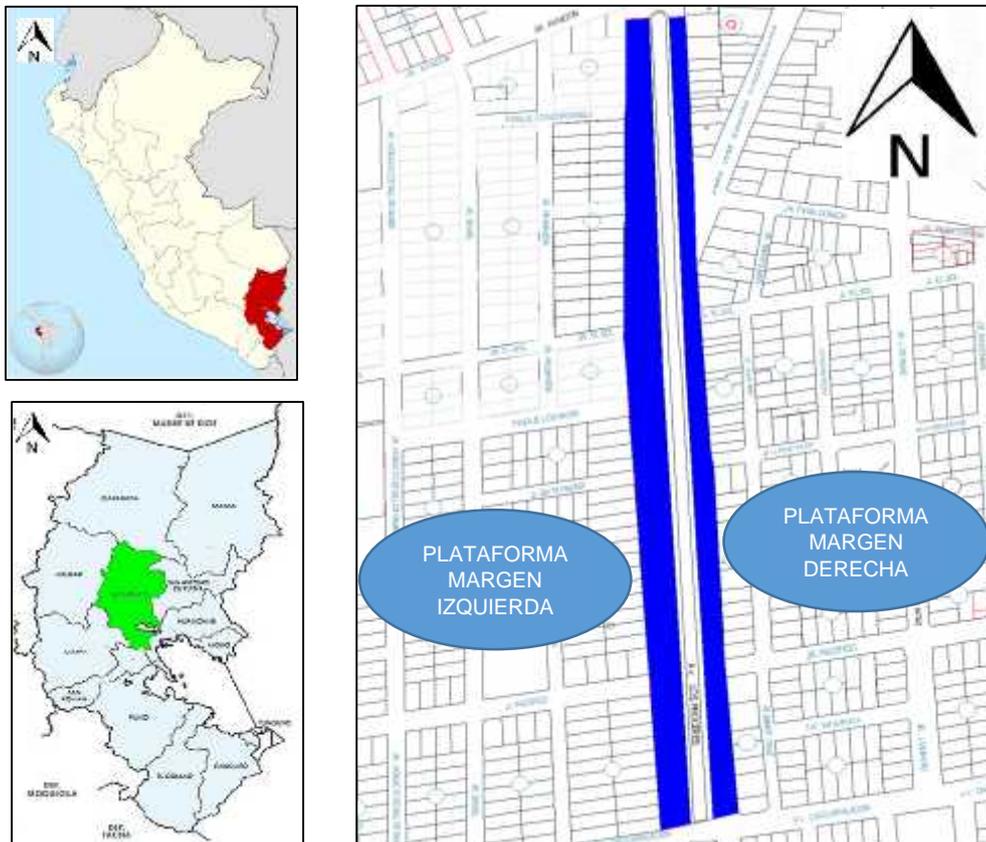
Índice de condición del pavimento

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población: se refiere a una cantidad de descripciones lo que se denomina también como características comunes. Para ello estuvo compuesto por calles y avenidas de pavimentos flexibles del distrito de Azángaro y su identificación de diferentes tipos de deterioros presentes en la carpeta asfáltica o rodadura por la técnica PCI con el empleo del dron.

Muestra: Los estudios se realizan con una muestra es decir se obtiene una parte representativa de la población muestral para hacer el trabajo de investigación. Para el presente estudio se utilizó la muestra no probabilística o dirigida, la avenida los Próceres – barrio Ezequiel Urbiola de la ciudad de Azángaro cuya superficie de rodadura es de pavimento flexible, por ser una vía urbana principal y concurrida (ingreso a la ciudad de Azángaro) el cual consta de una longitud de 600 m y 10 m de ancho de dos calzadas separados por berma central.

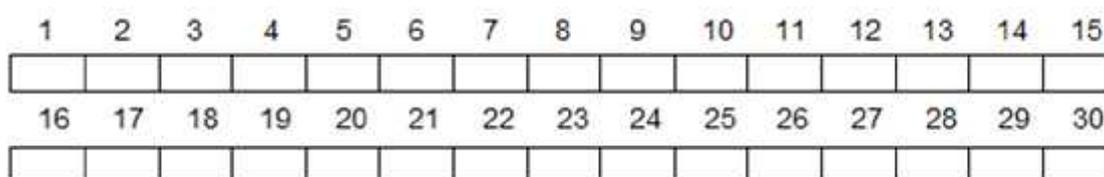
Figura 15 Esquema de ubicación de la Av. Los Proceres – Azángaro – Puno - Perú



Fuente: Elaboración propia

Muestreo: para distribuir los 600 m (cuadras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) de la avenida los Próceres se determinó 30 unidades de muestreo distribuidos en progresiva de 20 metros de largo, el estudio es en cada plataforma derecha e izquierda.

Figura 16 Unidades de muestras a ser evaluadas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Ubicación de las UM unidades de muestra (plataforma derecha e izquierda)

Unidad de muestra	Ancho de calzada (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Ubicación (plataforma derecha e izquierda)
1	10.00	20.00	200	0+000 – 0+020
2	10.00	20.00	200	0+020 – 0+040
3	10.00	20.00	200	0+040 – 0+060
4	10.00	20.00	200	0+060 – 0+080
5	10.00	20.00	200	0+080 – 0+100
6	10.00	20.00	200	0+100 – 0+120
7	10.00	20.00	200	0+120 – 0+140
8	10.00	20.00	200	0+140 – 0+160
9	10.00	20.00	200	0+160 – 0+180
10	10.00	20.00	200	0+180 – 0+200
11	10.00	20.00	200	0+200 – 0+220
12	10.00	20.00	200	0+220 – 0+240
13	10.00	20.00	200	0+240 – 0+260
14	10.00	20.00	200	0+260 – 0+280
15	10.00	20.00	200	0+280 – 0+300
16	10.00	20.00	200	0+300 – 0+320
17	10.00	20.00	200	0+320 – 0+340
18	10.00	20.00	200	0+340 – 0+360
19	10.00	20.00	200	0+360 – 0+380
20	10.00	20.00	200	0+380 – 0+400
21	10.00	20.00	200	0+400 – 0+420
22	10.00	20.00	200	0+420 – 0+440

23	10.00	20.00	200	0+040 – 0+460
24	10.00	20.00	200	0+460 – 0+480
25	10.00	20.00	200	0+480 – 0+500
26	10.00	20.00	200	0+500 – 0+520
27	10.00	20.00	200	0+520 – 0+540
28	10.00	20.00	200	0+540 – 0+560
29	10.00	20.00	200	0+560 – 0+580
30	10.00	20.00	200	0+580 – 0+600

Fuente: elaboración propia.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Técnica de recolección de datos: Para la presente investigación se realizó procedimientos de recolección de datos por medio del uso de dron obteniendo fotografías aéreas georreferenciadas, observación, medición entre otras.

- Para el presente estudio se realizó mediante la observación visual para la obtención del estado actual de la vía.
- Recolección de bibliografías con la norma para carreteras PCI ASTM D 6433-03, tesis, artículos, libros utilizados como antecedente.

Instrumento de recolección de datos: componente que se usó el investigador para recoger y cuantificar la información como aparato de uso de dron, mecanismos de observación, tablas, etc.

- **Fichas:** de recolección de datos según PCI ASTM D 6433-03.
- **RPAS:** el uso de la tecnología para la evaluación (aeronave pilotada a distancia), multi - rotor cuadricóptero de la tienda DJI Phantom 4 pro V 2.0
- **Laptop:** para procesamiento de informaciones se utilizó programas como Pix4D, Agisoft Metashape, Autocad civil 3D, Hoja electrónica y EvalPavCar. Con procesador Intel core i7 de 2.20 GHz memoria RAM 8.00GB, con sistema operativo de 64 bits.
- **Reglas de medición:** permite determinar el desnivel o profundidad según sea el tipo de falla presente en el pavimento.
- **Wincha:** para determinar la longitud de la falla, desnivel o profundidad.
- **Conos de seguridad:** para realizar trabajos seguridad vial, delimitando la zona de trabajo y/o desviación del flujo vehicular.

3.5. Procedimientos.

3.5.1 Para el inventario de fallas PCI manual

Se tomaron medición in situ (de manera manual) con el personal y equipo para la cuantificación por unidad de muestra de las fallas en el pavimento flexible mediante el uso de fichas técnicas y procesamientos en gabinete de los datos para el cálculo del PCI.

Trabajos realizados en campo:

Figura 17 Medición y marcado de progresivas.



Fuente: Elaboración propia

Se realizó el inventario de fallas presentes en el pavimento flexible de la avenida los Próceres en la plataforma derecha e izquierda utilizando las siguientes herramientas: Flexómetro, wincha de lona, conos de seguridad regla metálica, pintura, hoja de registro.

Figura 18 Evaluación de falla del pavimento flexible Av. Los Proceres.



Fuente: Elaboración propia

Se tuvo 30 unidades muestrales con un área de 200 m² c/u, registrando las siguientes fallas: (1) piel de cocodrilo, (3) agrietamiento en bloque, (7) grieta en borde, (10) grietas longitudinales y transversales, (11) parcheo, (13) huecos, (19) desprendimiento de agregado.

*Figura 19 Unidad de Muestra UM 01 plataforma derecha Prog. 0+000 – 0+020
Coordenadas UTM Zona 19L N: 8350196 E: 371140*



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Hoja de evaluación para pavimento flexible.

HOJA DE EVALUACION PARA PAVIMENTO FLEXIBLE INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)										UM 01	
LUGAR	:	Av. Los Próceres - Azangaro - Puno	PROGRESIVA	:	0+000 - 0+020						
FECHA	:	29/03/2022	UNIDAD DE MUESTRA	:	01 - MARGEN DERECHA						
ELABORADO	:	Amador, SULLO CONDORI	AREA	:	200 M2						

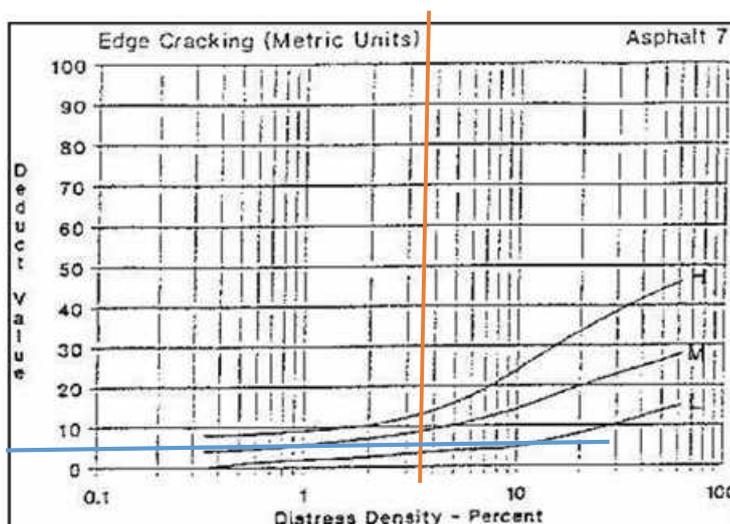
TIPOS DE FALLAS						DIAGRAMA	
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexion de junta	m	14. Cruce de via ferrea	m2	10.00m	
2. Exudacion	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2		
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas longitudinales y transversas	m	16. Despazamiento	m2		
4. Abultamiento y hundimiento	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabolicas	m2		
5. Corrugacion	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2		
6. Depresion	m2	13. Baches	Nº	19. Desprendimiento de agr	m2		
7. Grieta de borde	m						

TIPOS DE FALLAS EXISTENTES														
Rango	Calidad	Color	7		11									
			CANT.	SEV.										
86 - 100	EXCELENTE	Verde												
71 - 85	MUY BUENO	Verde claro												
56 - 70	BUENO	Amarillo	2	H	2.6	M								
41 - 55	REGULAR	Naranja	8.1	L	15.1	M								
26 - 40	POBRE	Rojo			23.3	M								
11 - 25	MUY POBRE	Marrón												
0 - 10	FALLADO	Gris												
TOTAL	BAJA (L)		8.1	L		L		L		L		L		L
	MEDIA (M)			M	41	M		M		M		M		M
	ALTA (H)		2	H		H		H		H		H		H

Fuente: Elaboración propia recopilado de acuerdo al ASTM D6433

Una vez concluida la toma de datos de campo se procede en función al área de muestra (200m²) se calcula el porcentaje de densidad de cada tipo y nivel de falla $(7/200) \times 100 = 3.5\%$ nivel Bajo (L), con ese vemos el valor deducido de acuerdo al ábaco de grieta en borde.

Figura 21 Abaco ASTM D6433 para cálculo de falla en borde (7)



3.5.2 Para el inventario de fallas PCI con dron

La toma de imágenes aéreas de toda el área de trabajo ubicando los puntos de control donde se emplea un RPAS (Aeronave pilotada a distancia) multi-rotor cuadricóptero de la tienda DJI Phantom 4 pro V 2.0, con un plan de vuelo automatizado mediante la aplicación del programa Pix4D, para su posterior procesamiento en gabinete realizando el uso de programas para establecer el PCI del pavimento de la Av. los Próceres ciudad de Azángaro.

Figura 23 Colocación de puntos de control con estación total.



Fuente: Elaboración propia

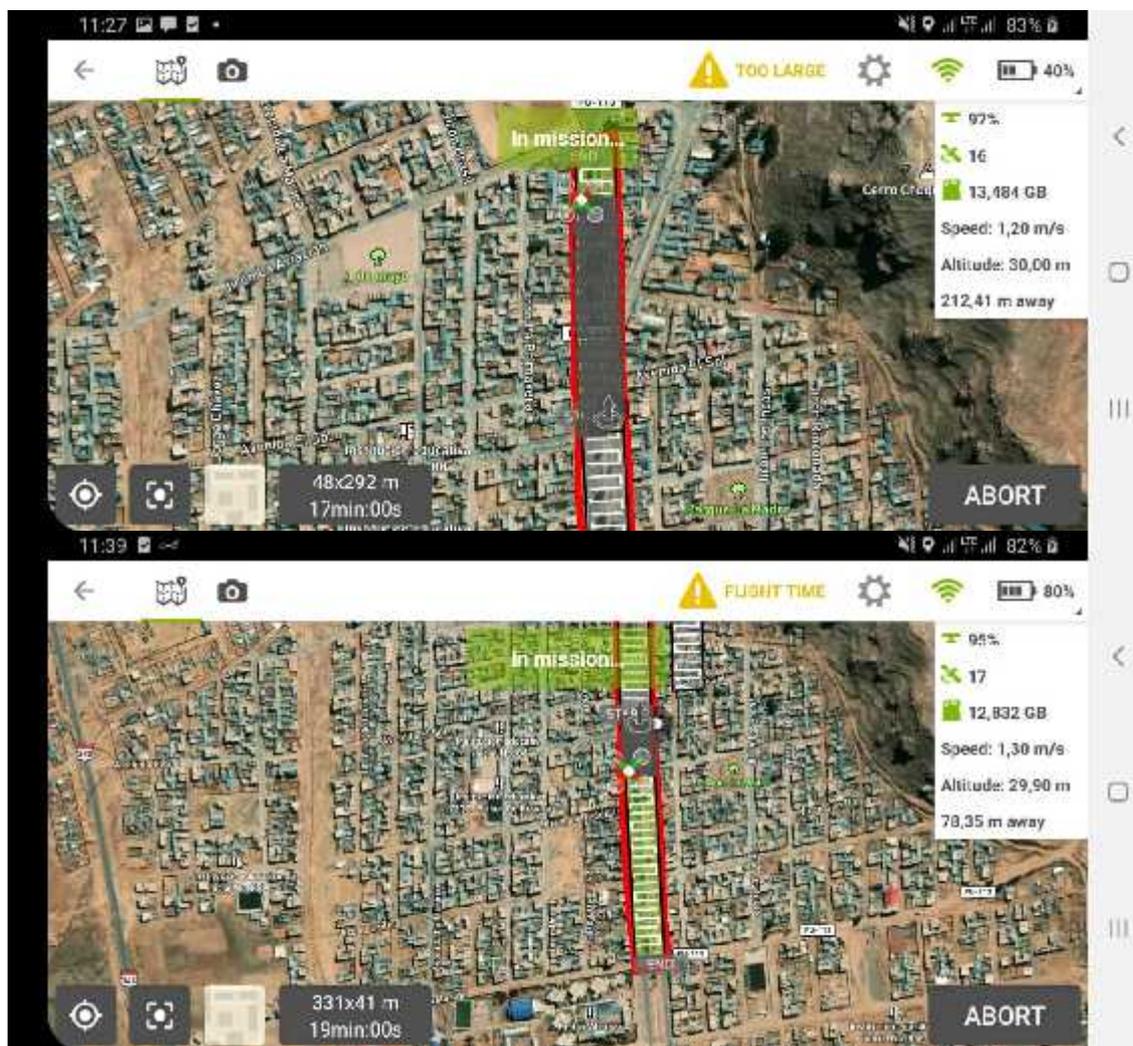
Tabla 7 Puntos de control UTM WGS84 zona 19L

PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (m)	DESCRIPCION
1	8350515.000	371104.000	3905.000	BM
2	8350446.059	371106.058	3904.667	R1
3	8350347.543	371129.787	3903.211	A
4	8350326.009	371098.616	3902.964	B
5	8350496.970	371111.904	3903.861	C
6	8350543.042	371106.739	3904.049	D
7	8350682.725	371114.740	3904.628	E
8	8350703.574	371083.495	3904.898	F

Fuente: Elaboración propia.

Se preparó la planificación en dos vuelos, debido al tiempo teórico de la batería que permite operar el dron es de 30 minutos como máximo, la planificación de vuelo se realizó en el programa Pix4D a una velocidad de recorrido de 1.30 m/s, traslape entre fotografías de 80%, altura de vuelo 30m por margen de seguridad se tomó dicha altura debido a postes principales de energía eléctrica, viviendas y arboles de la berma central de la avenida los Próceres. Tiempo de **vuelo 1** (17 minutos 180 fotografías aéreas), tiempo de **vuelo 2** (19 minutos 204 fotografías aéreas).

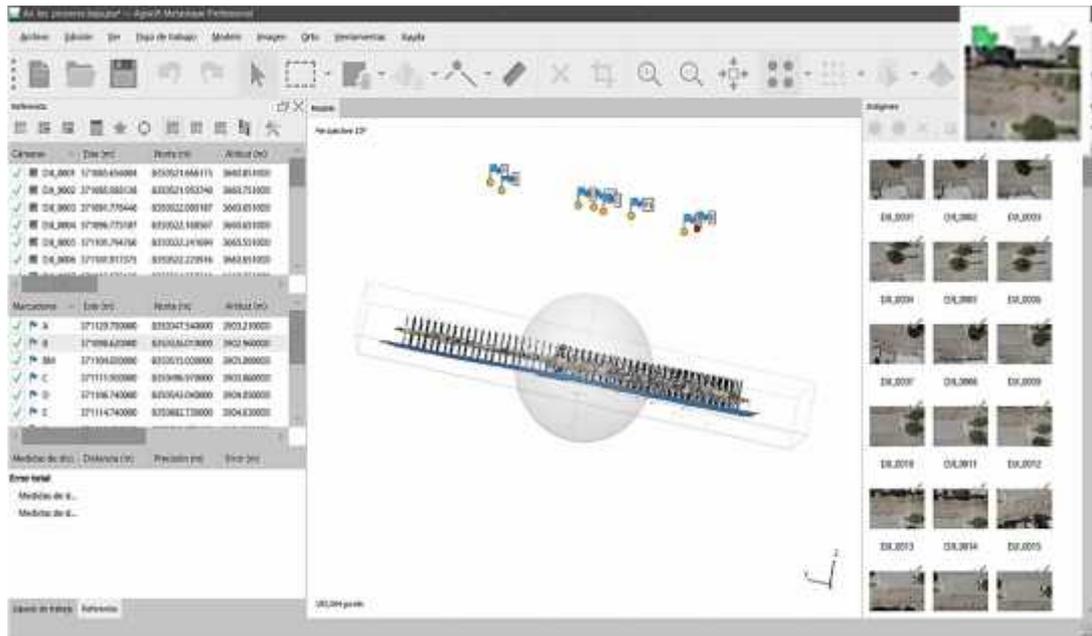
Figura 24 Plan de vuelo Pix4D vuelo 1 y 2.



Fuente: Elaboración propia

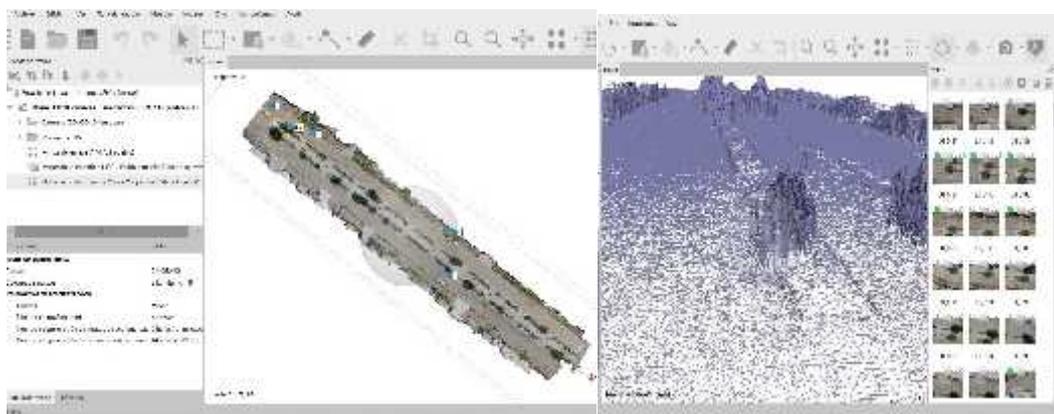
Una vez concluido la misión de vuelo se procede a realizar trabajos en gabinete exportando estos datos al programa Agisoft Metashape, corrigiendo las coordenadas UTM WGS84 de acuerdo a los puntos de control levantados previamente con estación total, para adquirir la precisión del trabajo en gabinete.

Figura 25 Procesamiento de datos Agisoft Metashape



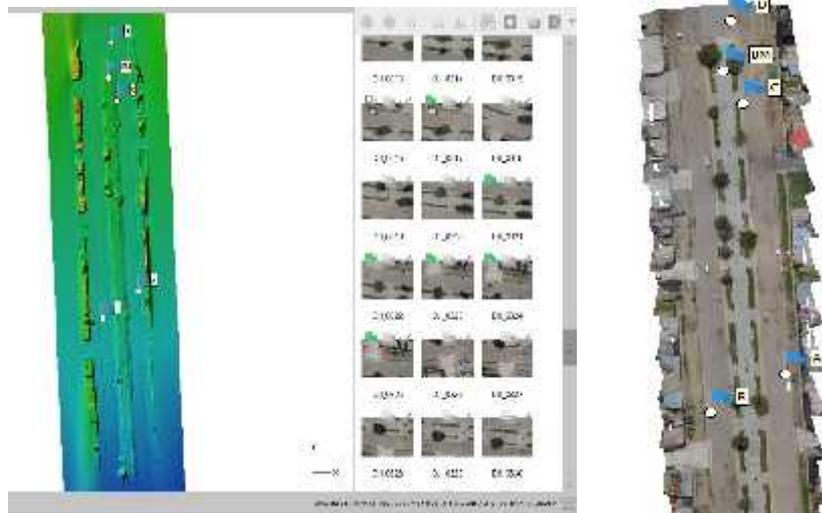
Se procede a generar la nube de puntos densa (para la unificación de las 384 fotografías tomadas y creación de mallas)

Figura 26 Nube de punto densa y generación de malla



Para el cálculo de curvas de nivel es necesario realizar el modelo de elevación digital (DEM) para ver las cotas de acuerdo a su ubicación.

Figura 27 Generación de modelo de elevación digital y ortomosaico



Fuente: Elaboración propia

En esta última etapa una vez generado el ortomosaico se procede a dimensionar la profundidad de las fallas presente en el pavimento para clasificar el nivel de severidad de cada una de estas de acuerdo a la cuantificación de las fallas: se muestra el detalle de corte de la falla.

Figura 28 Corte transversal de la plataforma izquierda Av. los Proceres con presencia de falla.



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el detalle de la falla del detalle anterior para ver la profundidad de huecos o baches.

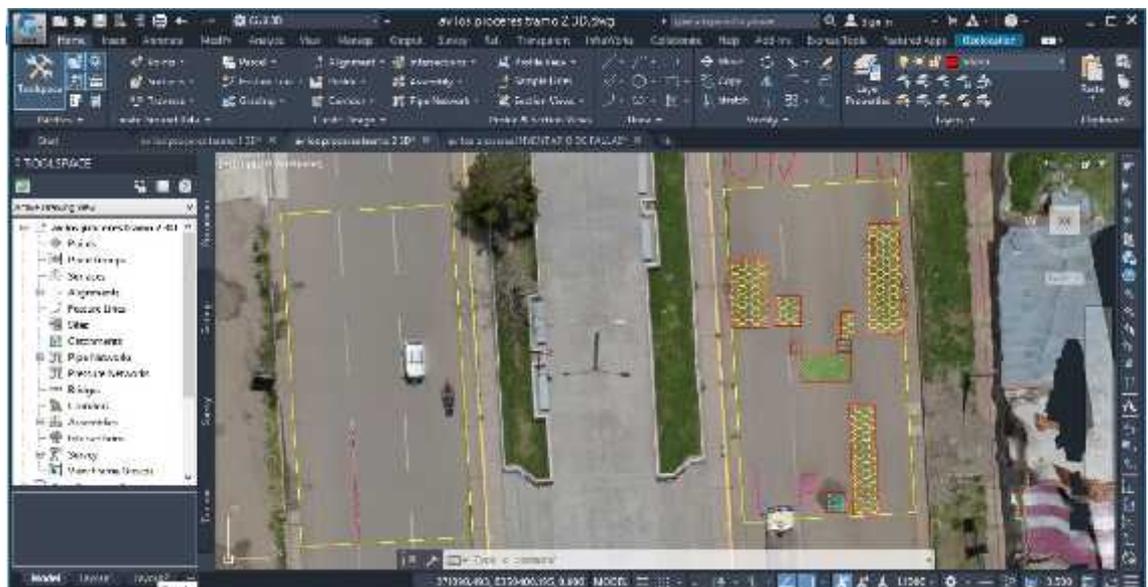
Figura 29 Detalle de profundidad de falla del pavimento en Agisoft metashape.



Fuente: Elaboración propia

Una vez concluida el procesamiento de datos se exportó la ortofoto a Autocad Civil 3D para la cuantificación y ubicación de los metros de cada falla presente.

Figura 30 Identificación de metrado de inventario vial de las fallas en Autocad Civil 3D.



Fuente: Elaboración propia

Los datos cuantificados del programa AutoCAD se procesan en el Software de EvalPav (Software libre del Dr. Herber Zavala Ascaño) para el cálculo de índice de condición del pavimento de cada unidad de muestreo (UM) de las plataformas izquierda y derecha de la av. los Próceres.



AV.LOS PROCERES

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)												
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
km 0+000 - km 0+500		km 00+150				12						
CARRIL		PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO						
MARGENDERECHA		km 00+200				200 m ²						
INSPECCIONADO POR						FECHA						
						21 - mayo - 2022						
DAÑOS												
1. Fiel de cordón 2. Exudación 3. Agracamiento en bloque 4. Abultamiento y hundimientos 5. Comugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de juntas 9. Desnivel carril / berna 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía fensa 15. Ahueflamiento 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (spillage) 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados												
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	H	12.7								12.7	8.4	55.0
1	M	1.2	2.7	8.9	9.0					22.4	11.2	52.0
10	L	1.2	3.2							4.4	2.2	
11	M	5.0								5.0	2.5	17.0
13	M	2.0	1.0							3.0	1.5	39.0
19	M	1.1								1.1	0.6	6.0

3.6. Método de análisis de datos.

Realizando la toma de datos se interpretó los resultados de acuerdo al método establecido para pavimentos asfálticos PCI (ASTM D 6433-03.), haciendo uso de los softwares como Pix4D (planificación de vuelo), Agisoft Metashape, Autocad civil 3D, Hoja electrónica y EvalPavCar.

3.7. Aspectos éticos.

Los aspectos éticos representan por parte del investigador la conducta para realización de trabajos de investigación generando libertad entre autores respetando sus aportes, cumpliendo con el compromiso social éticos de cada autor.

El uso de dron podría ser invasivo a la propiedad de privacidad en el instante de desarrollar los vuelos, esta elaboración de investigación el objetivo está en resguardar la privacidad de las personas y/o instituciones; limitándose

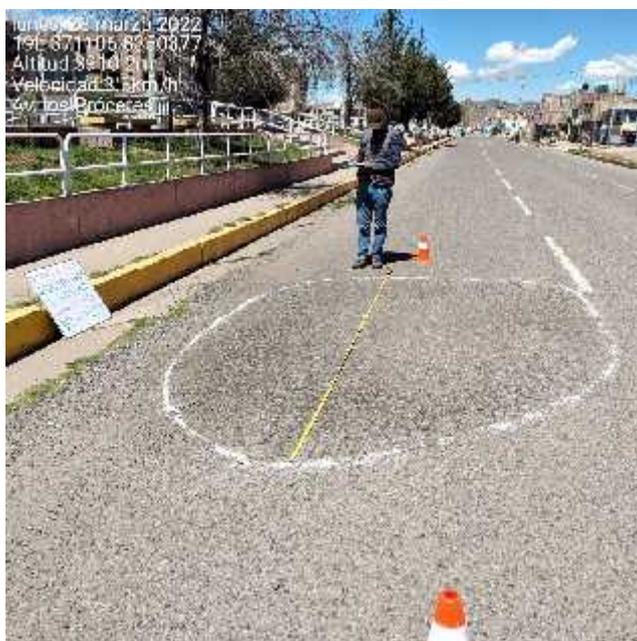
que se sobrevuela y exponga espacios de terceros, áreas protegidas, zonas comprometidas, zonas particulares y prohibidas.

V. RESULTADOS

Método PCI manual:

El registro de las fallas se realizó empleando hojas de inspección y catálogo de fallas de referencia. Asimismo, fue necesario cerrar parcialmente la vía utilizando conos de seguridad debido al tránsito de vehículos como se aprecia en la Figura 31.

Figura 31 Inspección en Campo (unidad de muestra UM-04 0+240-0+260 margen izquierda)



Fuente: Elaboración propia

Se identificaron las fallas de las 60 unidades de muestra, fijando el tipo, grado de severidad y dimensiones como se muestra en la Figura 32. Los datos obtenidos se procesaron en gabinete para obtener el PCI en cada una de Muestra.

El tiempo total de la inspección para las 60 unidades de muestra fue de 14 horas realizados los días 28 y 29 de marzo 2022, iniciando a las 08:30 am y culminando a las 3:30 pm. El rendimiento de inspección promedio fue de 20 minutos por cada unidad de muestra de 20 m cada una, esto se debió a la cantidad de deterioros encontrados y al tránsito de vehículos.

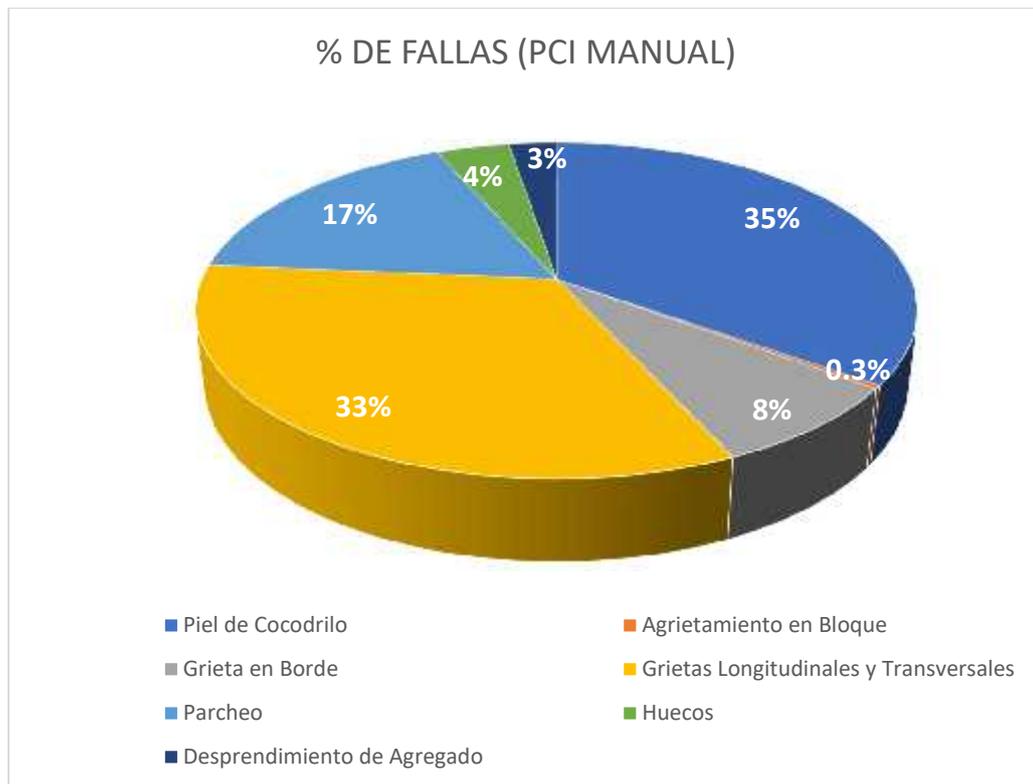
Figura 32 Medición de la falla identificada (unidad de muestra UM-04 0+060-0+080 margen derecha)



Fuente: Elaboración propia

Los tipos de fallas presentes cuantificados en la Av. los Próceres son: piel de cocodrilo 35%, agrietamiento en bloque 0.3%, grieta en borde 8%, grietas longitudinales y transversales 33%, parcheo 17%, Huecos 4%, desprendimiento de agregado 3%, según el inventario de fallas del pavimento flexible PCI ASTM D6433 mostrados en la figura 33.

Figura 33 Porcentaje de fallas del pavimento flexible (PCI manual)



Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se aprecia los resultados del inventario vial de acuerdo al metrado realizado en campo de la Av. los Próceres de la cuadra (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7), por el método PCI de manera manual de la plataforma izquierda y derecha de la avenida; obteniendo un valor de PCI = 53 correspondiendo a la condición REGULAR de la vía, como se muestra en la tabla N° 8.

Tabla 8 Datos obtenidos del PCI manual de la Av. los Próceres.

Unidad de muestra	Ubicación (progresiva)		PCI	CALIFICACION
Plataforma Izquierda				
1	0+000	0+020	67	Bueno
2	0+020	0+040	60	Bueno
3	0+040	0+060	58	Bueno
4	0+060	0+080	54	Regular
5	0+080	0+100	65	Bueno
6	0+100	0+120	70	Bueno
7	0+120	0+140	85	Excelente
8	0+140	0+160	88	Excelente
9	0+160	0+180	91	Excelente
10	0+180	0+200	96	Excelente
11	0+200	0+220	92	Excelente
12	0+220	0+240	84	Muy Bueno
13	0+240	0+260	78	Muy Bueno
14	0+260	0+280	70	Bueno
15	0+280	0+300	40	Pobre
16	0+300	0+320	32	Pobre
17	0+320	0+340	28	Pobre
18	0+340	0+360	24	Muy Pobre
19	0+360	0+380	18	Muy Pobre
20	0+380	0+400	35	Pobre
21	0+400	0+420	65	Bueno
22	0+420	0+440	79	Muy Bueno
23	0+440	0+460	73	Muy Bueno

24	0+460	0+480	65	Bueno
25	0+480	0+500	63	Bueno
26	0+500	0+520	72	Muy Bueno
27	0+520	0+540	92	Excelente
28	0+540	0+560	98	Excelente
29	0+560	0+580	90	Excelente
30	0+580	0+600	91	Excelente

Plataforma
Derecha

1	0+000	0+020	53	Regular
2	0+020	0+040	48	Regular
3	0+040	0+060	41	Regular
4	0+060	0+080	37	Pobre
5	0+080	0+100	62	Bueno
6	0+100	0+120	71	Muy Bueno
7	0+120	0+140	85	Muy Bueno
8	0+140	0+160	63	Bueno
9	0+160	0+180	40	Pobre
10	0+180	0+200	16	Muy Pobre
11	0+200	0+220	14	Muy Pobre
12	0+220	0+240	12	Muy Pobre
13	0+240	0+260	12	Muy Pobre
14	0+260	0+280	10	Fallado
15	0+280	0+300	8	Fallado
16	0+300	0+320	7	Fallado
17	0+320	0+340	15	Muy Pobre
18	0+340	0+360	25	Muy Pobre
19	0+360	0+380	35	Pobre
20	0+380	0+400	46	Regular
21	0+400	0+420	67	Bueno
22	0+420	0+440	75	Muy Bueno
23	0+440	0+460	68	Bueno
24	0+460	0+480	41	Regular
25	0+480	0+500	37	Pobre
26	0+500	0+520	37	Pobre

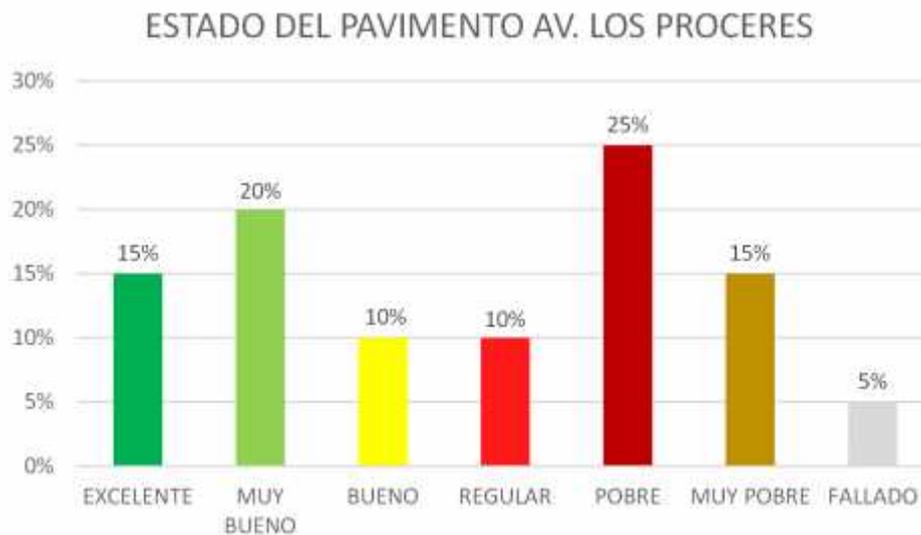
27	0+520	0+540	36	Pobre
28	0+540	0+560	35	Pobre
29	0+560	0+580	30	Pobre
30	0+580	0+600	35	Pobre

Av. los Próceres	PCI	53	REGULAR
------------------	------------	-----------	----------------

Fuente: Elaboración propia

El estado superficial del pavimento de la Av. los Próceres de acuerdo a la calificación del PCI de manera manual se observa que el 15% de las unidades de muestra se encuentra en estado excelente, el 20% muy bueno, el 10 % bueno, el 10% regular, el 25% pobre, el 15% muy pobre y el 5% en estado fallado, mostrados en la figura N° 34.

Figura 34 Estado y/o condición del pavimento Av. los Próceres



Fuente: Elaboración propia.

Método PCI usando dron Phantom 4 Pro V2.0

La presente metodología de evaluación consiste en dos etapas, una en campo y otra en gabinete. La etapa de campo consiste en relevar la información mediante un vuelo programado donde el DRON captura imágenes del estado superficial de la vía en estudio. Es importante destacar que se programó la altura de vuelo a 30

metros, considerando traslapes longitudinales y transversales de 80% en ambos casos para obtener mayor número de puntos homólogos y una mejor correlación de los mismos. La etapa de gabinete se basa en el procesamiento y análisis de las imágenes adquiridas para la obtención de ortofotos y modelos digitales en tres dimensiones que luego se usarán para la inspección del pavimento mediante el método PCI.

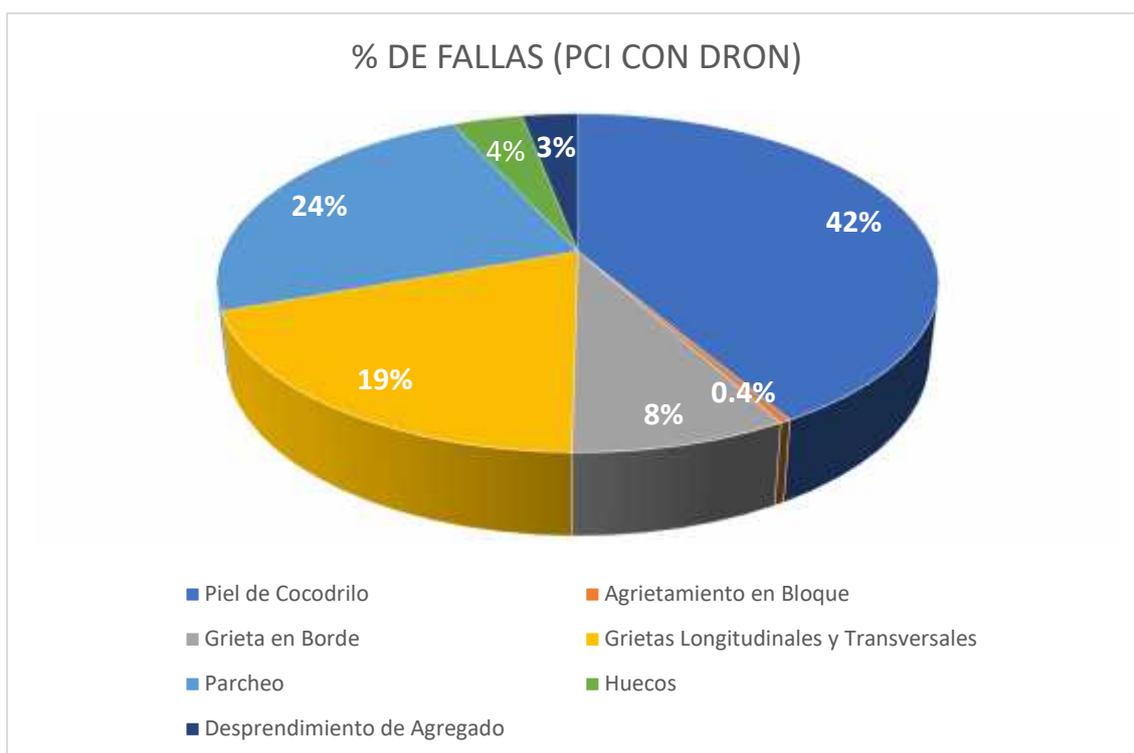
Figura 35 Fotografía aérea de la zona de estudio (Av. los Próceres)



Fuente: Elaboración propia

Los tipos de fallas presentes cuantificados en la Av. los Próceres son: piel de cocodrilo 42%, agrietamiento en bloque 0.4%, grieta en borde 8%, grietas longitudinales y transversales 19%, parcheo 24%, Huecos 4%, desprendimiento de agregado 3%, según el inventario de fallas del pavimento flexible PCI ASTM D6433 mostrados en la figura N° 36.

Figura 36 Tipo y porcentaje de fallas del pavimento flexible (PCI con dron)



Fuente: Elaboración propia.

se muestra en la tabla los datos obtenidos del PCI medrado, realizado en la etapa de gabinete de la Av. los Próceres de la cuadra (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) mediante la fotogrametría aérea con el uso de dron Phantom 4 Pro V2.0 presentes en las unidades de muestra obteniendo un valor de PCI = 55 correspondiendo a la condición REGULAR de la vía, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9 Datos obtenidos del PCI con dron de la Av. los Próceres

Unidad de muestra	Ubicación (progresiva)		PCI	CALIFICACION
Plataforma Izquierda				
1	0+000	0+020	70	Bueno
2	0+020	0+040	59	Bueno
3	0+040	0+060	63	Bueno
4	0+060	0+080	54	Regular
5	0+080	0+100	65	Bueno
6	0+100	0+120	72	Muy Bueno
7	0+120	0+140	93	Excelente
8	0+140	0+160	88	Excelente

9	0+160	0+180	90	Excelente
10	0+180	0+200	97	Excelente
11	0+200	0+220	94	Excelente
12	0+220	0+240	82	Muy Bueno
13	0+240	0+260	75	Muy Bueno
14	0+260	0+280	76	Muy Bueno
15	0+280	0+300	38	Pobre
16	0+300	0+320	36	Pobre
17	0+320	0+340	29	Pobre
18	0+340	0+360	27	Pobre
19	0+360	0+380	22	Muy Pobre
20	0+380	0+400	38	Pobre
21	0+400	0+420	73	Muy Bueno
22	0+420	0+440	76	Muy Bueno
23	0+440	0+460	73	Muy Bueno
24	0+460	0+480	66	Bueno
25	0+480	0+500	67	Bueno
26	0+500	0+520	75	Muy Bueno
27	0+520	0+540	93	Excelente
28	0+540	0+560	100	Excelente
29	0+560	0+580	96	Excelente
30	0+580	0+600	97	Excelente

Plataforma
Derecha

1	0+000	0+020	51	Regular
2	0+020	0+040	46	Regular
3	0+040	0+060	45	Regular
4	0+060	0+080	42	Regular
5	0+080	0+100	63	Bueno
6	0+100	0+120	68	Bueno
7	0+120	0+140	91	Excelente
8	0+140	0+160	68	Bueno
9	0+160	0+180	46	Regular
10	0+180	0+200	11	Muy Pobre
11	0+200	0+220	14	Muy Pobre

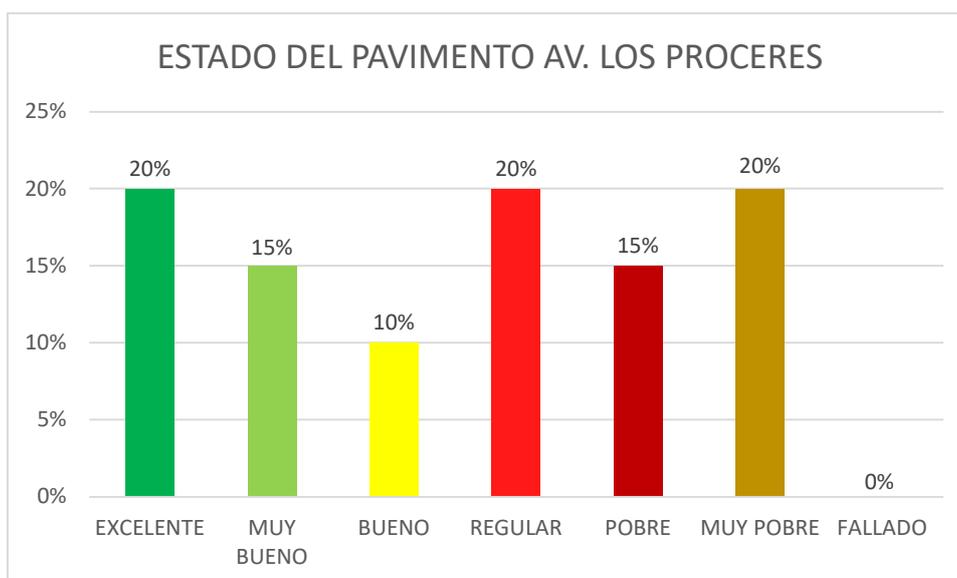
12	0+220	0+240	13	Muy Pobre
13	0+240	0+260	12	Muy Pobre
14	0+260	0+280	11	Muy Pobre
15	0+280	0+300	9	Fallado
16	0+300	0+320	10	Muy Pobre
17	0+320	0+340	14	Muy Pobre
18	0+340	0+360	31	Pobre
19	0+360	0+380	39	Pobre
20	0+380	0+400	45	Regular
21	0+400	0+420	71	Muy Bueno
22	0+420	0+440	81	Muy Bueno
23	0+440	0+460	66	Bueno
24	0+460	0+480	45	Regular
25	0+480	0+500	32	Pobre
26	0+500	0+520	35	Pobre
27	0+520	0+540	40	Pobre
28	0+540	0+560	42	Regular
29	0+560	0+580	35	Pobre
30	0+580	0+600	41	Regular

Av. los Próceres	PCI	55	REGULAR
------------------	------------	-----------	----------------

Fuente: Elaboración propia

El estado superficial del pavimento de la Av. los Próceres de acuerdo a la calificación del PCI con dron se observa que el 20% de las unidades de muestra se encuentra en estado excelente, el 15% muy bueno, el 10 % bueno, el 20% regular, el 15% pobre, el 20% en estado muy pobre, mostrados en la figura N° 37.

Figura 37 Estado y/o condición del pavimento Av. los Próceres



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra los datos obtenidos de acuerdo al inventario vial de la metodología PCI de manera manual y con dron, utilizados en el presente trabajo para encontrar las diferencias en sus valores de calificación y valoración PCI del pavimento flexible de la Av. los Próceres, como se aprecia en la tabla 10 y figura N° 38 (plataforma izquierda de la vía).

Validación de resultados

1. Plantear hipótesis

* H_0 = los datos tienen una distribución normal

* H_1 = los datos no tienen una distribución normal

2. Nivel de significancia: confianza 95%, significancia alfa 5%

3. Prueba estadística a emplear: Empleamos la prueba de Kolmogorov- Smirnov (mayor a 50 muestras)

4. Criterio de decisión:

Si $p < 0.05$ rechazamos H_0 y acepto la H_1

Si $p \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_1

5. Decisión y conclusión: Como $p = 0.074 \geq 0.05$ aceptamos la H_0 y rechazamos H_1 , es decir los datos tienen una distribución normal,

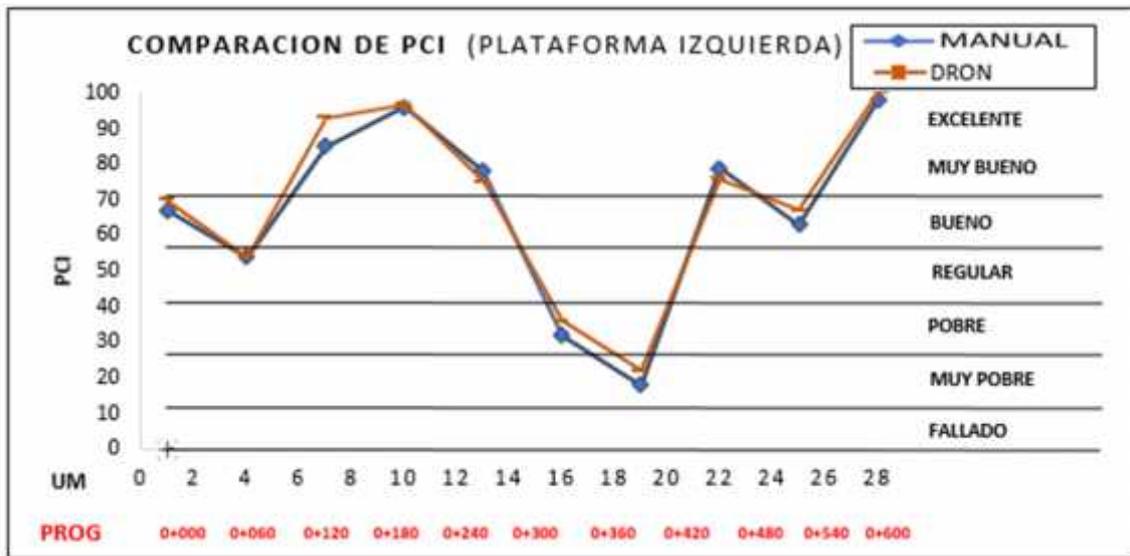
por lo tanto, de aplica estadística paramétrica (normalidad de la distribución de sus datos, homogeneidad de varianza de sus datos).

Tabla 10 Comparación de valores de PCI obtenidos de la plataforma izquierda

UM	Ubicación (progresiva)		METODO PCI MANUAL		METODO PCI CON DRON		DIFERENCIA
			PCI	clasificacion	PCI	calificacion	
1	0+000	0+020	67	Bueno	70	Bueno	-3.00
2	0+020	0+040	60	Bueno	59	Bueno	1.00
3	0+040	0+060	58	Bueno	63	Bueno	-5.00
4	0+060	0+080	54	Regular	54	Regular	0.00
5	0+080	0+100	65	Bueno	65	Bueno	0.00
6	0+100	0+120	70	Bueno	72	Muy Bueno	-2.00
7	0+120	0+140	85	Excelente	93	Excelente	-8.00
8	0+140	0+160	88	Excelente	88	Excelente	0.00
9	0+160	0+180	91	Excelente	90	Excelente	1.00
10	0+180	0+200	96	Excelente	97	Excelente	-1.00
11	0+200	0+220	92	Excelente	94	Excelente	-2.00
12	0+220	0+240	84	Muy Bueno	82	Muy Bueno	2.00
13	0+240	0+260	78	Muy Bueno	75	Muy Bueno	3.00
14	0+260	0+280	70	Bueno	76	Muy Bueno	-6.00
15	0+280	0+300	40	Pobre	38	Pobre	2.00
16	0+300	0+320	32	Pobre	36	Pobre	-4.00
17	0+320	0+340	28	Pobre	29	Pobre	-1.00
18	0+340	0+360	24	Muy Pobre	27	Pobre	-3.00
19	0+360	0+380	18	Muy Pobre	22	Muy Pobre	-4.00
20	0+380	0+400	35	Pobre	38	Pobre	-3.00
21	0+400	0+420	65	Bueno	73	Muy Bueno	-8.00
22	0+420	0+440	79	Muy Bueno	76	Muy Bueno	3.00
23	0+440	0+460	73	Muy Bueno	73	Muy Bueno	0.00
24	0+460	0+480	65	Bueno	66	Bueno	-1.00
25	0+480	0+500	63	Bueno	67	Bueno	-4.00
26	0+500	0+520	72	Muy Bueno	75	Muy Bueno	-3.00
27	0+520	0+540	92	Excelente	93	Excelente	-1.00
28	0+540	0+560	98	Excelente	100	Excelente	-2.00
29	0+560	0+580	90	Excelente	96	Excelente	-6.00
30	0+580	0+600	91	Excelente	97	Excelente	-6.00

Fuente: elaboración propia

Figura 38 Valores de PCI obtenidos de la plataforma izquierda



Fuente: elaboración propia

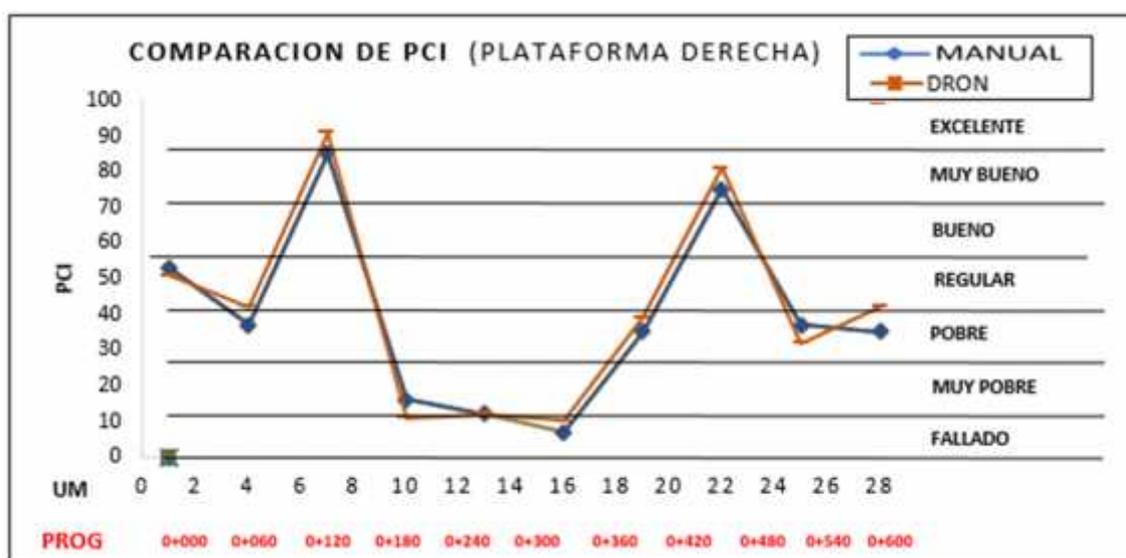
Se muestra los datos obtenidos de acuerdo al inventario vial de la metodología PCI manual y con dron, utilizados en el presente trabajo para encontrar las diferencias en sus valores de calificación y valoración PCI del pavimento flexible de la Av. los Próceres, como se aprecia en la tabla 11 y figura N° 39 (plataforma derecha de la vía).

Tabla 11 Comparación de valores de PCI obtenidos de la plataforma derecha

UM	Ubicación (progresiva)		METODO PCI MANUAL		METODO PCI CON DRON		DIFERENCIA
			PCI	clasificacion	PCI	calificacion	
1	0+000	0+020	53	Regular	51	Regular	2.00
2	0+020	0+040	48	Regular	46	Regular	2.00
3	0+040	0+060	41	Regular	45	Regular	-4.00
4	0+060	0+080	37	Pobre	42	Regular	-5.00
5	0+080	0+100	62	Bueno	63	Bueno	-1.00
6	0+100	0+120	71	Muy Bueno	68	Bueno	3.00
7	0+120	0+140	85	Muy Bueno	91	Excelente	-6.00
8	0+140	0+160	63	Bueno	68	Bueno	-5.00
9	0+160	0+180	40	Pobre	46	Regular	-6.00
10	0+180	0+200	16	Muy Pobre	11	Muy Pobre	5.00
11	0+200	0+220	14	Muy Pobre	14	Muy Pobre	0.00
12	0+220	0+240	12	Muy Pobre	13	Muy Pobre	-1.00
13	0+240	0+260	12	Muy Pobre	12	Muy Pobre	0.00
14	0+260	0+280	10	Fallado	11	Muy Pobre	-1.00
15	0+280	0+300	8	Fallado	9	Fallado	-1.00
16	0+300	0+320	7	Fallado	10	Muy Pobre	-3.00
17	0+320	0+340	15	Muy Pobre	14	Muy Pobre	1.00
18	0+340	0+360	25	Muy Pobre	31	Pobre	-6.00
19	0+360	0+380	35	Pobre	39	Pobre	-4.00
20	0+380	0+400	46	Regular	45	Regular	1.00
21	0+400	0+420	67	Bueno	71	Muy Bueno	-4.00
22	0+420	0+440	75	Muy Bueno	81	Muy Bueno	-6.00
23	0+440	0+460	68	Bueno	66	Bueno	2.00
24	0+460	0+480	41	Regular	45	Regular	-4.00
25	0+480	0+500	37	Pobre	32	Pobre	5.00
26	0+500	0+520	37	Pobre	35	Pobre	2.00
27	0+520	0+540	36	Pobre	40	Pobre	-4.00
28	0+540	0+560	35	Pobre	42	Regular	-7.00
29	0+560	0+580	30	Pobre	35	Pobre	-5.00
30	0+580	0+600	35	Pobre	41	Regular	-6.00

Fuente: elaboración propia

Figura 39 Valores de PCI obtenidos de la plataforma derecha



Fuente: elaboración propia

Se muestra el resumen de datos obtenidos del Índice de condición y escala de medida del pavimento: PCI (manual) = 53 con una condición REGULAR de la vía y PCI (con dron) = 55 con una condición REGULAR de la vía existiendo una diferencia de 2 correspondiendo a un mantenimiento correctivo en la Av. los Próceres – Azángaro - 2022, como es ilustrado en la tabla 12 y 13.

Tabla 12 resumen de datos obtenidos del PCI para la Av. los Próceres – Azángaro.

Plataforma Y/o Calzada	Progresiva		PCI DE MANERA MANUAL		PCI CON EMPLEO DRON	
			PCI	clasificación	PCI	calificación
IZQUIERDA	0+000	0+600	67	Bueno	69	Bueno
DERECHA	0+000	0+600	39	Pobre	41	Regular
Av. Los Próceres	0+000	0+600	53	REGULAR	55	REGULAR

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Índice de condición del pavimento y escala de medida.

VALOR PCI	CLASIFICACIÓN	TIPO DE INTERVENCIÓN
86 - 100	EXCELENTE	MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO (sellado de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
71 - 85	MUY BUENO	
56 - 70	BUENO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO (frezado, recapado)
41 - 55	REGULAR	
26 - 40	POBRE	REHABILITACION MAYOR (reemplazo de carpeta asfáltica)
11. - 25	MUY POBRE	RECONSTRUCCION (reemplazo de la carpeta asfáltica y base granular)
0 - 10	FALLADO	

Fuente: Instituto del asfalto

Resultado obtenido del objetivo específico N° 1

En la presente representación se desarrolla el costo empleado para el inventario de fallas mediante el PCI con dron.

Se muestra el cálculo del costo horario (soles/hora) del dron adquirido para el presente trabajo de investigación de la marca DJI Phantom 4 Pro V2.0

Datos generales

Equipo	Phantom 4 pro v 2.0	
vida económica años (N)	2.00	años
vida económica en horas (Ve) (2000 horas anuales)	4,000.00	horas
Jornal básico de operario	17.00	soles/hora
valor del equipo	8,154.10	soles

costos variables

electricidad		
consumo de carga de batería	0.09	KWh
costo por KWh (S/.)	0.72	soles

CALCULO DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO OPERADO

valor de adquisición

valor del equipo	8,154.10	soles
valor de salvataje o rescate ($V_r=15\%V_a$)	1,223.12	soles
depreciación $D=(V_a-V_r)/V_e$ horas.	1.73	soles /hora

cálculo del costo de mantenimiento y reparación (CMR)

CMR = costo mano de obra + costo de reparación

costo de mantenimiento CM =90% V_a	7,338.69	
costo mano de obra = 25% CM/V_e	0.46	soles/hora
costo de reparaciones = 75% CM/V_e	1.38	soles/hora

jornal del operador	17.00	soles/hora
depreciación (D)	1.73	soles/hora
CMR = costo mano de obra + costo de reparación	1.83	soles/hora
electricidad	0.06	soles/hora
Total	20.63	soles/hora

Fuente: (Ramos Salazar)

Se desarrolla el costo empleado total como se describe a continuación: para lo cual se muestra en la tabla 14 los costos de insumos como mano de obra, equipos y herramientas utilizados para la evaluación del pavimento flexible de la Av. los Proceres utilizando dron.

Tabla 14 Costos total (soles) de insumos utilizados para inventario de fallas con el uso de dron para las 60 unidades muestrales

Insumos utilizados	Und.	Cantidad (I)	Precio (S/.) (II)	Parcial (S/.) III=I*II
Mano de Obra				
01 especialista	hh	33.00	17.00	561.00
02 ayudantes y/o asistentes	hh	1.20	6.50	15.60

Equipos y Herramientas

Dron DJI Phantom 4 Pro V2.0	hm	0.60	20.63	12.38
Tablet android	hm	0.60	0.80	0.48
Estación total Topcon (inc. trípode de aluminio, bastón, prisma)	hm	0.60	25.00	15.00
Laptop core i7	hm	33.00	1.50	49.50
			Costo total S/.	653.96

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se aprecia el costo unitario por metro cuadrado de pavimento evaluado con el uso de dron DJI Phantom 4 Pro V2.0 mostrado en la tabla 15.

Tabla 15 costo unitario (S/.) por metro cuadrado para la evaluación de pavimento utilizando dron

Tipo de intervención	Costo total (S/.) (I)	área (m2) (II)	Costo unitario (Soles/m2) III= I / II
PCI Utilizando dron	653.96	12000.00	0.05

Fuente: Elaboración propia

Resultado obtenido del objetivo específico N° 2

En la presente representación se muestra el tiempo total empleado para el inventario de fallas mediante el PCI con dron. Para ello se realizó los trabajos en campo y gabinete como se aprecia en la figura 40.

Figura 40 Trabajos en campo con el uso de dron.



Fuente: Elaboración propia

Se desarrolla el tiempo empleado como se describe a continuación: para el cálculo del tiempo se realiza la cuantificación de trabajos realizados en campo el tiempo ejecutado es de 3.60 horas como se muestra en la tabla 16 y tiempo empleado para trabajos en gabinete es de 33.0 horas mostrado en la tabla 17.

Tabla 16 tiempo empleado para trabajos con dron en CAMPO

Tipo de intervención	Nº personas	tiempo (horas)	Cantidad	Nº de Und. muestrales evaluadas
	(I)	(II)	III= I * II	(IV)
PCI Utilizando dron	3.00	1.20	3.60	60.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Tiempo empleado para trabajos con dron en GABINETE

Tipo de intervención	Nº personas	tiempo (horas)	Cantidad	Nº de Und. muestrales evaluadas
	(I)	(II)	III= I * II	(IV)
PCI Utilizando dron	1.00	33.00	33.00	60.00

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el tiempo total que demandó el trabajo de inventario de fallas (tiempo unificado) de 36.60 horas en la Av. los Próceres cuadras 1 al 7. Como se aprecia en la tabla 18.

Tabla 18 Tiempo requerido para inventario de fallas con dron de las 60 unidades muestrales.

Tipo de intervención	tiempo (horas)		total, tiempo (horas)	Nº de Und. muestrales evaluadas
	en campo	en gabinete		
	(I)	(II)	III= I + II	(IV)
PCI Utilizando dron	3.60	33.00	36.60	60.00

Fuente: Elaboración propia

Resultado obtenido del objetivo específico N° 3

En la presente representación se muestra el costo y tiempo empleado para el inventario de fallas mediante el PCI de manera manual. Para ello se realizó los trabajos en campo y gabinete como se aprecia a continuación.

Se desarrolla el costo empleado como se describe a continuación para el inventario de fallas mediante el PCI manual: Se muestra en la tabla 19 los costos de insumos empleado para trabajos de inventario de fallas en (campo y gabinete), como mano de obra, equipos y herramientas utilizados para la evaluación de la Av. los Proceres utilizando para el PCI manual.

Tabla 19 Costo total para las 60 unidades muestrales empleado para trabajos de inventario de fallas para PCI de manera manual.

Insumos utilizados	Und	Cantidad (I)	Precio (S/.) (II)	Parcial (S/.) III=I*II
Mano de Obra				
01 especialista	hh	25.00	17.00	425.00
02 ayudantes y/o asistentes Inventario vial	hh	17.00	6.50	221.00
Equipos y Herramientas				
Pintura esmalte color blanco	gln	0.25	40.00	10.00
Pintura esmalte color rojo	gln	0.25	40.00	10.00
Brocha de 3"	und	1.00	5.00	5.00
Brocha de 1"	und	1.00	3.00	3.00
conos de seguridad	und	2.00	25.00	50.00
Regla metálica	und	1.00	25.00	25.00
Hojas bond	und	40.00	0.20	8.00
Tablero pvc	und	1.00	3.00	3.00
Lapicero	und	2.00	0.60	1.20
Wincha de lona 50m	und	1.00	40.00	40.00
Flexómetro 5m	und	1.00	6.00	6.00
Laptop core i7	hm	8.00	1.50	12.00
Costo total S/.				819.20

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se aprecia el costo unitario por metro cuadrado de pavimento evaluado para el cálculo del índice de condición de pavimento PCI de manera manual mostrado en la tabla 20.

Tabla 20 Costo unitario (S/.) por metro cuadrado para la evaluación de pavimento de manera manual

Tipo de intervención	Costo total (S/.) (I)	área (m2) (II)	Costo unitario (soles/m2) III= I / II
PCI de manera manual	819.20	12000.00	0.07

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolla el tiempo empleado como se describe a continuación para el inventario de fallas mediante el PCI de manera manual: para el cálculo del tiempo se realiza la cuantificación de trabajos realizados en campo el tiempo es de 51.0 horas como se muestra en la tabla 21 y el tiempo requerido en gabinete es de 8 horas como se muestra en la tabla 22.

Tabla 21 Tiempo empleado para trabajos en CAMPO para PCI de manera manual

Tipo de intervención	Nº personas (I)	tiempo (horas) (II)	Cantidad III= I * II	Nº de Und. muestrales evaluadas (IV)
PCI manual (pintado de progresivas y recolección de datos)	3.00	17.00	51.00	60.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Tiempo empleado para trabajos en GABINETE para PCI de manera manual

Tipo de intervención	Nº personas (I)	tiempo (horas) (II)	Cantidad III= I * II	Nº de Und. muestrales evaluadas (IV)
PCI manual	1.00	8.00	8.00	60.00

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el tiempo total que demandó el trabajo de inventario de fallas en campo y en gabinete (tiempo unificado) de 59.00 horas en la Av. los Próceres cuadras 1 al 7. Como se aprecia en la tabla 23.

Tabla 23 Tiempo requerido para las 60 unidades muestrales para inventario de fallas PCI de manera manual.

Tipo de intervención	tiempo (horas)		Total, tiempo (horas) III= I + II	Nº de Und. muestrales evaluadas (IV)
	en campo (I)	en gabinete (II)		
PCI manual	51.00	8.00	59.00	60.00

Fuente: Elaboración propia

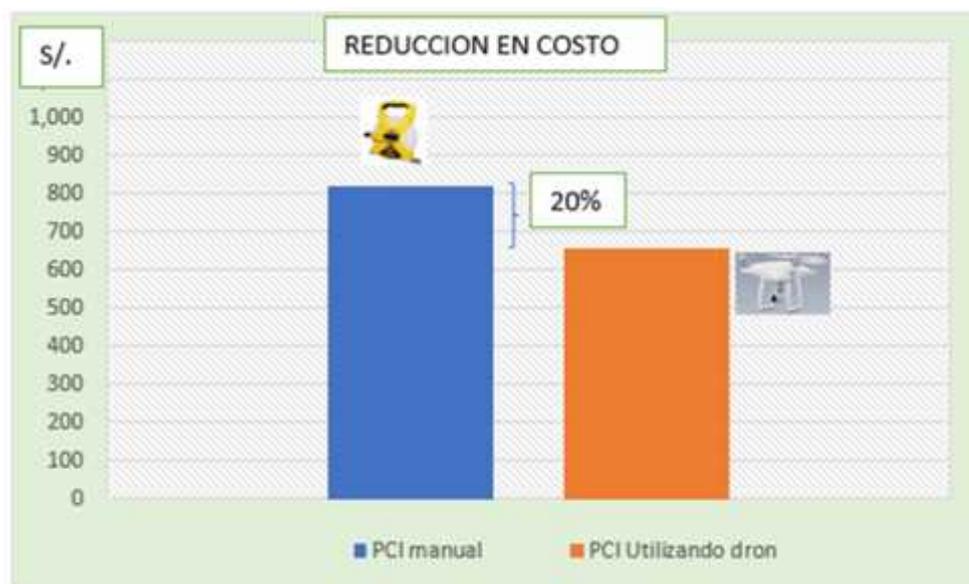
En cuanto al costo para el inventario de fallas del pavimento flexible mediante el PCI ASTM D6433 manual y el uso de dron se aprecia en el siguiente gráfico un resumen de costos (S/.) total para las 60 unidades muestrales como se muestra en la tabla 24 y el porcentaje de reducción de 20% con respecto al PCI manual y/o convencional en cuanto a costos como se aprecia en la figura 41.

Tabla 24 Resumen de costos (S/.) empleados en el inventario de fallas del pavimento para las 60 unidades muestrales

Tipo de intervención	COSTO TOTAL (S/.)	REDUCCION (%)
PCI manual	S/.819.20	20%
PCI Utilizando dron	S/.653.96	

Fuente: Elaboración propia

Figura 41 Porcentaje de reducción de costos del inventario de fallas del PCI manual y con dron



Fuente: Elaboración propia

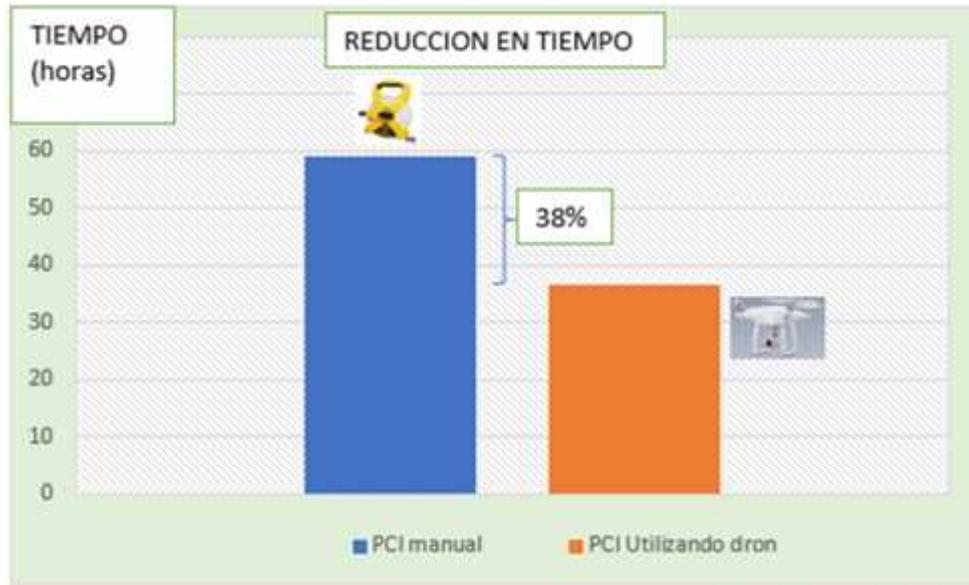
En cuanto al tiempo para el inventario de fallas del pavimento flexible mediante el PCI ASTM D6433 manual y el uso de dron se aprecia en el siguiente gráfico un resumen de tiempo empleado (horas) como se muestra en la tabla 25 y el porcentaje de reducción de 38% con respecto al PCI manual y/o convencional en cuanto a tiempos de trabajo como se aprecia en la figura 42.

Tabla 25 Resumen de tiempo total (horas) empleados en el inventario de fallas del pavimento para las 60 unidades muestrales.

Tipo de intervención	Tiempo (horas) (I)	área (m ²) (II)	reducción (%) (III)
PCI manual	59.00 horas	12000.00	38%
PCI Utilizando dron	36.60 horas	12000.00	

Fuente: Elaboración propia

Figura 42 Porcentaje de reducción de tiempo respecto al inventario de fallas del PCI manual y con dron



Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN

Se evaluaron 60 unidades muestras (de 10 metros de ancho y 20 metros de largo), que se obtuvo al emplear el PCI (manual y con dron) con una confiabilidad del 95%, longitud = 1,200 metros avenida los Próceres (2 plataformas o calzadas), el índice de condición del pavimento PCI = 55 con dron y PCI = 53 de manera manual correspondiendo a la condición REGULAR de la vía. Los valores obtenidos muestran valores cercanos de PCI lo cual establece el uso de dron como una alternativa de evaluación de pavimentos mediante imágenes georreferenciadas.

La utilización del dron Phantom 4 Pro V2.0 el tiempo disminuyó con una reducción de 38% con respecto al PCI manual. El costo en la utilización del dron disminuyó con una reducción de 20% con respecto al PCI manual en la elaboración del inventario de fallas.

Según la tesis de (Cubas Fernadez, 2021) “USO DE UN DRON PARA OPTIMIZAR LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PCI EN LA AV. LOS CONQUISTADORES, DISTRITO DE SAN ISIDRO, LIMA – 2021” La evaluación de las características de la vía menciona que en la Circunvalación Este Huanta - Ayacucho mediante la fotogrametría aérea logró determinar de manera rápida con detalles plasmados en un plano. la vía está constituida por 720 m de pavimento flexible y 40 m de pavimento rígido de ancho 7 m; tiempo de vuelo 18.40 minutos.

En la investigación de la av. los Próceres el vuelo para 1,200 metros de largo y 35 metros de ancho nos tomó realizar dos vuelos haciendo un total de 36 minutos debido a la berma central de 15 metros de ancho existente en la Av. los próceres.

En ambos métodos se obtuvo valores similares en estado bueno (PCI promedio de 59 para el método manual y 51 para el método usando el dron existiendo una diferencia de 8).

Logró reducir el tiempo de inspección en un 35% con el uso de dron como se muestra en la tabla N° 26

Tabla 26 Reducción de tiempo usando un dron con respecto al método convencional

Tipo de evaluación	Rendimiento	Reducción
Método PCI convencional	0.012 hh/m ²	35%
Método PCI usando el Dron DJI Phantom 4 Pro V2.0	0.008 hh/m ²	

Fuente: (Cubas Fernandez, 2021)

Se muestra en la tabla 27 los resultados obtenidos de la Av. los Próceres del tiempo utilizado con dron y de manera manual existiendo una diferencia mínima de resultados (3%) en cuanto a porcentajes.

Tabla 27 Porcentaje de reducción en cuanto al tiempo desarrollado para el cálculo de PCI

Tipo de intervención	Tiempo (horas) (I)	área (m2) (II)	reducción (%) (IV)
PCI manual	59.00 horas	12000.00	38%
PCI Utilizando dron	36.60 horas	12000.00	

Fuente: Elaboración propia.

Menciona también que logró reducir los costos de inspección en un 28% con respecto al método PCI convencional como se muestra en la tabla N° 28.

Tabla 28 Comparación de costos

Tipo de evaluación	Costo (S/)	Diferencia (S/)	Reducción
Método PCI in convencional	946.44	269.20	28%
Método PCI usando un dron	677.24		

Fuente: (Cubas Fernandez, 2021)

Se muestra en la tabla 29 los resultados obtenidos de la Av. los Próceres del costo utilizado con dron y de manera manual existiendo una diferencia mínima de resultados. existiendo un 20% de reducción en cuanto al costo empleado en la evaluación del pavimento.

Tabla 29 Porcentaje de reducción en cuanto al costo desarrollado para el cálculo de PCI

Tipo de evaluación	COSTO TOTAL (S/.)	REDUCCION (%)
PCI manual	S/.819.20	20%
PCI Utilizando dron	S/.653.96	

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado (Quispe Enriques, 2020), “EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD DEL DRONE PHANTOM 4 PRO V2.0 PARA CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. MIRAFLORES DEL DISTRITO DE COMAS, LIMA - 2020” evaluó 1,246 m de carretera de la Av. Miraflores Distrito de comas En ambos métodos se obtuvo valores similares en estado bueno (PCI promedio de 49 para el método convencional y 50 para el método usando el dron existiendo una diferencia de 1 como se muestra en la tabla N° 30)

Tabla 30 Promedio de valor PCI del área de estudio de ambos procedimientos

PCI Promedio del Área de Estudio	
Drone	Directo
50	49
Regular	Regular

Fuente: (Quispe Enriques, 2020)

Se muestra en la tabla 31 los resultados del índice de condición del pavimento PCI obtenidos de la Av. los Próceres utilizado con dron y de manera manual existiendo una diferencia mínima de resultados. El uso de dron permite una inspección más rápida generando información del estado existente del pavimento, además se puede elaborar planos que acompaña a los metrados para realizar el mantenimiento.

Tabla 31 Promedio de índice de condición de pavimento PCI de manera manual y con dron

Plataforma	METODO PCI MANUAL		METODO PCI CON DRON	
	PCI	clasificación	PCI	clasificación
Av. Los Próceres	53	REGULAR	55	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

VII. CONCLUSIONES

La utilización del dron Phantom 4 Pro V2.0 el costo disminuyó con una reducción de 20% con respecto al PCI de manera manual en la elaboración del inventario de fallas presentes en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno.

La utilización del dron Phantom 4 Pro V2.0 el tiempo disminuyó con una reducción de 38% con respecto al PCI de manera manual en la elaboración del inventario de fallas presentes en el pavimento flexible con el método PCI con dron en la Av. los Próceres en la ciudad de Azángaro del departamento de Puno. El empleo de un dron posibilita realizar los trabajos en menor tiempo el cual no fue necesario el cierre de calles y jirones lo cual no se pone en riesgo la vida humana de los evaluadores durante el inventario de fallas con respecto al método manual.

Se logró la optimización del costo y tiempo para el inventario de fallas del pavimento mediante el PCI con dron, en la Avenida los Próceres Azángaro – 2022, se muestra en la tabla N°32 el rendimiento de para el cálculo de PCI de manera manual de 203.39 m²/hora y de 327.87 m²/hora; Esto demuestra una gran ventaja al emplear el DRON para el relevamiento de la información con respecto al método manual, el cual demanda mucho tiempo y requiere más personal para un mejor rendimiento, lo que eleva su costo.

Tabla 32 Comparación de rendimientos para el cálculo del PCI de manera manual y con dron

Tipo de intervención	Tiempo (horas)	área (m²)	Rendimiento (m²/hora)
	(I)	(II)	III= II / I
PCI manual	59.00 horas	12000.00	203.39
PCI Utilizando dron	36.60 horas	12000.00	327.87

Se alcanzó identificar las fallas presentes en el pavimento flexible como son: piel de cocodrilo 42%, agrietamiento en bloque 0.4%, grieta en borde 8%, grietas longitudinales y transversales 19%, parcheo 24%, Huecos 4%, desprendimiento

de agregado 3%, según el inventario de fallas del pavimento flexible PCI ASTM D6433.

Se logró calcular el índice de condición del pavimento flexible PCI ASTM D6433 en la Av. los Próceres de la cuadra (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) mediante la fotogrametría aérea con el uso de dron Phantom 4 Pro V2.0 con una altura de vuelo de 30 metros debido a la presencia de viviendas, árboles y postes de alta tensión en la berma central de la avenida, se obtuvo un valor de PCI = 55 y PCI = 53 método de manera manual correspondiendo a la condición REGULAR de la vía, el cual requiere de acuerdo a la escala de medida un mantenimiento correctivo (recapado y/o frezado de la carpeta de rodadura).

El inventario de fallas con el uso de dron se utiliza la fotogrametría aérea permitiendo la generación de modelo de elevación digital y ortomosaico con lo cual se podrá llevar y monitorear la evolución de las fallas según los planos realizando vuelos periódicos.

También se concluye que la forma de análisis de los defectos de los pavimentos asfálticos que se utiliza en el país, aun cumpliendo plenamente el propósito, puede mejorarse con el uso de estas nuevas herramientas. Por lo tanto, es necesario que haya continuidad en las inversiones en esta área, con estudios para desarrollar la factibilidad y eventualmente su implementación.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda de uso de tecnologías para realizar inventarios de fallas como el uso del dron Phantom 4 Pro V2.0 (cámara de 20 megapíxeles) o superiores ya que facilita los trabajos, disminuyendo en costos y tiempos con resultados confiables para la aplicación en otras vías urbanas o rurales.

Utilizar un computador de tarjeta de video y memoria RAM superiores a 8 GB esto permitirá la obtención de mejores ortofotos evitando la pérdida de calidad de las imágenes aéreas obtenidas por el dron.

Realizar los vuelos con dron entre 20 y 30 metros de altura para mejor visibilidad de fallas en el pavimento según recomienda la norma técnica complementaria N° 001-2015 DGAC teniendo en cuenta los postes, cables y árboles; realizar también los vuelos entre las 10:00 am hasta 2:00 pm evitando los obstáculos de las sombras de las viviendas y arboles dentro del área del pavimento.

Se recomienda colocar 5 puntos de control como mínimo en lugares visibles con equipo de estación total o GPS diferencial con la finalidad de georreferenciar con precisión la fotogrametría aérea.

Se recomienda realizar proyectos de vuelos con pilotos de drones acreditados por la dirección general de aeronáutica civil del Perú y el MTC (Ministerio de transportes y comunicaciones) y con los permisos para vuelos en zonas urbanas.

Se recomienda a la autoridad de la municipalidad local priorizar la intervención en cuanto al mantenimiento correctivo (reemplazo, recapado y/o frezado de la carpeta de rodadura) como indica el ASTM D6433, para evitar el incremento del deterioro acelerado realizando de esta manera un mantenimiento oportuno y adecuado con eficiencia y bajo costo de mantenimiento.

REFERENCIAS

- AASHTO. (2015). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide* (Second Edition ed.). Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials: A Manual of Practice.
- ASTMD6343-03. (2003).
- Atra, I. (2020). *Infraestructure Condition Assessment Using Drones*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12475/960>
- Chunsung, Z., & Ahmed, E. (2012). *An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses* (Vol. Vol 27). Estados Unidos.
- Chusung, Z., & Ahmed, E. (2012). *An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road urface Distresses*. Estados Unidos. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-8667.2011.00727.x>
- Coaquira Quispe, E. (2017). *Aplicacion de la Metodologia PCI para la Evaluacion Superficial del PavimentonFlexible de la Av. Aviacion de la Ciudad de Juliaca*. Juliaca.
- Cruz Toribio, J. O. (2019). *Evaluacion Superficial de Vias Urbanas Empleando Vehiculo Aereo no tripulado VANT*. Lima.
- Cubas Fernadez, J. E. (2021). *Uso de un DRON para optimizar la Evaluacion Superficial del Pavimento Flexible por el Metodo PCI en la Av. Los Conquistadores, Distrito de San Isidro*. Lima.
- DG. (2018). *Manual de Carreteras "Diseño Geometrico DG-2018"* (3ra ed.). Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- EDITORIA PERU. (2018, Marzo 22). LEY N° 30740. *EL PERUANO*. Retrieved from http://portal.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/normas/documentos/legales2/ley_30740/Ley%2030740%20Drones_el_peruano.pdf
- Fiestas Leon, C. D., & Merino Rodriguez, F. G. (2020). *Calculo del indice de condicion del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones*. Piura.
- Internet*. (n.d.). Retrieved from https://www.google.com/search?q=MAPA+DE+PERU+PUNO&client=opera&sxsrf=APq-WBsK8edFvso2vsWVuuawGpMQc9R1Nw:1647956206553&tbm=isch&source=iu&ictx=1&vet=1&fir=N0DS-hdyf-qMIM%252C96oFH1OE2ep52M%252C_%253BE0qsAhVRVCT_PM%252CComyFeG9VzYGEwM%252C_%253BuqV3nBfPz4QUc

- Leonardi, G; Barrile, V.; Palamara, R.; Suraci, F; Candela, G;. (2019b). *Road Degradation Survey Through Images by Drone*. En F. Calabrò, L. Della Spina, & C. Bevilacqua (Eds.), *New Metropolitan Perspectives* (Vol. 101).
- NCHRP. (2004). <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/home.htm>. Recuperado el 01 de Agosto de 2011, de [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/part3_Chapter3_Flexible%20 Design.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/part3_Chapter3_Flexible%20Design.pdf).
- NORMA TECNICA COMPLEMENTARIA. (2015, NOVIEMBRE 3). *Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a*, p. 12. Retrieved from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/390602/NTC__RPAS__texto_.pdf
- Outay, F., Mengash, H. A., & Adnan, M. (2020). *Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges*. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*.
- Parente, D. C., Felix, N. C., & Picanco, A. P. (2017). Uso de Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT) en la identificación de falla superficial en pavimento asfáltico. *ALCONPAD*. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161>
- Patrick J., G. (2015). Integrating pavement crack detection and analysis using autonomous unmanned aerial vehicle imagery. Air force institute of technology: department of the air force air university. Retrieved from <https://scholar.afit.edu/etd/147/>
- Paucar Curo, E. F. (2019). *Evaluación de los Pavimentos flexibles y rígidos aplicando las Metodologías de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo e Índice de Condición del Pavimento para el Mantenimiento Vial, Caso de la Av. Floral y Jr. carabaya Puno*. Puno.
- Peña Carbajal, E. B., & Peña Carbajal, L. C. (2020). *Propuesta de Levantamiento de Tipos de fallas Asistido por el Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPAS) para Intervenir en Carreteras de bajo Volumen en Lima Provincias*. Lima.
- Quispe Enríques, c. (2020). *Evaluación de Confiabilidad del Drone Phantom 4 pro V2.0 para Calcular El Índice de Condición del Pavimento Del Pavimento Flexible en la Av. Miraflores del Distrito de Comas*. Lima.
- Ramos Salazar, J. (n.d.). Equipo y sus Costos de operación. *CAPECO*.
- Sáez Alván, L. (2019). *Mezclas Asfálticas para Pavimentos* (1ra ed.). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Santana de Carballo , H. N. (2017). *Defectos de Monitoreo y Encuesta Existente en el Piso de Campus de la UFPE CCA con uso de Drones*. Brasil.

- Tacca Qqelca, H. (2015). *Comparacion de resultados de un levantamiento topografico utilizando la fotogrametria con drones al metodo tradicional*. Puno.
- Vargas Buitrago, C. A. (2018). *Analisis Comparativo de la Inspeccion Visual de un Pavimento Flexible, por los Metodos Tradicionales y por Sensores Remotos en un Kilometro de Carretera Septima en el Municipio de Cundinamarca*. Bogotá.
- Vasconcelos Fernandez, T., Fonseca Cabral, A., & Batista Dantas, G. (2021). Mapeo de Manifestaciones Patologicas en Pavimento Asfaltico Mediante el Uso de Drones. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 11. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/4276/427664856006/movil/>
- Ventura Fernandez, E. Z. (2019). *Evaluacion superficial del pavimento flexible co el Metodo PCI mediante lka fotogrametria aerea en la Circunvalacion Este, Huanta-Ayacucho-2019*. Huanta.
- YUMIN, T., & YUNXIN, L. (2019). UAV Photogrametry-BAsed 3D Road Distress Detection. School of transportation Science and Engineering, Beihang University. Beijing 100191, China.
- Zamora Bustamante, L. C. (2011). *Desarrollo de una Metodología Práctica para Realizar Gestión de Pavimentos Flexibles a Nivel de red Vial Municipal a partir de Inventario de Condicion Superficial*. Universidad de Costa Rica.

ANEXOS

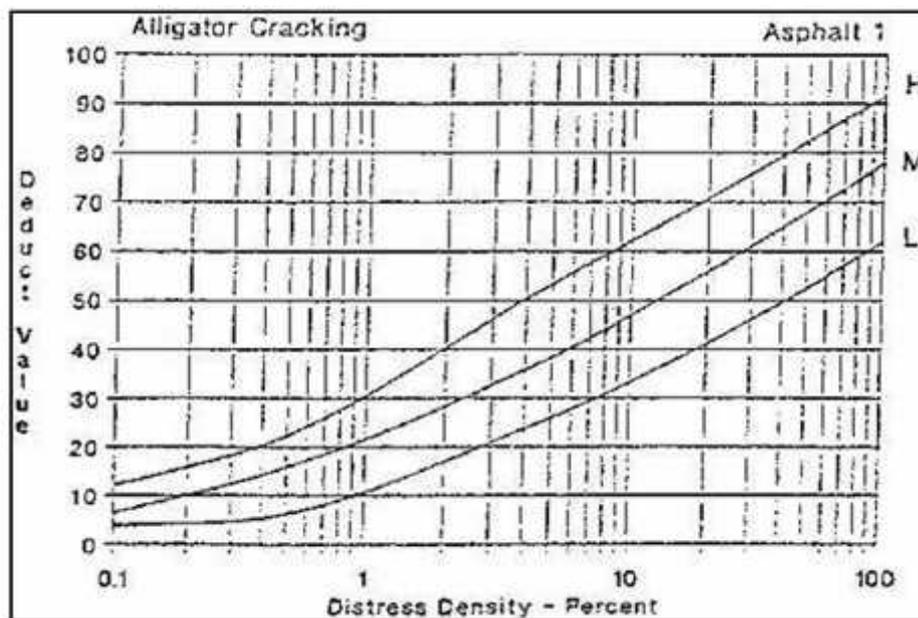
ANEXO 01: ÁBACOS PARA EL CÁLCULO DE PCI

Se muestran los ábacos utilizados para la evaluación de Índice de condición de pavimento flexible PCI ASTM D6433.

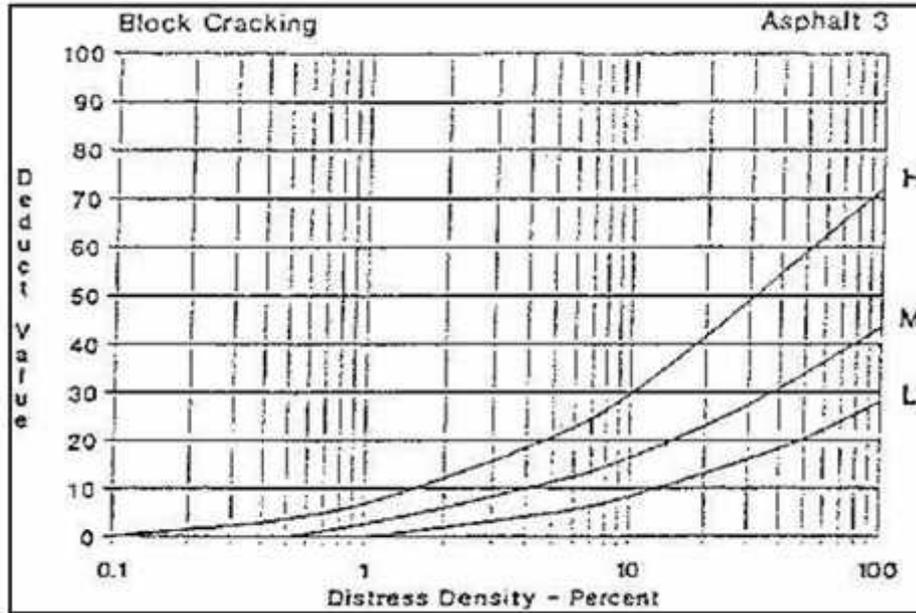
1. Curva de valores deducidos



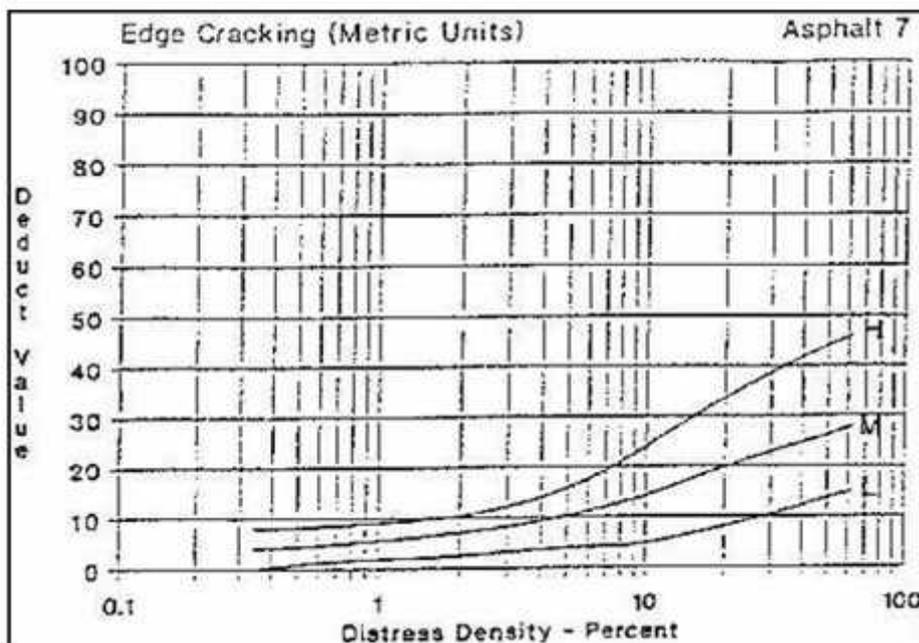
2. Piel de cocodrilo



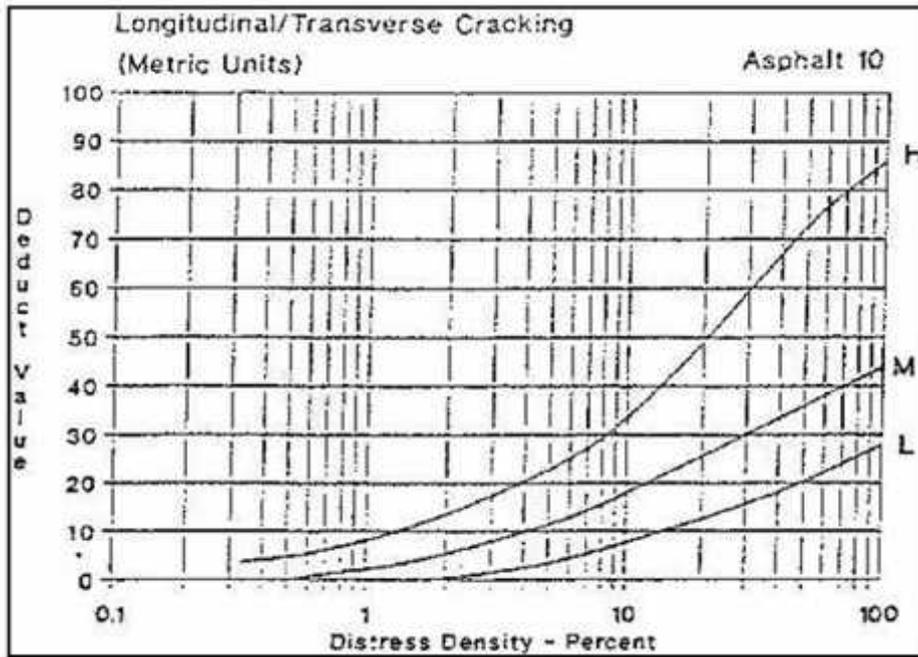
3. Agrietamiento en bloque



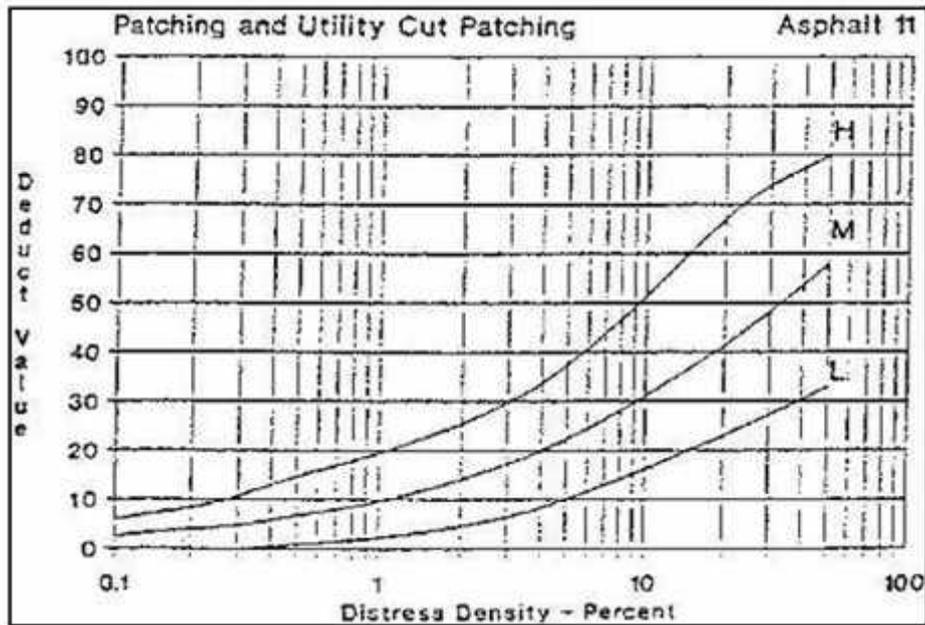
4. Grieta en borde



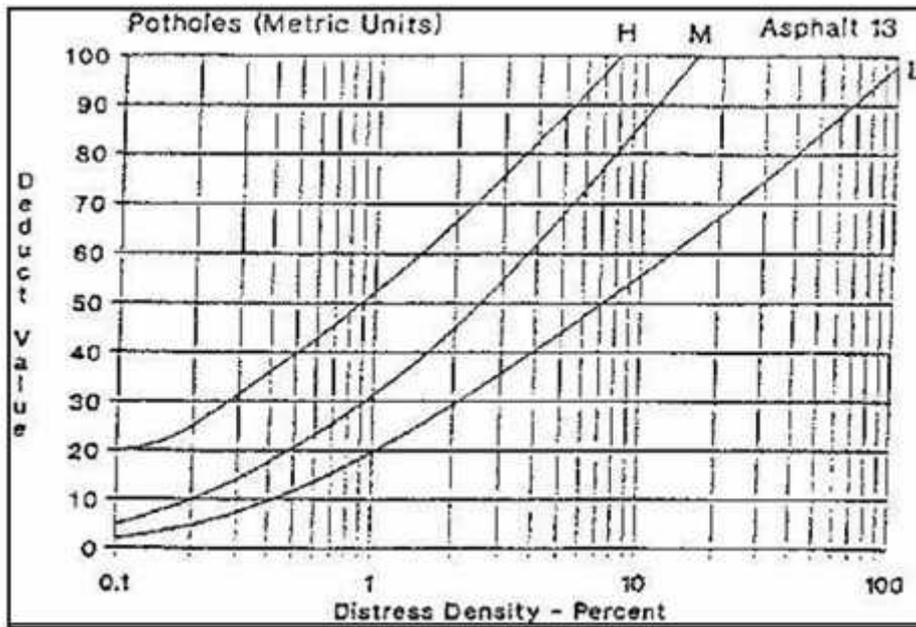
5. Grietas longitudinales y transversales



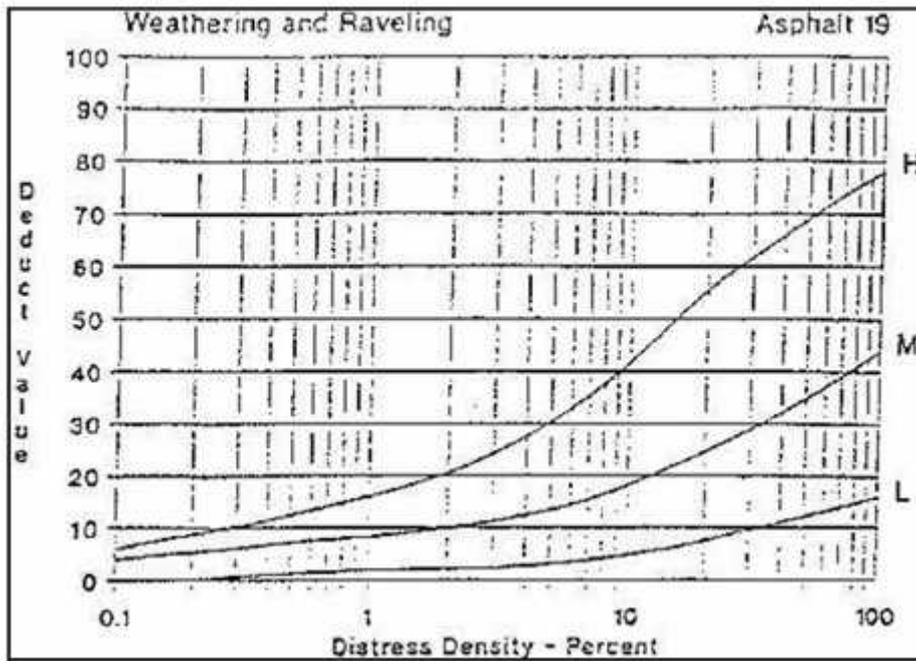
6. Parcheo



7. Huecos



8. Desprendimiento de agregado



ANEXO 03: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Operacionalización de las variables

VI: Optimización Costo – Tiempo

Indicadores	Índices	Instrumentos
Radica en instaurar la condición del pavimento por medio de una evaluación de anomalías presentes in-situ para determinar todo tipo de fallas que muestra el pavimento asfáltico, determinado el tiempo y costo. (Coaquira Quispe, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento de área de estudio. - Muestreo - Identificación y recolección de datos. - Medición in situ de daños en el pavimento. - Formatos de evaluación de acuerdo a la normatividad internacional para carreteras (ASTM D 6433-03). 	<ul style="list-style-type: none"> -Hoja de datos u otro instrumento de registro de campo. -Flexómetro. -Regla o cordel.
La fotogrametría aérea se programa el vuelo con dron (RPAS) mediante aplicativos de Pix4D obteniendo imágenes georreferenciadas (medibles a escala) de la vía en estudio. (Cruz Toribio, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento de área de estudio - Puntos de control. - Planificación de vuelo con RPAS (aeronave pilotada a distancia). - Generación de fotografías aéreas. 	<ul style="list-style-type: none"> -RPAS (drone). -Estación total. -Identificación de puntos de control. -Software para simulación y registro de vuelo Pix4D.

VD: índice de condición del pavimento.

Indicadores	Índices	Instrumentos
Tipos de daños superficiales del pavimento asfáltico de manera manual.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamiento y hundimiento 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril/berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parches 12. Pulimento de agregados 13. Baches 14. Cruce de vía férrea 	Método PCI

	<ul style="list-style-type: none"> 15. Ahuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 	
Escalas medibles.	<ul style="list-style-type: none"> - Excelente 86 - 100 - Muy bueno 71 – 85 - Bueno 56 - 70 - Regular 41 - 55 - Pobre 26 - 40 - Muy pobre 11 - 25 - Fallado 0 - 10 	Método PCI
Niveles de severidad	<ul style="list-style-type: none"> - Baja Low (L) - Media Medium (M) - Alta High (H) 	Método PCI
Procesamiento de imágenes etapa de gabinete.	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de puntos densa. - Generación y ajuste de malla. - Generación de modelo de elevación (DEM). - Ortomosaico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Software (Agisoft Metashape. - Autocad civil 3D. - EvalPav.
Tipo de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento (sellado de fisuras, parches, lechadas de asfalto). - Mantenimiento correctivo (recapado, fresado). - Rehabilitación mayor (reemplazo de carpeta asfáltica). - Reconstrucción (reemplazo de base granular y carpeta asfáltica). 	Tablas del Instituto del Asfalto (componente: mantenimiento y rehabilitación de carreteras)

ANEXO 04: Validación de resultados

Utilización del IBM SPSS statistics para la validación de resultados.

	MANUAL	DRON
40	15	11
41	14	12
42	12	13
43	14	14
44	13	11
45	8	7
46	7	10
47	15	14
48	25	14
49	15	15
50	45	45
51	21	21
52	25	24
53	25	25
54	4	4
55	17	15
56	15	17
57	16	17
58	23	42
59	23	23
60	23	11
61		
62		

Prueba de normalidad: Kolmororov-Smirnov nivel de significancia PCI (manual)= 0.074, Nivel de significancia PCI (dron)=0.200.

MANUAL

	MANUAL		DRON		Total	
	F	Percent	F	Percent	F	Percent
MANUAL	11	18,3%	1	1,7%	12	20,0%
DRON	49	81,7%	59	100,0%	108	80,0%

MANUAL

	MANUAL			DRON		
	Subst.	N	Sig.	Subst.	N	Sig.
MANUAL	MANUAL	60	,074	DRON	60	,200*
DRON	DRON	60	,074	MANUAL	60	,200*

MANUAL

Normal Q-Q Plot of MANUAL

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
MANUAL	,109	60	,074	,952	60	,020
DRON	,100	60	,200*	,951	60	,018

a. Lilliefors Significance Correction
*. This is a lower bound of the true significance.

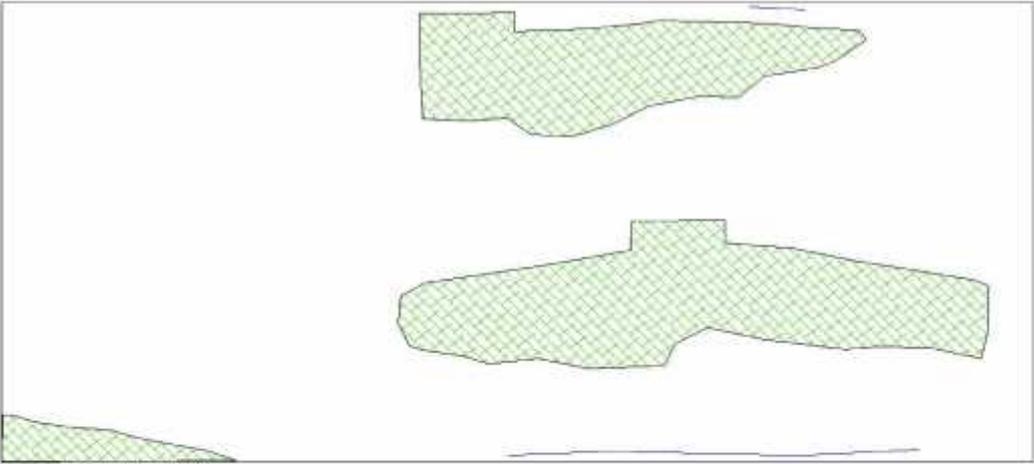
HOJA DE EVALUACION PARA PAVIMENTO FLEXIBLE INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)										UM 22	
LUGAR	:	Av. Los Próceres - Azangaro - Puno				PROGRESIVA	:	0+420 - 0+440			
FECHA	:	29/03/2022				UNIDAD DE MUESTRA	:	22 - MARGEN DERECHA			
ELABORADO	:	Amador, SULLO CONDORI				AREA	:	200 M2			
TIPOS DE FALLAS										DIAGRAMA	
1. Piel de cocodrilo	m2	8. Grieta de reflexion de junta	m	14. Cruce de via ferrea	m2						
2. Exudacion	m2	9. Desnivel carril/berma	m	15. Ahuellamiento	m2						
3. Agrietamiento en bloque	m2	10. Grietas longitudinales y transvers	m	16. Despazamiento	m2						
4. Abultamiento y hundimiento	m2	11. Parches	m2	17. Grietas parabolicas	m2						
5. Corrugacion	m2	12. Pulimento de agregados	m2	18. Hinchamiento	m2						
6. Depresion	m2	13. Baches	Nº	19. Desprendimiento de agr	m2						
7. Grieta de borde	m										
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
86 - 100	EXCELENTE	7		10							
71 - 85	MUY BUENO	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.	CANT.	SEV.
56 - 70	BUENO	9	L	6	M						
41 - 55	REGULAR	10	M	6	M						
26 - 40	POBRE	10	H								
11 - 25	MUY POBRE										
0 - 10	FALLADO										
TOTAL	BAJA (L)	9.00	L	-	L	-	L	-	L	-	L
	MEDIA (M)	10.00	M	12.00	M	-	M	-	M	-	M
	ALTA (H)	10.00	H	-	H	-	H	-	H	-	H
TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD (I)	TOTAL			DENSIDAD (%) (II)	VALOR DEDUCIDO (abaco) (I y II)					
7	L	9.00			4.5%	5		Numero de valores deducidos > 2(q)			
7	M	10.00			5.0%	16					
7	H	10.00			5.0%	10					
10	L	-			0.0%			Valor deducido mayor =			
10	M	12.00			6.0%	14					
10	H	-			0.0%						
0	L	-			0.0%			16			
0	M	-			0.0%						
0	H	-			0.0%						
0	L	-			0.0%						
0	M	-			0.0%			Numero maximo de VD (m) =			
0	H	-			0.0%			8.7			
0	L	-			0.0%						
0	M	-			0.0%						
0	H	-			0.0%						
NRO	VALORES DEDUCIDOS					VDT (I)	q (II)	VDC (abaco) (I y II)			
1	16	14	10	5		45	4	22			
2	16	14	10	2		42	3	25			
3	16	14	2	2		34	2	24			
4	16	2	2	2		22	1	22			
								Max. VDC 25			
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)							PCI = 100 - Max. VDC				
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)							PCI = 75				
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)							MUY BUENO				

ANEXO 06: FICHA DE INSPECCIÓN DE FALLAS PCI USANDO DRON
INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-01 (plataforma derecha)

METODO ESTANDAR DE EVALUACION DEL INDICE DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA ASTM D 6433 (2003)													
SECCION			PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
KM 0+000 - KM 0+500			km 00+000				01						
CARRIL			PROGRESIVA FINAL				AREA DE MUESTREO						
MARGENDERECHA			km 00+020				200 m ²						
INSPECCIONADO POR							FECHA						
							29 - marzo - 2022						
DAÑOS													
1. Piel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos					
2. Exudación				8. Grieta de reflexión de juntas				14. Cruce de vía ferrea					
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel caril / barria				15. Abuelamiento					
4. Abultamientos y hundimientos				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento					
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grieta parabólica (slippage)					
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento					
								19. Desprendimiento de agregados					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD									TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
11	M	2.0	15.1	23.3							41.0	20.5	45.0
7	H	2.0									2.0	1.0	8.0
7	L	7.9									7.9	4.0	5.0

Km 0+000
Km 0+020





LEYENDA DE FALLA

<p> 1. Piel de cocodrilo</p> <p> 3. Agrietamiento en bloque</p> <p> 7. Grieta en borde</p>	<p> 10. Grietas longitudinales y transversales</p> <p> 11. Parcheo</p> <p> 12. Pulimento de agregados</p>	<p> 13. Huecos</p> <p> 18. Desprendimiento de agregados</p>
--	---	---

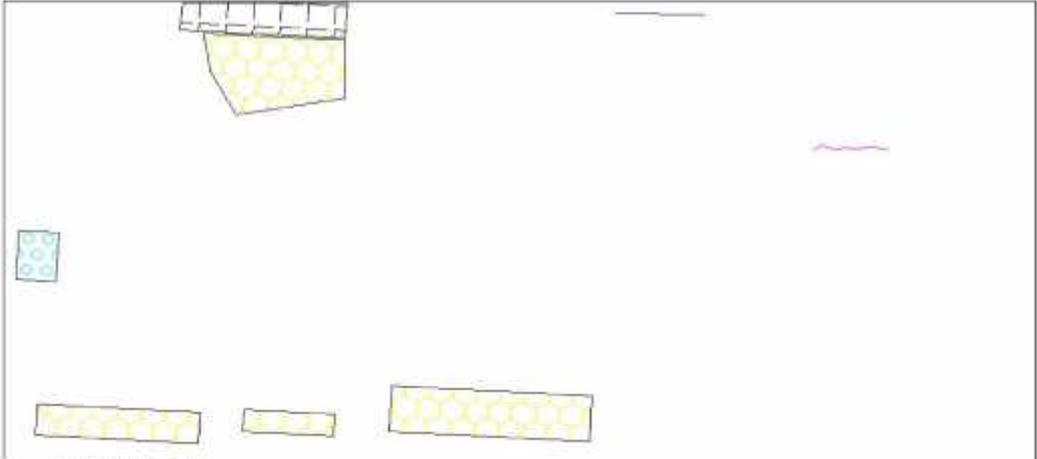
INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-04 (plataforma derecha)

INFORMACIÓN GENERAL DE EVALUACIÓN DE INDICADORES DE CONDICIÓN SUPERFICIE DE PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA												
ASPHILIBES (P10)												
CIRCUITO			PROYECTO CARRETERA				UNIDAD DE MUESTREO					
UMS-001 - AMARILLO			Km 0+000				04					
CIRCUIT			PROYECTO FINL				ÁREA DE MUESTREO					
MANUALMUTUALIA			Km 0+000				200 m ²					
INSPECCIONADO POR							PEC-M					
							25 - marzo - 2022					
DAÑOS												
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			12. Huecos						
2. Losada			10. Unión de unión de juntas			14. Cruzes de vía transversales						
3. Agrietamiento en bloque			11. Desprendimiento de agregado			15. Agrietamiento						
4. Abollamiento y fracturas			12. Roturas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento						
5. Congestión			13. Baches			17. Grietas paralelas (ripping)						
6. Desgaste			14. Pulimento de agregados			18. Desplazamiento						
						19. Desprendimiento de agregados						

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	SEVERIDAD	VALOR DEJUDO
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	L	0.0	0.1							0.0	0.5	0.0
1	M	1.8	2.9							7.7	3.9	30.0
10	L	1.6								1.6	0.5	
11	M	1.0								1.0	0.5	40.0
3	L	2.2								2.2	1.1	
7	H	1.7								1.7	0.9	6.0

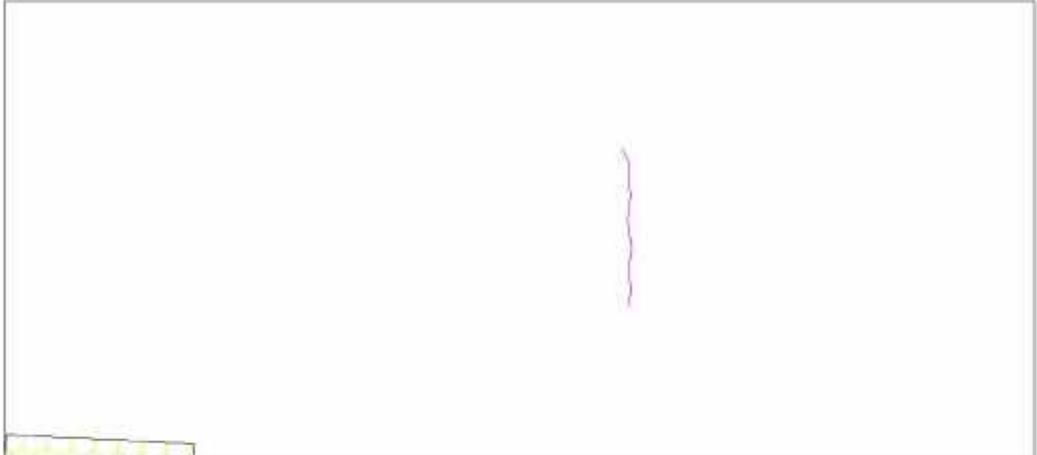
Km 0+060
Km 0+080





LEYENDA DE FALLA					
	1. Piel de cocodrilo		10. Grietas longitudinales y transversales		13. Huecos
	3. Agrietamiento en bloque		11. Parcheo		19. Desprendimiento de agregados
	7. Grieta en borde		12. Pulimento de agregados		

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-07 (plataforma derecha)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASÍFALTADO										
SECCION		PROGRESIVA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO					
Km 0+000 - Km 0+000		Km 00+120			07					
CANAL		PROGRESIVA FINAL			ÁREA DE MUESTREO					
MARCONDETESIA		Km 00+140			200 m ²					
INSPECCIONADO POR					FECHA					
					20 - marzo - 2022					
DAÑOS										
1. Piel de cocodrilo		7. Grietas en borde		13. Huecos						
2. Excesos de		8. Grietas de rotación de juntas		14. Cruce de vía férrea						
3. Agrietamiento en bloque		9. Desnivel cantil / bamba		15. Anillamiento						
4. Abastecimiento y nudamientos		10. Grietas longitudinales y transversales		16. Desplazamiento						
5. Chorrugado		11. Parcheo		17. Petas parciales (stripes)						
6. Decepción		12. Pulimento de agregados		18. Inclinamiento						
				19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	CONC.DAD	VALOR Índice ICI
I	L	10						10	0.2	8.9
IV	L	40						40	1.4	
Km 0+120 Km 0+140										
										
										
LEYENDA DE FALLA										
	1. Piel de cocodrilo		10. Grietas longitudinales y transversales		13. Huecos					
	3. Agrietamiento en bloque		11. Parcheo		15. Desprendimiento de agregados					
	7. Grieta en borde		12. Pulimento de agregados							

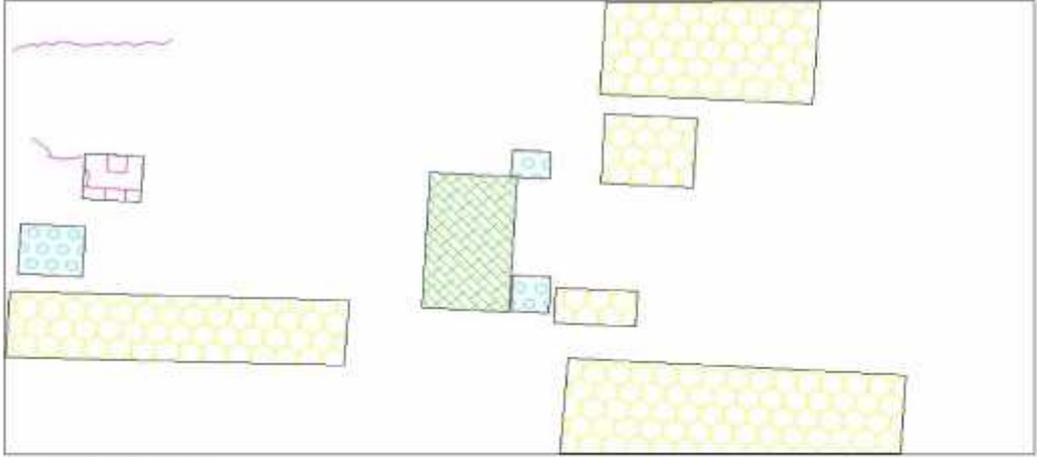
INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-10 (plataforma derecha)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO											
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
AS 11 M D 613 (2008)											
SECCIÓN		PROGRESO INICIO				UNIDAD DE MUESTRO					
Km 0+000 - Km 0+200		Km 0+180				10					
CARRETERA		KILÓMETRO FIN				ÁREA DEL MUESTRO					
MARGEN DERECHA		Km 0+200				200 m ²					
INSTRUMENTACIÓN						Escala					
						25 marzo 2000					
DAÑOS											
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta en borde	13. Huecos									
2. Fisuras	8. Ocho de rotura de juntas	14. Inicie de vía firme									
3. Agrietamiento en bloque	9. Juntas con rebabas	15. Avulsamiento									
4. Abultamiento y hundimiento	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento									
5. Desagregación	11. Parcheo	17. Grietas de abanico (alapega)									
6. Exposición	12. Pulimento de agregados	18. Profilización									
		19. Desprendimiento de agregados									

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR PROMEDIO
1	H	127						127	0.4	50.0
1	M	1.2	2.7	8.9	8.0			22.7	11.2	82.0
10	L	1.7	1.7					4.4	2.2	
11	M	5.0						5.0	2.5	17.0
12	M	2.0	1.0					3.0	1.5	20.0
18	M	1.8						1.8	0.9	6.0

Km. 0+180
Km. 0+200





LEYENDA DE FALLA

	1. Piel de cocodrilo		10. Grietas longitudinales y transversales		13. Huecos
	3. Agrietamiento en bloque		11. Parcheo		19. Desprendimiento de agregados
	7. Grieta en borde		12. Pulimento de agregados		

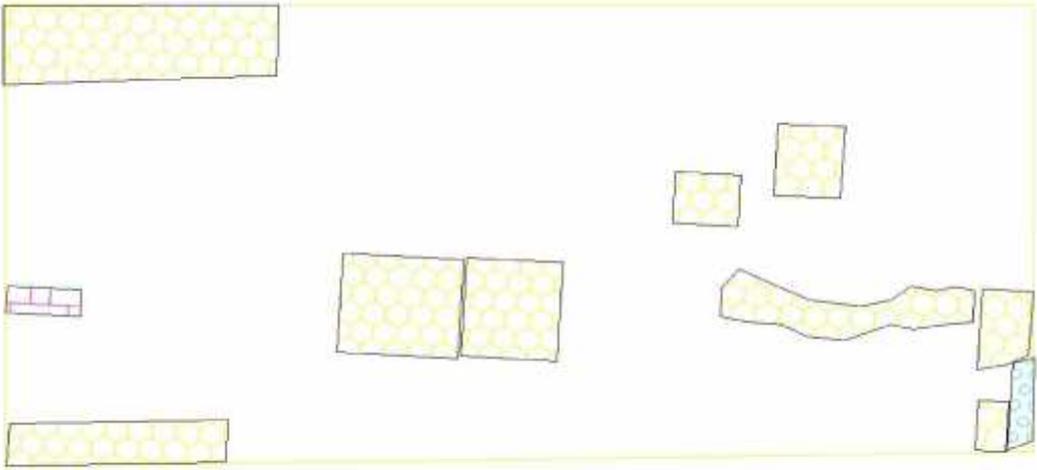
INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-13 (plataforma derecha)

Método Estándar de Evaluación del Índice de la Condición Superficial del Pavimento									
Carreteras con Superficie Asfáltica									
ASTM D 673 (2007)									
ESTACION		PROGRESO INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO					
Km 000 +0000		Km 00000		13					
CARRIL		PROGRESO FINAL		ÁREA DE MUESTREO					
A/Plataforma/A		Km 00000		200 m ²					
INSPECCIONADO POR				FECHA					
				28 marzo 2022					
Defectos									
1. Hiel de cocodrilo			4. Orillo de borde			13. Huecos			
2. Escudación			5. Grietas de reflexión de juntas			14. Cruce de riel de ferrocarril			
3. Agrietamiento en bloque			6. Desnivel con riel de ferrocarril			15. Anclamientos			
4. Abastamiento y hundimiento			10. Unas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento			
5. Compactación			11. Parcheo			17. Grietas parabólicas (alzapavos)			
6. Jorobado			12. Pulimento de agregados			18. Huelamiento			
						19. Desprendimiento de agregados			

CANTIDAD	SEVERIDAD	CANTIDAD								TOTAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	
		1	2	3	4	5	6	7	8				
1	H	3	8	4							1.9	1.0	19.0
1	M	0	1	1	1	2	2	2	1	1	20.0	11.1	22.0
1	L	1	0								1.0	0.0	10.0
1	L	0	0								0.0	0.4	0.0

Km 0+240
Km 0+260





LEYENDA DE FALLA

	1. Hiel de cocodrilo		10. Grietas longitudinales y transversales		13. Huecos
	3. Agrietamiento en bloque		11. Parcheo		19. Desprendimiento de agregados
	7. Grieta en borde		12. Pulimento de agregados		

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-19 (plataforma derecha)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 653 (2003)										
SECCIÓN		PROGRESIVA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO					
Km 0+300 - Km 0+300		Km 00+300			19					
CALLE		PROGRESIVA FINAL			ÁREA DE MUESTREO					
MARGEN DERECHA		Km 00+300			200 m ²					
INSPECCIONADO POR					FECHA					
					28 marzo 2022					
DEFINICIÓN DE FALLAS										
1. Piel de cocodrilo			7. Grietas de borde			13. Huecos				
2. Exfoliación			8. Grietas de grietas de juntas			14. Cruce de vía férrea				
3. Agrietamiento en bloque			9. Localización de baches			15. Desplazamiento				
4. Abundancia y distribución			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento				
5. Carapacho			11. Porcheo			17. Grietas paralelas (diagonales)				
6. Despiece			12. Pulverización de agregados			18. Involuntario				
						19. Desprendimiento de agregados				
DANO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	CENS D+D	UNID LEVANTADO
1	M	07	00					07	00	07
13	H	00						00	00	00
7	H	00	00					00	00	00
7	L	00						00	00	00

Km 0+360
Km 0+380



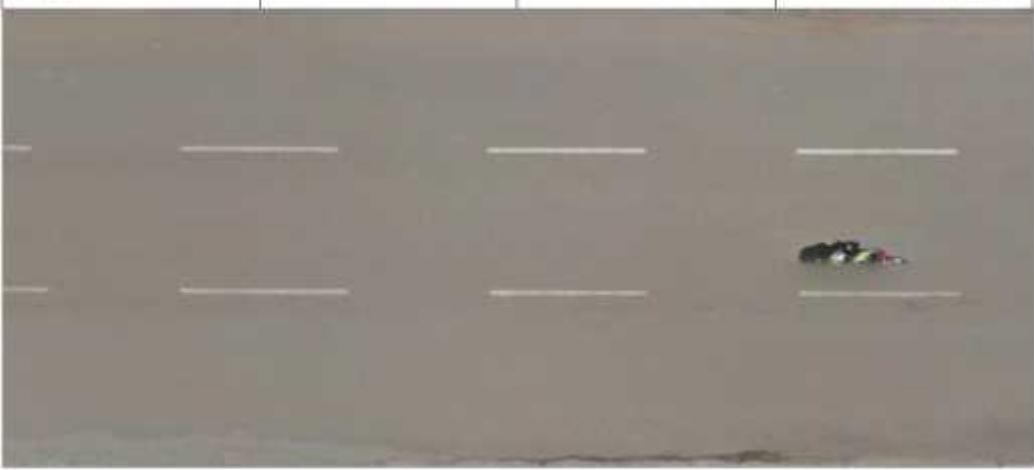


LEYENDA DE FALLA		
	1. Piel de cocodrilo	
	3. Agrietamiento en bloque	
	7. Grieta en borde	
	10. Grietas longitudinales y transversales	
	11. Porcheo	
	12. Pulverización de agregados	
	13. Huecos	
	18. Desprendimiento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-22 (plataforma derecha)

Método Estándar de Evaluación del Índice de la Condición Superficial del Pavimento Carreteras con Superficie Asfáltica ASTM D 673 (2003)											
SECCION		PROGRESO INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO					
Km 0+000 - Km 0+200		Km 0+100				22					
CARRIL		PROGRESO FINAL				AREA DE MUESTREO					
Vehículo de la CA		Km 0+100				200 m ²					
INSPECCIONADO POR						FECHA					
						20 - 08/05 - 2002					
INDICE											
1. Talla de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos					
2. Exudación			8. Grietas de reflexión de juntas			14. Grupo de vórtices					
3. Agrietamiento en bloque			9. Desgaste de superficie			15. Abundancia					
4. Agrietamiento y fisuramiento			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Desplazamiento					
5. Loncheros			11. Parcheo			17. Área por debajo del pegaje					
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Resultado					
						19. Desprendimiento de agregados					
LINEA	SECCION	CANAL							TOTAL	UNIDAD	VALOR (1-100)
10	L	5.3							5.3	2.7	1.0
7	H	7.8							7.8	1.0	14.5
7	L	5.9							5.9	2.5	8.0
7	H	5.8							5.8	2.0	8.0

Km 0+420
Km 0+440



LEYENDA DE FALLA

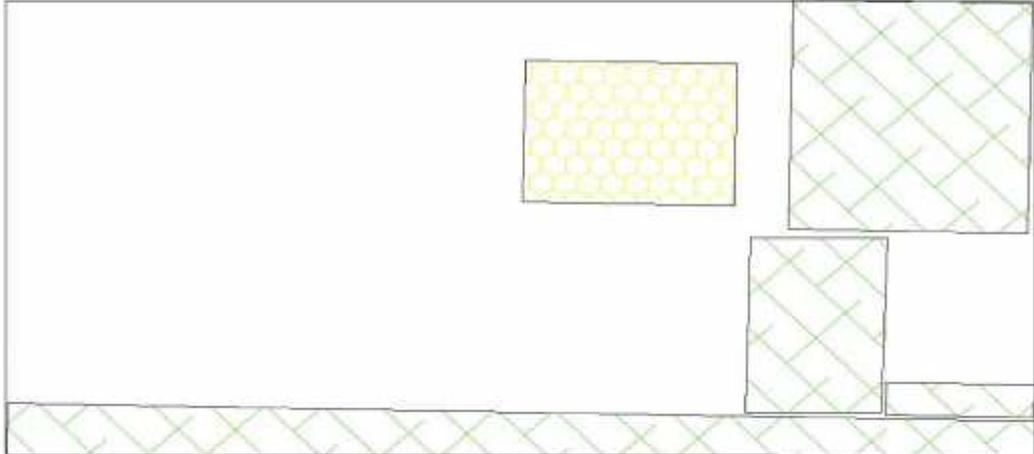
<p> 1. Piel de cocodrilo</p> <p> 3. Agrietamiento en bloque</p> <p> 7. Grieta en borde</p>	<p> 10. Grietas longitudinales y transversales</p> <p> 11. Parcheo</p> <p> 12. Pulimento de agregados</p>	<p> 13. Huecos</p> <p> 19. Desprendimiento de agregados</p>
--	--	---

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-25 (plataforma derecha)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 6433 (2003)										
REGION		PROGRAMA INFRA				UNIDAD DE MUESTREO				
Km 0+300 - Km 0+400		Km 0+400				25				
CANTON		PROGRAMA INFRA				ÁREA DE MUESTREO				
BARROFUTRECHA		Km 0+300				200 m ²				
RESPALDAMIENTO POR						PCL-4				
						20 - mayo - 2022				
FALLAS										
1. Piel de cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos				
2. Errores			8. Grietas de radiación de juntas			14. Crudo de vía torca				
3. Agrietamiento en bloque			9. Desnivel en f. lateral			15. Aballamiento				
4. Avulsiones y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Jaqueamiento				
5. Corrosión			11. Parcheo			17. Grietas paralelas (filosopfi)				
6. Depresión			12. Pulimento de agregados			18. Fisuramiento				
						19. Desprendimiento de agregados				
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	SEVERIDAD	VALOR DE PUNTAJE
1	H	128						128	5*	640
11	H	21	12.1	181	26.6			218	21.4*	4638

Km 0+480
Km 0+500





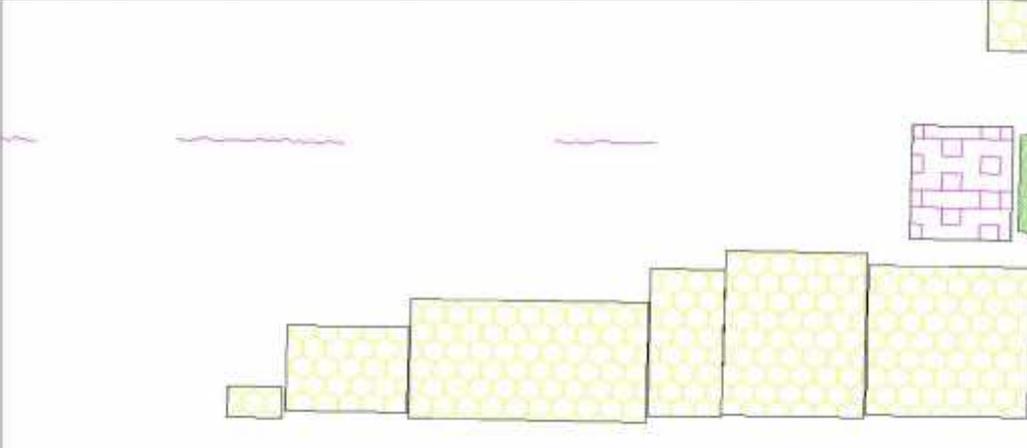
LEYENDA DE FALLA		
	1. Piel de cocodrilo	
	3. Agrietamiento en bloque	
	7. Grieta en borde	
	10. Grietas longitudinales y transversales	
	11. Parcheo	
	12. Pulimento de agregados	
	13. Huecos	
	19. Desprendimiento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-28 (plataforma derecha)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIE DEL PAVIMENTO														
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA														
ASTM D 610 (2003)														
SECCION			PUNTO DE STA INICIA				UNIDAD DE MUESTREO							
Km 0+500 - Km 0+550			Km 0+545				28							
CARRIL			PROGRESO FINAL				AREA DE MUESTREO							
MANDEBUCALONA			Km 0+500				300 m ²							
INSPECCIONADO POR							FECHA							
							21 - febrero - 2017							
TABLA														
1. Falla cocodrilo			7. Grieta de borde			13. Huecos								
2. Lavadura			8. Grieta de reflexión de juntas			14. Juntas de vía férrea								
3. Agrietamiento en bloques			9. Desmoronamiento			15. Agrietamiento								
4. Adornamiento y hundimiento			10. Grietas longitudinales y laterales			16. Desmoronamiento								
5. Desagote			11. Parches			17. Base o subbase (A-E) exp.								
			12. Pulimento de agregados			18. Hinchamiento								
						19. Desprendimiento de agregados								
TARJAS	OPORTUNIDAD	CANTIDAD										TOTA	OPORTUNIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	M	0.1	0.9	1.1	4.0	5.9	10.2	12.6				12.8	21.1	56.9
12	L	2.0	2.4									4.4	2.7	7.8
13	F	0.5										0.5	0.2	1.5
19	F	4.5										4.5	2.4	1.8

Km 0+540
Km 0+560





LEYENDA DE FALLA

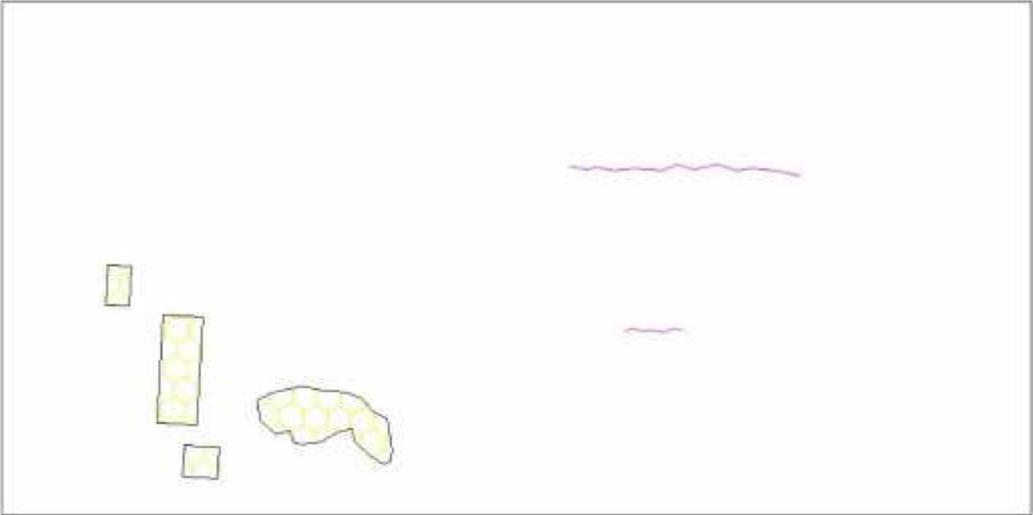
<ul style="list-style-type: none"> 1. Piel de cocodrilo 3. Agrietamiento en bloques 7. Grieta en borde 	<ul style="list-style-type: none"> 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulimento de agregados 	<ul style="list-style-type: none"> 13. Huecos 18. Desprendimiento de agregados
---	--	--

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-01 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 6453 (2005)		
SECCIÓN	PROYECCIÓN INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO
km 0+000 - km 0+050	km 0+000	VI
CARRI	PROYECCIÓN FINAL	ÁREA DE MUESTREO
PARCELA 12/17/2024	km 0+020	200 m ²
INSPECCIONADO POR		FECHA
		20 - mayo - 2022
DAÑOS		
1. Falta de visibilidad	7. Grietas en borde	13. Huecos
2. Frotado	8. Grietas alveolares/legradas	14. Orzas de alta base
3. Agrietamiento en bloque	9. Localidad con forma	15. Macadamizado
4. Abundancia y hundimiento	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento
5. Compuerta	11. Parches	17. Área pavimenta (All in one)
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Lechamiento
		19. Desprendimiento de agregados

Km 0+000
Km 0+020





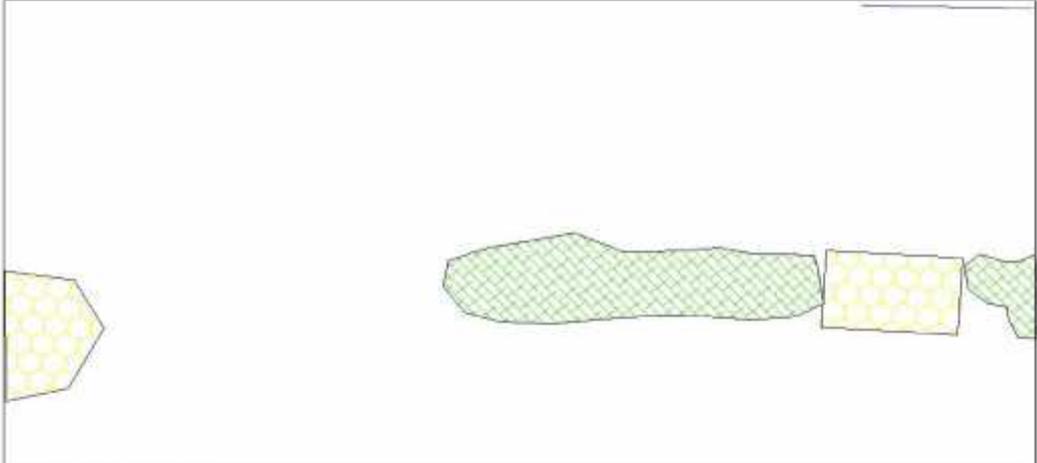
LEYENDA DE FALLA		
1. Píel de cocodrilo	10. Grietas longitudinales y transversales	13. Huecos
3. Agrietamiento en bloque	11. Parcheo	18. Desprendimiento de agregados
7. Grieta en borde	12. Pulimento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-04 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIE DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 6433 (2003)										
SECCIÓN		PROGRESO INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO					
UM 0-000 - UM 0-800		Km 00-000			04					
CARRIL		PROGRESO FINAL			ÁREA DE MUESTREO					
LÍNEA DE BARRERA		Km 00-000			200 m ²					
INSPECCIONADO POR					FECHA					
					28 de mayo de 2017					
DAÑOS										
1. Del de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos								
2. Fisuración	8. Grietas de aberturas de juntas	14. Oruga de alta densidad								
3. Agrietamiento en bloque	9. Desmoronamiento de juntas	15. Abundancia								
4. Agrietamiento y fisuras débiles	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desmoronamiento								
5. Corrosión	11. Parcheo	17. Grietas parabólicas (hipocor)								
6. Despedregado	12. Pulverización de agregados	18. Hinchamiento								
		19. Desprendimiento de agregados								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	PORCENTAJE	VALOR LLUVIADO
I	M	1.0	1.7					8.4	4.2	24.6
II	M	1.5	10.7					12.3	6.2	24.6
7	II	1.0						1.0	1.7	9.0

Km 0+060
Km 0+080





LEYENDA DE FALLA

<p> 1. Piel de cocodrilo</p> <p> 3. Agrietamiento en bloque</p> <p> 7. Grieta en borde</p>	<p> 10. Grietas longitudinales y transversales</p> <p> 11. Parcheo</p> <p> 12. Pulverización de agregados</p>	<p> 13. Huecos</p> <p> 19. Desprendimiento de agregados</p>
--	---	---

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-07 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO												
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASPHALTICA												
ASTM D 843 (2007)												
SECCIÓN		PROGRAMA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO						
KM 0+000 - KM 0+800		km 00-120				07						
CARRI		PRO 0501-0306-F-002				44-4.10-001-01-01-1						
MARCONESCU C/DA		km 00-140				200 m ²						
INSPECCIONADO POR						FECHA						
						28 - Mayo - 2022						
DAÑO												
1. Hiel de cocodrilo			7. Grietas de borde			13. Huecos						
2. Exfoliación			8. Grietas de reflexión de juntas			14. Cruce de vía férrea						
4. Agrietamiento en bloque			9. Desajuste de juntas			15. Abundamiento						
5. Anillamientos y hundimientos			10. Grietas longitudinales y transversales			16. Despareamiento						
6. Lobergación			11. Parcheo			17. Grietas parabólicas (pavaje)						
8. Lobergación			12. Pulverización de agregados			18. Huelcamiento						
						19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD	VLOR DE DUC/CO	
12	L	1.0	0.0	1.0	2.2	3.0	4.0		12.4	0.2	7.0	

Km 0+120
Km 0+140

LEYENDA DE FALLA

<ul style="list-style-type: none"> 1. Hiel de cocodrilo 3. Agrietamiento en bloque 7. Grieta en borde 	<ul style="list-style-type: none"> 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo 12. Pulverización de agregados 	<ul style="list-style-type: none"> 13. Huecos 19. Desprendimiento de agregados
--	--	---

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-10 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO										
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
ASTM D 643 (2002)										
SECCIÓN		PROGRESO INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO					
Km 0+000 - Km 0+000		Km 00-180			10					
CARRIL		PROGRESO FINAL			ÁREA DE MUESTREO					
MARGENESOL. ERDA		Km 00-200			200 m ²					
INSPECCIONADO POR					FECHA					
					28 - mayo - 2002					
FALLAS										
1. Faltas de rodadura	7. Grietas en borde	13. Huecos								
2. Exfoliación	8. Grietas de reflexión de juntas	14. Cruce de vía fensa								
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril / borde	15. Ahuecamiento								
4. Ausencia de nivel y transversales	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento								
5. Losa rota	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (pigeo)								
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hincalamiento								
		19. Desprendimiento de agregados								
DIV.	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR POND. DO	
10	L	10					10	1.0	0.4	

Km 0+180
Km 0+200



LEYENDA DE FALLA

 1. Faltas de rodadura	 10. Grietas longitudinales y transversales	 13. Huecos
 3. Agrietamiento en bloque	 11. Parcheo	 19. Desprendimiento de agregados
 7. Grieta en borde	 12. Pulimento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-13 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 6433 (2003)																											
SECCION		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO																							
+Km 0+000 - Km 0+200		Km 00+240		13																							
CARRIL		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTREO																							
MARGENIZADA ERDA		Km 00+200		200 m ²																							
INSPECCIONADO POR				FECHA																							
				29 - mayo - 2002																							
DU/426																											
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">1. Piel de cocodrilo</td> <td style="width: 33%;">7. Grieta de borde</td> <td style="width: 33%;">13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>2. Fisuración</td> <td>8. Piel de adobe (de juntas)</td> <td>14. Curvas de vía flexa</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>9. Jorنال con / boma</td> <td>15. Abultamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamiento y hundimiento</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>5. Desajuste</td> <td>11. Parches</td> <td>17. Grietas alólicas (slippage)</td> </tr> <tr> <td>6. Jorنال</td> <td>12. Pulimento de agregados</td> <td>18. Finomental</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>19. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>							1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos	2. Fisuración	8. Piel de adobe (de juntas)	14. Curvas de vía flexa	3. Agrietamiento en bloque	9. Jorنال con / boma	15. Abultamiento	4. Abultamiento y hundimiento	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento	5. Desajuste	11. Parches	17. Grietas alólicas (slippage)	6. Jorنال	12. Pulimento de agregados	18. Finomental			19. Desprendimiento de agregados
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos																									
2. Fisuración	8. Piel de adobe (de juntas)	14. Curvas de vía flexa																									
3. Agrietamiento en bloque	9. Jorنال con / boma	15. Abultamiento																									
4. Abultamiento y hundimiento	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento																									
5. Desajuste	11. Parches	17. Grietas alólicas (slippage)																									
6. Jorنال	12. Pulimento de agregados	18. Finomental																									
		19. Desprendimiento de agregados																									
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD			TOTL	SEVERIDAD	ÍNDICE DE CALIDAD																				
M	M	100			100	0.0	23.0																				
L	L	5.1			5.1	2.0	2.0																				

Km 0+240
Km 0+260





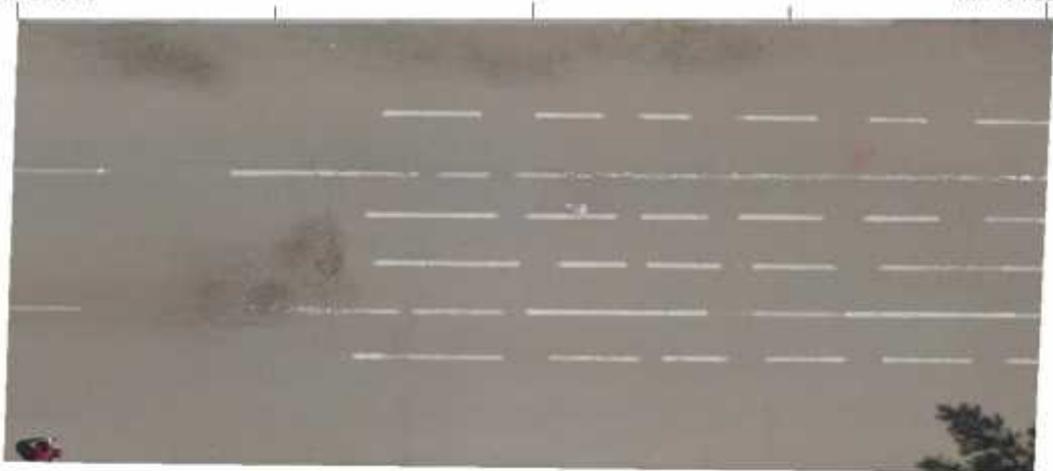
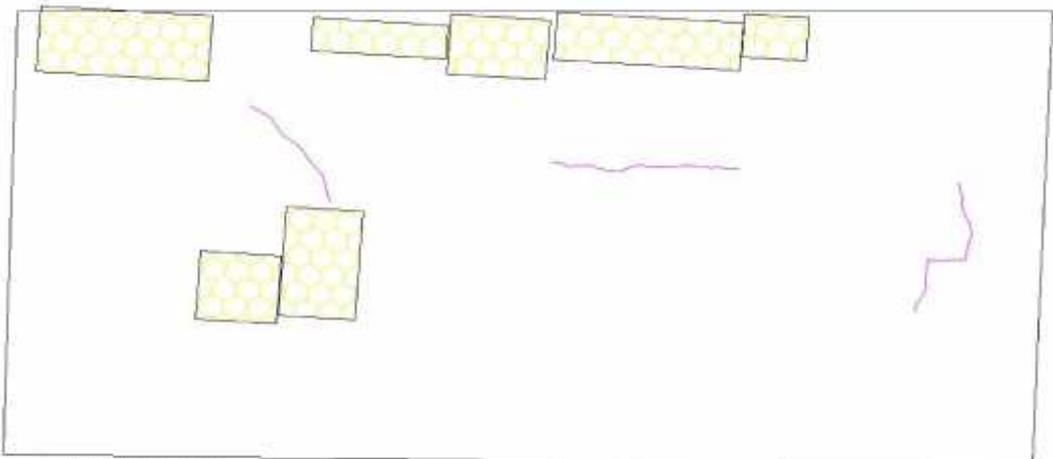
LEYENDA DE FALLA

<p> 1. Piel de cocodrilo</p> <p> 3. Agrietamiento en bloque</p> <p> 7. Grieta en borde</p>	<p> 10. Grietas longitudinales y transversales</p> <p> 11. Parcheo</p> <p> 12. Pulimento de agregados</p>	<p> 13. Huecos</p> <p> 19. Desprendimiento de agregados</p>
--	---	---

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-16 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASÍMÉTRICO (M/E)											
SECCION		PREGUNTA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO					
Km 0+000 - Km 0+200		Km 00+000				19					
UNIDAD		PREGUNTA FINAL				ÁREA DE MUESTREO					
Módulo de Juntura		Km 00+200				200 m ²					
INDEPENDIENTE POR						Fecha					
						28 - mayo - 2022					
DAÑOS											
1. Pelisadeo				7. Grieta de borde				13. Huecos			
2. Carácter				8. Grieta de tráfico de juntas				14. Uso de vía forta			
3. Agrietamiento en bloque				9. Desmoronamiento				15. Anudamiento			
4. Abollamiento y hundimiento				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desplazamiento			
5. Corrugación				11. Parcheo				17. Grietas parabólicas (alapega)			
6. Depresión				12. Pulimento de agregados				18. Hinchamiento			
								19. Desprendimiento de agregados			
CAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD							TOTAL	SEVERIDAD	VALOR PUNTO
I	II	0.8							0.8	1.0	30.0
I	M	1.2	1.9	2.4	3.7	3.8	4.3		10.7	8.4	40.0
IV	L	2.7	3.4	4.8					10.2	6.1	5.0

Km 0+300
Km 0+320

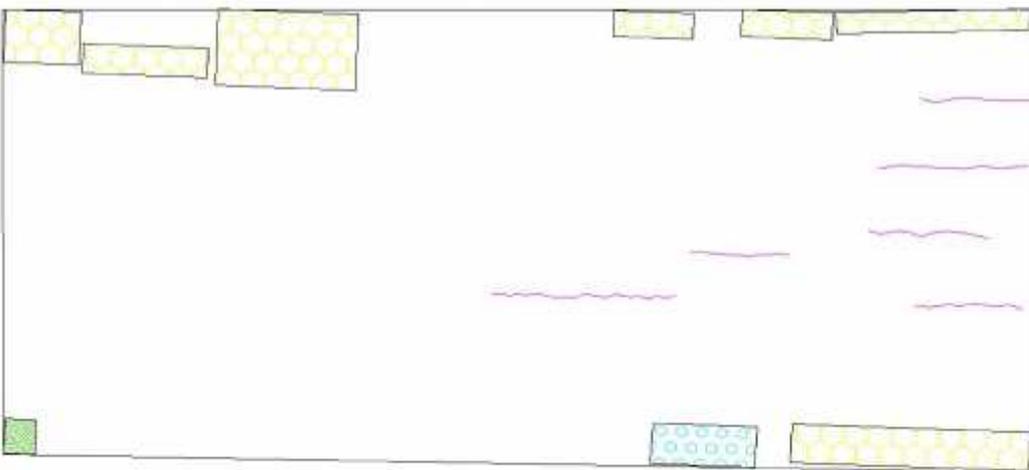



LEYENDA DE FALLA		
	1. Pelisadeo	
	3. Agrietamiento en bloque	
	7. Grieta en borde	
	10. Grietas longitudinales y transversales	
	11. Parcheo	
	12. Pulimento de agregados	
	13. Huecos	
	19. Desprendimiento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-19 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIE DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 6732 (2003)													
SECCION			PROYECTO SIN NOMBRE				UNIDAD DE MUESTRO						
UM 0100 - KM 032			Km 01000				02						
CARRIL			PROYECTO FINAL				AREA DE MUESTRO						
MANUALIDAD LILA			Km 01000				300 m ²						
INSPECCIONADO POR							FEC-48						
							01 - marzo - 2002						
FALTA													
1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	8. Grieta de abertura de juntas	9. Desnivel en el carril	10. Grietas longitudinales y transversales	11. Parches	12. Pulverizado de agregados	13. Huecos	14. Oruga de vía férrea	15. Abundancia	16. Desfasamiento	17. Oruga perforada (Arroyo)	18. Huelo de agua	19. Desprendimiento de agregados
FAI	SEVERIDAD	PUNTAJE								FAI	SEVERIDAD	VALOR PUNTAJE	
1	H	0.5	1.0	1.5	1.7	1.8	1.9	4.0			15.2	7.5	40.0
10	L	1.8	2.1	2.2	2.1	2.8	3.7				15.2	7.5	3.0
11	L	0.1									0.1	0.2	
12	L	0.8									0.8	1.9	64.0

Km 0+360
Km 0+380

LEYENDA DE FALLA

<p> 1. Piel de cocodrilo</p> <p> 3. Agrietamiento en bloque</p> <p> 7. Grieta en borde</p>	<p> 10. Grietas longitudinales y transversales</p> <p> 11. Parches</p> <p> 12. Pulverizado de agregados</p>	<p> 13. Huecos</p> <p> 19. Desprendimiento de agregados</p>
--	---	---

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-22 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASÍMETRICO (AAS)											
SECCIÓN		PROGRESO INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO							
KM 0+000 - KM 0+500		km 00+435		22							
CARRIL		TIPO DE SUPERFICIE		ÁREA DE MUESTREO							
VIA RÁPIDA 2 VÍAS		ASfalto		100 m ²							
INSPECCIONADO POR		FECHA									
		29 marzo 2022									
LÍNEAS											
1. Piel de cocodrilo				7. Grietas longitudinales				10. Huecos			
2. Excesión				8. Grietas de reflexión de juntas				11. Cracks de vía férrea			
3. Agrietamiento en bloque				9. Uchura de costura / botas				12. Pulverización de agregados			
4. Agrietamiento y hundimiento				10. Chorro longitudinal y transversales				13. Ruidos			
5. Carapachos				11. Parcheo				14. Desplazamiento			
6. Despeque				12. Pulverización de agregados				15. Grietas paralelas (diagonales)			
				13. Pulverización de agregados				16. Inclinación			
								17. Desplazamiento de agregados			
DANO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	CENSADO	ÍNDICE DE CALIDAD	
1	M	14	0.6	0.7				17	0.5	70.5	
10	L	3.0	0.7	0.7	2.0	3.2	4.0	16.0	3.0	96	
11	L	3.2						6.2	0.1		
7	M	1.8						11	0.6	7.6	

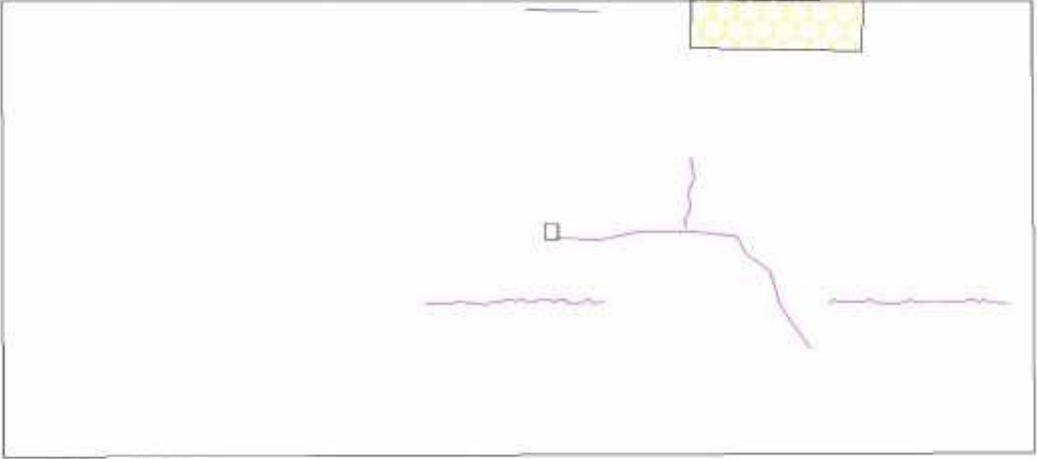
Km 0+420
Km 0+440

LEYENDA DE FALLA		
	1. Piel de cocodrilo	
	3. Agrietamiento en bloque	
	7. Grieta en borde	
	10. Grietas longitudinales y transversales	
	11. Parcheo	
	12. Pulverización de agregados	
	13. Huecos	
	19. Desprendimiento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-25 (plataforma izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 643 (2007)											
SECCION		PROGRESIVA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO					
KM 0+300 - KM 0+300		Km 0+480				25					
LÍNEA L		PROGRESIVA FINAL				UNIDAD DE MUESTREO					
MARGEN IZQUIERDA		Km 0+500				300 m ²					
INSTRUMENTO/USO						EQUÍ					
						25 - marzo - 2022					
DATOS											
1. Pel de cocodrilo				7. Grieta de borde				13. Huecos			
2. Laceración				8. Línea de reflexión de juntas				14. Uso de vis térmico			
3. Agrietamiento en bloque				9. Desnivel cost. / línea				15. Alisado/pega			
4. Abastamiento y hundimiento				10. Grietas longitudinales y transversales				16. Desdoblamiento			
5. Divergencia				11. Parches				17. Opera pesadilla (Altopo)			
6. Desnivel				12. Pulimento de agregados				18. Huelan negro			
								19. Desprendimiento de agregados			
DATA	UNIDAD	CANTIDAD						VAL	UNIDAD	VALOR (0-100%)	
1	M	5,7						9,7	1,5	27,0	
10	M	1,0	1,0	1,0	0,0			15,4	7,7	46,0	
11	L	0,1						0,1	0,1	0,3	
7	M	1,4						1,1	0,7	6,0	

Km 0+480
Km 0+500

LEYENDA DE FALLA

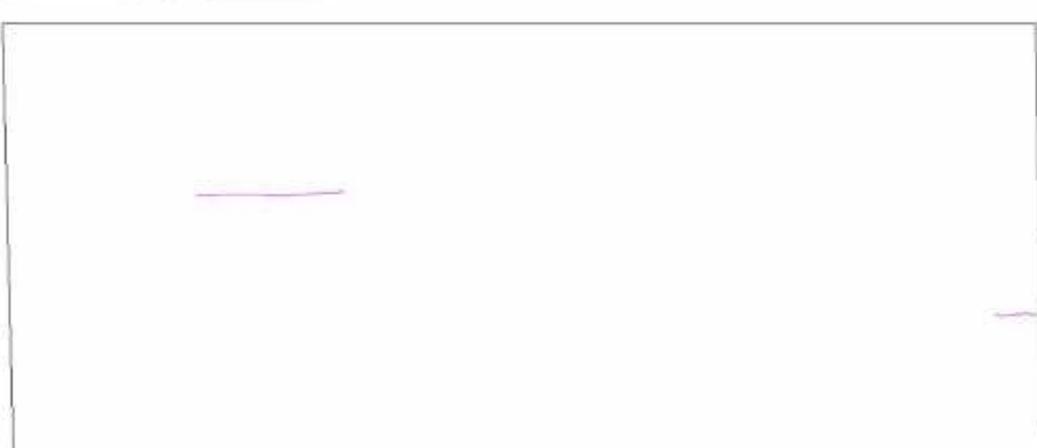
1. Pel de cocodrilo	10. Grietas longitudinales y transversales	13. Huecos
3. Agrietamiento en bloque	11. Parches	19. Desprendimiento de agregados
7. Grieta en borde	12. Pulimento de agregados	

INVENTARIO DE FALLAS unidad de muestreo UM-28 (margen izquierda)

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 643 (2003)								
SECCIÓN		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO				
KM 0+01 - KM 0+03		km 00+40		28				
CARRIL		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTREO				
MARGEN IZQUIERDA		km 00+80		200 m ²				
INSPECCIONADO POR				FECHA				
				28 - marzo - 2022				
DAÑOS								
1. Fiel de cocodrilo	7. Grietas de borde	13. Huecos						
2. Exfoliación	8. Grietas de reflexión de juntas	14. Cracks de vía férrea						
3. Agregamiento en bloque	9. Desnivelamiento / bermo	15. Abundamiento						
4. Abultamiento y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento						
5. Comagación	11. Parcheo	17. Grietas parabólicas (slopege)						
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Inclinamiento						
		19. Desprendimiento de agregados						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	SEVERIDAD	VALOR (0-100%)
10	L	0.9	2.8			3.8	1.8	

Km 0+540
Km 0+560





LEYENDA DE FALLA		
	1. Fiel de cocodrilo	
	3. Agregamiento en bloque	
	7. Grieta en borde	
	10. Grietas longitudinales y transversales	
	11. Parcheo	
	12. Pulimento de agregados	
		
		
		
		
		
		

ANEXO 07: COSTOS

RANDAL SOLUCIONES S.A.C. CAL. AMBROSIO BUCETICH 130 INT. 203 URB. PARQUE INDUSTRIAL AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20456235566 EB01-35				
Fecha de Vencimiento : 05/02/2022 Fecha de Emisión : 04/02/2022 Señor(es) : AMADOR SULLO CONDORI DNI : 46912029 Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	DRONE PARA TOPOGRAFIA MARCA: DJI MODELO: PHANTOM 4 PRO V2.0	6241.5254237	0.00	7,364.999999900	0.00
Otros Cargos :						S/ 0.00
Otros Tributos :						S/ 0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/ 7,365.00
SON: SIETE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y CINCO Y 00/100 SOLES						
(*) Sin impuestos. (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Gravada :	S/ 6,241.53			
		Op. Exonerada :	S/ 0.00			
		Op. Inafecta :	S/ 0.00			
		ISC :	S/ 0.00			
		IGV :	S/ 1,123.47			
		ICBPER :	S/ 0.00			
		Otros Cargos :	S/ 0.00			
		Otros Tributos :	S/ 0.00			
		Monto de Redondeo :	S/ 0.00			
		Importe Total :	S/ 7,365.00			
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.						

