



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo  
Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Olaya Álvarez, Felipe Nerit (ORCID: 0000-0002-9102-2568)

Ramos Aguirre, Robert Anderson (ORCID: 0000-0002-5421-7403)

**ASESOR:**

Mg. Medina Carbajal, Lucio (ORCID: 0000-0001-5207-4421)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA - PERÚ

2021

## DEDICATORIA

A Dios, mis padres y a mis hermanos, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrea. Que con su ejemplo, dedicación y palabra de aliento nunca najaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba. Los amo.

Robert Anderson Ramos Aguirre.

El primer lugar siempre ocupado por Dios y el segundo para mi familia, ese núcleo conformado por padres y hermanos, los mismos que fueron mi soporte y fuerza de superación en mi carrera. Aquellos que nunca dejaron que decaiga ante los problemas formaron mi carácter con cada enseñanza.

Felipe Nerit Olaya Álvarez.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque sin él nada de esto hubiera sido posible. A mis padres, Rosa Aguirre Mauricio y Héctor Ramos Seminario, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, su lucha interminable han hecho un gran ejemplo a seguir por mí y por mis hermanos y sin ello jamás hubiera podido conseguir los que, hasta ahora, gracias por todo su amor.

Robert Anderson Ramos Aguirre.

A Dios porque sin su guía no hubiera logrado cada meta propuesta. A mis padres Griselda Álvarez Mena y Julio Octavio Olaya Rodríguez, los mismos que tuvieron palabras, enseñanzas y el buen ejemplo que seguí y desde un principio lo que me motivó a darles alegrías y sentimientos de orgullo, ya que supieron con lo poco que tenían, darme la mejor crianza y amor. Mis hermanos a quienes les debo los consejos y cuidados que me dieron entre los peores momentos de mi vida. A todos ellos mil gracias.

Felipe Nerit Olaya Álvarez.

## Índice de contenidos

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO: .....	4
III. METODOLOGÍA .....	25
3.1. Tipo y Diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y operacionalización .....	25
3.3. Población, muestra y muestreo .....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.5. Procedimientos .....	26
3.6. Método de análisis de datos .....	26
3.7. Aspectos éticos .....	31
IV. RESULTADOS .....	32
V. DISCUSIÓN .....	58
VI. CONCLUSIONES .....	63
VII. RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS .....	65
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación del estado de conservación según el PCI .....	7
Tabla 2. Fallas consideradas en PCI: pavimentos flexibles .....	18
Tabla 3. Tamaño de sección recomendado .....	19
Tabla 4. Tamaño de sección recomendado .....	21
Tabla 5. Mantenimiento a aplicar según el resultado de PCI .....	23
Tabla 6. Intervención final según el PCI .....	24
Tabla 7. Resumen de Identificación de Fallas .....	44
Tabla 8. Resumen de Severidad de Fallas .....	47

## Índice de figuras

Figura 1. Piel de cocodrilo (Fuente: ingenieriareal.com).....	7
Figura 2. Exudación (Fuente: ingenieriareal.com) .....	8
Figura 3. Agrietamiento en bloque (Fuente: ingenieriareal.com) .....	9
Figura 4. Abultamientos y hundimientos (Fuente: ingenieriareal.com) .....	9
Figura 5. Corrugación (Fuente: ingenieriareal.com) .....	10
Figura 6. Depresión (Fuente: ingenieriareal.com) .....	10
Figura 7. Fisuras de borde (Fuente: ingenieriareal.com) .....	11
Figura 8. Fisuras de reflexión de junta (Fuente: ingenieriareal.com) .....	12
Figura 9. Desnivel Carril berma (Fuente: ingenieriareal.com).....	12
Figura 10. Grietas longitudinales y transversales (Fuente: ingenieriareal.com) ....	13
Figura 11. Parcheo (Fuente: ingenieriareal.com) .....	13
Figura 12. Pulimento de agregados (Fuente: ingenieriareal.com) .....	14
Figura 13. Huecos (Fuente: ingenieriareal.com).....	14
Figura 14. Cruce de vía férrea (Fuente: Guerrero 2018) .....	15
Figura 15. Ahuellamiento (Fuente: ingenieriareal.com) .....	15
Figura 16. Desplazamientos (Fuente: ingenieriareal.com) .....	16
Figura 17. Grieta parabólica (slippage) (Fuente: ingenieriareal.com) .....	16
Figura 18. Hinchamiento (Fuente: ingenieriareal.com) .....	17
Figura 19. Desprendimiento de agregados (Fuente: ingenieriareal.com) .....	17
Figura 20. Fórmula para determinar el tamaño de la muestra (Fuente: Método PCI) .....	19
Figura 21. Fórmula intervalo de muestreo (Fuente: Método PCI) .....	20
Figura 22. Ecuación PCI (Fuente: Método PCI) .....	20
Figura 23. Ingreso de fotos al Software Agisoft PhotoScan Professional. ....	27
Figura 24. Orientación de fotos al Software Agisoft PhotoScan Professional. ....	27

Figura 25. Coordenadas WGS84 - Software Agisoft PhotoScan Professional.....	28
Figura 26. Creado de malla 3D - Software Agisoft PhotoScan Professional.....	28
Figura 27. Modelo digital de Elevaciones - Software Agisoft PhotoScan Professional.....	29
Figura 28. Modelo digital de Elevaciones Software Agisoft PhotoScan Professional.....	29
Figura 29. Calibración de la cámara - Software Agisoft PhotoScan Professional.	30
Figura 30. Generación del Ortomosáico - Software Agisoft PhotoScan Professional.....	30
Figura 31. Pantalla de Inicio - Software EvalPal Carreteras. ....	31
Figura 32. Sección 0+000 - 0+060, Huecos .....	32
Figura 33. Sección 0+000 - 0+060, Huecos .....	32
Figura 34. Sección 0+000 - 0+060, Parcheo. ....	33
Figura 35. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento .....	33
Figura 36. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento.....	34
Figura 37. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento.....	34
Figura 38. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento.....	35
Figura 39. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento.....	35
Figura 40. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento.....	36
Figura 41. Sección 0+000 - 0+060, Pulimiento de agregados. ....	36
Figura 42. Sección 0+060 - 0+120, Ahuellamiento.....	37
Figura 43. Sección 0+060 - 0+120, Ahuellamiento.....	37
Figura 44. Sección 0+060 - 0+120, Ahuellamiento.....	38
Figura 45. Sección 0+060 - 0+120, Pulimiento de agregados. ....	38
Figura 46. Sección 0+120 - 0+180, Pulimiento de agregados. ....	39
Figura 47. Sección 0+180 - 0+240, Grietas de Borde.....	39

Figura 48. Sección 0+180 - 0+240, Pulimiento de agregados. ....	40
Figura 49. Sección 0+240 - 0+300, Huecos. ....	40
Figura 50. Sección 0+240 - 0+300, Pulimiento de agregados. ....	41
Figura 51. Sección 0+300 - 0+360, Huecos. ....	41
Figura 52. Sección 0+300 - 0+360, Pulimiento de agregados. ....	42
Figura 53. Sección 0+360 - 0+420, Pulimiento de agregados. ....	42
Figura 54. Sección 0+420 - 0+480, Parcheo. ....	42
Figura 55. Sección 0+420 - 0+480, Pulimiento de agregados. ....	43
Figura 56. Sección 0+480 - 0+540, Hueco. ....	43
Figura 57. Sección 0+480 - 0+540, Pulimiento de agregados. ....	44
Figura 58. Sección 0+540 - 0+600, Pulimiento de agregados. ....	44
Figura 59. Sección 1 (Carril Derecho) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	49
Figura 60. Sección 1 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	50
Figura 61. Sección 2 (Carril Derecho) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	51
Figura 62. Sección 2 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	52
Figura 63. Sección 4 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	53
Figura 64. Sección 5 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	54
Figura 65. Sección 6 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	55
Figura 66. Sección 8 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	56
Figura 67. Sección 9 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav. ....	57

## **RESUMEN**

La presente tesis tuvo como objetivo determinar la influencia del uso de la Tecnología VANT en la Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana. La investigación fue de tipo Aplicada, Experimental. La población consistió en los 600 m de longitud de vía “Paseo Turicarami” de Sullana, y se trabajó una muestra censal. La técnica empleada fue la observación y como instrumento se empleó un dron DJI Mavic 2 Pro. El procesamiento de información se realizó con el programa Agisoft PhotoScan Professional, y para determinar la condición del pavimento (PCI) se empleó el software EvalPav del MTC. Se concluyó que la Tecnología VANT influye de manera positiva ya que permitió identificar las fallas, identificar el nivel de severidad de los daños encontrados (excepto Pulimiento de agregados) y permitió determinar el estado de conservación del Pavimento Flexible los cuales fueron: para la sección 1 un PCI de 20.5 (Muy pobre); la sección 2 un PCI de 80.5 (Muy bueno); la sección 4 un PCI de 85 (Excelente), la sección 5 un PCI de 88 (Excelente), la sección 6 un PCI de 37 (Pobre), la sección 8 un PCI de 89 (Excelente) y la sección 9 un PCI de 50 (Regular).

**PALABRAS CLAVE:** Vehículo Aéreo No Tripulado, Pavimentos, Método PCI.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to determine the influence of the use of UAV Technology in the Superficial Evaluation of the Flexible Pavement of Paseo Turicarami, Sullana. The research was Applied, Experimental. The population consisted of the 600 m length of the Sullana "Paseo Turicarami" road, and a census sample was used. The technique used was observation and a DJI Mavic 2 Pro drone was used as an instrument. Information processing was performed with the Agisoft PhotoScan Professional program, and the MTC software "EvalPav" was used to determine the condition of the pavement (PCI). It was concluded that UAV Technology has a positive influence since it allowed to identify the failures, identify the level of severity of the damages found (except polished aggregate) and allowed to determine the state of conservation of the Flexible Pavement which were: for section 1 a PCI of 20.5 (Very poor); section 2 a PCI of 80.5 (Very good); section 4 a PCI of 85 (Excellent), section 5 a PCI of 88 (Excellent), section 6 a PCI of 37 (Poor), section 8 a PCI of 89 (Excellent) and section 9 a PCI of 50 (Regular).

**KEY WORDS:** Unmanned Aerial Vehicle, Pavements, PCI Method.

## I. INTRODUCCIÓN

Construir, rehabilitar, mejorar o realizar mantenimiento a las vías de comunicación terrestres como lo son las carreteras, es sinónimo de desarrollo y progreso. Y es que la interconexión vial de regiones dinamiza el comercio, el transporte de productos, y aumenta el bienestar y calidad de vida de la población (Nuñez, 2014). Sin embargo, existe una gran preocupación con respecto al descuido de estas en diferentes partes del mundo. Algunos reportes indican que, en Europa y precisamente en España, las vías se encuentran en pésimo estado pese a que este país tiene la tercera red vial más grande del mundo, y de no tomarse acciones inmediatas se tendría que reconstruir la mayor parte de esta; significando millonarias pérdidas económicas al país (García, 2017). Por otra parte, de ser reconstruidas, se disminuiría significativamente la emisión de CO<sub>2</sub> lo que significaría un gran impacto positivo al medio ambiente (Gutierrez, 2020).

En Latinoamérica, Guatemala tiene más del 80% de su red vial deteriorada (Productor Agropecuario, 2017), mientras que México y Chile tienen las vías con mejor estado de conservación del continente. Sin embargo, Costa Rica es el país con la mayoría de sus carreteras en pésimo estado. Se estima que el 20% de caminos asfaltados en América Latina y el Caribe están en malas condiciones (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

En Perú, se reporta que el 80% de las carreteras, sobre todo de las regiones del norte que fueron azotadas por el niño costero, se encuentran en pésimo estado y requieren intervención urgente (Aldazabal, 2019), ya que estas representan peligro de accidentes, poniendo en riesgo la seguridad y vida de transeúntes y transportistas. Existe un gran descuido de mantenimiento rutinario en las vías de este país, mismo que es sumamente necesario para garantizar la seguridad de sus usuarios y así mismo su durabilidad que debe cumplir el periodo de diseño para las cuales fueron proyectados.

El denominado Paseo Turicarami de Sullana es una ruta de suma importancia ya que es el acceso al puente Isaías Garrido que conecta al distrito de Sullana con el distrito de Marcavelica. Sin embargo, presenta diferentes tipos de

comportamientos irregulares del pavimento flexible a lo largo de todo su trayecto, en la cual se observan a lo largo de la vía que muestran deterioro por desgaste. Esto se debe a la falta de evaluación y mantenimiento que se supone, debería ser rutinario. Para evaluar los pavimentos y decidir qué acciones tomar, se utiliza comúnmente el método del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) el cual está calificado por la norma ASTM D6433 como un método de evaluación superficial muy efectivo.

Con la implementación de las nuevas tecnologías en la ingeniería civil, varias investigaciones han empezado a realizar este método incorporando en el procedimiento el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados o comúnmente llamados drones; con la finalidad de reducir carga de trabajo, tiempos y costos a comparación del método tradicional. Por eso, esta investigación plantea como problema general: ¿Cuál es la Evaluación Superficial mediante el uso de VANT del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana? Y como problemas específicos ¿Cuáles son los daños identificados mediante el uso de VANT del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana?, ¿Cuál es el nivel de severidad de daños identificados mediante el uso de VANT del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana? y ¿Cuál es el estado de conservación determinado mediante el uso de VANT del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana?

Como objetivo general se plantea realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el uso de VANT del Paseo Turicarami, Sullana y como objetivos específicos se plantea identificar los daños del Pavimento Flexible mediante el uso de VANT del Paseo Turicarami, Sullana, identificar el nivel de severidad de daños del Pavimento Flexible mediante el uso de VANT del Paseo Turicarami, Sullana y determinar el estado de conservación del Pavimento Flexible mediante el uso de VANT del Paseo Turicarami de Sullana.

Este estudio es importante porque permitió conocer el estado y condición de pavimento flexible del Paseo Turicarami de la ciudad de Sullana; incorporando en la metodología de evaluación el uso de Vehículo Aéreo No Tripulado, lo que

le da justificación práctica y metodológica, ya que al ser una tecnología que se ha empezado a implementar en los últimos años, los métodos y procedimientos utilizados en este estudio, podrán ser generalizados para ser utilizados por estudiantes, docentes, profesionales e investigadores que quieran tratar temas similares. La información estará al alcance de las autoridades pertinentes quienes pueden tomar las acciones necesarias para mejorar las condiciones de la vía, beneficiando principalmente a los usuarios de la misma, dándole una importancia social.

## II. MARCO TEORICO:

Se han realizado diferentes investigaciones sobre el uso del drone en la evaluación de pavimentos. En el ámbito internacional se tiene:

Cárdenas, D.; Holguín, O.; Zabala, S. (2019) en su tesis “Auscultación usual realizada mediante el drone DJI Phantom 4 Pro, con implementación de metodologías VIZIR y PCI para Pavimentos flexibles en la carrera 69b sur entre la avenida Primera de Mayo y Calle 9 a sur - barrio Villa Claudia - ciudad Bogotá” realizada en la Universidad Piloto de Colombia, tuvieron como objetivo realizar la evaluación de la superficie del pavimento utilizando ambas metodologías mencionadas pero implementando el uso del drone, concluyendo que para ambos métodos se obtuvo una condición superficial del pavimento considerada como regular. Destacan la ventaja de incorporar el drone en la recopilación de datos dado que facilita todo el procedimiento, y automatiza a los métodos empleados.

Cardoso et al (2017) en su investigación “Uso de vehículo aéreo no tripulado (VANT) en la identificación de falla superficial en pavimento asfáltico” realizada en Brasil, tuvieron como propósito definir un nuevo método que permita identificar las fallas presentes en la superficie del pavimento de la vía TO-050 en Palmas – Tocantins, para lo cual utilizaron un Vehículo Aéreo No Tripulado con los respectivos softwares de procesamiento llegando a la siguiente conclusión: El VANT es una herramienta muy útil para poder identificar las fallas presentes en la superficie de una vía; y el método utilizado en su investigación es muy prometedor ya que acelera la presentación de resultados, permite tener un registro al cual se puede acceder desde el computador en cualquier momento sin tener que ir a campo, lo que también ayuda a tener un metrado que puede ser empleado para servicios de recuperación y/o mantenimiento. Sin embargo, precisaron que se hallaron dificultades como imprecisiones geométricas producto de la inestabilidad de vuelo, lo que hizo que algunas imágenes no sean muy nítidas reduciendo su calidad.

Grandsaert, P. (2015) en su tesis “Integrando la detección de grietas y análisis con aéreo autónomo no controlado imagen del vehículo” realizada en el Instituto Tecnológico de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, exploró un método innovador, mucho más automatizado que consiste en la evaluación de las vías de transporte utilizando Vehículos Aéreos No Tripulados llegando a la siguiente

conclusión: el método no sustituye a los ya existentes, pero sí hace el trabajo mucho más rápido y de una forma más económica en donde se hace un menor requerimiento de interacción humana. El Vehículo Aéreo No tripulado permite identificar las fallas sobre el pavimento que requieren de intervención urgente y que, acoplado con el método del Índice de Condición de Pavimento, automatiza en gran medida los procesos para obtener la condición superficial. Sin embargo, mencionó que realizar el análisis visual desde el computador supone un problema ya que algunas fallas no fueron detectadas con precisión.

Con respecto al ámbito nacional:

Cruz, J., Gutierrez, J. (2018) en su estudio “Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT)” realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería, tuvieron como objetivo calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en vías urbanas, empleando las imágenes obtenidas con Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), llegando a la conclusión que: la evaluación superficial de pavimentos empleando drone optimizará los recursos de los gobiernos municipales para tareas de inspección, diagnóstico y mantenimiento. También determinaron ventajas como un levantamiento agilizado, no se interrumpió el tránsito de vehículos ni se puso en riesgo la vida de los inspectores a comparación del método tradicional, además ayuda a elaborar planos que acompaña a los metrados para priorizar el mantenimiento de las zonas en mal estado.

En el ámbito local se realizaron las siguientes investigaciones:

Fiestas, C., Merino, F. (2020) en su tesis “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones” realizada en la Universidad de Piura, tuvieron como propósito determinar el estado del pavimento flexible en la mencionada avenida, usando el Método PCI pero integrando vehículos aéreos no tripulados para agilizar los procesos de inspección, concluyendo que se obtuvo una reducción de tiempos en los trabajos de recolección de datos en campo, sin embargo hubieron algunas dificultades que fueron superadas realizando una inspección tradicional. Aun así, se validaron las fallas registradas por el drone con inspección visual. Los modelos digitales, tanto como la ortofoto y el MDS, nos ayudan en la inspección y medición de todas las fallas, teniendo en cuenta también las mediciones perpendiculares al plano de la ortofoto para determinar la severidad

de la falla; sin embargo, en algunas estas (corrugación, depresión, desnivel carrilberma, ahuellamiento, etc.) la medición en el MDS no será óptima cuando estas presenten severidades bajas. Además, se debe tener en cuenta que la falla de Pulimiento de agregados, no se podría evaluar con los modelos digitales, puesto que se necesita conocer que la superficie del agregado debe ser suave al tacto.

En ingeniería, la tecnología juega un rol muy importante ya que gracias a ella se ha podido automatizar y facilitar muchos procedimientos a lo largo de los años. Entre los últimos equipos tecnológicos que se han ido incorporando hasta la fecha en labores de ingeniería, tenemos los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT por sus siglas) o comúnmente llamados drones. Estos aparatos son naves que pueden ser operadas desde tierra y mediante el manejo a control remoto e inclusive ser preprogramados para realizar sus tareas de vuelo de manera autónoma (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013). Tiene muchas utilidades tales como para trabajos topográficos, toma de imágenes referenciadas a un sistema de coordenadas, y también son utilizados en trabajos de inspecciones La implementación del VANT en trabajos de inspecciones (específicamente en pavimentos) conlleva a varias ventajas con respecto a los métodos tradicionales de inspección visual: se reducen los tiempos de inspección, no se paraliza el tránsito de vehículos con el cierre de los carriles, se reduce notoriamente los riesgos de sufrir accidentes en el caso de los inspectores, se permite tener un registro fotográfico que puede ser consultado en cualquier momento desde una computadora, etcétera. (Cruz, 2018).

Tradicionalmente, para determinar el estado de conservación de un pavimento sea de tipo flexible o rígido, se utiliza el Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI por sus siglas) el cual consiste en una serie de procedimientos que conllevan a un resultado general que puede variar de 0 a 100, y que de acuerdo al puntaje obtenido se asigna una calificación de su estado (Vasquez, 2002).

Tabla 1. Clasificación del estado de conservación según el PCI

PCI	CONDICION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Pobre
25 - 10	Muy Pobre
10 - 0	Colapsado

Fuente: Método PCI

Este método de inspección visual validado por la ASTM D4366 basa su análisis en tres aspectos fundamentales: Tipo de Falla, nivel de severidad de la falla y la cantidad de daño presentado. Para el caso de pavimentos flexibles, el método del PCI clasifica las fallas en 19 tipos. Estos son:

1. Piel de cocodrilo: son una serie de fisuras que se encuentran interconectadas y forman polígonos irregulares de hasta 0.50 m. El nombre de debe al aspecto que toma la falla la cual es semejante a la piel de este animal. Se produce debido al tráfico constante de los vehículos que originan agrietamientos desde el fondo del paquete estructural, los cuales se extienden hasta la superficie de rodadura. Está falla representa la perdida de la resistencia estructural que el pavimento tiene, y si no se hace el respectivo mantenimiento está falla puede desprenderse y pasar de un conjunto de fisuras a un hueco, empeorando la condición del pavimento. Se mide en m<sup>2</sup>.



Figura 1. Piel de cocodrilo (Fuente: ingenieriareal.com)

2. Exudación: está es una capa bituminosa extendida en ciertas áreas del pavimento, y tiene una característica brillante, reflectante y de poca cohesión. En clima caluroso esta película es pegajosa y forma manchas en el pavimento. Se debe a diversos factores ocurridos durante su proceso constructivo como un exceso de ligante asfáltico, exceso de sello bituminoso, deficiente relación de vacíos, etcétera. Se mide en m<sup>2</sup>.



*Figura 2. Exudación (Fuente: ingenieriareal.com)*

3. Agrietamiento en bloque: son grietas o fisuras interconectadas de forma rectangular que pueden adoptar diferentes tamaños. Se presenta en áreas grandes del pavimento donde no hay tráfico (a diferencia de la piel de cocodrilo que se asocia al tráfico de vehículos), dado que son generadas a causa de la contracción y dilatación del asfalto que son afectados por el cambio de temperatura, lo cual hace que la carpeta pierda su capacidad elástica y se endurezca significativamente. Se mide en m<sup>2</sup>.



*Figura 3. Agrietamiento en bloque (Fuente: ingenieriareal.com)*

4. Abultamientos y hundimientos: son irregularidades en la superficie de rodadura que se identifican como desplazamientos hacia arriba o hacia abajo. Distorsionan la uniformidad de plataforma y las causas son variadas; desde el levantamiento de las losas de concreto (en casos donde se ha colocado carpeta asfáltica encima de pavimentos rígidos), empujes por material acumulado dentro de las fisuras existentes en el pavimento, por expansión de terreno de fundación, o por un deficiente drenaje del pavimento.



*Figura 4. Abultamientos y hundimientos (Fuente: ingenieriareal.com)*

5. Corrugación: son ondulaciones presentes en la superficie del pavimento constituidas por abultamientos y hundimientos que se encuentran muy cercanos entre sí, causadas por un deficiente compactado de las capas del pavimento, sumado con el tráfico vehicular. Se mide en m<sup>2</sup>.

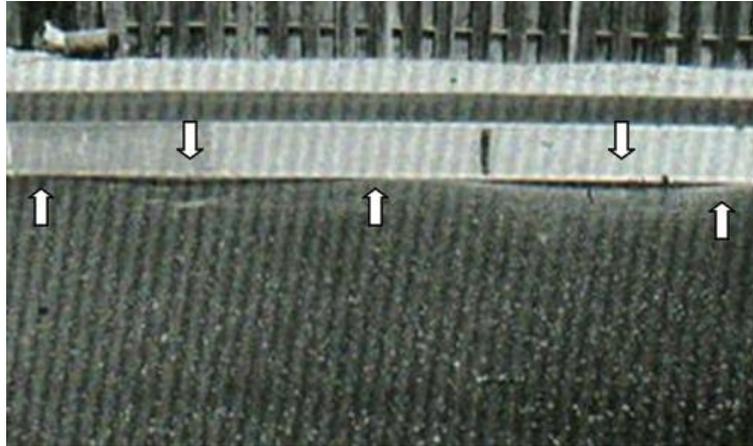


Figura 5. Corrugación (Fuente: ingenieriareal.com)

6. Depresión: son ligeros hundimientos presentados en la superficie del pavimento, los cuales son más visibles en periodos lluviosos ya que su profundidad hace que el agua se empoce y se generen charcos. Su causante es un mal proceso constructivo. Se miden en m<sup>2</sup>.



Figura 6. Depresión (Fuente: ingenieriareal.com)

7. Fisuras de borde: son grietas ubicadas en los laterales del pavimento, y que su proyección es paralela hacia el mismo. Se genera a causa de la pérdida de la resistencia en las capas del extremo del paquete del pavimento, y a causa de condiciones climáticas. Se mide en m.



*Figura 7. Fisuras de borde (Fuente: ingenieriareal.com)*

8. Fisura de reflexión de junta: son grietas generadas únicamente en pavimentos mixtos (aquellos que tienen como superficie carpeta asfáltica, pero por debajo tiene losas de concreto). Son causadas por los desplazamientos que sufren las losas de concreto debido a humedad u otros factores climáticos. Se mide en m<sup>2</sup>.



*Figura 8. Fisuras de reflexión de junta (Fuente: ingenieriareal.com)*

9. Desnivel carril berma: es cuando existe una discontinuidad abrupta entre las elevaciones de la superficie del carril con respecto al de la berma. Puede darse por los efectos erosivos en la berma, o por un asentamiento de la misma, o también por la colocación de una sobre capa en la pista. Se mide en m.



*Figura 9. Desnivel Carril berma (Fuente: ingenieriareal.com)*

10. Grietas longitudinales y transversales: son aquellas cuya trayectoria se extiende de forma paralela a la vía y de forma perpendicular. Esta falla se asocia a factores climáticos, ausencia o juntas de dilatación mal elaboradas, asfalto endurecido, etcétera. No se atribuye a causas de tránsito de vehículos. Se mide en m.



*Figura 10.* Grietas longitudinales y transversales (Fuente: [ingenieriareal.com](http://ingenieriareal.com))

11. Parcheo: esta es un área de pavimento que ha sido reparada por encontrarse en mal estado. Se sustituye el material en mal estado por uno nuevo, y su presencia en las vías hace que se reduzca el nivel de servicio de la misma ya que no actúa de la misma manera que el resto de la superficie original del pavimento.



*Figura 11.* Parcheo (Fuente: [ingenieriareal.com](http://ingenieriareal.com))

12. Pulimento de agregados: es la pérdida de la capacidad de fricción de la superficie del pavimento debido a que, por el repetido tráfico de vehículos en la vía, los agregados que conforman la carpeta de rodadura comienzan a perder la aspereza y se vuelven suaves al tacto.



*Figura 12.* Pulimento de agregados (Fuente: [ingenieriareal.com](http://ingenieriareal.com))

13. Huecos: son hoyos presentes en la superficie de rodadura donde se nota un desprendimiento de la carpeta asfáltica, que puede deberse a muchos factores como defectos constructivos, inadecuado subdrenaje, un mal diseño del paquete estructural de la vía, etcétera.



*Figura 13.* Huecos (Fuente: [ingenieriareal.com](http://ingenieriareal.com))

14. Cruce de vía férrea: Son discontinuidades de la vía por pase de rieles. También se aplica en rieles de puentes, rejillas de paso de drenaje, y similares.



*Figura 14. Cruce de vía férrea (Fuente: Guerrero 2018)*

15. Ahuellamiento: Son depresiones dejadas en el trayecto longitudinal de donde los vehículos circulan. Esta deformación es permanente y su causa es por una mala compactación de la base y/o subbase, mezcla asfáltica pobre, un mal diseño del paquete estructural o espesores deficientes, o uso de materiales no calificados.



*Figura 15. Ahuellamiento (Fuente: ingenieriareal.com)*

16. Desplazamientos: causadas por la acción del tráfico de los vehículos, estos son desplazamientos longitudinales del material que compone al paquete estructural del pavimento. Ocurre más en pavimentos con mezcla de asfalto líquido.



*Figura 16.* Desplazamientos (Fuente: ingenieriareal.com)

17. Grieta parabólica (slippage): son fisuras con forma de una parábola o media luna, que se presentan de manera perpendicular a la vía (en sentido transversal al tránsito de vehículos) Ocurren cuando se utiliza mezclas asfálticas de baja estabilidad, o cuando no hay una buena adherencia de la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento.



*Figura 17.* Grieta parabólica (slippage) (Fuente: ingenieriareal.com)

18. Hinchamiento: Son bultos o elevaciones localizadas en la superficie de rodadura, tienen forma de onda larga que pueden llegar a medir hasta 3.00 m. Se debe a la expansión del terreno de fundación (cuando se construye sobre suelos expansivos) y por el congelamiento de la base granular de la subrasante. Puede presentar agrietamiento superficial



*Figura 18.* Hinchamiento (Fuente: [ingenieriareal.com](http://ingenieriareal.com))

19. Desprendimiento de agregados: O también llamada peladura por intemperismo, es la pérdida del material pétreo de la mezcla asfáltica empleada en la superficie del pavimento. Se debe principalmente a la acción del tráfico, mala mezcla asfáltica, uso de material sucio lo que causa una mala adherencia del agregado y un fácil desprendimiento del asfalto, entre otros.



*Figura 19.* Desprendimiento de agregados (Fuente: [ingenieriareal.com](http://ingenieriareal.com))

En resumen, el método PCI presenta 19 fallas para pavimentos asfálticos o mixtos, tal como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Fallas consideradas en PCI: pavimentos flexibles

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	m <sup>2</sup>
2	Exudación	m <sup>2</sup>
3	Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>
4	Abultamientos y Hundimientos	m
5	Corrugación	m <sup>2</sup>
6	Depresión	m <sup>2</sup>
7	Grieta de Borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m
9	Desnivel Carril/berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parqueo	m <sup>2</sup>
12	Pulimiento de agregados	N°
13	Huecos	m <sup>2</sup>
14 *	Cruce de vía férrea / Rieles (acceso a Puentes, Pontones y Rejillas de Drenaje)	m <sup>2</sup>
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>
17	Grieta parabólica	m <sup>2</sup>
18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>
19	Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>

Fuente: Método PCI

Para evaluar el nivel de severidad de cada tipo de falla, el Manual del Método PCI establece criterios diferentes para cada una de ellas. Sin embargo, se puede hacer un análisis general para evaluar el nivel de severidad de la vía utilizando un auto convencional y conduciéndolo por el tramo que se pretende evaluar con la velocidad máxima permisible. De acuerdo a su comportamiento del vehículo en marcha se puede decir que:

- ✓ La vía presenta severidad baja cuando hay vibraciones o saltos en el vehículo, y estas son perceptibles; pero no ponen al conductor ni ocupantes en situación de riesgo ni lo obliga a tener que reducir su velocidad.
- ✓ La vía presenta severidad media si las vibraciones o saltos en los vehículos son perceptibles y molestas, y podrían suponer riesgo al conductor y ocupantes por lo que se verá obligado a disminuir su velocidad.

- ✓ La vía presenta severidad alta cuando las vibraciones o saltos son excesivos, producen una gran molestia, pueden dañar al vehículo, pone en riesgo al conductor y ocupantes.

En el análisis del PCI, se divide la vía en varias secciones de un tamaño convencional, con la finalidad de poder hacer un muestreo y tener un mejor control de la información. Se sugiere los siguientes tamaños de sección:

Tabla 3. *Tamaño de sección recomendado*

Tipo de Pavimento	Tamaño de la sección		
	Ideal	Mínimo	Máximo
Rígidos	20 losas	12 losas	28 losas
Flexible	450 m <sup>2</sup>	270 m <sup>2</sup>	630 m <sup>2</sup>
Mixto			

Fuente: Método PCI

Para calcular el número de secciones a evaluar (tamaño de la muestra), se realiza una estimación estadística al 95% de confianza empleando la siguiente fórmula y el redondeo al número entero superior próximo:

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

Figura 20. Fórmula para determinar el tamaño de la muestra (Fuente: Método PCI)

Donde:

e = Error aceptable en estimación del PCI en la sección, comúnmente,

e = +/- 5 puntos PCI.

S = Desviación Standard del PCI de una unidad de muestra, a otra dentro de la sección. Cuando es la primera evaluación. Asumir 10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos.

N = Número total de unidades de muestra en la sección.

Luego, se calcula el intervalo de muestras a evaluar con la siguiente fórmula:

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

Figura 21. Fórmula intervalo de muestreo (Fuente: Método PCI)

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo (redondeado al entero inferior)

Y finalmente, la Ecuación PCI:

$$PCI = 100 - \left[ \sum_{i=j}^P VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F \quad (1)$$

Figura 22. Ecuación PCI (Fuente: Método PCI)

Donde:

PCI = Índice de Condición de Pavimento

VD() = Valor de deducción, en función del tipo de falla (Ti), severidad (Sj), y Densidad de las fallas (Dij) observables en el pavimento.

I = Tipos de falla.

J = Grados de severidad

P = Números de fallas en el pavimento analizado.

Mi = Grados de severidad para la falla "i".

F = Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de Valores de deducción mayores que 5.

Es importante que el inspector a cargo de la evaluación del pavimento esté familiarizado con los tipos de falla, la manera de cuantificar y medirlas, calificar sus niveles de severidad, así como todos los procedimientos descritos en el Método PCI. Los tipos de fallas más típicos en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel

de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas, longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos, y desintegración o disgregación superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método, son encontrados con menos frecuencia.

En la evaluación superficial se debe proponer las intervenciones a realizar de acuerdo a los resultados de los daños y su nivel de severidad. Se proponen las siguientes intervenciones:

Tabla 4. *Tamaño de sección recomendado*

CÓD.	DAÑO	NIVEL DE SEVERIDAD		
		L: Low	M: Mid	H: High
1	Piel de Cocodrilo	No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta	Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción	Parqueo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción
2	Exudación	No se hace nada	Se aplica arena / agregados y cilindrado	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).
3	Agrietamiento en bloque	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
4	Abultamientos y Hundimientos	No se hace nada.	Reciclado en frío. Parqueo profundo o parcial.	Reciclado (fresado) en frío. Parqueo profundo o parcial. Sobrecarpeta.
5	Corrugación	No se hace nada.	Reconstrucción	Reconstrucción
6	Depresión	No se hace nada	Parqueo superficial, parcial o profundo	Parqueo superficial, parcial o profundo
7	Grieta de Borde	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.	Sellado de grietas. Parqueo parcial - profundo	Parqueo parcial – profundo
8	Grieta de reflexión de junta	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm	Sellado de grietas. Parqueo de profundidad parcial	Parqueo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta
9	Desnivel Carril/berma	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril		

CÓD.	DAÑO	NIVEL DE SEVERIDAD		
		L: Low	M: Mid	H: High
10	Grietas longitudinales y transversales	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm	Sellado de grietas	Sellado de grietas. Parcheo parcial
11	Parcheo	No se hace nada	No se hace nada. Sustitución del parche	Sustitución del parche
12	Pulimiento de agregados	No se hace nada.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	Fresado y sobrecarpeta
13	Huecos	No se hace nada. Parcheo parcial o profundo	Parcheo parcial o profundo	Parcheo profundo
14	Cruce de vía férrea / Rieles (acceso a Puentes, Pontones y Rejillas de Drenaje)	No se hace nada	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce	Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce
15	Ahuellamiento	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
16	Desplazamiento	No se hace nada. Fresado	Fresado. Parcheo parcial o profundo	Fresado. Parcheo parcial o profundo
17	Grieta parabólica	No se hace nada. Parcheo parcial	Parcheo parcial	Parcheo parcial
18	Hinchamiento	No se hace nada	No se hace nada. Reconstrucción	Reconstrucción
19	Desprendimiento de agregados	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción

Fuente: Método PCI

Posterior al proceso de diagnóstico, se procede a proponer las alternativas para cada tipo de falla encontrado durante el mismo. La necesidad de hacer trabajos de mantenimiento y rehabilitación a partir desde la primera fase del pavimento e intentar de minimiza el efecto que producen los mecanismos de deterioro. Los trabajos de mantenimiento pueden agruparse en dos categorías según su objetivo; Por un lado, se define el mantenimiento preventivo que incluye a todas las actividades que tienen como objetivo proteger al pavimento y reducir la degradación

progresiva de los defectos; Por otro lado, se define al mantenimiento correctivo, que consiste en actividades dirigidas a corregir fallas específicas o áreas con fallas existentes en el pavimento. Según Jugo (2005), los trabajos de mantenimiento de un pavimento pueden ser del tipo menor y mayor, la diferencia entre ellos es la magnitud del daño que pueda presentar el pavimento. Además, ambos tipos de mantenimiento pueden sub dividirse en las dos categorías definidas como preventivas y correctivas. El mantenimiento menor son trabajos que se pueden aplicar solo en áreas específicas del pavimento para reparar fallas localizadas, con ello, se consigue mejorar la condición del funcionamiento del pavimento y así poder controlar el progresivo deterioro. El mantenimiento del tipo mayor toma en cuenta los que se aplican toda el área de un tramo, es posible que se deban reanalizar trabajos de tipo menor. En función al valor cuantitativo y cualitativo que establece el método PCI, se correlacionan los siguientes tipos de mantenimiento:

Tabla 5. Mantenimiento a aplicar según el resultado de PCI

ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	PCI	CONDICION
Menor	100 - 85	Excelente
Menor	85 - 70	Muy Bueno
Menor (rutinario)	70 - 55	Bueno
Mayor (efectivo)	55 - 40	Regular
Mayor (correctivo)	40 - 25	Pobre
Mayor (correctivo)	25 - 10	Muy Pobre
Reconstrucción	10 - 0	Colapsado

Fuente: Jugo (2005)

Según Jugo (2005), de acuerdo a la complejidad de los trabajos clasifica las actividades de mantenimiento de la siguiente manera

Actividades de mantenimiento menor:

- Sellado de grietas
- Sellado Superficial
- Bacheo Superficial
- Bacheo Profundo

Actividades de mantenimiento mayor:

- Tratamientos superficiales

- Capas asfálticas
- Remoción por fresado
- Reciclado

Otra manera de escoger la intervención que se debe realizar en la vía evaluada, es considerando el resultado del PCI y siguiendo el criterio presentado en el siguiente cuadro (el cual está basado en la curva de deterioro del pavimento):

Tabla 6. Intervención final según el PCI

Rango PCI	Intervención
0 - 30	Construcción
31 - 70	Rehabilitación
71 - 100	Mantenimiento

Fuente: Jugo (2005)

Intervención de mantenimiento se refiere a aquellos trabajos que se realizan para “mantener” la vida útil del pavimento. Puede constituir una práctica preventiva y/o correctiva.

Intervención de Rehabilitación se refiere a los trabajos que se realizan para “devolver la vida” del pavimento (que se encuentra en mal estado), recuperando así las condiciones de soporte para la cual fue diseñado y construido inicialmente.

Intervención de Construcción se refiere a un nuevo pavimento sobre vías afirmadas o ya existentes pero que por su pésimo estado se considera que deban ser reconstruidas.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

El Tipo de investigación es Aplicada (CONCYTEC, 2018), dado que se utilizó el conocimiento metodológico y científico existente para resolver un problema en específico.

El Diseño de investigación es No Experimental - Descriptiva (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014), porque no habrá manipulación de variables; solo se estudiarán las características y cualidades de las mismas sin llegar a alterarlas.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable cualitativa: VANT. Esta tecnología consiste en vehículos aéreos no tripulados o también conocidos como drone, que son controlados desde tierra de manera remota. En ingeniería tiene muchas aplicaciones, incluida la inspección de pavimentos. Presenta grandes ventajas con respecto a las inspecciones tradicionales como tiempos más cortos, nulo cierre de carriles, baja exposición al peligro de los inspectores, registro de ortofotos, etc. Esta variable se medirá de acuerdo a la identificación de las fallas y a la identificación del nivel de severidad.

Variable cuantitativa: Evaluación Superficial. En pavimentos, es la inspección de la condición actual que presenta la superficie de rodadura. Se medirá de acuerdo al Método de Índice de Condición del Pavimento, cuyos indicadores son excelente, muy bueno, bueno, aceptable, malo, muy malo e inaceptable.

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población de estudio es la totalidad del tramo del Paseo Turicarami, mismo que tiene una longitud de 600 m. La Muestra fue de tipo censal. Se trabajó con todos los 600m del tramo, el cual fue dividido en 10 unidades de muestreo de 60m cada una (Incluye los 2 carriles).

Criterios de inclusión: Tramos con pavimento flexible o mixto.

Criterios de exclusión: Tramos con pavimento de concreto, o articulado.

Unidad de análisis: Pavimento flexible o mixto.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se empleó la Técnica de la Observación. Como instrumento de recolección de datos, se utilizó un drone de la marca DJI modelo Mavic 2 Pro, mismo que tiene una cámara de 20mpx, sensor de 1", con una distancia de vuelo máxima de 18km, y una Micro SD XC 64gb de almacenamiento. Con respecto a la validez y confiabilidad: El método PCI se encuentra totalmente validado por la ASTM D 6433 (Anexo 2).

### **3.5. Procedimientos**

Para obtener la información, se realizaron las visitas respectivas a la zona de estudio. El vuelo tuvo una duración aproximada de 35 minutos, y fue previamente programado en el aplicativo para IOS y Android llamado "Dronedeploy" de Dronedeploy.inc. Se realizó en horario de mañana entre las 7:00am hasta las 9:00am un día sábado, debido a que no había mucha presencia de tráfico en ese momento. En la inspección de campo se identificó la zona de estudio, se identificaron los obstáculos que suponen un riesgo para el drone, y se preparó el área de despegue y aterrizaje. Durante la inspección, hubo monitoreo constante del vuelo.

### **3.6. Método de análisis de datos**

La información recopilada por el drone fue ordenada y procesada en gabinete para la obtención de los resultados. Se utilizó una PC con CPU de procesador Core i7-9700k, de 32 GB de RAM DDR4, con tarjeta de video NVIDIA QUADRO P2000 de 5GB DDR5, 500GB de almacenamiento M.2. Para realizar el ortomosaico y modelamiento en 3D se utilizó el software Agisoft PhotoScan Professional de © Agisoft, cuyo procedimiento fue el siguiente:

1. Se importaron las fotos tomadas con el drone al software.

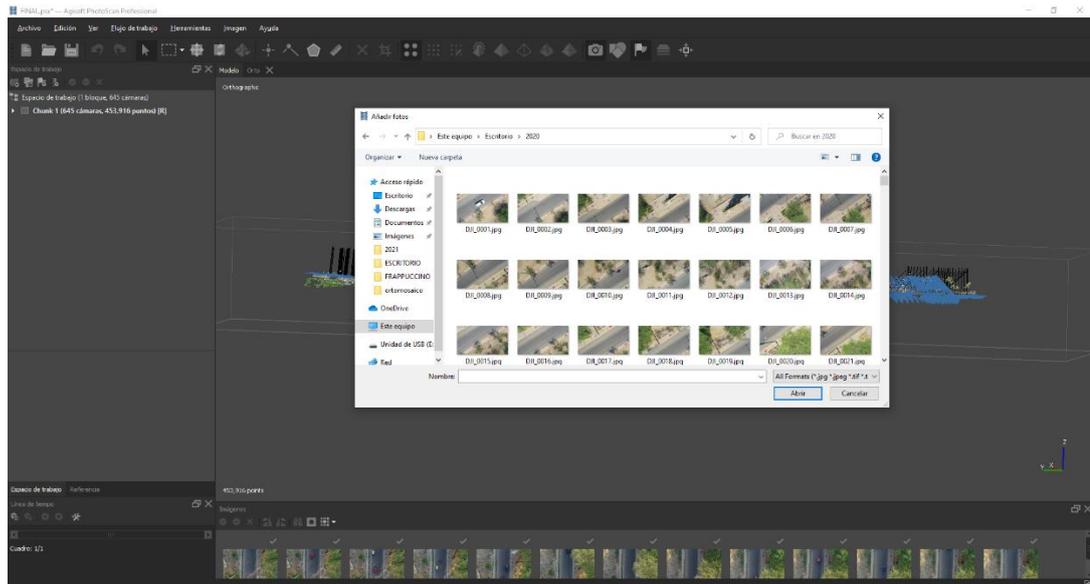


Figura 23. Ingreso de fotos al Software Agisoft PhotoScan Professional.

2. Se realizó la orientación de las fotos.

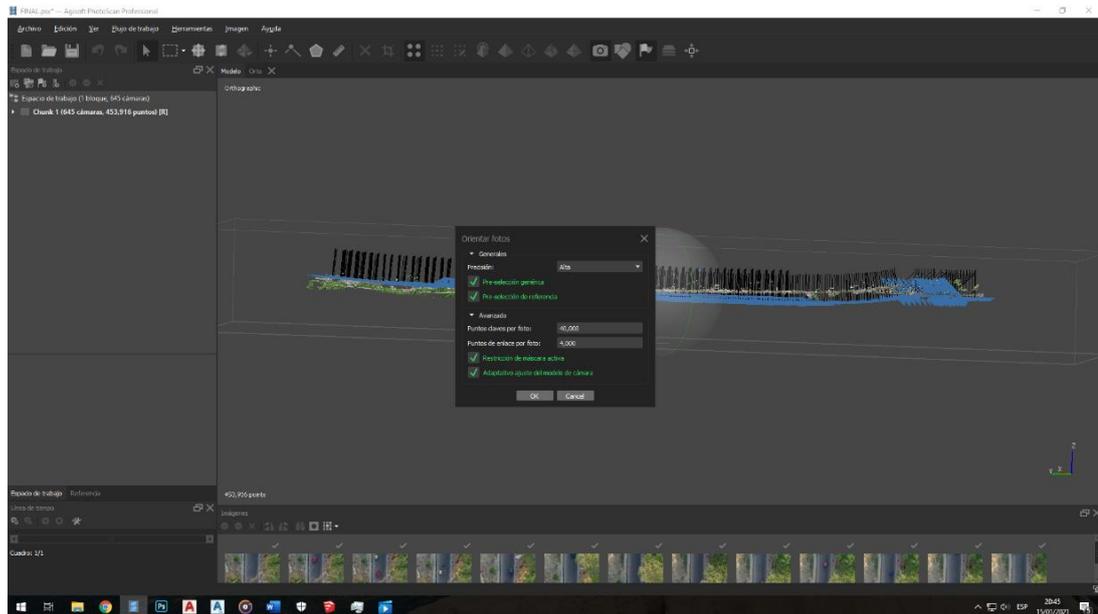


Figura 24. Orientación de fotos al Software Agisoft PhotoScan Professional.

### 3. Se configuran las coordenadas de trabajo (UTM WGS84 – ZONA 17S)

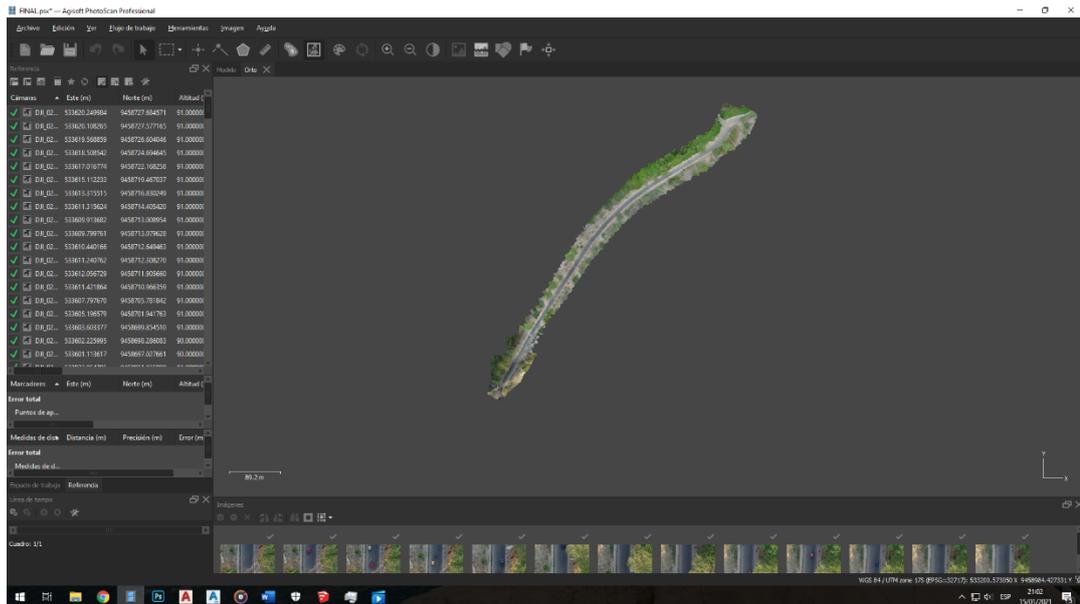


Figura 25. Coordenadas WGS84 - Software Agisoft PhotoScan Professional.

### 4. Se hace el modelado de la malla 3D

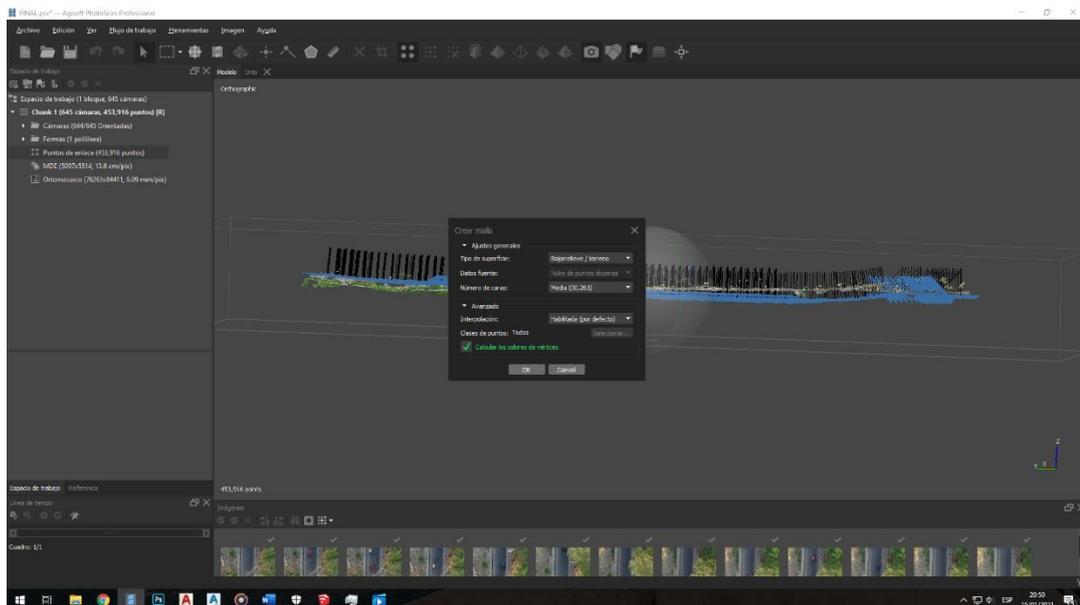


Figura 26. Creado de malla 3D - Software Agisoft PhotoScan Professional.

## 5. Se realiza el modelo digital de Elevaciones (m.s.n.m.)

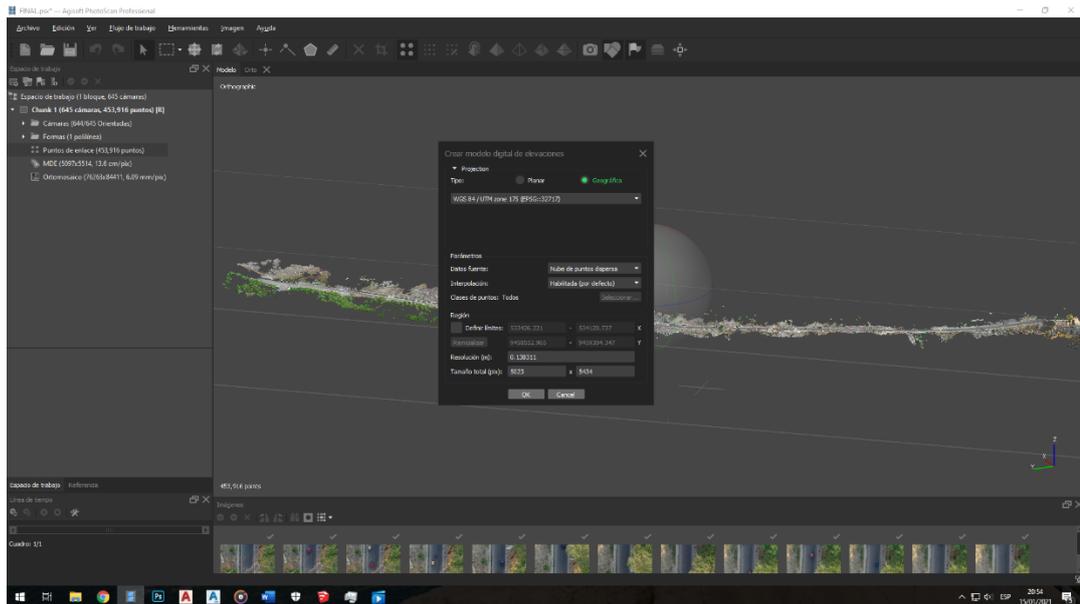


Figura 27. Modelo digital de Elevaciones - Software Agisoft PhotoScan Professional.

## 6. Modelo digital de Elevaciones

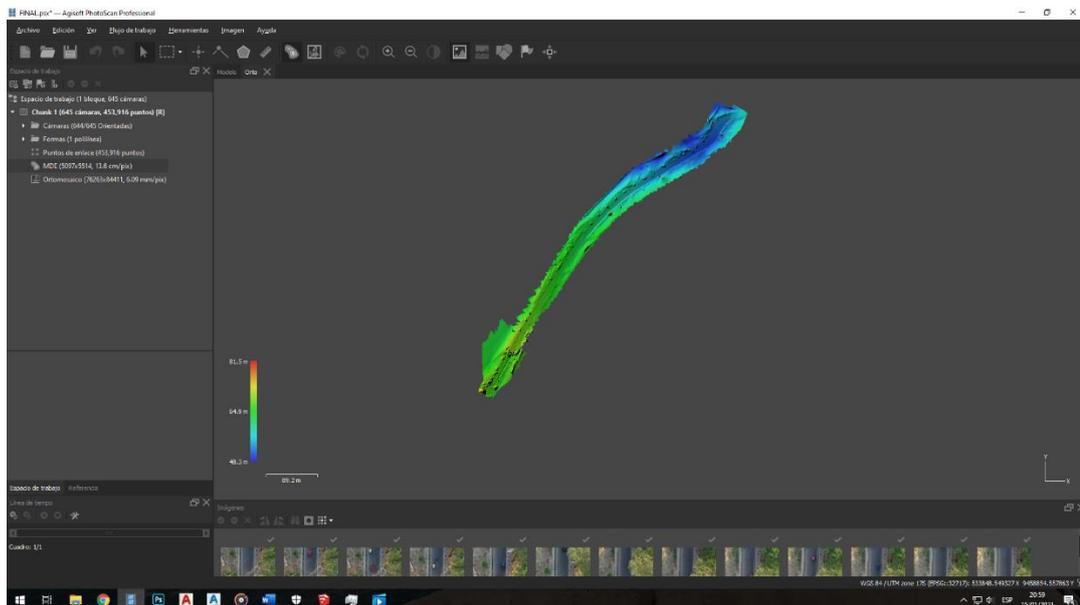


Figura 28. Modelo digital de Elevaciones Software Agisoft PhotoScan Professional.

## 7. Se realiza la Calibración de cámara

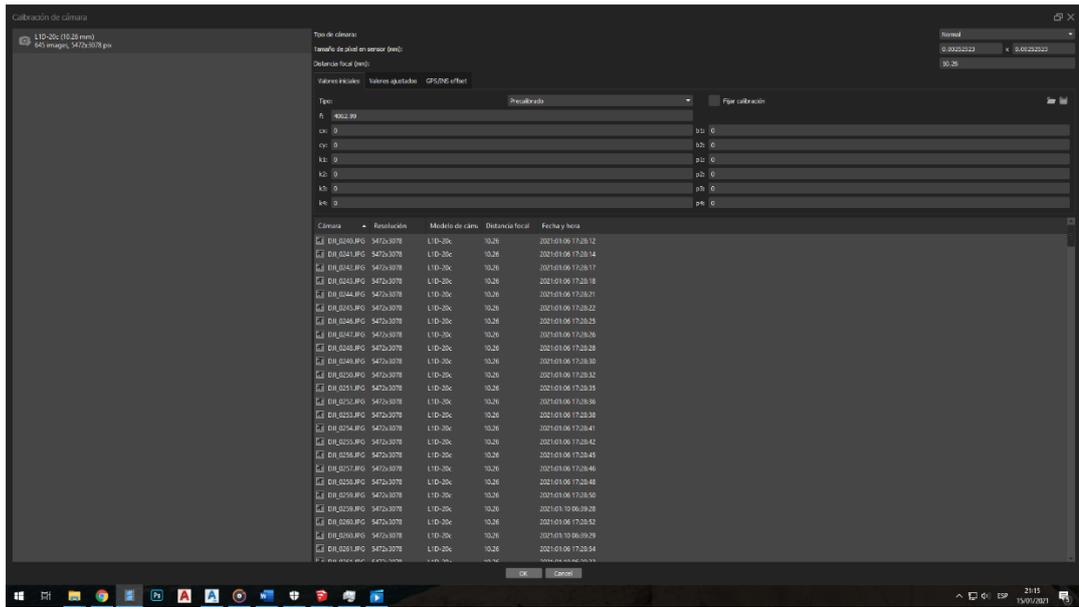


Figura 29. Calibración de la cámara - Software Agisoft PhotoScan Professional.

## 8. Ortomosaico generado.

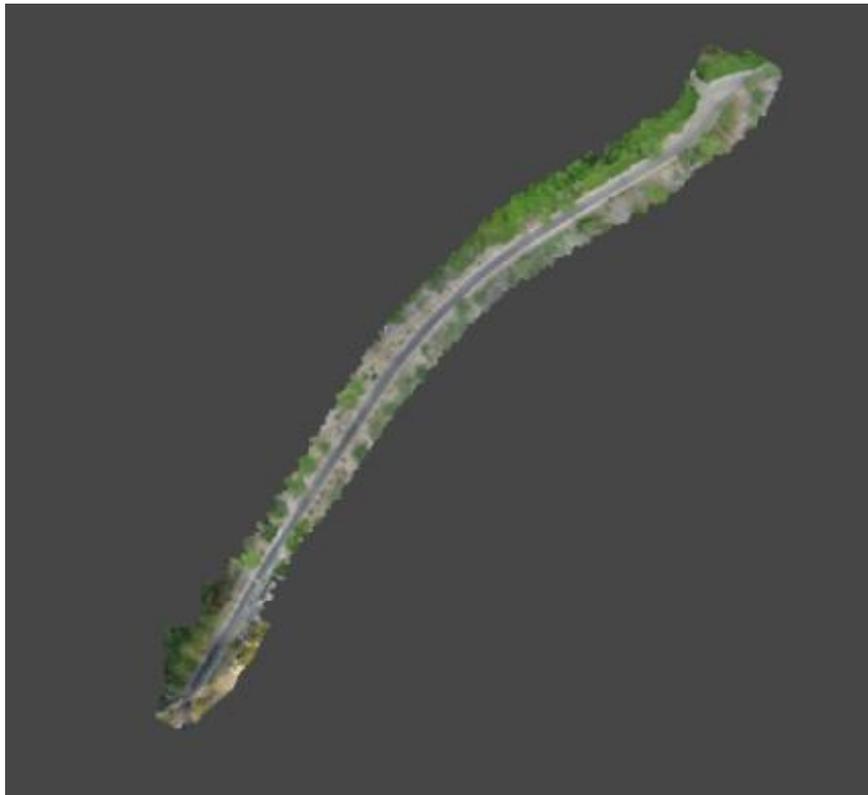


Figura 30. Generación del Ortomosaico - Software Agisoft PhotoScan Professional.

Para el cálculo del PCI se empleó el software EvalPal Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú desarrollado por el ingeniero Zavala, G. Esto permitió conocer el estado de conservación del pavimento.



*Figura 31. Pantalla de Inicio - Software EvalPal Carreteras.*

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respetó en todo momento los principios éticos en la investigación, no exponiendo al riesgo ninguna vida humana, ni tampoco se ha hecho mala manipulación de la información recolectada en campo.

#### IV. RESULTADOS

Se determinó la influencia del uso de la Tecnología VANT en la identificación de daños del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana. Para ello, se evaluaron las 10 unidades de muestreo obteniendo los siguientes resultados:

Para la SECCIÓN 1 (0+000 - 0+060):



*Figura 32. Sección 0+000 - 0+060, Huecos*

Como se puede observar en la Figura 1, se identificó en la presente sección la falla N°13 correspondiente a “Huecos”, misma que tiene un área de 14.31 m<sup>2</sup>.



*Figura 33. Sección 0+000 - 0+060, Huecos*

Como se puede observar en la Figura 2, se identificó en la presente sección la falla N°13 “Huecos”, misma que tiene un área de 2.36 m<sup>2</sup>.



*Figura 34. Sección 0+000 - 0+060, Parcheo.*

Como se puede observar en la Figura 3, se identificó en la presente sección la falla N°11 “Parcheo”, misma que tiene un área de 11.12 m<sup>2</sup>.



*Figura 35. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento*

Como se puede observar en la Figura 4, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 6.26 m<sup>2</sup>.



Figura 36. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento

Como se puede observar en la Figura 5, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 2.57 m<sup>2</sup>.

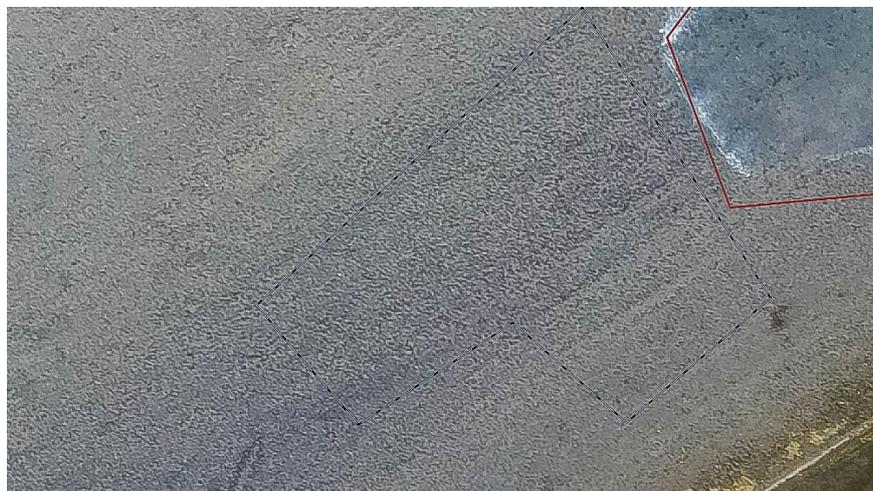


Figura 37. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento

Como se puede observar en la Figura 6, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 6.46 m<sup>2</sup>.



Figura 38. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento

Como se puede observar en la Figura 7, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 0.96 m<sup>2</sup>.



Figura 39. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento

Como se puede observar en la Figura 8, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 2.20 m<sup>2</sup>.



Figura 40. Sección 0+000 - 0+060, Ahuellamiento

Como se puede observar en la Figura 8, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 2.52 m<sup>2</sup>.



Figura 41. Sección 0+000 - 0+060, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 10, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 554.83.

Para la SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120):



Figura 42. Sección 0+060 - 0+120, Ahuellamiento.

Como se puede observar en la Figura 11, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 5.17 m<sup>2</sup>.

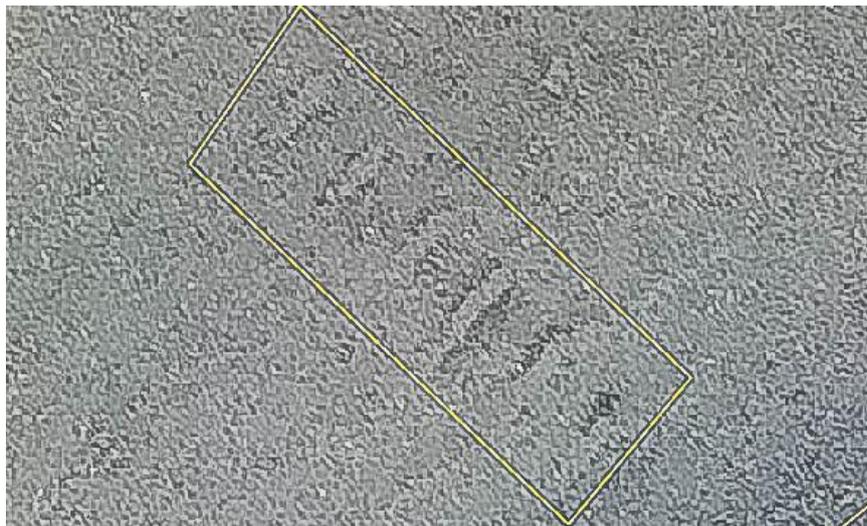


Figura 43. Sección 0+060 - 0+120, Ahuellamiento.

Como se puede observar en la Figura 12, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 1.87 m<sup>2</sup>.



Figura 44. Sección 0+060 - 0+120, Ahuellamiento.

Como se puede observar en la Figura 13, se identificó en la presente sección la falla N°15 “Ahuellamiento”, misma que tiene un área de 7.63 m<sup>2</sup>.



Figura 45. Sección 0+060 - 0+120, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 14, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 409.72 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 3 (0+120 - 0+180):



Figura 46. Sección 0+120 - 0+180, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 15, solo se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 407.67 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 4 (0+180 - 0+240):



Figura 47. Sección 0+180 - 0+240, Grietas de Borde.

Como se puede observar en la Figura 16, se identificó en la presente sección la falla N°7 “Grietas de Borde”, misma que tiene una longitud de 11.43 ml.



Figura 48. Sección 0+180 - 0+240, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 17, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 401.38 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 5 (0+240 al 0+300):

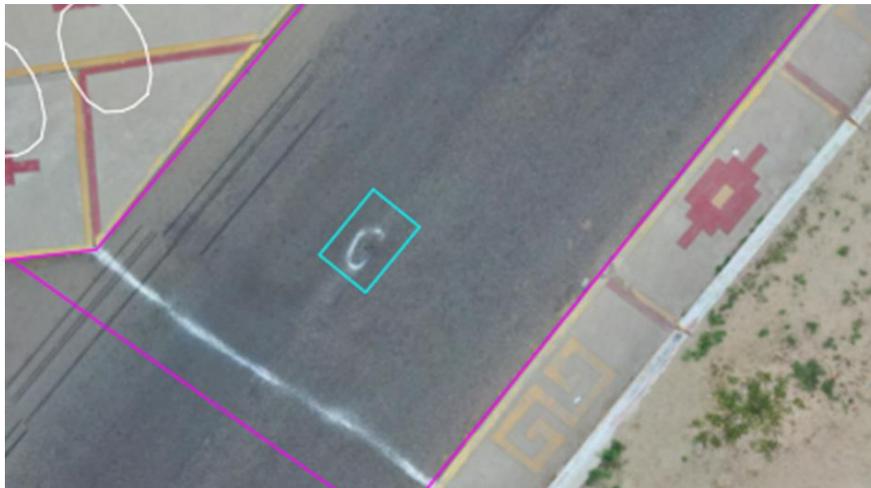


Figura 49. Sección 0+240 - 0+300, Huecos.

Como se puede observar en la Figura 18, se identificó en la presente sección la falla N°13 “Huecos”, misma que tiene un área de 1.38 m<sup>2</sup>.



Figura 50. Sección 0+240 - 0+300, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 19, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 396.77 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 6 (0+300 al 0+360):



Figura 51. Sección 0+300 - 0+360, Huecos.

Como se puede observar en la Figura 19, se identificó en la presente sección la falla N°13 “Huecos”, misma que tiene un área de 4.59 m<sup>2</sup>.



Figura 52. Sección 0+300 - 0+360, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 21, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 509.99 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 7 (0+360 al 0+420):



Figura 53. Sección 0+360 - 0+420, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 21, solo se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 479.55 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 8 (0+420 al 0+480):



Figura 54. Sección 0+420 - 0+480, Parcheo.

Como se puede observar en la Figura 21, se identificó en la presente sección la falla N°11 “Parqueo”, misma que tiene un área de 3.28 m<sup>2</sup>.



Figura 55. Sección 0+420 - 0+480, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 21, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 442.26 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 9 (0+480 al 0+540):



Figura 56. Sección 0+480 - 0+540, Hueco.

Como se puede observar en la Figura 21, se identificó en la presente sección la falla N°13 “Huecos”, misma que tiene un área de 2.41 m<sup>2</sup>.



Figura 57. Sección 0+480 - 0+540, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 21, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 410.29 m<sup>2</sup>.

Para la SECCIÓN 10 (0+540 al 0+600):



Figura 58. Sección 0+540 - 0+600, Pulimiento de agregados.

Como se puede observar en la Figura 21, se identificó en la presente sección la falla N°12 “Pulimiento de agregados”, misma que tiene un área de 405.33 m<sup>2</sup>.

Tabla 7. Resumen de Identificación de Fallas

N° FALLA	Descripción	Und	Metrado
SECCIÓN 1 (0+000 – 0+060)			
13	Huecos	m2	14.31
13	Huecos	m2	2.36
11	Parqueo	m2	11.12
15	Ahuellamiento	m2	6.26
15	Ahuellamiento	m2	2.57
15	Ahuellamiento	m2	6.46
15	Ahuellamiento	m2	0.96

<b>N° FALLA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Metrado</b>
15	Ahuellamiento	m2	2.20
15	Ahuellamiento	m2	2.52
12	Pulimiento de agregados	m2	554.83
<b>SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120)</b>			
15	Ahuellamiento	m2	5.17
15	Ahuellamiento	m2	1.87
15	Ahuellamiento	m2	7.63
12	Pulimiento de agregados	m2	409.72
<b>SECCIÓN 3 (0+120 - 0+180)</b>			
12	Pulimiento de agregados	m2	407.67
<b>SECCIÓN 4 (0+180 - 0+240)</b>			
7	Grietas de borde	ml	11.43
12	Pulimiento de agregados	m2	401.38
<b>SECCIÓN 5 (0+240 al 0+300)</b>			
13	Huecos	m2	1.38
12	Pulimiento de agregados	m2	396.77
<b>SECCIÓN 6 (0+300 al 0+360)</b>			
13	Huecos	m2	4.59
12	Pulimiento de agregados	m2	509.99
<b>SECCIÓN 7 (0+360 al 0+420)</b>			
12	Pulimiento de agregados	m2	479.55
<b>SECCIÓN 8 (0+420 al 0+480)</b>			
11	Parcheo	m2	3.28
12	Pulimiento de agregados	m2	442.26
<b>SECCIÓN 9 (0+480 al 0+540)</b>			
13	Huecos	m2	2.41

<b>N° FALLA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Metrado</b>
12	Pulimiento de agregados	m2	410.29
SECCIÓN 10 (0+540 al 0+600)			
12	Pulimiento de agregados	m2	405.33

Como se puede ver en la Tabla 2, el uso de la Tecnología VANT permitió identificar las fallas o daños existentes en la superficie del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami – Sullana mismas que para cada sección fueron: Sección 1 fueron huecos, Parcheo, Ahuellamiento y Pulimiento de agregados; Sección 2, las fallas encontradas fueron Ahuellamiento y Pulimiento de agregados; en la Sección 3, solo se encontró la falla Pulimiento de agregados; en la Sección 4, las fallas encontradas fueron Grietas de borde y Pulimiento de agregados; en la Sección 5 y 6, las fallas encontradas fueron Huecos y Pulimiento de agregados; en la Sección 7, solo se encontró Pulimiento de agregados; en la Sección 8, las fallas encontradas fueron Parcheo y Pulimiento de agregados; en la Sección 9, las fallas encontradas fueron Huecos y Pulimiento de agregados y en la Sección 10, solo se encontró Pulimiento de agregados.

Se determinó la influencia del uso de la Tecnología VANT en la identificación de la severidad de daños del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami - Sullana, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8. Resumen de Severidad de Fallas

<b>N° FALLA</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Severidad</b>
<b>SECCIÓN 1 (0+000 – 0+060)</b>			
13	Huecos	m2	H
13	Huecos	m2	H
11	Parqueo	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	M
12	Pulimiento de agregados	m2	-
<b>SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120)</b>			
15	Ahuellamiento	m2	M
15	Ahuellamiento	m2	L
15	Ahuellamiento	m2	M
12	Pulimiento de agregados	m2	-
<b>SECCIÓN 3 (0+120 - 0+180)</b>			
12	Pulimiento de agregados	m2	-
<b>SECCIÓN 4 (0+180 - 0+240)</b>			
7	Grietas de borde	ml	H
12	Pulimiento de agregados	m2	-
<b>SECCIÓN 5 (0+240 al 0+300)</b>			
13	Huecos	m2	L

N° FALLA	Descripción	Und	Severidad
12	Pulimiento de agregados	m2	-
SECCIÓN 6 (0+300 al 0+360)			
13	Huecos	m2	H
12	Pulimiento de agregados	m2	-
SECCIÓN 7 (0+360 al 0+420)			
12	Pulimiento de agregados	m2	-
SECCIÓN 8 (0+420 al 0+480)			
11	Parcheo	m2	M
12	Pulimiento de agregados	m2	-
SECCIÓN 9 (0+480 al 0+540)			
13	Huecos	m2	H
12	Pulimiento de agregados	m2	-
SECCIÓN 10 (0+540 al 0+600)			
12	Pulimiento de agregados	m2	-

La Tabla 3 muestra el nivel de severidad de cada falla, misma que fue identificada con el uso de la Tecnología VANT, lo que indica que hay influencia de este método en identificar la severidad. En la Sección 1 los huecos son de severidad alta (H), Parcheo de severidad baja (L), Ahuellamiento de severidad baja (L) a excepción de un tramo que presentó ahuellamiento de severidad media (M); Sección 2, el Ahuellamiento fue de severidad media (M) y baja (L); en la Sección 4, las Grietas de borde fueron de severidad alta (H); en la Sección 5 y 6, Huecos de severidad media (M) y alta (H) respectivamente; en la Sección 8, Parcheo de severidad media (M); en la Sección 9, Huecos de severidad alta (H). No se clasificó la severidad del Pulimiento de agregados ya que este tipo de falla necesita ser verificado al tacto.

Se determinó la influencia del uso de la Tecnología VANT en la determinación del estado de conservación del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami de Sullana. Para ello, cada sección fue procesada en el Software EvalPav Carreteras. Los resultados de la evaluación fueron los siguientes:

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

Sector: SECCIÓN 1 (0+000 - 0+060) Carril: DERECHO

Unidad de muestra: U1-D Area de muestra (m²): 270

Progresiva inicial: 00+000 Progresiva final: 00+060

Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)

Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 1.92 VRC: 92 PCI: 8 Colapsado:

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶ 13	H	14.3										14.3	5.3	90
15	L	2.2	6.3									8.5	3.1	22
15	M	2.5										2.5	0.9	17

Figura 59. Sección 1 (Carril Derecho) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 1 (0+000 - 0+060) Carril: IZQUIERDO

Unidad de muestra: U1-I Área de muestra (m²): 270

Progresiva inicial: 00+000 Progresiva final: 00+060

Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)

Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 5.68 VRC: 67 PCI: 33 Pobre

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

Diagrama: Longitud (m): 60 Ancho (m): 4.5

	TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶	11	H	11.1										11.1	4.1	33
	13	H	2.4										2.4	0.9	49
	15	L	1.0	2.6	6.5								10.0	3.7	25

Figura 60. Sección 1 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120) Carril: DERECHO

Unidad de muestra: U2-D Área de muestra (m²): 270

Progresiva inicial: 00+060 Progresiva final: 00+120

Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)

Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 0 VRC: 4 PCI: 96 Excelente

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶ 15	L	1.2										1.2	0.5	4

Figura 61. Sección 2 (Carril Derecho) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120) Carril: IZQUIERDO

Unidad de muestra: U2-1 Área de muestra (m²): 270  
 Progresiva inicial: 00+060 Progresiva final: 00+120  
 Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)  
 Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 0 VRC: 35 PCI: 65 Bueno

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶ 15	L	0.7										0.7	0.2	1
▶ 15	M	5.2	7.6									12.8	4.7	34

Figura 62. Sección 2 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 4 (0+180 - 0+240) Carril: IZQUIERDA

Unidad de muestra: U4-I Área de muestra (m²): 270  
 Progresiva inicial: 00+180 Progresiva final: 00+240  
 Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)  
 Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:   
 m: 0 VRC: 15 PCI: 85 Excelente

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

Diagrama

Longitud (m)	Ancho (m)
60	4.5

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
7	H	11.4										11.4	4.2	15

Figura 63. Sección 4 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 5 (0+240 al 0+300) Carril: IZQUIERDA

Unidad de muestra: U5-I Área de muestra (m²): 270  
 Progresiva inicial: 00+240 Progresiva final: 00+300  
 Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)  
 Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 0 VRC: 12 PCI: 88 Excelente

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

Diagrama

Longitud (m): 60 Ancho (m): 4.5

	TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶	13	L	1.4										1.4	0.5	12

Figura 64. Sección 5 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 6 (0+300 al 0+360) Carril: IZQUIERDA

Unidad de muestra: U6-I Área de muestra (m²): 270

Progresiva inicial: 00+300 Progresiva final: 00+360

Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)

Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 0 VRC: 63 PCI: 37 Pobre

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶ 13	H	4.6										4.6	1.7	63

Figura 65. Sección 6 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 8 (0+420 al 0+480) Carril: IZQUIERDA

Unidad de muestra: U8-I Área de muestra (m²): 270

Progresiva inicial: 00+420 Progresiva final: 00+480

Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)

Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 0 VRC: 11 PCI: 89 Excelente

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶ 11	M	3.3										3.3	1.2	11

Figura 66. Sección 8 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

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

Sector: SECCIÓN 9 (0+480 al 0+540) Carril: IZQUIERDA

Unidad de muestra: U9-I Área de muestra (m²): 270

Progresiva inicial: 00+480 Progresiva final: 00+540

Inspeccionado por: OLAYA, F.; RAMOS, R. (2021)

Fecha: 24/01/2021 Muestra adicional:

m: 0 VRC: 50 PCI: 50 Regular

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
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. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR
▶ 13	H	2.4										2.4	0.9	50

Figura 67. Sección 9 (Carril Izquierdo) – Resultado PCI Software EvalPav.

La Tecnología VANT, permitió identificar el estado de conservación del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami – Sullana. La sección 1 tuvo un PCI de 20.5 que corresponde a un estado de conservación Muy pobre; la sección 2 tuvo un PCI de 80.5 correspondiente a Muy bueno; la sección 4 tuvo un PCI de 85 correspondiente a Excelente, la sección 5 tuvo un PCI de 88 correspondiente a Excelente, La sección 6 obtuvo un PCI de 37 correspondiente a Pobre, la sección 8 obtuvo un PCI de 89 correspondiente a excelente y la sección 9 obtuvo un PCI de 50 correspondiente a regular. Las secciones que no fueron incluidas en el procesamiento fueron la Sección 3, la Sección 7 y la Sección 10; esto debido a que no se presentó otro tipo de falla más que Pulimento de agregados, el mismo que en la inspección en campo se verificó que no es tan severo.

## V. DISCUSIÓN

Esta investigación permitió conocer el estado de conservación del pavimento flexible del Paseo Turicarami – Sullana mediante el uso de Vehículo Aéreo No Tripulado. El VANT identificó con éxito las fallas o daños existentes en la superficie del pavimento evaluado y lo realizó de una manera rápida, automatizada lo cual agilizó de manera sustancial los tiempos y procedimientos, coincidiendo con Cárdenas, D.; Holguín, O.; y Zabala, S. (2019) quienes en su investigación destacaron la ventaja de incorporar el dron en la recopilación de datos dado que facilita todo el procedimiento, y automatiza a los métodos empleados. Entre las fallas identificadas en la superficie del pavimento evaluado con el VANT se encontraron Huecos, Parcheo, Ahuellamiento, Pulimiento de agregados y Grietas de borde.

El VANT permitió identificó con éxito el nivel de severidad de cada uno de los daños hallados en la superficie del pavimento evaluado, encontrando para la Sección 1 huecos de severidad alta (H), Parcheo de severidad baja (L), Ahuellamiento de severidad baja (L) a excepción de un tramo que presentó ahuellamiento de severidad media (M); Sección 2, el Ahuellamiento fue de severidad media (M) y baja (L); en la Sección 4, las Grietas de borde fueron de severidad alta (H); en la Sección 5 y 6, Huecos de severidad media (M) y alta (H) respectivamente; en la Sección 8, Parcheo de severidad media (M); en la Sección 9, Huecos de severidad alta (H). Sin embargo, el VANT no pudo identificar el nivel de severidad de la falla “Pulimiento de agregados” ya que, para este tipo de falla es necesario que la verificación se haga con el tacto, o realizando ensayos de resistencia al deslizamiento. De igual modo, Fiestas, C., Merino, F. (2020) en su investigación indicaron tomar en cuenta que la falla de Pulimiento de agregados, no se podría evaluar con los modelos digitales, puesto que se necesita conocer que la superficie del agregado debe ser suave al tacto.

El VANT permitió en conjunto con el método del PCI, determinar el estado de conservación del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami – Sullana de una manera exitosa, coincidiendo con lo mencionado por Cardoso et al (2017) y Grandsaert, P. (2015) quienes indicaron que el VANT permite identificar las fallas sobre el pavimento que requieren de intervención urgente y que, acoplado con el método del Índice de Condición de Pavimento, automatiza en gran medida los procesos para obtener la condición superficial. En el análisis se obtuvo valores para la sección 1 de un PCI de 20.5 correspondiente a una condición Muy pobre; la sección 2 tuvo un PCI de 80.5 correspondiente a Muy bueno; la sección 4 tuvo un PCI de 85 correspondiente a Excelente, la sección 5 tuvo un PCI de 88 correspondiente a Excelente, La sección 6 obtuvo un PCI de 37 correspondiente a Pobre, la sección 8 obtuvo un PCI de 89 correspondiente a excelente y la sección 9 obtuvo un PCI de 50 correspondiente a regular. En el análisis se excluyeron las secciones 3, 7 y 10 ya que en estas secciones la única falla detectada fue “Pulimiento de agregados” que como ya se ha mencionado, los modelos digitales no permiten realizar una evaluación de esta falla en cuanto a su severidad. El resultado general de la vía fue un PCI de 64 correspondiente a un estado de conservación bueno.

Durante la visita a campo, se comprobó la eficacia de utilizar VANT en inspección de pavimentos, corroborando lo dicho por Cruz, J., Gutierrez, J. (2018) quienes mencionaron las ventajas de utilizar este equipo tal como un levantamiento agilizado, no se interrumpió el tránsito de vehículos ni se puso en riesgo la vida de los inspectores a comparación del método tradicional, además ayuda a elaborar planos que acompaña a los metrados para priorizar el mantenimiento de las zonas en mal estado. Cabe mencionar que se presentaron algunas dificultades durante el trabajo de campo como fue la exposición del equipo a sufrir accidentes o choques con obstáculos como árboles, o postes de luz, tendido eléctrico. A esto se suma la probabilidad que en el momento de que el VANT realice sus capturas fotográficas, pueda capturar vehículos o personas en movimiento, por lo que es recomendable realizar hasta 3 vuelos completos en la zona de estudio para tener información que pueda sustituir en caso sucedan estos casos. También es aconsejable realizar las actividades en una fecha y horario de baja fluencia de tráfico vehicular. No hubo problemas significativos

con la inestabilidad de vuelo durante la inspección de la presente, a diferencia de Cardoso et al (2017) y Grandsaert, P. (2015) quienes mencionaron que la inestabilidad de vuelo influyó en la nitidez de las imágenes capturadas afectando la precisión geométrica.

Los resultados obtenidos permitieron seleccionar las mejores alternativas de intervención para el pavimento flexible del Paseo Turicarami – Sullana. Para un PCI general de 64 correspondiente a un estado de conservación bueno, la mejor alternativa sería una Rehabilitación con actividades menores o rutinarias, sin embargo los resultados para cada sección se deben considerar de manera individual ya que hay secciones que presentan una condición muy pobre como la sección 1 y sección 6 (PCI de 20.5 y 37 respectivamente) cuya mejor intervención correspondería a una rehabilitación con actividades mayores y correctivas, mientras que para el resto de secciones que presentan una condición muy buena e incluso excelente, correspondería actividades de mantenimiento menor. La sección 9 (PCI de 50) necesita actividades de rehabilitación mayor (efectivo).

Por último, el uso del VANT ha permitido obtener un metrado que puede ser empleado para requerimientos de servicios de recuperación y/o mantenimiento de las vías evaluadas, lo cual es un gran aporte para las Municipalidades e Instituciones encargadas. El cuadro que se presenta a continuación contiene el metrado de las fallas encontradas por sección, su respectiva intervención y sus costos.

Tabla 9. Fallas, intervención

Descripción	Und.	Metrado	Severidad	Intervención
Huecos	m2	14.31	H	Parcheo profundo
Huecos	m2	2.36	H	Parcheo profundo
Parcheo	m2	11.12	L	Sin intervenir
Ahuellamiento	m2	6.26	L	Fresado y sobrecarpeta
Ahuellamiento	m2	2.57	L	Fresado y sobrecarpeta
Ahuellamiento	m2	6.46	L	Fresado y sobrecarpeta

Descripción	Und.	Metrado	Severidad	Intervención
Ahuellamiento	m2	0.96	L	Fresado y sobrecarpeta
Ahuellamiento	m2	2.2	L	Fresado y sobrecarpeta
Ahuellamiento	m2	2.52	M	Parqueo parcial
Pulimiento de agregados	m2	554.83	-	Sin intervenir
Ahuellamiento	m2	5.17	M	Parqueo parcial
Ahuellamiento	m2	1.87	L	Fresado y sobrecarpeta
Ahuellamiento	m2	7.63	M	Parqueo parcial
Pulimiento de agregados	m2	409.72	-	Sin intervenir
Pulimiento de agregados	m2	407.67	-	Sin intervenir
Grietas de borde	ml	11.43	H	Parqueo profundo
Pulimiento de agregados	m2	401.38	-	Sin intervenir
Huecos	m2	1.38	L	Parqueo parcial.
Pulimiento de agregados	m2	396.77	-	Sin intervenir
Huecos	m2	4.59	H	Parqueo profundo.
Pulimiento de agregados	m2	509.99	-	Sin intervenir
Pulimiento de agregados	m2	479.55	-	Sin intervenir
Parqueo	m2	3.28	M	Sustitución del parche.
Pulimiento de agregados	m2	442.26	-	Sin intervenir
Huecos	m2	2.41	H	Parqueo profundo.
Pulimiento de agregados	m2	410.29	-	Sin intervenir
Pulimiento de agregados	m2	405.33	-	Sin intervenir

Fuente: Elaboración propia.

## VI. CONCLUSIONES

1. Las fallas identificadas mediante el uso de VANT para la Sección 1 fueron huecos, Parcheo, Ahuellamiento y Pulimiento de agregados; Sección 2, las fallas encontradas fueron Ahuellamiento y Pulimiento de agregados; en la Sección 3, solo se encontró la falla Pulimiento de agregados; en la Sección 4, las fallas encontradas fueron Grietas de borde y Pulimiento de agregados; en la Sección 5 y 6, las fallas encontradas fueron Huecos y Pulimiento de agregados; en la Sección 7, solo se encontró Pulimiento de agregados; en la Sección 8, las fallas encontradas fueron Parcheo y Pulimiento de agregados; en la Sección 9, las fallas encontradas fueron Huecos y Pulimiento de agregados y en la Sección 10, solo se encontró Pulimiento de agregados.
2. La severidad identificada mediante el uso de VANT para la Sección 1 fueron huecos de severidad alta (H), Parcheo de severidad baja (L), Ahuellamiento de severidad baja (L) a excepción de un tramo que presentó ahuellamiento de severidad media (M); Sección 2, el Ahuellamiento fue de severidad media (M) y baja (L); en la Sección 4, las Grietas de borde fueron de severidad alta (H); en la Sección 5 y 6, Huecos de severidad media (M) y alta (H) respectivamente; en la Sección 8, Parcheo de severidad media (M); en la Sección 9, Huecos de severidad alta (H). No se clasificó la severidad del Pulimiento de agregados ya que este tipo de falla necesita ser verificado al tacto.
3. El estado de conservación de la vía determinado mediante el uso de VANT para la sección 1 fue un PCI de 20.5 (Muy pobre); la sección 2 tuvo un PCI de 80.5 (Muy bueno); la sección 4 tuvo un PCI de 85 (Excelente), la sección 5 tuvo un PCI de 88 (Excelente), la sección 6 obtuvo un PCI de 37 (Pobre), la sección 8 obtuvo un PCI de 89 (Excelente) y la sección 9 obtuvo un PCI de 50 (Regular). El resultado general de la vía fue un PCI de 64 correspondiente a un estado de conservación bueno. Las actividades de intervención para la sección 1 y sección 6 son rehabilitar con actividades mayores y correctivas, la sección 9 necesita actividades de rehabilitación mayor (efectivo). Las secciones 2, 3, 4, 5, 7 y 10 necesitan actividades de mantenimiento menor o rutinario

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda utilizar el VANT para actividades de inspección, evaluación e identificación de fallas en la superficie del pavimento.
2. Se recomienda tomar las medidas de intervención de acuerdo a los resultados de cada sección evaluada y a sus propuestas de intervención consistentes en actividades menores y mayores según corresponda, a fin de recuperar las condiciones iniciales de la vía y mejorar su transitabilidad, seguridad y comodidad.
3. Se recomienda a las autoridades competentes que los resultados del presente estudio sean utilizados para realizar requerimientos de servicios de recuperación y/o mantenimiento de las vías evaluadas.

## REFERENCIAS

- Aldazabal, A. (2019). CCL: El 80% de las carreteras del Perú está en mal estado. *Diario Correo*. Recuperado el 6 de noviembre de 2020, de <https://diariocorreo.pe/economia/ccl-el-80-de-las-carreteras-del-peru-esta-en-mal-estado-876224/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (11 de agosto de 2020). *De estructuras a servicios: El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 9 de noviembre de 2020, de Carreteras Pan-Americanas: <https://flagships.iadb.org/es/DIA2020/de-estructuras-a-servicios>
- Cardenas, D., Holguin, O., & Zabala, S. (2019). *Auscultación usual realizada mediante el dron DJI Phantom 4 Pro, con implementación de metodologías VIZIR y PCI para Pavimentos flexibles en la carrera 69b sur entre la avenida Primera de Mayo y Calle 9 a sur - barrio Villa Claudia - ciudad Bogotá*. [Tesis de grado]. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6515>
- Cardoso, D., Carvalho, N., & Pessoa, A. (2017). Uso de vehículo aéreo no tripulado (VANT) en la identificación de falla superficial en pavimento asfáltico. *Rev. ALCONPAT*, 7(2), 160-171. doi:10.21041/ra.v7i2.161
- CONCYTEC. (2018). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT*. Recuperado el 20 de setiembre de 2020, de <https://portal.concytec.gob.pe>
- Cruz, J. (2018). Evaluación superficial de vías urbanas empleando vehículo aéreo no tripulado (VANT). *Metodos & Materiales*, 8, 22-32. doi:10.15517/mym.v8i1.34113
- Fiestas, D., & Merino, F. (2020). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible a la Av. Don Bosco - Piura usando drones*. [Tesis de pregrado]. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4490/ICI\\_2001.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4490/ICI_2001.pdf)
- Garcia, R. (2017). *¿El mal estado de las carreteras repercute en los accidentes de tráfico?* Recuperado el 10 de noviembre de 2020, de Fundación CEA:

<https://www.seguridad-vial.net/via/203-el-mal-estado-de-las-carreteras-repercute-en-los-accidentes-de-traffic>

Grandsaert, P. (2015). *Integrating Pavement Crack Detection and Analysis using Autonomous Unmanned Aerial Vehicle Imagery*. [Master Thesis]. Obtenido de <https://scholar.afit.edu/etd/147/>

Gupta, S., Ghonge, M., & Jawandhiya, P. (2013). Review of Unmanned Aircraft System (UAS). *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 2(4), 1646 -1658. doi: 10.2139/ssrn.3451039

Gutierrez, A. (03 de abril de 2020). *¿Existe relación entre el estado de la carretera y la contaminación?* Recuperado el 12 de noviembre de 2020, de Dirección General de Tráfico - España: <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2020/04ABRIL/0402aec-carreteras-mal-estado-contaminacion.shtml#.X7DCE2hKjDe>

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México: McGraw-Hill.

Jugo, A. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. Venezuela.

Núñez, J. (2014). *Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas*. (Tesis). Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2143/MAS\\_ICIV-L\\_028.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2143/MAS_ICIV-L_028.pdf)

Productor Agropecuario. (17 de julio de 2017). *Estado de calamidad vial declarado en Guatemala*. Recuperado el 8 de noviembre de 2020, de Productor Agropecuario: <https://revistaproagro.com/estado-calamidad-vial-declarado-guatemala/>

Vasquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

## ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

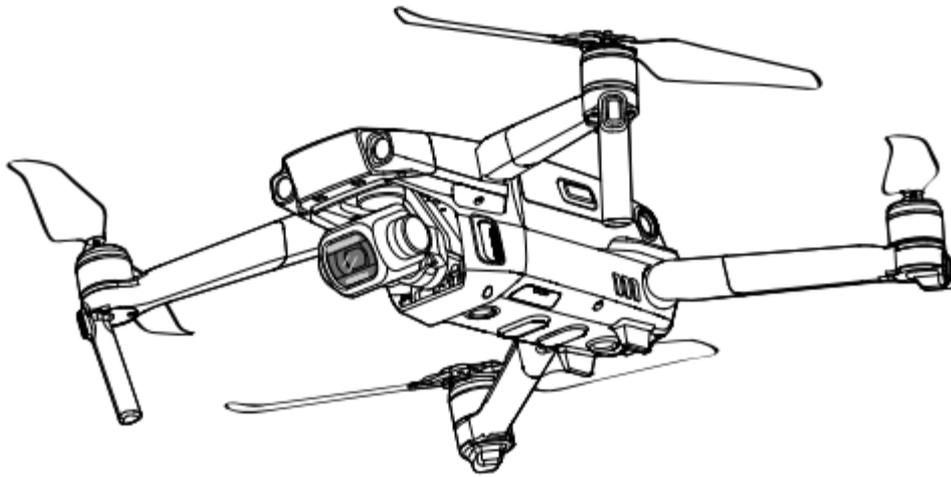
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VI: VANT	Vehículo Aéreo no Tripulado o también conocido como drone, son equipos controlados desde tierra de manera remota. En ingeniería tiene muchas aplicaciones, incluida la inspección de pavimentos. Presenta grandes ventajas con respecto a las inspecciones tradicionales como tiempos más cortos, nulo cierre de carriles, baja exposición al peligro de los inspectores, registro de ortofotos, etcétera. (PCI Drone, 2020).	Identificación de 19 fallas del pavimento flexible	Piel de Cocodrilo	m <sup>2</sup>
			Exudación	m <sup>2</sup>
			Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>
			Abultamientos y Hundimientos	m
			Corrugación	m <sup>2</sup>
			Depresión	m <sup>2</sup>
			Grieta de Borde	m
			Grieta de reflexión de junta	m
			Desnivel Carril/berma	m
			Grietas longitudinales y transversales	m
			Parcheo	m <sup>2</sup>
			Pulimiento de agregados	N°
			Huecos	m <sup>2</sup>
			Cruce de vía férrea / Rieles	m <sup>2</sup>
			Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
			Desplazamiento	m <sup>2</sup>
			Grieta parabólica	m <sup>2</sup>
		Hinchamiento	m <sup>2</sup>	
		Desprendimiento de agregados	m <sup>2</sup>	
Identificación del nivel de severidad	Baja	L		
	Media	M		
	Alta	H		
VD: Evaluación Superficial de Pavimentos	Método muy utilizado para evaluar pavimentos ya sean flexibles o rígidos, y calificar su estado de conservación. (Vásquez, 2002).	Esta variable se medirá de acuerdo a la calificación del estado de conservación según el Método PCI.	Excelente	100 - 85
			Muy bueno	85 - 70
			Bueno	70 - 55
			Regular	55 - 40
			Pobre	40 - 25
			Muy pobre	25 - 10
			Colapsado	10 - 0

ANEXO 2: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

# MAVIC 2 PRO/ZOOM

User Manual v1.0

2018.08



## **MAVIC 2 PRO (ESPECIFICACIONES TECNICAS)**

### CÁMARA MAVIC 2 PRO

<b>Sensor</b>	1" CMOS Píxeles efectivos: 20 millones FOV: 77°
<b>Objetivo</b>	Formato equivalente a 35 mm: 28 mm Apertura: f/2.8 – f/11 Distancia de enfoque: 1 m a ∞ Vídeo:
<b>Rango ISO</b>	Foto: 100 – 3200 (auto) 100 – 12 800 (manual)
<b>Velocidad de obturación</b>	Obturador electrónico: 8 – 1/8000 s
<b>Tamaño de fotografía</b>	5472×3648 Disparo único Disparo en ráfaga: 3/5 fotogramas
<b>Modos de fotografía</b>	Exposición automática en horquillado (AEB), 3/5 horquillas de exposición a 0.7 EV bias Intervalo: (JPEG): 2/3/5/7/10/15/20/30/60sRAW:5/7/10/15/20/30/60s 4K: 3840×2160 24/25/30p
<b>Resolución de vídeo</b>	2.7K: 2688×1512 24/25/30/48/50/60p FHD: 1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p
<b>Tasa de bits máx. de almacenamiento de vídeo</b>	100 Mbps
<b>Modo de color</b>	Dlog-M (10 bits), permite vídeo en HDR (HLG 10 bits)
<b>Sistemas de archivo compatibles</b>	FAT32 (≤ 32 GB) exFAT (> 32 GB)
<b>Formatos de fotografía</b>	JPEG / DNG (RAW)
<b>Formatos de vídeo</b>	MP4 / MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)

AERONAVES

<b>Peso de despegue</b>	907 g (Mavic 2 Pro)905 g (Mavic 2 Zoom)
-------------------------	---

<b>Dimensiones</b>	Plegado: 214×91×84 mm (largo × ancho × alto) Deplegado: 322×242×84 mm (largo × ancho × alto)
<b>Distancia diagonal</b>	354 mm
<b>Velocidad máx. en ascenso</b>	5 m/s (modo S) 4 m/s (modo P)
<b>Velocidad máx. en descenso</b>	3 m/s (modo S) 3 m/s (modo P)
<b>Velocidad máxima (cerca del nivel del mar, sin viento)</b>	72 km/h (modo S)
<b>Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar</b>	6000 m
<b>Tiempo máx. de vuelo (sin viento)</b>	31 minutos (a una velocidad constante de 25 km/h)
<b>Tiempo máx. en vuelo estacionario (sin viento)</b>	29 minutos
<b>Distancia máx. de vuelo (sin viento)</b>	18 km (a una velocidad constante de 50 km/h)
<b>Resistencia al viento máx.</b>	29 – 38 km/h
<b>Ángulo de inclinación máx.</b>	35° (Modo S, con control remoto) 25° (Modo P)
<b>Velocidad angular máx.</b>	200°/s
<b>Rango de temperatura de funcionamiento</b>	-10 °C – 40 °C
<b>Frecuencia de funcionamiento</b>	2.400 – 2.483 GHz 5.725 – 5.825 GHz
<b>Transmisión de potencia (PIRE)</b>	2.400 – 2.483 GHz: FCC: ≤26 dBm CE: ≤20 dBm 5.725 – 5.850 GHz: FCC: ≤26 dBm CE: ≤14 dBm
<b>GNSS</b>	GPS + GLONASS
<b>Rango de precisión en vuelo estacionario</b>	Vertical: ±0.1 m (con posicionamiento visual) ±0.5 m (con posicionamiento por GPS) Horizontal:

±0.3 m (con posicionamiento visual)  
±1.5 m ((con posicionamiento por GPS)

**Almacenamiento interno**

8 GB

**SISTEMA DE DETECCIÓN**

**Sistema de detección**

Detección de obstáculos omnidireccional<sup>1</sup>

**Frontal**

Alcance de la medición con precisión: 0.5 – 20 m

Alcance de detección: 20 – 40 m

Velocidad de detección efectiva: ≤ 14 m/s

Campo de visión (FOV): Horizontal: 40°, Vertical: 70°

**Trasero**

Alcance de la medición con precisión: 0.5 – 16 m

Alcance de detección: 16 – 32 m

Velocidad de detección efectiva: ≤ 12 m/s

Campo de visión (FOV): Horizontal: 60°, Vertical: 77°

**Superior**

Alcance de la medición con precisión: 0.1 a 8 m

**Inferior**

Alcance de la medición con precisión: 0.5 a 11 m

Rango de detección: 11 a 22 m

**Lateral**

Alcance de la medición con precisión: 0.5 a 10 m

Velocidad de detección efectiva: ≤ 8 m/s

FOV: Horizontal: 80°; Vertical: 65°

Frontal, trasera y lateral:

Superficie con un patrón definido y una iluminación adecuada (lux > 15)

Superior:

Detecta superficies reflectantes difusas (>20%) (paredes, árboles, personas...)

**Entorno operativo**

Inferior:

Superficie con un patrón definido y una iluminación adecuada (lux > 15)

Detecta superficies reflectantes difusas (>20%) (paredes, árboles, personas...)

**CARGADOR**

**Entrada**

100-240 V, 50/60 Hz, 1.8A

**Salida**

Principal: 17.6 V = 3.41 A

or 17.0 V = 3.53 A USB: 5 V=2 A

**Voltaje**

17.6 ± 0.1 V

**Potencia nominal** 60 W

## APLICACIÓN

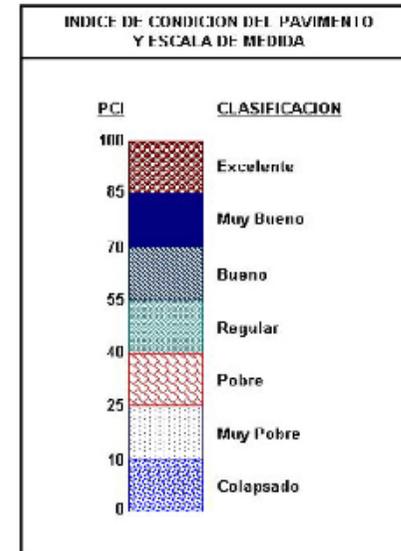
<b>Sistema de transmisión de vídeo</b>	OcuSync 2.0
<b>Nombre</b>	DJI GO 4
	Control remoto: 720p a 30 fps / 1080p a 30 fps
<b>Calidad de la retransmisión en directo</b>	DJI Goggles: 720p a 30 fps / 1080p a 30 fps DJI Goggles RE: 720 a 30 fps / 1080p a 30 fps
<b>Latencia (dependiendo de las condiciones del entorno y del dispositivo móvil)</b>	120 – 130 ms
<b>Bitrate máx. de video en directo</b>	40 Mbps
<b>Sistema operativo requerido</b>	iOS 9.0 o posterior, Android 5.0 o posterior

### ANEXO 3: REPORTE SOFTWARE EVALPAV

#### Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
 CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
 ASTM D 6433 (2003)

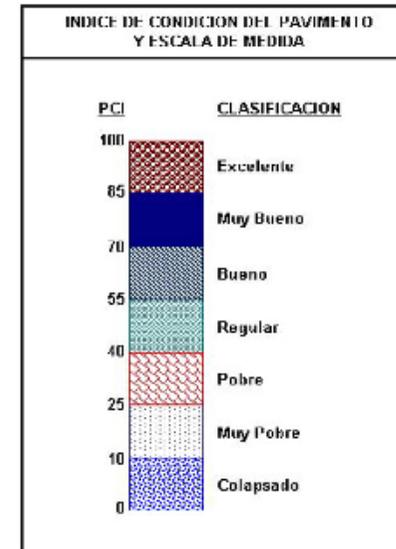
TRAMO: SECCIÓN 1 (0+000 - 0+060) / CARRIL DERECHO								
N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U1-D	00+000	00+060	1.9	92	8	Colapsado
PROMEDIO							8	Colapsado



Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)

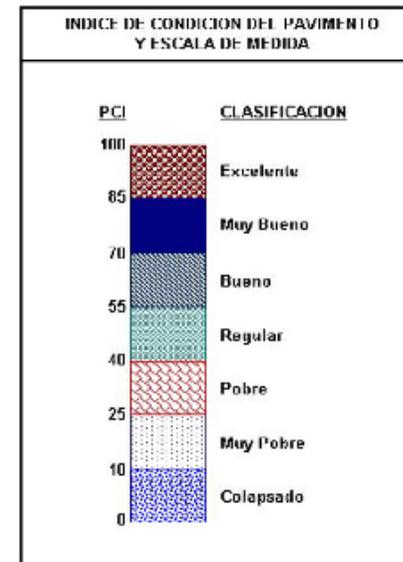
TRAMO: SECCIÓN 1 (0+000 - 0+060) / CARRIL IZQUIERDO								
N°	AREA (m <sup>2</sup> )	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U1-I	00+000	00+060	5.7	67	33	Pobre
PROMEDIO							33	Pobre



**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

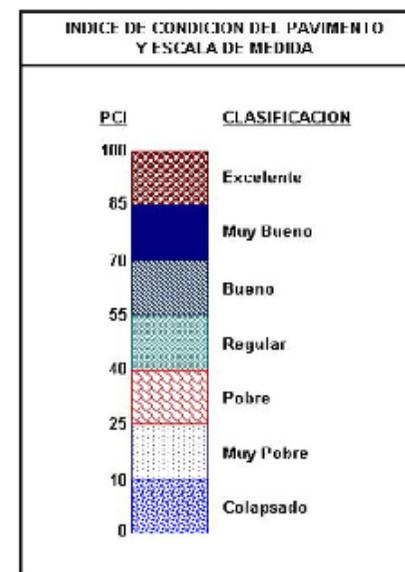
TRAMO: SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120) / CARRIL DERECHO								
N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U2-D	00+060	00+120		4	96	Excelente
PROMEDIO							96	Excelente



**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

TRAMO: SECCIÓN 2 (0+060 - 0+120) / CARRIL IZQUIERDO								
N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U2-I	00+060	00+120		35	65	Bueno
PROMEDIO							65	Bueno



**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL INDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

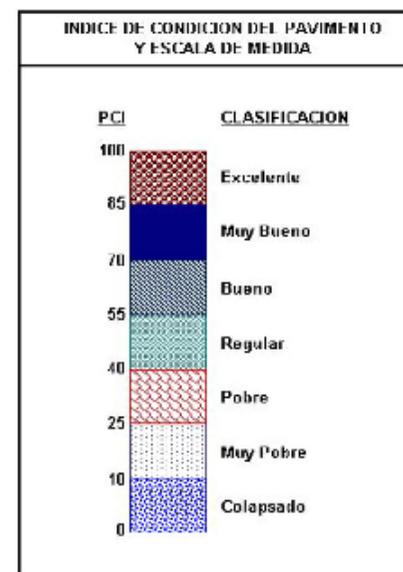
TRAMO: SECCIÓN 4 (0+180 - 0+240) / CARRIL DERECHA								
N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U4-D	00+180	00+240		15	85	Excelente
PROMEDIO							85	Excelente



Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)

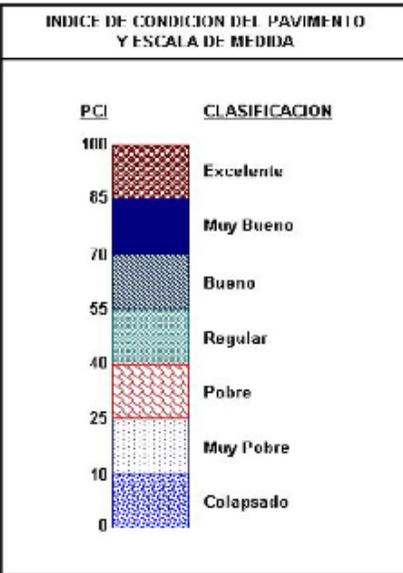
TRAMO: SECCIÓN 4 (0+180 - 0+240) / CARRIL IZQUIERDA								
N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U4-I	00+180	00+240		15	85	Excelente
PROMEDIO							85	Excelente



**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

TRAMO: SECCIÓN 5 (0+240 al 0+300) / CARRIL DERECHA								
N°	AREA (m <sup>2</sup> )	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U5-D	00+240	00+300		12	88	Excelente
PROMEDIO							88	Excelente



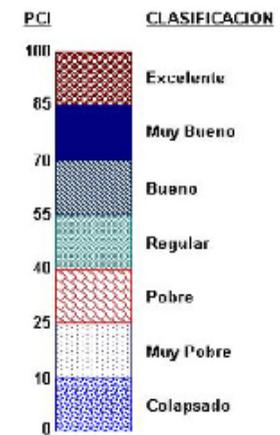
**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

**TRAMO: SECCIÓN 5 (0+240 al 0+300) / CARRIL IZQUIERDA**

N°	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U5-I	00+240	00+300		12	88	Excelente
PROMEDIO							88	Excelente

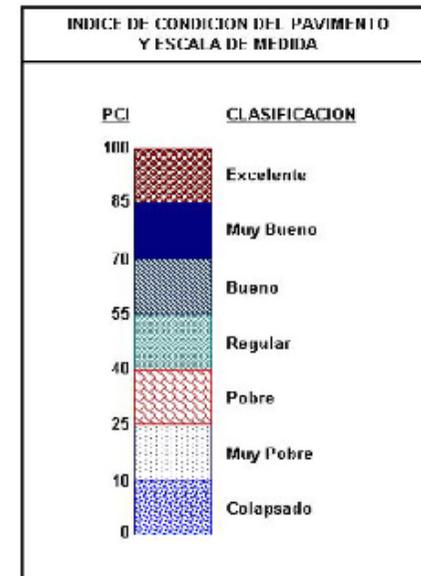
**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y ESCALA DE MEDIDA**



**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

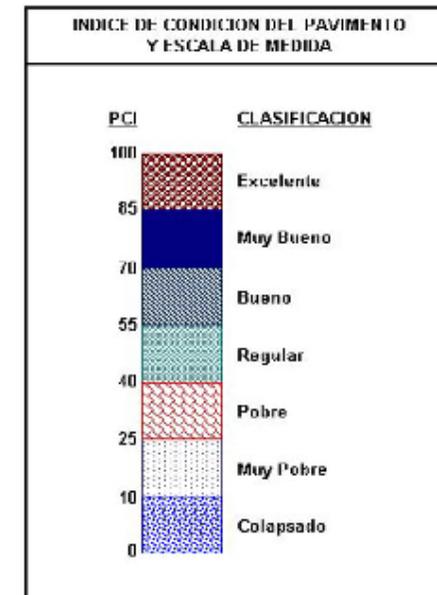
TRAMO: SECCIÓN 6 (0+300 al 0+360) / CARRIL IZQUIERDA								
Nº	AREA (m²)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U6-I	00+300	00+360		63	37	Pobre
PROMEDIO							37	Pobre



Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA  
ASTM D 6433 (2003)

TRAMO: SECCIÓN 8 (0+420 al 0+480) / CARRIL IZQUIERDA								
N°	AREA (m <sup>2</sup> )	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U8-1	00+420	00+480		11	89	Excelente
PROMEDIO							89	Excelente



**Evaluación Superficial del Pavimento Flexible del Paseo Turicarami, Sullana - Piura utilizando Tecnología VANT**

**MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA  
ASTM D 6433 (2003)**

TRAMO: SECCIÓN 9 (0+480 al 0+540) / CARRIL IZQUIERDA								
N°	AREA (m <sup>2</sup> )	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA		m	VDC	PCI	CLASIFICACION
			INICIAL	FINAL				
01	270.0	U9-I	00+480	00+540		50	50	Regular
PROMEDIO							50	Regular



## **ANEXO 4: CÁLCULO DEL NÚMERO DE SECCIONES**

### **DETERMINACION DEL NÚMERO DE SECCIONES**

<b><u>Área total de la calzada</u></b>	5400 m <sup>2</sup>
Longitud del tramo:	600 m
Ancho de la Calzada:	9 m
Tamaño de sección:	540 m <sup>2</sup>
Longitud de la muestra	60 m
Número de Unidades de Muestra:	10 unidades

## ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO





