

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Gestión de información de la condición de pavimentos
empleando el SIG y VANT**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Fraday Wilson Mamani Quenallata

Asesor:

Mg. Gerardo William Pari Quispe

Juliaca, mayo de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Gerardo William Pari Quispe, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTOS EMPLEANDO EL SIG Y VANT**” constituye la memoria que presenta el Bachiller **Frady Wilson Mamani Quenallata** para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, tiene un índice de similitud de 13% verificable en el informe del programa Turnitin, y cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del o los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 24 días del mes de mayo del año 2023.



Mg, Gerardo William Pari Quispe,
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a...15.....día(s) del mes de...*mayo*.....del año 2023, siendo las...16:01...horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: *Ing. Herasen Deberly Pari Jauri*....., el secretario: *Ing. Rina Luzmeri Yampara Escora*..... y los demás miembros: *Mg. Edwin Parillo Escarsena*.....

.....y el asesor *Mg. Gerardo William Pari Quipe*..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada:

Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG y VANT

.....de el(los)/la(las) bachiller(es): a) *Frady Wilson Mamoni Quenallata*.....

.....b).....

.....conducente a la obtención del título profesional de *Ingeniero Civil*.....
(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a) *Frady Wilson Mamoni Quenallata*.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>14</i>	<i>C</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Bueno</i>

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Signature]
Presidente

[Signature]
Miembro

[Signature]
Secretario

[Signature]
Asesor

.....
Miembro

[Signature]
Candidato/a (a)

.....
Candidato/a (b)

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS	II
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	III
ÍNDICE GENERAL	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. METODOLOGÍA.....	9
2.1. Diseño metodológico	9
2.2. Diseño muestral	10
2.3. Instrumentos	11
2.4. Equipos y Herramientas	11
2.5. Proceso metodológico	12
2.6. Confiabilidad	13
3. RESULTADOS	13
4. DISCUSIÓN.....	20
5. CONCLUSIÓN.....	22
6. REFERENCIAS	23
7. ANEXOS.....	26
7.1. Fichas de evaluación.....	26
EVIDENCIA DE SUMISIÓN DEL ARTÍCULO	27
RESOLUCIÓN DE INSCRIPCIÓN DEL PERFIL.....	28

Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG y VANT

Pavement condition information management employing GIS and UAV

Mamani Quenallata Frady Wilson ^a

^aEP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

La investigación propone un medio eficiente para gestionar información de la condición, tipo y acciones de mantenimiento de los pavimentos mediante el sistema de información geográfica (SIG). Para su desarrollo se utilizó Quantum GIS (QGIS), en el cual se creó una base de datos de 3090,8m de pavimento, además se registró la información de la condición de los pavimentos usando la ficha de evaluación ASTM D 6433-07, el inventario de fallas fue realizado por inspección visual in situ y mediante toma de imágenes asistido por un vehículo aéreo no tripulado (VANT). Los resultados obtenidos empleando el SIG y VANT en la evaluación de pavimentos muestran que la eficiencia con relación al método convencional en tiempo y costo son de 27,3% y 24,9% respectivamente; por otra parte, no existe diferencia significativa de los valores del índice de condición entre ambos métodos. En conclusión, con el uso de SIG y VANT se hace una gestión eficiente y estructurada, en consecuencia, los resultados de la condición del pavimento son obtenidos bastante más rápido y económico que la evaluación tradicional, de igual modo esta propuesta permite hacer monitoreo y toma de decisiones óptimas en la fase de postconstrucción, mantenimiento y rehabilitación.

Palabras clave: Condición de pavimento; sistemas de información geográfica; vehículo aéreo no tripulado.

Abstract

The research proposes an efficient means to manage information on the condition, type and maintenance actions of pavements through the geographic information system (GIS). For its development, Quantum GIS (QGIS) was used, in which a database of 3090,8m of pavement was created, in addition the information on the condition of the pavements was recorded using the ASTM D 6433-07 evaluation sheet, the inventory of failures was carried out by visual inspection in situ and by taking images assisted by an unmanned aerial vehicle (UAV). The results obtained using the GIS and UAV in the evaluation of pavements show that the efficiency in relation to the conventional method in time and cost are 27,3% and 24,9% respectively; on the other hand, there is no significant difference in the values of the condition index between both methods. In conclusion, with the use of GIS and UAV an efficient and structured management is made, consequently, the results of the condition of the pavement are obtained much faster and cheaper than the traditional evaluation, in the same way this proposal allows monitoring and taking optimal decisions in the post-construction, maintenance and rehabilitation phase.

Keywords: Pavement condition; geographic information systems; unmanned aerial vehicle.

1. Introducción

Los métodos habituales en la gestión de pavimentos no posibilitan un acceso eficiente a la información de la condición de pavimento por parte de los gobiernos locales y regionales. Así mismo gran parte de los municipios cuentan con la mínima o nula información disponible, a su vez donde existe información se encuentra desactualizada en medios físicos u hojas de cálculo, los cuales no son los mejores gestores para las bases de datos, agregando a lo anterior los municipios no disponen de recursos humanos y presupuesto para evaluación del estado de pavimentos de manera regular. Sotil (2014) sostiene que, en el Perú no existe el hábito de recolectar información histórica de la condición de pavimentos, además de que los mantenimientos si se les hacen está orientado más a decisiones políticas que a un análisis técnico económico. Por otra parte, Macea Mercado et al. (2016) afirman que, en casos de no contar con mecanismos de gestión de información y herramientas de tecnología que la ciencia propicia a medida que avanza, se corre el riesgo de formular planes poco eficientes sobre todo en países en vías de desarrollo donde los recursos son escasos. La falta de disponibilidad de registros históricos de mantenimiento y el inadecuado planeamiento de forma empírica e incorrecta aumenta el porcentaje de deterioro de los pavimentos, a causa de estos también incrementan los costos de uso en los usuarios (Bazlamit et al., 2017; Pereira et al., 2019).

La implementación del SIG y VANT conduce a obtener una propuesta que gestione información de la condición de pavimentos, de accesible aplicación en los gobiernos locales, que posibilite una administración eficiente de la condición del pavimento, también la optimización de tiempo y costo de evaluación, además de evitar el cierre temporal o total de vías para su evaluación. Propuesta que facilite la selección rápida y económica en los tramos de las vías a intervenir, en consecuencia, tomas de decisiones bien fundamentadas. Las limitaciones respecto al método tradicional es que no es aplicable en ciertos lugares de las vías urbanas en donde existen “zonas geo” donde el uso del VANT es restringido, por su parte el valor del índice de condición del pavimento (PCI) varía ligeramente pero no

lo suficiente como para influir en la descripción del tipo de condición. De acuerdo a Balaguera et al. (2018) y Amaral Manso et al. (2016), los SIG empleados en la gestión de pavimentos deberían ser uno de los objetivos prioritarios para las entidades que están a cargo de la construcción y conservación de las redes viales alrededor del mundo, con respecto a la conservación afirman que consiste en primer instancia evaluar la condición de los pavimentos de la manera más óptima posible, es decir utilizar un método que no demande mucho tiempo, además analizar los beneficios y costos con el uso eficiente de los recursos, agregando a lo anterior aseguran que una adecuada gestión de pavimentos disminuye el costo entre dos a cuatro veces el monto de la reconstrucción del pavimento, de igual manera aseguran que la edad del pavimento aumenta considerablemente.

Yunus y Hassan (2010) afirman, que el desarrollo y crecimiento económico de una nación está estrechamente relacionado con su sistema de transporte disponible. Las buenas y eficientes instalaciones de infraestructura de transporte por carretera promoverán el desarrollo industrial y socioeconómico. Dicho de otra manera, La población beneficiaria al ser implementado esta forma de gestionar los pavimentos serán los pobladores mismos de los distritos y/o provincias, puesto que por ejemplo con trabajos de conservación apropiadamente adoptado, formulado y programado se estaría garantizando un buen pavimento a lo largo del tiempo, o lo que es más ofrecer seguridad y comodidad para el usuario. Por otro lado Garcia Juan y Vallina Rodriguez (2019), France-Mensah et al. (2017) sostienen que, los SIG son herramientas de gran versatilidad en el procesamiento de datos, contextualización de la información y la gestión integrada de base de datos, cuentan con un gran número de complementos gratuitos de fácil instalación, así mismo, permiten la conexión con distintos gestores de base de datos, por otra parte, afirma que los SIG ya pertenecen a un grupo mayor denominado TIG (tecnologías de la información geográfica) y que en estos días ya se va implementando la tecnología Big Data para datos e información de gran volumen.

En otra investigación Rusu et al. (2015), indican que el proceso de pavimentación

se ha desarrollado en tres direcciones principales: construcción de pavimentos, gestión de pavimentos e investigación de pavimentos. Si bien la construcción de pavimentos puede gestionar nuevos pavimentos y la rehabilitación de pavimentos, incluido el desarrollo de especificaciones y el aseguramiento de la calidad, la gestión de pavimentos tiene un seguimiento de las carreteras posteriores a la construcción, el mantenimiento preventivo y los tratamientos de rehabilitación para el deterioro y el análisis económico de alternativas, basado en el análisis del costo del ciclo de vida. Por otra parte, Pinatt et al. (2020), Al-Rubaei et al. (2020) y Bartelme (2022) afirman en que el uso de herramientas SIG en la gestión de pavimentos resulta eficiente, permitiendo una mayor agilidad y mejorando enormemente la calidad en el proceso de toma de decisiones debido a la fácil visualización de las características de la vía. A través de los mapas, la visualización es directa y toda la información se puede observar en un mismo espacio. Además, que los datos son fáciles de guardar y recuperar.

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es plantear una eficiente forma de gestionar información de la condición y acciones de mantenimiento empleando el SIG en los pavimentos, así mismo obtener información del pavimento mediante inspección visual in situ y toma de imágenes asistido por un vehículo aéreo no tripulado, los cuales identificarán el tipo de daño respecto a la clase, severidad y extensión en los pavimentos de la zona en estudio. Además, calcular el PCI de las muestras. Cabe mencionar que este estudio se limita a presentar una propuesta de gestión con el uso del SIG Y VANT que consiste en crear una base de datos en función a la condición del pavimento y la ubicación exacta de cada muestra evaluada, asimismo la aplicación de esta propuesta de gestión en la zona de estudio y finalmente mostrar la eficiencia que ofrece el SIG vinculado al VANT.

2. Metodología

2.1. Diseño metodológico

El tipo de investigación de acuerdo a los tipos de datos analizados es del enfoque

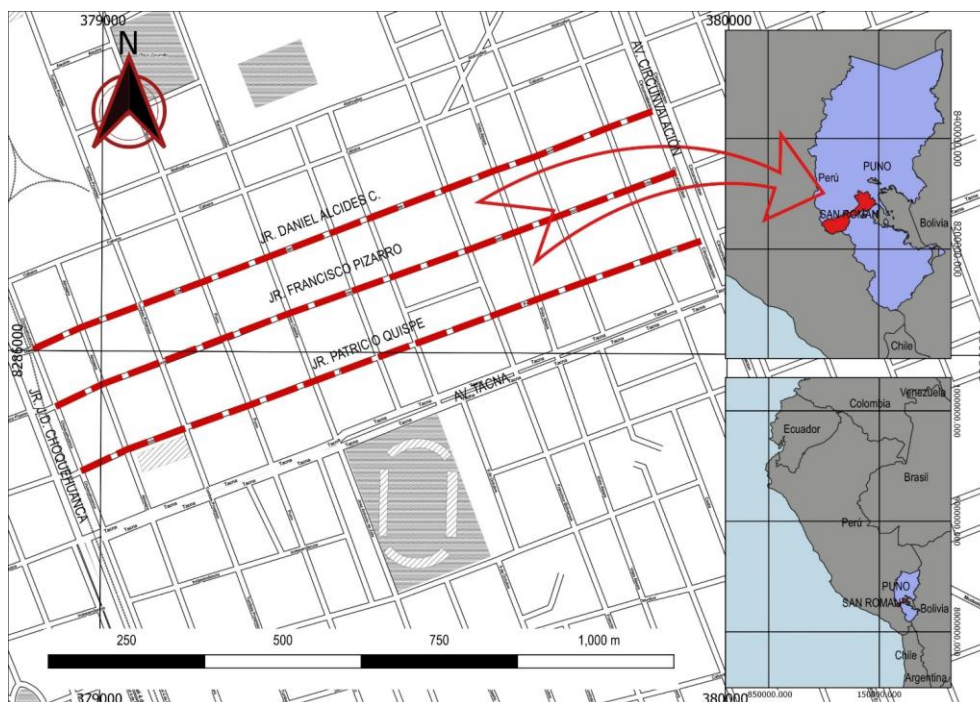
cuantitativo y de acuerdo al fin que se persigue es una investigación tecnológica. Mientras tanto el diseño de investigación más apropiado es el no experimental, de la clase transeccional o transversal descriptivo. Sampieri et al. (2014) explica que esta clase tiene como finalidad inquirir la repercusión de los niveles de una o más variables en una población. Por su parte, Borja (2012) afirma “Una de las características principales de la investigación descriptiva es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de dicho objeto”.

2.2. Diseño muestral

El área de estudio corresponde a un lugar céntrico de la ciudad de Juliaca. En la figura 1 se indica la población, las cuales son todos los pavimentos del Jr. Daniel Alcides Carrión, Jr. Francisco Pizarro y Jr. Patricio Quispe. Todos ellos localizado entre la Av. Circunvalación y el Jr. José Domingo Choquehuanca.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio.










Por otra parte, el tipo de muestreo elegido es el no probabilístico, ya que los datos de cada muestra no pueden generalizarse a toda la población. Con respecto a la unidad de análisis serán las muestras de pavimentos rígidos y flexibles, es decir cada unidad de análisis es una división de pavimento que tiene una longitud calculada en función al método PCI, el tamaño de muestra son todas las unidades dentro de la población mencionada, en consecuencia, se evaluaron sesenta y dos muestras.

2.3. Instrumentos

Para identificar la condición del pavimento se empleó el inventario físico de Registro fundamentado en la norma internacional ASTM D 6433-07. (anexo 7.1), éste es un método de cuantificación de la condición de un pavimento llamado Pavement Condition Index (PCI), La cual fue implementado por profesionales e ingenieros de las fuerzas armadas de los EE.UU. en la tabla 1 se muestra los rangos del PCI con las descripciones cualitativas y simbólicas que sugiere la norma. Entre tanto la técnica para la recolección de datos fue la observación.

Tabla 1

Rangos del índice de condición de pavimentos (PCI)

Rango	Descripción	Símbolo
85-100	Excelente	
70-85	Muy bueno	
55-70	Bueno	
40-55	Regular	
25-40	Malo	
10-25	Muy malo	
0-10	Fallado	

Nota. Adaptado de (Shahim, 2005).

2.4. Equipos y Herramientas

La herramienta para la gestión de información es el Quantum GIS (QGIS) de la

versión 3.14.16-Pi de código abierto, el programa mencionado es una de los sistemas GIS o SIG, soporta gran cantidad de formatos ráster y vectoriales, por otra parte, permite recopilar, organizar, administrar, analizar y compartir información alfanumérica mediante tabla de atributos, así mismo muestra información geográfica mediante mapas compuestos por objetos espaciales como polígonos, líneas y puntos. En cuanto al equipo utilizado para la captura de imágenes es el dron EVO II PRO V2, con velocidad máxima de entre 15 y 20 metros por segundo, tiempo de vuelo promedio de 35 minutos, cámara de 20 megapíxeles y resolución a 6K como características principales para el fin que se persigue.

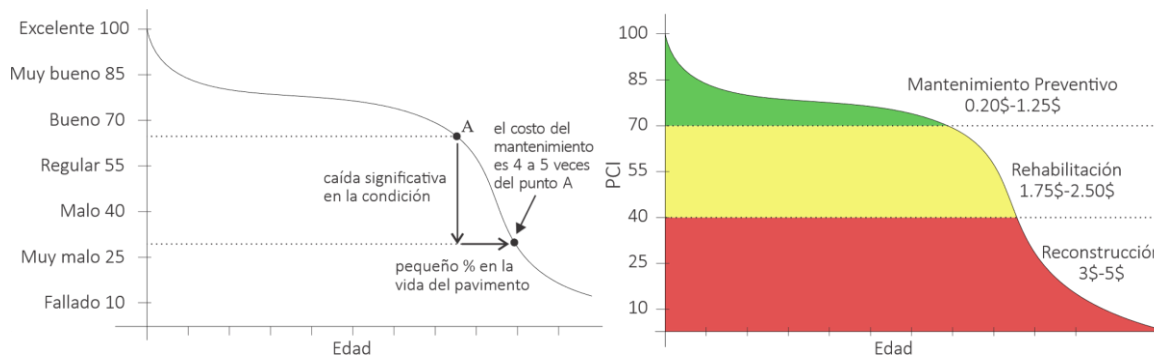
2.5. Proceso metodológico

Para llegar al objetivo planteado se siguió una serie de pasos: la selección de vías para la zona de estudio, en primera instancia; luego la determinación de las unidades de muestreo; seguido de la evaluación de las unidades de muestra, este paso mediante inspección visual in situ(tradicional) además del VANT Y SIG; posteriormente el cálculo del PCI; finalmente la digitalización de información incluido la creación de base de datos en el SIG y la presentación de resultados.

Con respecto a las acciones de mantenimiento, los pavimentos que se encuentran en condición de bueno, muy bueno y excelente, deben realizarse antes del que la edad del pavimento llegue al punto A (ubicado entre 55 y 70 en función del PCI) mostrado en la Figura 2, de ahí que, al pasar dicho punto entra en una zona crítica donde la condición del pavimento disminuye radicalmente en muy poco tiempo, de esta manera se podrá optimizar los costos en los mantenimientos, de forma similar las acciones de mantenimiento se establecen en función al PCI, estas tres zonas están delimitados desde 0-40, 40-70 y 70-100. Asimismo, los costos por pie cuadrado de pavimento se estimaron en otros trabajos para las tres áreas, cabe mencionar que, en la zona de estudio estos costos llegar a variar, sin embargo, las proporciones serán similares.

Figura 2

Ciclo de vida de la condición, acciones de mantenimiento y costos por tipo de mantenimiento de los pavimentos.



Nota. Adaptado de (Almuhanna et al., 2018; Balaguera et al., 2018; Shahim, 2005).

2.6. Confiabilidad

Sobre la confiabilidad de los resultados obtenidos en la propuesta, se utilizó una prueba para el tipo de variable cuantitativo y muestra relacionada, ya que se comparó los promedios de la condición del pavimento del método convencional ante el SIG Y VANT. En efecto para hallar el tipo de prueba estadístico se siguieron dos pasos: la primera consistió en determinar la clase de distribución y la prueba estadística de los datos con el supuesto de normalidad, en consecuencia, se identificó si los datos son paramétricos o no paramétricos, para los datos paramétricos corresponde la prueba de T-student o por el contrario corresponde a la prueba Wilcoxon; el segundo paso fue el planteo de hipótesis de diferencia de promedios y el desarrollo de la prueba obtenido en el primer paso, lo cual lleva a rechazar o aceptar la hipótesis nula. En el análisis de datos se hizo uso del software SPSS Statistics en su versión 27, los valores obtenidos se muestran en el apartado de resultados.

3. Resultados

Para la propuesta de gestión de información empleando el SIG y el VANT en la

evaluación de pavimentos se desarrolló tres esquemas, Para su mejor comprensión en la figura 3 se muestra el sistema de gestión de pavimentos, la cual muestra de forma general los pasos que se siguen para la construcción y/o mantenimiento de vías. En la figura 4 se observa el sistema de gestión para el mantenimiento de pavimentos, los pasos son cíclicos, se propone que al realizar un tipo de mantenimiento se vuelve a realizar la recolección de información después de cierto tiempo, para así poder monitorear y tener el control del pavimento.

Figura 3

Sistema de gestión de pavimentos.

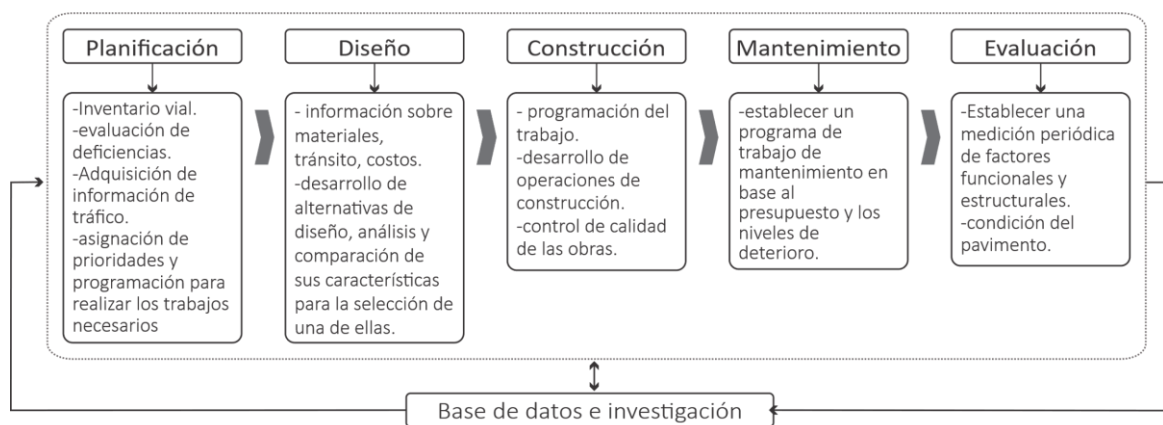
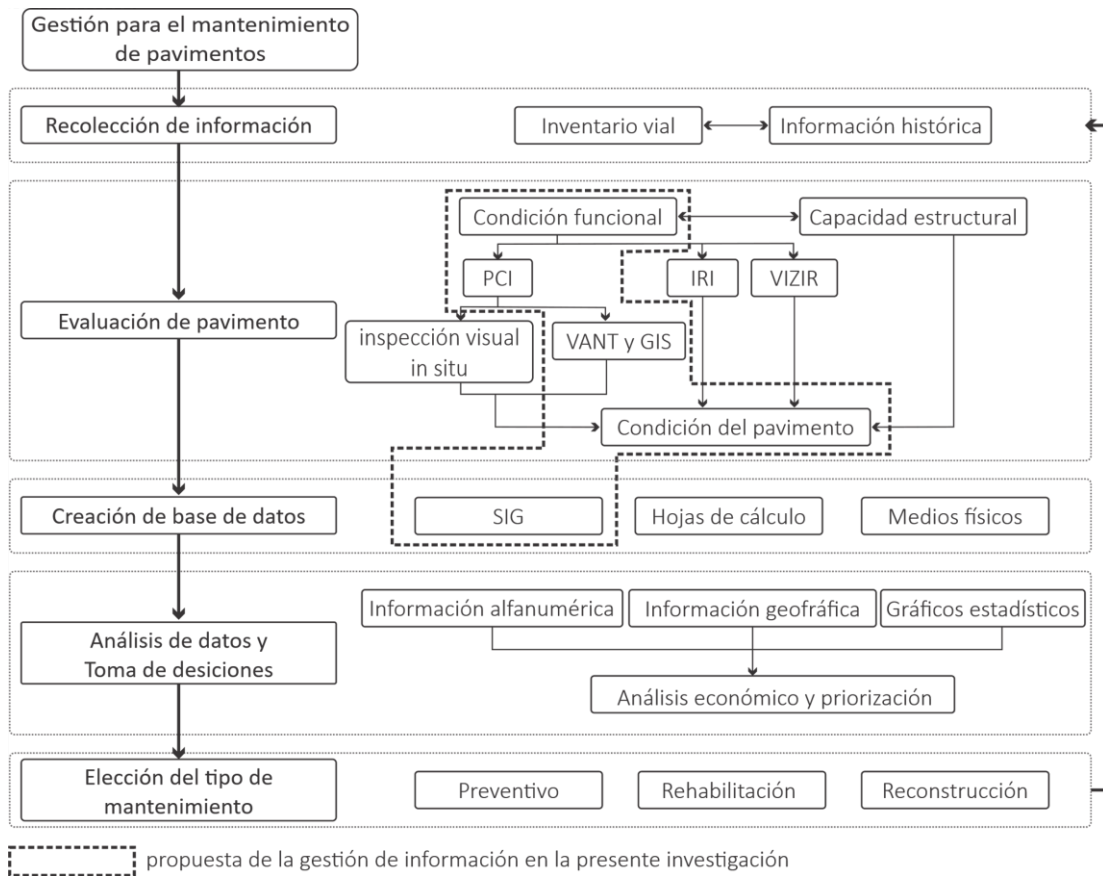


Figura 4

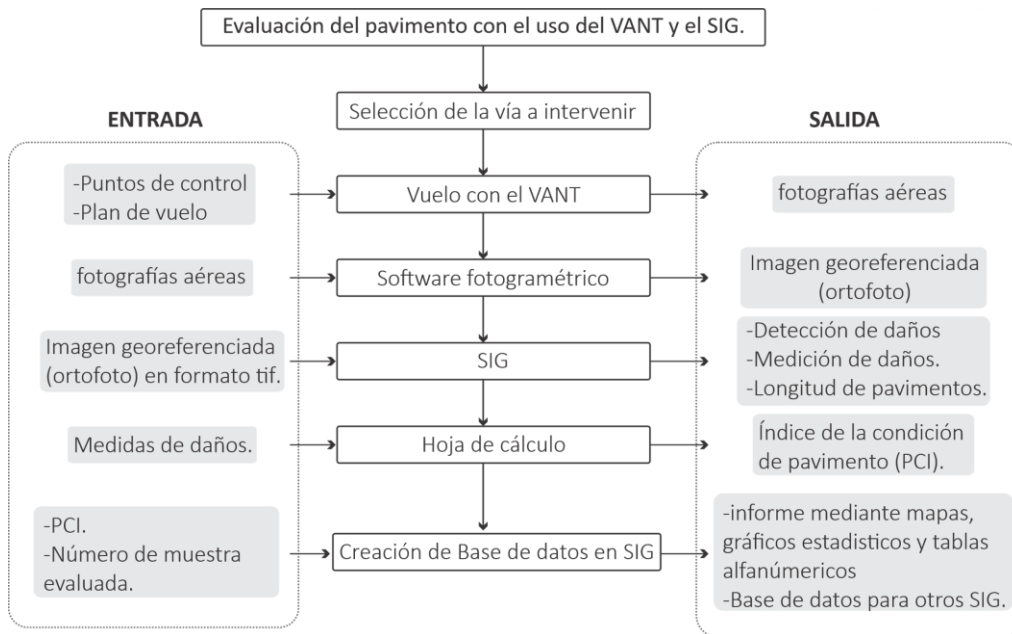
Sistema de gestión para el mantenimiento de pavimentos.



En la figura 5 se visualiza el desarrollo de la propuesta de gestión de información, que explica la eficiente forma de gestionar información y de obtener la condición de un pavimento, se muestra los datos de entrada y salida de cada herramienta utilizado en el proceso de gestión.

Figura 5

Desarrollo de la propuesta de gestión de información.



En la figura 6 y la tabla 2 se observa el resultado al emplear la propuesta de gestión de información mostrado en la figura anterior, podemos observar el PCI obtenido por el VANT y el SIG de cada muestra y el porcentaje por tipo de condición, para el análisis se utilizó los datos recolectados del lugar de estudió.

Figura 6

Índice de la condición de los pavimentos.

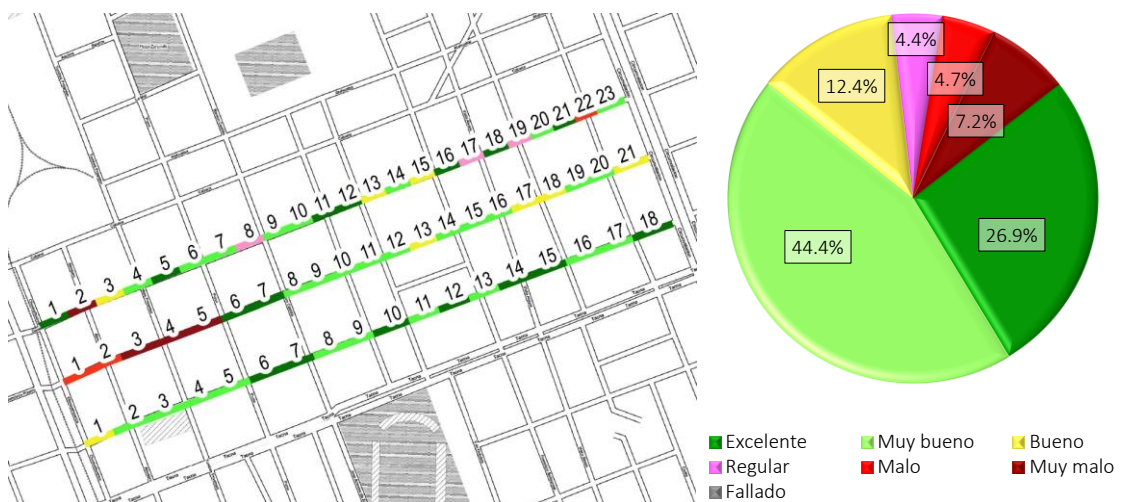


Tabla 2

Longitud y porcentaje de la condición de los pavimentos.

Descripción	PCI	Longitud(m)	Porcentaje (%)
Excelente	100-85	831,6	26,9
Muy bueno	85-70	1372,3	44,4
Bueno	70-55	384,4	12,4
Regular	55-40	134,9	4,4
Malo	40-25	144,2	4,7
Muy malo	10-25	223,4	7,2
Fallado	10-0	0,0	0,0
Total		3090,8	100,0

Las informaciones como la ubicación exacta de cada muestra, la visualización interactiva y los porcentajes de daño son generados automáticamente en el SIG luego de generar la base de datos. De la misma manera se genera el tipo de mantenimiento en cada muestra como se visualiza en la figura 7 y la tabla 3, el criterio para obtener tal figura es clasificar el tipo de mantenimiento en función a los rangos definidos en la figura 2.

Figura 7

Tipo de mantenimiento en los pavimentos.



Tabla 3

Porcentaje de tipos de mantenimiento en los pavimentos.

PCI	Tipo de mantenimiento	Longitud(m)	Porcentaje (%)
70-100	Preventivo	2203,8	71,3
40-70	Rehabilitación	519,3	16,8
0-40	Reconstrucción	367,6	11,9
	Total	3090,8	100,00

La figura 8, muestra las tres imágenes georreferenciadas (ortofoto) obtenido mediante las capturas tomadas por dron, el cual es añadido al GIS para su evaluación, estas imágenes mantienen las dimensiones reales in situ, por lo tanto, las áreas y longitudes de daño son precisos.

Figura 8

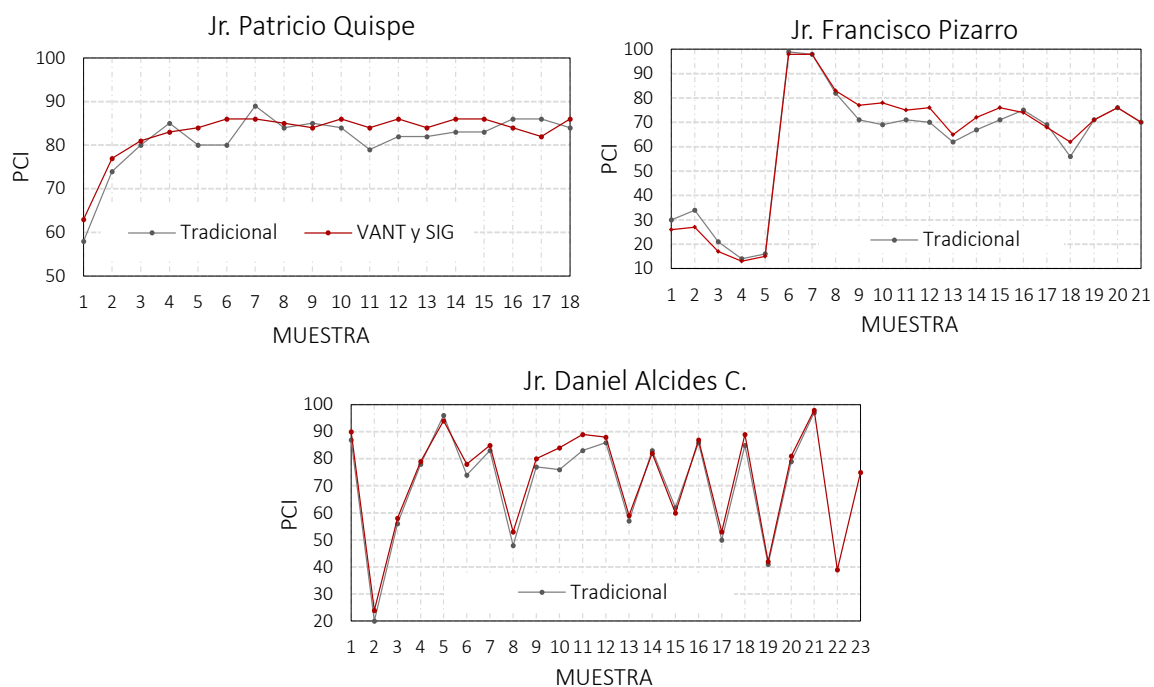
Ortofoto vinculada al GIS.



luego la figura 9, presenta gráficamente la variación de los resultados de ambos métodos de las tres vías evaluadas.

Figura 9

Gráfico comparativo de la variación del PCI.



De la evidencia anterior se hizo una prueba estadística para descartar si hay o no diferencia entre los resultados empleando el método tradicional ante el VANT y SIG, los datos que se usó fueron los índices de condición obtenidos por ambos métodos. El resultado del primer paso es que para un nivel de confianza de 95% los datos siguen una distribución normal, en consecuencia, son datos del tipo paramétrico, por lo que se hizo la prueba estadística "T de student"; en el segundo paso al plantear la hipótesis de diferencia se llegó a la conclusión de que para un nivel de confianza también de 95% no existe diferencia significativa de la media del PCI.

Aunado a la situación es importante analizar la eficiencia de la propuesta en el estudio, para tal fin en la tabla 4 se muestra el análisis en tiempo y costo. Cabe mencionar que el análisis de costo y tiempo invertido es para un kilómetro de pavimento.

Tabla 4

Análisis de costo y tiempo de evaluación

Método de evaluación	Tiempo de evaluación		Costo de evaluación				
			Recurso	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
VANT y SIG	Tiempo de identificación de fallas	4,0	Mano de obra				
	Tiempo de cuantificación de fallas	4,0	Evaluadores	hh	16,0	14,0	224,0
	Tiempo de cálculo de PCI	8,0	Maq. y/o equipos				
			Dron	glb	1,0	80,0	80,0
	Tiempo total de obtención de PCI por km: horas	16,0	Costo total de evaluación por km: S/304,0				
Convencional	Tiempo de identificación de fallas	12,0	Mano de obra				
	Tiempo de cuantificación de fallas	2,0	Evaluadores	hh	22,0	14	308,0
	Tiempo de cálculo de PCI	8,0	Materiales				
			Fichas	und	25,0	0,2	5,0
			Lapicero	und	4,0	0,5	2,0
			Conos	und	4,0	10,0	40,0
			Flexómetro	und	1,0	15,0	15,0
			Chalecos	und	2,0	15,0	30,0
			Wincha de lona	und	1,0	5,0	5,0
		Tiempo total de obtención de PCI por km: horas	22,0	Costo total de evaluación por km: S/405,0			

La síntesis de la anterior tabla y la eficiencia del método VANT y SIG en tiempo y costo con respecto al método tradicional se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Eficiencia del uso del VANT y SIG.

Método de evaluación	Tiempo de Evaluación (horas)	Costo de evaluación (soles)
Convencional	22,0	405,0
VANT y SIG	16,0	304,0
Eficiencia de VANT y SIG	27,3%	24,9%

4. Discusión

El proceso que muestran la figura 5 explica específicamente la propuesta para la gestión de información, este procedimiento conforma un parte importante en gestión para

el mantenimiento de vías tal como se plantea en la figura 4, ambas propuestas son imprescindibles dentro del sistema de gestión de pavimentos en la etapa de evaluación y planificación. La aplicación de la gestión de información en el área de estudio se evidencia en la figura 6 y 7 además de las tablas 2 y 3, cabe resaltar que todas las salidas al crear la base de datos son manejadas en un solo lugar como son los SIG. En cuanto a la eficiencia mostrada en la tabla 5 se halló haciendo uso de la teoría de variación porcentual, al realizar el análisis de costo y tiempo lo planteado resultó ser más eficiente.

La propuesta de gestión de información junto a la vinculación del SIG y VANT constituyen los hallazgos más relevantes del estudio, existen investigaciones que muestran resultados de manera independiente de este sistema y equipo utilizado para evaluar pavimentos, por ejemplo las ideas expuestas por Santos et al. (2020) y Shtayat et al. (2020) se enfocan sólo en el uso de herramientas como los drones (VANT) o como vehículos equipado con dispositivos de captura de imágenes para la recolección de información de pavimentos. Por otra parte estudios de Balaguera et al. (2018); Bartelme (2022) y Bazlamit et al. (2017) están encaminados únicamente en el uso del SIG para la gestión de información de los pavimentos. Lo que se hizo fue enlazar ambas investigaciones para su estudio y análisis. El tiempo de evaluación para un kilómetro con la implementación del SIG y VANT es menor a los obtenidos por Cruz Toribio y Gutierrez Lazares (2019); Pucha Aguinaca y Zárate Torres (2020). Mientras que el tiempo con la evaluación tradicional se encuentra dentro y próximo a los tiempos encontrados por Ventura Fernández y Benitez Zúñiga (2020). El tiempo de evaluación con el método propuesto es ligeramente menor a otros porque el SIG complementa muy bien al VANT.

En relación con las limitaciones es importante mencionar que uno de los factores con las que se debe lidiar más es la calidad de imagen durante la captura con el VANT, ésta determinará la confiabilidad de los resultados en la evaluación de pavimentos. En vías urbanas donde los edificios son de gran altura e irregulares la captura de imagen con el VANT necesita más distancia de sobrevuelo, he ahí donde las imágenes llegan a reducir

su calidad; otro de los factores fue la sombra que emiten las viviendas aledañas a la vía: por otra parte, la “zonas geo” son una limitante al usar los drones ya que son sitios restringidos, estos suceden mayormente cerca a los aeropuertos. Sin embargo, en la zona de estudio la captura de imágenes llegó a completarse en todas las muestras, obteniendo imágenes de muy buena resolución, en consecuencia, resultados confiables. Cabe resaltar que se tomó en cuenta los pavimentos rígidos y flexibles, la propuesta puede ser aplicable en todo tipo de vías pavimentados. Por otra parte, en el desarrollo de la investigación junto a la búsqueda de información surgió nuevas hipótesis la cual ameritan a que sean investigados, como la aplicación y uso de algoritmos para procesar digitalmente imágenes de pavimentos con la ayuda de redes neuronales artificiales para obtener el PCI en evaluación de pavimentos.

5. Conclusión

La aplicación de la propuesta de gestión de información optimiza el tiempo y costo, además de prescindir de personal para la evaluación in situ, dentro de ese marco se demostró que la eficiencia del uso del VANT y SIG con respecto al método tradicional en tiempo y costo es de 27.3% y 24.9% respectivamente. Por otra parte, se hizo una prueba de hipótesis (t-student) para comprobar la divergencia del valor promedio del PCI de ambos métodos, en consecuencia, se afirma que con un margen de error del 5% no existe diferencia significativa en la media de ambos métodos lo que evidencia la confiabilidad de la misma. La contribución SIG y VANT también ayudó a obtener el tipo de mantenimiento en el área de estudio. Las actividades en la etapa de mantenimiento y postconstrucción han de ser realizados luego de un análisis técnico económico. De ahí que la recopilación de información es más precisa, consistente en los datos y estas son mejor organizados para su análisis.

6. Referencias

- Al-Rubaei, R. H. A., Shubber, A. A. M., & Khaleefah, H. S. (2020). Evaluation of rigid pavement using the Pavement Condition Index: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 737(1), 012128. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/737/1/012128>
- Almuhanna, R. R. A., Ewadh, H. A., & Alasadi, S. J. M. (2018). Using PAVER 6.5.7 and GIS program for pavement maintenance management for selected roads in Kerbala city. *Case Studies in Construction Materials*, 8, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.01.005>
- Amaral Manso, M. L., Gelmi, M., Vornetti, A., & Améndola, G. (2016). Utilización de un Sistema de Información Geográfica en la red carretera rural del distrito de Olavarría. *Ingeniería*, 20(1), 46–56. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750927005>
- Balaguera, A. S., Leguizamón, O. D., & Valiente, L. L. (2018). Gestión de pavimentos basado en Sistemas de Información geográfica (SIG): una revisión. *Ingeniería Solidaria*, 14(26). <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>
- Bartelme, N. (2022). Geographic Information Systems-Pavement Management System. *Springer Handbooks*, 121–149. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53125-6_6
- Bazlamit, S. M., Ahmad, H. S., & Al-Suleiman, T. I. (2017). Pavement Maintenance Applications Using Geographic Information Systems. *Procedia Engineering*, 182, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.123>
- Borja, M. (2012). Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros. In *Chiclayo - Perú* (Vol. 1).
- Cruz Toribio, J. O., & Gutierrez Lazares, J. W. (2019). Evaluación Superficial de Vías Urbanas empleando Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT). *Métodos y Materiales*, 8, 23–32. <https://doi.org/10.15517/mym.v8i1.34113>

- France-Mensah, J., O'Brien, W. J., Khwaja, N., & Bussell, L. C. (2017). GIS-based visualization of integrated highway maintenance and construction planning: a case study of Fort Worth, Texas. *Visualization in Engineering*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40327-017-0046-1>
- García Juan, L., & Vallina Rodríguez, A. (2019). SIG y bases de datos. Oportunidades y retos en la transición de los sistemas tradicionales al Big Data. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, 6(12), 135. <https://doi.org/10.5944/etfvi.12.2019.25124>
- International ASTM D 6433-07. (2007). *Standard Practice for Road and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*.
- Macea Mercado, L. F., Morales, L., & Márquez Díaz, L. G. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(2), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007>
- Pereira, L. A., Silva Junior, C. A. P., & Fontenele, H. B. (2019). Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(1), 45–54. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732019000100045>
- Pinatt, J. M., Chicati, M. L., Ildefonso, J. S., & Filetti, C. R. G. D. arc. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100100>
- Pucha Aguinosa, P. A., & Zárate Torres, B. A. (2020). Evaluación superficial de pavimentos rígidos en carreteras mediante ortoimágenes obtenidas mediante un vehículo aéreo no tripulado. *Avances Investigación En Ingeniería*, 17(2), 1–15. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6599>
- Rusu, L., Taut, D. A. S., & Jecan, S. (2015). An Integrated Solution for Pavement

- Management and Monitoring Systems. *Procedia Economics and Finance*, 27(15), 14–21. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00966-1](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00966-1)
- Sampieri, R. H., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta). sexta edición.
- Santos, B., Almeida, P. G., Feitosa, I., & Lima, D. (2020). Validation of an indirect data collection method to assess airport pavement condition. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00419. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00419>
- Shahim, M. Y. (2005). Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots. In *Springer Science* (2nd ed.). http://dl1.wikitransport.ir/book/Pavement_Management_For_Airports_Roads_And_Parking_Lots_2005.pdf
- Shtayat, A., Moridpour, S., Best, B., Shroff, A., & Raol, D. (2020). A review of monitoring systems of pavement condition in paved and unpaved roads. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(5), 629–638. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.03.004>
- Sotil, C. A. (2014). Propuesta De Sistema De Gestion De Pavimentos Para Municipalidades Y Gobiernos Locales. *Infraestructura Vial*, 16(28), 13–24.
- Ventura Fernández, E. Z., & Benitez Zúñiga, J. L. (2020). Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible Con El Método Pci Mediante La Fotogrametría Aérea En La Circunvalación Este, Huanta-Ayacucho- 2019. *Universidad Cesar Vallejo*, 1–138. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/51287>
- Yunus, M. Z. B. M., & Hassan, H. B. (2010). Managing Road Maintenance Using Geographic Information System Application. *Journal of Geographic Information System*, 02(04), 215–218. <https://doi.org/10.4236/jgis.2010.24030>

EVIDENCIA DE SUMISIÓN DEL ARTÍCULO



Revista Científica – Facultad de Ingeniería
Universidad Privada de Tacna, Perú
ISSN Online: 2708-3039
Volumen 5, e731, año 2023

Tacna, Perú, abril del 2023

CONSTANCIA DE PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO CIENTÍFICO

Por este medio se extiende la constancia de publicación de Artículo de Revisión Original:

“GESTIÓN DE INFORMACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTOS EMPLEANDO EL SIG Y VANT”

Pavement condition information management employing GIS and UAV

DOI: <https://doi.org/10.47796/ing.v5i0.789>

Del autor; **FRADY WILSON MAMANI QUENALLATA** a quien se le conserva y respeta sus derechos intelectuales de autor y es responsables del contenido del *Artículo Original que será* publicado en el Volumen 5, e731, año 2023, de la revista científica *Ingeniería Investiga*, editado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, con Arbitraje y Comité Editorial, con Registro ISSN: 2708-3039 (International Standard Serial Number. Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadas).

Ingeniería Investiga es una Revista de difusión científica, que está alojada la plataforma Open Journal System (OJS) se publica con una periodicidad anual y es de acceso libre.

Se extiende la presente constancia de publicación de Artículo de Revisión, para los fines que convengan el autor.

Atentamente



Dr. Pául Cartagena Cutipa
Presidente del Comité Editorial

Revista *Ingeniería Investiga*, Facultad de Ingeniería – Universidad Privada de Tacna
<http://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria>
e-mail: ingenieria.investiga@upt.edu.pe

Link de la publicación: <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/789>

Link de la revista indexada: <https://www.latindex.org/latindex/ficha/26846>

RESOLUCIÓN DE INSCRIPCIÓN DEL PERFIL



“AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA”

RESOLUCIÓN N° 0453/A-2021/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 17 de agosto de 2021

VISTO:

El expediente de **Frady Wilson Mamani Quenallata**, identificado(a) con Código Universitario N° 201521918, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Frady Wilson Mamani Quenallata**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado “Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG (sistema de información geográfica)” y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 17 de agosto de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado “**Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG (sistema de información geográfica)**” y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Ing. Gerardo William Pari Quispe** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** y **Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. María Vallejos Atalaya de Cornejo
DECANA



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo