

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TITULO DE LA TESIS

**CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO CIUDAD DE
TINGO MARÍA, REGIÓN HUÁNUCO-2024**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

INGENIERÍA CIVIL

SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

INGENIERÍA VIAL Y DEL TRANSPORTE

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

SANTIAGO ÑAUPA, MARCO ANTONIO

ASESORA:

Mag. QUINTANILLA HERRERA, ELISA RAQUEL

HUÁNUCO – PERÚ

2024

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a mis padres y hermanas, por ser mi principal apoyo y motivación para superarme cada día más y alentarme seguir adelante.

Agradecimiento

A Dios, por enseñarme el camino correcto de la Vida, guiándome y fortaleciéndome cada día.

A mis docentes, por enseñarme con sus sabidurías y por compartir sus amplios conocimientos y experiencias.

RESUMEN

El objetivo general de este estudio, enmarcado en un paradigma positivista, enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel relacional y diseño no experimental transversal, fue determinar cómo afecta la variación de la temperatura a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, específicamente en la ciudad de Tingo María. La población del estudio fueron los pavimentos asfálticos de dicha ciudad, y la muestra consistió en 6 cuadras de una avenida de esa ciudad. seleccionadas. Los resultados muestran que la variación de la temperatura ambiente en el área de estudio es de 12 grados en promedio, lo cual descarta la hipótesis inicial que sugería una variación de 10 grados. Esta evidencia indica que las condiciones climáticas en la región son más fluctuantes de lo esperado, lo cual puede tener implicaciones para la planificación y gestión de infraestructuras en la zona. En cuanto a la relación entre la macrotextura del pavimento y la temperatura, los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos fueron muy débiles, oscilando entre 0.18 y -0.584, lo que sugiere que no hay una relación lineal fuerte y consistente entre estas dos variables. Por lo tanto, se descarta la hipótesis que proponía que la variación de temperatura afecta significativamente la macrotextura de los pavimentos asfálticos. Sin embargo, los resultados sí muestran una relación lineal positiva fuerte y consistente entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura, con coeficientes de Pearson entre 0.435 y 0.957. Esto indica que a medida que la temperatura aumenta, la resistencia al deslizamiento tiende a aumentar de manera significativa, lo cual prueba la hipótesis de que la variación de temperatura afecta significativamente este aspecto de los pavimentos asfálticos en la ciudad de Tingo María.

Palabras clave: Macrotextura, Resistencia al Deslizamiento y Temperatura Ambiental

ABSTRACT

The general objective of this study, framed within a positivist paradigm, a quantitative approach, an applied type, a relational level, and a non-experimental transversal design, was to determine how the variation in temperature affects the surface characteristics and skid resistance of asphalt pavements in warm climates, specifically in the city of Tingo María. The study population was the asphalt pavements of that city, and the sample consisted of 6 selected blocks of an avenue in that city. The results show that the variation in ambient temperature in the study area is 12 degrees on average, which discards the initial hypothesis that suggested a variation of 10 degrees. This evidence indicates that the climatic conditions in the region are more fluctuating than expected, which may have implications for the planning and management of infrastructure in the area. Regarding the relationship between pavement macrotexture and temperature, the Pearson correlation coefficients obtained were very weak, ranging from 0.18 to -0.584, suggesting that there is no strong and consistent linear relationship between these two variables. Therefore, the hypothesis that proposed that temperature variation significantly affects the macrotexture of asphalt pavements is rejected. However, the results do show a strong and consistent positive linear relationship between skid resistance and temperature, with Pearson coefficients between 0.435 and 0.957. This indicates that as the temperature increases, the skid resistance tends to increase significantly, which proves the hypothesis that temperature variation significantly affects this aspect of asphalt pavements in the city of Tingo María.

Keywords: Macrotexture, Skid Resistance and Environmental Temperature.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 Fundamentación o Situación del Problema de Investigación	16
1.2 Formulación del Problema de Investigación.....	17
<i>1.2.1 Problema General</i>	17
<i>1.2.2 Problemas Específicos</i>	17
1.3 Formulación de Objetivos	18
<i>1.3.1 Objetivos General</i>	18
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i>	18
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	18

1.5 Viabilidad de la Investigación.....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	22
2.2 Bases Teóricas.....	30
2.2.1 <i>Temperatura</i>	30
2.2.2 <i>Parámetros de textura de la superficie del pavimento</i>	31
2.2.3 <i>Resistencia al deslizamiento en los pavimentos</i>	32
2.3 Bases Conceptuales o Definición de Términos Básicos	33
CAPTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS	35
3.1 Formulación de Hipótesis	35
3.1.1 <i>Hipótesis General</i>	35
3.1.2 <i>Hipótesis Específica</i>	35
3.2 Variables y Operacionalización de Variables	35
3.3 Definición Teórica de Variables	37
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA.....	39
4.1 Ámbito o Lugar de Ejecución	39
4.2 Tipo y Nivel de Investigación	39
4.2.1 <i>Tipo</i>	39
4.4.2 <i>Nivel</i>	39
4.3 Población y Muestra.....	39
4.3.1 <i>Descripción de la Población</i>	39
4.3.2 <i>Muestra y Método de Muestreo</i>	40

4.3.3 Criterios de Inclusión y Exclusión	40
4.4 Diseño de Investigación	42
4.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos	42
4.5.1 Métodos	42
4.5.2 Técnicas	42
4.5.3 Instrumentos	42
4.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	44
4.6.1 Datos a Registrar	44
4.6.2 Procesamiento	46
4.6.3 Plan de Tabulación y Análisis de Datos Estadísticos	57
4.7 Aspectos Éticos	59
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
5.1 Análisis Descriptivo	60
5.2 Análisis Inferencial y/o Contrastación de Hipótesis	65
5.3 Discusión de Resultados	69
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	88
Anexo 01. Matriz de Consistencia	88
Anexo 02. Instrumento de Recolección de Datos de Temperatura	90
Anexo 03. Instrumentos de Recolección de Datos de la Macrotextura (Círculo de Arena)	91
Anexo 04. Instrumento de Recolección de Datos de la Resistencia al Deslizamiento	92

Anexo 05. Fotos	93
Anexo 06. Nota Biográfica	107
Anexo 07. Acta de Sustentación	108
Anexo 08. Constancia de Similitud y el Reporte (Resumen y Descripción General de Fuentes)	109
Anexo 09. Autorización de Publicación	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cuadro de Operacionalización de las Variables	36
Tabla 2	Métodos, técnicas e instrumentos	43
Tabla 3	Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1.....	47
Tabla 4	Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 2.....	47
Tabla 5	Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 3.....	48
Tabla 6	Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4.....	48
Tabla 7	Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 5.....	49
Tabla 8	Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 6.....	49
Tabla 9	Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1	50
Tabla 10	Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1	51
Tabla 11	Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 3	51
Tabla 12	Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4.....	52
Tabla 13	Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 5.....	52

Tabla 14 Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 6.....	53
Tabla 15 Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1.....	54
Tabla 16 Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 2.....	54
Tabla 17 Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 3.....	55
Tabla 18 Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4.....	55
Tabla 19 Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4.....	56
Tabla 20 Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 6.....	56
Tabla 21 Variación de la temperatura en términos de la media, mediana, moda, desviación estándar, valor máximo y valor mínimo en las calles de la avenida José Carlos Mariátegui	70
Tabla 22 Índices de Correlación entre las Variables Macro Textura con la temperatura y la Resistencia al Deslizamiento con la Temperatura	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Valores de la media, mediana, moda, desviación estándar, valores máximos y valores mínimos de las temperaturas en las 6 calles analizadas de la Avenida José Carlos Mariátegui	60
Figura 2 Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 1	61
Figura 3 Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 2	61
Figura 4 Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 3	62
Figura 5 Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 4	62
Figura 6 Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 5	63
Figura 7 Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 6	63
Figura 8 Valores de la media, mediana, moda, desviación estándar, valores máximos y valores mínimos de las temperaturas en las 6 calles analizadas de la Avenida José Carlos Mariátegui	64
Figura 9 Valores de la media, mediana, moda, desviación estándar, valores máximos y valores mínimos de la resistencia al deslizamiento en las 6 calles	64
Figura 10 Prueba de Bondad de Ajuste para los Valores de la Resistencia al Deslizamiento y la Temperatura Ambiental	65
Figura 11 Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 1	65
Figura 12 Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 2	66

Figura 13 Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 3	66
Figura 14 Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 3	66
Figura 15 Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 5	67
Figura 16 Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 6	67
Figura 17 Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 1	67
Figura 18 Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 2	68
Figura 19 Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 3	68
Figura 20 Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 4	68
Figura 21 Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 5	69
Figura 22 Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 6	69

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se ha desarrollado en siete capítulos que abordan de manera sistemática la investigación sobre cómo afecta la variación de la temperatura a las características de la superficie, específicamente la macrotextura, y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, tomando como caso de estudio la ciudad de Tingo María.

En el Capítulo I. Aspectos Básicos del Problema de Investigación, se plantea el problema de estudio, partiendo de la observación de que la variación de temperatura en climas cálidos puede tener implicaciones en el desempeño de los pavimentos asfálticos. Se establecen los objetivos generales de determinar los efectos de la temperatura en la macrotextura y resistencia al deslizamiento, y los objetivos específicos de cuantificar la variación de temperatura, analizar su relación con la macrotextura, y evaluar su impacto en la resistencia al deslizamiento. Se justifica la relevancia del estudio en la necesidad de generar conocimiento para mejorar el diseño y mantenimiento de pavimentos en climas cálidos.

El Capítulo II. Marco Teórico, presenta una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre los conceptos clave, como que la macrotextura se refiere al relieve visible de la superficie del pavimento, que influye en el drenaje superficial y la adherencia neumático-pavimento, y que la resistencia al deslizamiento depende de factores como la textura, el tipo de neumático y las condiciones ambientales. También se revisan estudios previos que han encontrado relaciones entre temperatura y propiedades de los pavimentos.

En el Capítulo III. Sistema de Hipótesis, se formulan las hipótesis generales de que la variación de temperatura afecta significativamente la macrotextura y resistencia al deslizamiento, y las específicas de que la variación de temperatura en Tingo María es de 10°C, que se relaciona negativamente con la macrotextura, y positivamente con la resistencia al deslizamiento.

El Capítulo IV. Metodología, describe el enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel relacional y diseño no experimental transversal de la investigación. La población son los pavimentos asfálticos de Tingo María, y la muestra 6 cuadras seleccionadas. Se utilizaron técnicas de medición de macrotextura (círculo de arena) y resistencia al deslizamiento (péndulo TRRL),

y se registró la temperatura ambiente. Los datos se analizaron con estadística descriptiva e inferencial.

En el Capítulo V. Resultados y Discusión, se presentan los hallazgos, como que la variación de temperatura promedio fue de 12°C, que los coeficientes de correlación entre temperatura y macrotextura fueron muy débiles (entre 0.18 y -0.584), pero entre temperatura y resistencia al deslizamiento fueron moderados a muy fuertes (entre 0.435 y 0.957). Estos resultados se discuten a la luz de las hipótesis y la literatura.

En el Capítulo de Conclusiones, se sintetiza que mientras la macrotextura no mostró una relación fuerte con la temperatura, la resistencia al deslizamiento sí presentó una correlación positiva significativa, lo cual responde a los objetivos planteados inicialmente.

Finalmente, el Capítulo de Recomendaciones o Sugerencias, propone realizar estudios similares en otras ciudades, considerar la variación de temperatura en el diseño de pavimentos en climas cálidos, y profundizar en la investigación sobre los mecanismos que explican la relación entre temperatura y resistencia al deslizamiento.

CAPÍTULO I. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Fundamentación o Situación del Problema de Investigación

En un pavimento la resistencia al deslizamiento de la superficie es una característica importante que influye en la seguridad del tránsito de los vehículos en la vía. La resistencia al deslizamiento es aquella fuerza que se genera cuando un neumático no puede girar y en el plano de la superficie del pavimento. El riesgo de que se produzca un accidente crece cuando los valores de la resistencia al deslizamiento (fricción) se ubican debajo de ciertos parámetros (Wallman & Åström, 2001). Son varios los factores que afectan la resistencia al derrape en una carretera como la textura (microscópica y macroscópica) de la superficie del pavimento, el trazo geométrico de la calzada, las características de las llantas de los vehículos, las características mecánicas de los vehículos y los factores ambientales, y es en este factor que orientaremos el estudio.

A nivel mundial, en los países con clima cálido como Qatar, el factor ambiental más importante que afecta las carreteras es la temperatura (Wilson, 2013), varios estudios concluyen que la fricción en la superficie del pavimento disminuye cuando la temperatura aumenta, y el efecto contrario si la temperatura disminuye (Oliver et al., 1988); (Khasawneh & Liang, 2012)), es decir que, al disminuir la resistencia al deslizamiento en las carreteras por efectos de las temperaturas, éstas se vuelven más peligrosas ante el riesgo del derrapamiento de los vehículos y las consecuencias nefastas que ello significa.

En el Perú se tiene que, en las regiones de clima cálido, la superficie de los pavimentos se torna más peligrosos cuando la temperatura aumenta significativamente, especialmente para los vehículos que circulan a altas velocidades. El Manual de Seguridad Vial (2017) precisa que las características estructurales del pavimento y la textura de su superficie, afectan significativamente a la seguridad vial. En ese sentido, el pavimento debe ser diseñado y construido de forma adecuada con los diversos tipos de vehículos que circulan por la vía y para las diversas condiciones climáticas (Ministerio de Transporte y Comunicación [MTC], 2017), sin embargo, se sabe que en el Perú, en el diseño y la construcción de pavimentos

generalmente no consideran las condiciones climáticas de las zonas donde se ejecutan, lo cual no debería ser así, máxime si tenemos diversos climas que van de los extremos fríos a cálidos.

La ciudad de Tingo María, ubicada en la zona selva de la región Huánuco, tiene un clima muy cálido, moderadamente lluvioso con una amplitud térmica moderada, ha visto crecer su infraestructura vial de forma significativa los últimos años, y con ello también el crecimiento del parque automotor con las externalidades del tránsito que ello significa, como son la congestión y la accidentabilidad.

Según el reporte de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, la ciudad de Tingo María presenta un incremento de accidentes, especialmente en la vía nacional que atraviesa la ciudad con código PE 18A, y si se toma en cuenta, como lo indica el reporte que el mayor porcentaje de accidentes se relacionan con la velocidad de los vehículos, cabe preguntarse cuántos de estos accidentes se debieron al deslizamiento o derrape de los vehículos pese a haber frenado, para ello habría que analizar las características de la superficie de los pavimentos, su resistencia al deslizamiento y cómo afecta el clima cálido de la zona, siendo esta la problemática que abarca este estudio.

1.2 Formulación del Problema de Investigación

1.2.1 Problema General

¿Cómo afecta la variación de la temperatura a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María?

1.2.2 Problemas Específicos

Problema Específico 1.

¿Cuál es la variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos, ciudad de Tingo María?

Problema Específico 2.

¿Cómo afecta la variación de la temperatura a la macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María?

Problema Específico 3.

¿Cómo afecta la variación de la temperatura en la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María?

1.3 Formulación de Objetivos

1.3.1 Objetivos General

Determinar cómo afecta la variación de la temperatura a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María

1.3.2 Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1.

Hallar la variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos, ciudad de Tingo María

Objetivo Específico 2.

Establecer cómo afecta la variación de la temperatura a la macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María

Objetivo Específico 3.

Establecer cómo afecta la variación de la temperatura en la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

Justificación practica

Los resultados a los que se llegue podrán servir a las instituciones encargadas de la gestión de los pavimentos urbanos en ciudades cálidas como un instrumento para determinar riesgos que podrían presentarse por la afectación de la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos a causa de la temperatura y poder tomar acciones que minimicen este riesgo, que como se sabe es una de las causas de los accidentes de tránsito urbano.

Justificación teórica

De la revisión de la bibliografía relacionada al tema que abarca este estudio se han encontrado muy pocas investigaciones desarrolladas en este ámbito, en ese sentido, se ha identificado una brecha en lo que respecta al análisis de la afectación del clima cálido a la resistencia al deslizamiento de pavimentos asfálticos en ciudades de la selva como la ciudad de Tingo María, y es esta brecha de la que se ocupa este estudio.

Justificación metodológica

También se justifica este estudio por la utilidad que podrá tener en las posteriores investigaciones en el área del tránsito urbano y en la línea de investigación de la transitabilidad, problema que afecta en general a todos los pobladores de las ciudades.

Justificación social

La justificación social de esta investigación radica en su relevancia para mejorar la seguridad vial en la ciudad de Tingo María, así como en otras zonas de clima cálido que enfrentan desafíos similares. La seguridad vial es un tema de gran importancia para la sociedad en general, ya que los accidentes de tráfico pueden tener consecuencias devastadoras, tanto en términos humanos como económicos.

El estudio sobre la resistencia al deslizamiento de la superficie del pavimento en condiciones de clima cálido tiene implicaciones directas en la prevención de accidentes de tráfico. Si se demuestra que las altas temperaturas afectan negativamente la fricción en la superficie del pavimento y, por lo tanto, aumentan el riesgo de derrape de los vehículos, esto proporcionaría una base sólida para implementar medidas preventivas y correctivas.

Al comprender cómo el clima cálido afecta la resistencia al deslizamiento en los pavimentos, los responsables de la planificación y el diseño de carreteras podrán tomar decisiones más informadas para mejorar la seguridad vial. Esto podría implicar ajustes en los materiales utilizados en la construcción de carreteras, así como en el mantenimiento y la gestión de las vías existentes. Además, al reducir el número de accidentes de tráfico, esta investigación contribuye a la reducción de costos asociados con la atención médica de emergencia, la rehabilitación de víctimas, la reparación de vehículos y la congestión del tráfico. Esto tendría

un impacto positivo en la calidad de vida de los residentes de Tingo María y en la economía local en general.

En resumen, esta investigación tiene una clara justificación social al abordar un problema importante que afecta la seguridad vial y el bienestar de la comunidad en Tingo María y más allá. Al proporcionar información valiosa sobre cómo el clima cálido influye en la resistencia al deslizamiento en los pavimentos, se podrían implementar medidas efectivas para prevenir accidentes de tráfico y salvar vidas.

1.5 Viabilidad de la Investigación

La investigación se llevó a cabo con éxito, demostrando su viabilidad en diversos aspectos como se indican a continuación;

Aspecto Técnico

La investigación contó con los equipos necesarios para medir la resistencia al deslizamiento, como el muestreador de pavimento y dispositivos de medición de fricción. Además, se dispuso de termómetros digitales para obtener datos climáticos precisos. El personal involucrado en el proyecto estaba adecuadamente capacitado, lo que permitió la recolección de datos de manera efectiva y precisa.

Aspecto Económico

El proyecto recibió financiamiento con fondos del autor. Los fondos fueron suficientes para cubrir el alquiler de equipos, la remuneración del personal de apoyo y otros costos operativos. También se cubrieron los gastos de viajes para la recolección de datos en la ciudad de Tingo María.

Aspecto Temporal

El proyecto se desarrolló dentro del cronograma previsto, permitiendo la recolección de datos durante los periodos establecidos en el cronograma. Se establecieron plazos específicos para cada etapa del proyecto, desde la recolección de datos hasta el análisis y la redacción del informe final, los cuales se cumplieron de manera puntual.

Aspecto Logístico

El acceso a diferentes áreas de estudio en Tingo María fue adecuado. La logística incluyó transporte y permisos necesarios para realizar las mediciones. Las condiciones de trabajo se gestionaron de manera efectiva, permitiendo realizar las mediciones de forma segura y eficiente.

Aspecto Metodológico

El diseño del estudio fue sólido, incluyendo un muestreo representativo, protocolos de medición estandarizados y métodos de análisis estadístico adecuados. Se realizó una exhaustiva revisión de literatura, lo que proporcionó una base teórica robusta y respaldó la metodología empleada.

Aspecto Ético

Se cumplieron todos los requisitos éticos necesarios. La transparencia en la recolección, análisis y presentación de datos se mantuvo en todo momento, garantizando la integridad del estudio.

La investigación demostró ser viable en todos los aspectos considerados. Los resultados obtenidos proporcionaron una mejor comprensión de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en climas cálidos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Antecedentes a Nivel Internacional

En la revisión de estudios internacionales relacionados a las condiciones de los pavimentos en clima cálido, se tiene a (Cobo & Pazmiño, 2020) quien considera que el cambio climático ha causado diversos daños en las estructuras urbanas, lo que ha reducido su vida útil. En el estudio realizado por este investigador se utilizó el método SUPERPAVE y el algoritmo LTPP de AASHTO M320 para disminuir la aparición de deformaciones permanentes en el asfalto por las altas temperaturas. Sus hallazgos indican que las áreas periféricas de la ciudad tuvieron temperaturas más altas que las áreas centrales, como suele suceder, alcanzando una temperatura de 52°C. Esto indica que el grado de desempeño del ligante asfáltico debe ser PG 58-16 para poder garantizar un desempeño óptimo del pavimento debido a los cambios bruscos de temperatura.

Mendoza y Marcos (2017) en su conferencia científica proporcionan una visión general de los efectos del cambio climático en los pavimentos mostrando su experiencia internacional en esta temática, exponiendo que varios estresores climáticos afectan el desempeño de los materiales de pavimentos, su estructura, métodos de diseño y mantenimiento. Como parte de sus resultados tienen que, aunque el clima siempre influye en el desempeño de las carreteras, los cambios de temperatura hacen que el pavimento de asfalto se deteriore rápidamente debido al calentamiento prolongado y dañan la subestructura debido a la pérdida de la capa de Perma congelamiento. En sus conclusiones afirman que no solo se deben considerar las variables que afectan el diseño, como la precipitación y la temperatura, sino que también se deben considerar el viento, la humedad y la presión atmosférica para que el pavimento pueda diseñarse y funcionar a largo plazo.

Con respecto a la resistencia al deslizamiento Kogbara et al. (2018), planteó un estudio que se orientó a determinar si la variación de la temperatura afecta las mediciones de resistencia al deslizamiento de GripTester de pavimentos de asfalto en Qatar. Teniendo como resultado que la resistencia al deslizamiento no se vio afectada significativamente por las variaciones

en el tipo de aglutinante y el diseño de la mezcla de las secciones de la carretera de prueba. Sin embargo, los valores de fricción fueron más bajos en el verano en la dirección sur-norte (SN) de la carretera de prueba que, en el invierno, mientras que la dirección norte-sur (NS) fue la inversa. Esto indica que cuando el número de agarre cae por debajo de 0,30 y la textura de la superficie disminuye, y el efecto de la temperatura sobre la resistencia al deslizamiento se vuelve más pronunciado.

Por su parte, Sebaaly et al. (2022), asegura que las mezclas asfálticas se pueden crear en climas cálidos utilizando el método volumétrico clásico junto con la evaluación de parámetros mecánicos fundamentales, de este modo, los agregados densamente empaquetados y con bajo contenido de aglutinante pueden reducir el riesgo de deformación permanente. Aunque este método es efectivo, los sistemas de diseño de mezclas deben mejorarse mediante la incorporación de pruebas basadas en el rendimiento que se centren en la evaluación del potencial real de surcos de mezclas asfálticas. Su análisis estuvo basado en el estudio de doce mezclas asfálticas resistentes a la rutina, creadas según las normas del Estado de Qatar, que permitió abordar estos problemas.

Qiao et al. (2020) , en su artículo científico aseveran que el clima y los pavimentos flexibles interactúan por cuanto los pavimentos son infraestructuras sensibles al clima, donde la tasa de deterioro, el mantenimiento posterior y los costos del ciclo de vida pueden verse afectados por este factor. Destacan que las prácticas actuales de diseño de pavimentos y gestión del ciclo de vida pueden necesitar cambiar para adaptarse a los climas cambiantes y reducir los impactos ambientales. Este artículo proporciona un resumen de la investigación bibliográfica realizada en los últimos años sobre la investigación cuantitativa y cualitativa sobre el pavimento relacionada con el cambio climático, en su temática incluye factores estresantes climáticos, la sensibilidad del rendimiento del pavimento a los factores climáticos, los efectos del cambio climático en los sistemas de pavimento y, lo que es más importante, la conversación sobre la adaptación, la mitigación y las interacciones del cambio climático.

Al-Atroush (2022) mediante una revisión crítica de literatura existente, abordó el rendimiento estructural del pavimento asfáltico, así como los varios tipos de fallas y angustias causadas por las cargas de tráfico y las condiciones ambientales. En esta revisión ha explicado principalmente los cambios rápidos en el clima recientes y sus efectos previstos

principalmente en el pavimento. El estudio también enfatizó una posible solución ambientalmente sostenible para abordar los desafíos relacionados con el clima y que hace que la mezcla asfáltica se vea significativamente afectada por los cambios de temperatura, para lo cual puede considerarse un material sensible a la temperatura. De este modo se tiene que, el rendimiento de la mezcla asfáltica varía según la temperatura porque consta de un agregado y un aglutinante, así mismo, la rigidez del aglutinante disminuye con la temperatura. Como resultado de esta revisión se concluye que algunos problemas en los pavimentos, como la reflexión y el agrietamiento por fatiga, están directa e indirectamente relacionados con la temperatura de la mezcla asfáltica.

Xue et al. (2023) a través de pruebas de laboratorio, investigaron los efectos de la cantidad de arena, la temperatura y el desgaste en la resistencia al deslizamiento, determinando que las partículas contaminantes que se adhieren a una carretera desértica pueden tener un impacto significativo en las características de contacto de las aceras y los neumáticos. La macroestructura se obtuvo a través del análisis de imágenes y las redes neuronales de regresión generalizada (GRNN). Luego, se construyó un modelo tridimensional y se pronosticó la profundidad de textura de los pavimentos de asfalto. Los resultados muestran que la distribución de arena en la carretera se puede mostrar claramente utilizando un modelo 3D reconstruido a partir de imágenes digitales. Además, se descubrió que el modelo GRNN era confiable, con un error relativo promedio de solo 3.4%. De manera que, la resistencia al deslizamiento está influenciada principalmente por la cantidad de arena eólica, la temperatura y los ciclos de desgaste. Este modelo de resistencia al deslizamiento puede predecir correctamente la capacidad de fricción y proporciona una referencia para el tiempo de mantenimiento de los pavimentos de asfalto en áreas desérticas.

Rosta y Gáspár (2023) en su documento, describen el principio de medición de la resistencia al deslizamiento del pavimento (fricción superficial), que incluye la fricción longitudinal y transversal. Además, se define una amplia gama de dispositivos de medición de resistencia antideslizante, con un enfoque en sus ventajas y desventajas. También se explican las políticas de medición en Hungría y la Unión Europea. Aseveran que, dado que existe una relación comprobada entre la resistencia al deslizamiento y los parámetros de accidente, la resistencia al deslizamiento de un pavimento de asfalto es un factor crucial para mejorar la

seguridad de conducción en una carretera. Por ello, la textura de la superficie del pavimento se estudia utilizando los niveles de superficie, las técnicas de medición más comunes, las características de macrotextura de los diferentes tipos de asfalto y la regulación húngara en el campo, presentando brevemente el tema de las propiedades agregadas y cómo afectan la especificación húngara correspondiente. Exponen algunos resultados de la Acción COST 354 de la UE sobre el desarrollo de indicadores e índices europeos unificados de rendimiento de macrorugosidad y resistencia al deslizamiento.

Pérez et al. (2020) en su artículo utilizan datos recopilados durante la temporada estival cuando los valores de fricción son mínimos para predecir la resistencia al deslizamiento más baja disponible en la red de carreteras de Vizcaya (España). Primero, se observó que la estructura del pavimento no tiene un impacto en la resistencia al deslizamiento. Por lo tanto, se utilizaron datos disponibles sobre la capa superficial de carreteras de calzada simple o doble para analizar segmentos de carreteras. Se crearon dos modelos: 1.- Un modelo corto con solo el material de la superficie, el tráfico diario anual promedio y el número de carriles (no se requiere historial de pavimento) y 2.- un modelo extenso que incorpora el valor de la piedra pulida necesario para mejorar la predicción. Estos modelos pueden ayudar a las agencias de carreteras a identificar aquellas vías donde es más probable que se obtengan valores de resistencia al deslizamiento más bajos. Como resultado, la gestión de carreteras puede predecir de antemano la resistencia al deslizamiento estimada disponible, compararla con los límites establecidos y, si es necesario, tomar las medidas necesarias.

Antecedentes a Nivel Nacional

A nivel Nacional, Meza y Palomino (2021) afirman que, una de las principales causas del deterioro del pavimento es su exposición a altas temperaturas el área de la selva peruana. Los mecanismos de rehabilitación que se utilizan para reparar daños en los pavimentos son insuficientes. En muchos casos, se intenta utilizar tratamientos superficiales para aplicarlos en la rehabilitación de daños al pavimento, pero no son suficientes porque con el tiempo se volverán a mostrar problemas comunes como grietas o fallas. Los defectos de la mezcla asfáltica tradicional presentes en áreas de la selva peruana son el ahuellamiento y la exudación, los cuales son significativos ya que indican una disminución en las propiedades de estabilidad y resistencia a la fatiga. En su estudio determinaron el mejoramiento del

comportamiento mecánico del pavimento asfáltico en zonas de selva con el uso de la mezcla asfáltica modificada con polímeros. Por lo tanto, plantean que es necesario realizar cambios en la mezcla asfáltica tradicional para mejorar sus propiedades mecánicas al agregar el polímero. También sugieren construir tramos de prueba con mezclas asfálticas modificadas con polímeros a medida que sea posible para poder utilizarlas en las carreteras del Perú en el futuro.

Balbin y Enriquez (2020) determinaron las fallas de la mezcla asfáltica tradicional que son comunes en las zonas cálidas de Perú, como el ahuellamiento y la fisura, que indican una disminución de las propiedades de estabilidad y resistencia a la fatiga. Por lo tanto, concluyen afirmando que, para mejorar sus propiedades, es necesario realizar cambios en la mezcla asfáltica tradicional que pueda mejorar su resistencia ante la variación de temperaturas ambientales.

Vílchez y Yerén (2022), según su investigación, las condiciones ambientales tienen un impacto negativo en el comportamiento de las mezclas asfálticas. Las propiedades de las mezclas asfálticas que más se ven afectadas por las condiciones ambientales son la estabilidad, la durabilidad, la resistencia al daño por impermeabilidad y la resistencia al fracturamiento por bajas temperaturas.

Apaza (2018), en su investigación bibliográfica estudió la deformación de Pavimentos Asfálticos como una de las fallas más frecuentes de la Ciudad de Juliaca debido a su ubicación geográfica, la cual presenta variaciones en las temperaturas, llegando incluso a los 24°C, en este caso las carpetas asfálticas están expuestas a temperaturas extremadamente altas, como resultado ello se hacen vulnerables a la falla por deformación asfáltica, las cuales son causadas por la susceptibilidad térmica del asfalto debido a su constitución química. Señala además que dentro de los aspectos revisados se considera importante tener en cuenta que la mala selección de materiales puede causar daños permanentes en la subrasante, las capas de base o la capa subbase bajo el asfalto. El pavimento no tendría la capacidad estructural para soportar las cargas aplicadas debido a las capas débiles de la estructura. Por lo tanto, es importante asegurarse de que el diseño de la estructura del pavimento sea adecuado para las variaciones de temperatura a la cual estará expuesto.

Asto (2018), en su estudio realizó una evaluación del desgaste de la carpeta de rodadura y, para lograrlo, examinó los factores que contribuyen al desgaste de la carpeta asfáltica; destacando que uno de los factores que afectan significativamente el comportamiento de un pavimento es el clima; las sollicitaciones del tráfico que recibe el pavimento pueden afectar la capa de rodadura o la estructura del pavimento porque las cargas repetitivas del tráfico pueden causar fallas por fatiga o ahuellamiento. Por lo tanto, se realizó una inspección visual del pavimento para identificar las fallas existentes y buscar su relación con la carga del tráfico. Según los hallazgos, afirma que el clima, el tráfico y el tiempo de servicio tienen un impacto directo en el desgaste de la carpeta asfáltica, ya que todos estos factores tienen un impacto en las características del asfalto.

Menéndez y Barreda (2015), asevera que el cálculo de la temperatura en el pavimento es un proceso complicado que requiere resolver el balance de energía de la superficie. Actualmente, los modelos climáticos EICM del MEPDG utilizan esta técnica. El valor del módulo dinámico del pavimento se determina a diferentes profundidades, y luego se calcula el valor promedio ponderado. En Perú, se utiliza con frecuencia un coeficiente de capa de carpeta única sin considerar las características de la mezcla, las cargas actuantes y el clima. Asegura además que el clima y la topografía en el país son complejos, por lo que es importante tener en cuenta las condiciones climáticas al calcular el valor representativo del coeficiente de capa. Es importante tener en cuenta que la mezcla asfáltica es un material viscoelástico que depende de la temperatura y la frecuencia de carga. Por esta razón para calcular los esfuerzos por gradiente térmico, es esencial conocer las temperaturas internas del pavimento, además de tomar en cuenta que la radiación solar influye en gran medida en la temperatura del pavimento.

Clemente (2019) plantea que la temperatura tiene un impacto significativo en el comportamiento del paquete estructural del pavimento, y la variación de temperatura causa daño a la estructura. Según su estudio, las deflexiones aumentan con las temperaturas más altas y disminuyen con las temperaturas más bajas. Sin embargo, la temperatura que afecta la capa de rodadura es el factor que tiene el mayor impacto en el comportamiento de la estructura del pavimento. Además, esta temperatura, junto con otros factores relacionados con la humedad, afectan las capas granulares, lo que provoca fallas a nivel estructural. De

hecho, la combinación de estos factores afecta en mayor o menor grado el funcionamiento normal del pavimento asfáltico, asimismo, un cambio brusco de la temperatura durante un día provoca variaciones en el rendimiento general del pavimento asfáltico.

Leyva et al. (2016) afirman que un pavimento ideal debe resistir el clima en sus variaciones estacionales; sin embargo, las altas precipitaciones pluviales, los rangos altos de variación de temperatura en el medio ambiente, combinados con malos sistemas de bombeo y escaso mantenimiento del pavimento, provocan fallas y deterioro acelerados en las infraestructuras viales. Todos los factores del diseño que afectan al pavimento deben tenerse en cuenta, como la variación de la temperatura del pavimento y el contenido de humedad en las capas granulares, si queremos evitar o reducir una falla prematura en la estructura del pavimento. Sin embargo, en su estudio plantean que la inclusión de estos factores requiere el uso de modelos climáticos computarizados que permitan crear transferencias de calor que muestren la distribución temporal y espacial de temperaturas; también, tener modelos de distribución de humedad en equilibrio a nivel de la subrasante, para predecir el grado de saturación en las capas granulares; y, además, modelos que permitan predecir el grado de saturación en las capas granulares de acuerdo con la infiltración y el drenaje.

Zúñiga y Prozzi (2019) exponen que la textura de la superficie del pavimento influye principalmente en la resistencia al deslizamiento, pero no existe un método para medir este impacto en las propiedades finales de la resistencia al deslizamiento. A razón de ello, el número de accidentes viales está directamente relacionado con la fricción y la resistencia al deslizamiento del pavimento, principalmente en superficies húmedas. Plantean que las metodologías actuales de evaluación de la fricción del pavimento tienen una serie de desventajas que las hacen imprácticas para estudios de campo en redes viales de gran tamaño. De modo que, para crear las condiciones de resistencia al deslizamiento ideales, la micro y macrotextura son esenciales. Los equipos basados en el principio de deslizamiento se utilizan principalmente en el laboratorio o requieren operativos de control de tránsito para mediciones estacionarias puntuales; en este caso, el ensayo de fricción dinámica (DFT) y el ensayo de péndulo británico (BPT) son los más comunes. De hecho, en su estudio cuando se incorporaron las medidas de los componentes macro y micro de la textura, la predicción de la fricción del BPT y el DFT mejoraron significativamente. Por lo tanto, la conclusión más

importante de esta investigación es que la microtextura debe incorporarse a los modelos de predicción de fricción. Además, cada tipo de superficie tiene una relación específica entre fricción y textura, por lo que no hay modelos generales.

Muñoz y Zevallos (2021) en su artículo de revisión sistemática examinan de manera exhaustiva los problemas de fricción que se producen tanto en los neumáticos como en el pavimento a lo largo de su vida útil. Presentan con bases teóricas expuestas durante los últimos años, los diversos factores que influyen en la evolución de la resistencia al deslizamiento: superficie del pavimento, tránsito, neumáticos y clima. Con respecto a este último factor afirma que, las condiciones del clima cuando son extremas se convierten los puntos críticos para un desgaste radical de la resistencia al deslizamiento. En caso de estaciones que, sin importar la clasificación o la vida útil, presenta menor fricción en temporada de verano que en temporada de invierno a pesar del pulido del tráfico a través del tiempo, o en un cambio repentino de fricción cuando la superficie del pavimento se moja levemente. De igual modo, la microtextura y la macrotextura juegan un papel importante en la resistencia al deslizamiento dado que influyen en la adherencia de la superficie-neumática y la evacuación de agua en la zona de contacto. Por lo tanto, cuanto mayor sean los valores de estas texturas, mejor será la fricción del pavimento. Sin embargo, el comportamiento de la fricción para todas las superficies es similar al de las condiciones secas en condiciones húmedas y bajas velocidades. Sin embargo, la caída de fricción aumenta con la velocidad a medida que disminuye la macrotextura.

Sánchez y Arias (2021) exponen que, el diseño de pavimentos flexibles ha incorporado las variables climáticas debido a que se ha demostrado que tienen un impacto en el comportamiento estructural de las carreteras. Por lo tanto, es imperativo incorporar el efecto climático en el diseño de estructuras de pavimentos. En esta investigación, el objetivo se dirigió a demostrar que el nafteno, el principal componente del asfalto, sufre simultáneamente los efectos del agua y la temperatura ambiental. La adición de oxígeno al asfalto en caliente aumenta la cantidad de asfáltenos en detrimento de los máltenos, lo que aumenta la resistencia al calor. Esto altera las condiciones reológicas iniciales del asfalto. Las pruebas del proceso de envejecimiento por oxidación del asfalto permiten conocer las

modificaciones de las propiedades físicas del asfalto para mejorar su resistencia y adherencia en condiciones climáticas extremas.

Antecedentes a Nivel Local

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura con el objetivo de identificar antecedentes locales relacionados con el tema de investigación. Sin embargo, no se encontraron estudios previos que abordaran específicamente el tema del efecto de la temperatura en la superficie y en la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en climas cálidos en el ámbito geográfico de la región Huánuco. Esta falta de antecedentes locales resaltó la necesidad de llevar a cabo el presente estudio, con el fin de llenar esta brecha en el conocimiento y proporcionar información relevante y específica para sobre la problemática abordada, en especial para la zona de Tingo María.

2.2 Bases Teóricas

El desarrollo de la perspectiva teórica es un proceso y un producto. Un proceso de inmersión en el conocimiento existente y disponible que puede estar vinculado con nuestro planteamiento del problema, y un producto (marco teórico) que a su vez es parte de un producto mayor: el reporte de investigación (Yedigis y Weinbach, 2005, como se citó en Hernández et al., 2014).

El marco teórico se desarrolló abarcando las variables de la investigación, la temperatura, los parámetros de textura de la superficie del pavimento y la resistencia al deslizamiento en los pavimentos.

2.2.1 Temperatura

La radiación que emite el sol y que llega a la superficie de la tierra se transforma en calor. El calor es un estado latente de la energía que contiene un cuerpo y se manifiesta por un movimiento vibratorio molecular directamente proporcional a la temperatura, es decir que se acelera cuando aumenta y se desacelera cuando disminuye. El indicador o valor de este estado latente se denomina Temperatura, es decir, el factor numérico usado para especificar la cantidad de calor o energía radiante que tiene un cuerpo ya sea en estado sólido, líquido o gaseoso (Valdivia, 1977). Es en el estado gaseoso, en el aire, que se considera la temperatura ambiental, que es la temperatura que se presenta y registra en los espacios libres y para su

medición se usa un termómetro ambiental que emplea los valores Celsius y Fahrenheit (Tejeda, 2018)

La temperatura se considera entre los agentes ambientales que influyen directamente en el comportamiento de los pavimentos asfálticos, modificando la rigidez de estas estructuras, por efecto de las características termoplásticas que tienen las capas superficiales del pavimento. Sucede que a medida que la temperatura crece, las capas del pavimento asfáltico pierden rigidez y cuando esto sucede y viceversa cuando la temperatura disminuye la rigidez de estas capas se incrementa (Roberts et al., 1991)

Lo indicado se presenta en mayor grado en las capas de la superficie, donde se generan estados tensionales relacionados a la temperatura que son a su vez mayores a las tensiones generados por el tráfico de los vehículos, y esto afecta la durabilidad y el deslizamiento superficial en la estructura del pavimento (Pérez et al., 2011). Hay que tener en cuenta que, conforme la capa se encuentra más profunda, siendo el caso de las capas de la base de mezcla asfáltica, las tensiones producidas por la temperatura van teniendo efectos despreciables respecto a los estados tensionales del pavimento, de tal manera que la temperatura solo va a influir en la rigidez de la mezcla (Nesnas & Nunn, 2004).

De igual modo, las temperaturas superiores a 45°C aceleran la deformación de la capa asfáltica, lo que aumenta la aparición de ondulaciones y grietas. La operación del tránsito se ve afectada por estas distorsiones de la sección transversal y longitudinal. Además, que la modificación del módulo de rigidez aumenta la sensibilidad del pavimento a la temperatura. Por lo tanto, la sensibilidad a la temperatura puede provocar grietas por fatiga, lo que puede resultar en daños estructurales (Mendoza & Marcos, 2017)

2.2.2 Parámetros de textura de la superficie del pavimento

Los parámetros de textura de la superficie del pavimento se utilizan para medir la textura macro y micro, así como la rugosidad y la fricción. De manera que, la profundidad media de las irregularidades, el tamaño medio de los elementos texturales, la distancia media entre los elementos texturales y el perfil de la irregularidad de la superficie son algunos de los parámetros que se utilizan con frecuencia. Asimismo, la amplitud media de las irregularidades, la longitud de onda media y el coeficiente de textura pueden ser otros

parámetros para considerar. Para evaluar el rendimiento y la seguridad de la superficie del pavimento los parámetros de textura se miden con una variedad de instrumentos (Bijsterveld, 2019).

Microtextura. Se entiende por microtextura a la rugosidad que presenta la superficie de un pavimento a nivel microscópico, y puede ser descrita como la granulometría a una escala muy fina y que está presente en la superficie de las partículas del agregado grueso del asfalto (Corley, 1998). La microtextura influye en la fricción del pavimento a las distintas velocidades de los vehículos ya que contribuye a romper la película de agua que se forma entre las partículas de los agregados y el caucho de las llantas de los vehículos. Influye en la fricción del pavimento a todas las velocidades porque ayuda a cortar la película de agua entre las partículas de agregado y el caucho de los neumáticos (Fintech et al., 2012)

Macrotextura. En un pavimento la macrotextura está relacionada con el tamaño y la forma de las partículas de agregado en la parte superficial del pavimento, y la disposición y espaciado de las partículas del agregado grueso. La macrotextura es responsable de gran parte de la fricción en la superficie del pavimento a velocidades superiores a 90 km/hora siempre y cuando el pavimento esté mojado (Kogbara et al., 2016)

La macrotextura es la textura del pavimento que más se usa, se determina con el uso del método de parche de arena volumétrico, con el medidor de textura circular o con el medidor de flujo de salida (Hall et al., 2009)

2.2.3 Resistencia al deslizamiento en los pavimentos

La resistencia al deslizamiento es una medida de la capacidad de una superficie para prevenir el deslizamiento accidental de vehículos o peatones en condiciones secas y húmedas. Es fundamental para garantizar la seguridad de las personas que circulan por las calles y caminos. Pueden existir revestimientos o tratamientos especiales que aumenten la resistencia al deslizamiento de los pavimentos, y existen pruebas estandarizadas para determinar la resistencia al deslizamiento de los pavimentos (Liu & Tinkler, 2010).

El concepto teórico de la resistencia al deslizamiento precisa que un momento dado, cada unidad de longitud en un pavimento tiene un valor determinista fijo que se opone (resistencia) al deslizamiento, bajo algunas condiciones de operación del pavimentos, tanto del vehículo

como ambientales, como pueden ser las propiedades estructurales y geométricas de los neumáticos, la carga que transmiten, la presión de los neumáticos, la velocidad de los vehículos, propiedades de microtextura y macrotextura del pavimento, temperatura del ambiente y espesor de la película del agua superficial en el pavimento (Muñoz & Zevallos, 2021).

Ahora bien, la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos está fuertemente influenciada por la temperatura. La condición de deslizamiento de un neumático tiene un impacto significativo en la temperatura de un neumático y la resistencia al deslizamiento del pavimento como resultado. El coeficiente de resistencia al deslizamiento también está fuertemente influenciado por las características del material del neumático o llanta, así como por la superficie del pavimento. Además, la textura del pavimento, la velocidad de deslizamiento del neumático y la adhesión de la superficie tienen un impacto en la resistencia al deslizamiento. Es por ello por lo que, debido a que la resistencia al deslizamiento está relacionada con la fricción y la resistencia al deslizamiento con la deformación, algunos estudios sugieren que se debe considerar la resistencia al deslizamiento por separado (Anupam et al., 2013)

2.3 Bases Conceptuales o Definición de Términos Básicos

Los términos básicos para usarse en este estudio han sido extraídos del Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, del MTC (2008) siendo los siguientes;

Abrasión: Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

Aplicación asfáltica: Utilización del material asfáltico en sus distintas formas con o sin agregados.

Arena: Partículas de roca que pasan la malla n.º 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla n.º 200.

Asfalto: Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. el asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

Desintegración: Separación progresiva de partículas de agregado en el pavimento, desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior. la desintegración puede ser causada

por falta de compactación, construcción de una capa muy delgada en periodos fríos, agregado sucio o desintegrable, muy poco asfalto en la mezcla, o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.

Emulsión asfáltica: Una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agente emulsivo.

Pavimento flexible: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

Rasante: Nivel terminado de la superficie de rodadura. la línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Resistencia al deslizamiento: Propiedad de la superficie del pavimento, particularmente cuando esta mojado, para resistir el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos.

Rugosidad (pavimento): Parámetro del estado más característico de la condición funcional de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. se expresa mediante el índice de rugosidad internacional (IRI).

Vía urbana: Arterias o calles conformantes de un centro poblado, que no integran el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

CAPTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Formulación de Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

La variación de la temperatura afecta significativamente a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María

3.1.2 Hipótesis Específica

Hipótesis Específica 1.

La variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos es de 15°, ciudad de Tingo María

Hipótesis Específica 2.

La variación de la temperatura afecta significativamente la macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María

Hipótesis Específica 3.

La variación de la temperatura afecta significativamente la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, ciudad de Tingo María

3.2 Variables y Operacionalización de Variables

Variable 1 (asociada a al objetivo específico 1)

-Temperatura del ambiente

Variable 2 (asociada a al objetivo específico 2)

- Textura del pavimento flexible

Variable 3 (asociada a al objetivo específico 3)

- Resistencia al deslizamiento del pavimento

En la tabla 1 se presenta el cuadro de operacionalización de las variables.

Tabla 1*Cuadro de Operacionalización de las Variables*

“Caracterización de la Resistencia al Deslizamiento en Pavimentos Asfálticos en Climas Cálidos: Caso Ciudad de Tingo María, Región Huánuco-2024”						
Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Unidad	Tipo De Variable	Instrumento (Toma De Datos)
<u>Variable 1</u> Temperatura del ambiente	Es en el estado gaseoso, en el aire, que se considera la temperatura ambiental, que es la temperatura que se presenta y registra en los espacios libres y para su medición se usa un termómetro ambiental que emplea los valores Celsius y Fahrenheit (Tejeda, 2018)	Temperatura ambiental	Temperatura	°C	Cuantitativa	Para la recolección de datos se usó el Termómetro ambiental, para registrar lo datos en una hoja de registro
<u>Variable 2</u> Textura del pavimento flexible	Los parámetros de textura de la superficie del pavimento se utilizan para medir la textura macro y micro, así como la rugosidad y la fricción. Para evaluar el rendimiento y la seguridad de la superficie del pavimento los parámetros de textura se miden con una variedad de instrumentos, se hace la precisión que en este estudio se analizará únicamente la macrotextura del pavimento (Bijsterveld, 2019)	Macrotextura	Profundidad	mm	Cuantitativa	Para recoger los datos se usó el Método del círculo de arena (arena, recipientes, cepillos, pantalla, cortavientos, compás de puntas, regla y balanza), y para registrar los datos el formato de la norma ASTM E 965 (2006)
<u>Variable 3</u> Resistencia al deslizamiento del pavimento	La resistencia al deslizamiento precisa que un momento dado, cada unidad de longitud en un pavimento tiene un valor determinista fijo que se opone (resistencia) al deslizamiento, bajo algunas condiciones de operación de los pavimentos, tanto del vehículo como ambientales (Muñoz & Zevallos, 2021).	Resistencia al deslizamiento	Coefficiente de fricción	————	Cuantitativa	Para recoger los datos se usó el Péndulo Británico, y para registrar los datos el formato de la norma ASTM E 303-22 (2022)

3.3 Definición Teórica de Variables

Temperatura del ambiente

La temperatura del medio ambiente se define como una medida del calor o energía térmica presente en el aire que rodea un área específica, la cual es influenciada por diversos factores climáticos y geográficos. Esta variable es fundamental en estudios ambientales y de ingeniería civil, ya que afecta significativamente diversos fenómenos físicos y procesos biológicos (Smith & Brown, 2015).

Según Wilson (2013) la temperatura del medio ambiente es un factor crítico que afecta la resistencia de los materiales y la seguridad vial, especialmente en climas cálidos donde las altas temperaturas pueden reducir la fricción de las superficies pavimentadas, incrementando el riesgo de accidentes de tráfico (p. 234).

Textura del Pavimento Flexible

La textura del pavimento flexible se refiere a las características superficiales del pavimento que influyen en la interacción entre los neumáticos de los vehículos y la carretera. Esta textura se divide en dos categorías principales: micro textura y macro textura. La micro textura se relaciona con las irregularidades finas de la superficie del pavimento, mientras que la macro textura se refiere a las características más grandes y visibles (Brown & Davis, 2017).

Según García y Moreno (2017), "la textura del pavimento flexible es una variable clave en el desempeño de la superficie de la carretera, ya que afecta la fricción y, por ende, la seguridad y comodidad del tránsito vehicular. Una adecuada textura superficial puede mejorar la adherencia de los neumáticos y reducir el riesgo de deslizamiento" (p. 102).

Resistencia al Deslizamiento del Pavimento

La resistencia al deslizamiento del pavimento es la capacidad de la superficie del pavimento para proporcionar fricción a los neumáticos de los vehículos, evitando el deslizamiento y asegurando una conducción segura. Esta resistencia es crucial para la seguridad vial, ya que una alta resistencia al deslizamiento reduce el riesgo de accidentes, especialmente en condiciones adversas como lluvia o hielo (Johnson & White, 2018). La fricción entre los neumáticos y el pavimento permite a los conductores mantener el control de sus vehículos, realizar frenadas efectivas y evitar derrapes peligrosos.

Según Hall et al. (2009), la resistencia al deslizamiento del pavimento es una función de la textura superficial y la composición del pavimento. La textura superficial incluye características como la microtextura y la macrotextura, que influyen directamente en la interacción entre los neumáticos y la superficie del pavimento. La microtextura se refiere a las irregularidades finas de la superficie del pavimento que afectan la fricción en un nivel microscópico. Estas pequeñas protuberancias y depresiones proporcionan puntos de contacto adicionales entre los neumáticos y el pavimento, mejorando la tracción.

La macrotextura, por otro lado, se refiere a las características más grandes y visibles de la superficie del pavimento, como los agregados gruesos y los patrones de desgaste. Esta textura más pronunciada ayuda a drenar el agua de la superficie del pavimento, reduciendo el riesgo de hidroplaneo y mejorando la fricción en condiciones húmedas. La composición del pavimento, que incluye los materiales utilizados y su disposición, también juega un papel crucial en la resistencia al deslizamiento. Materiales de alta calidad y bien diseñados pueden mejorar significativamente la fricción y la durabilidad del pavimento (Hall et al. ,2009).

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1 Ámbito o Lugar de Ejecución

La investigación se desarrolló en la ciudad de Tingo María, distritos de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. La ciudad de Tingo María está ubicada en la zona selva de la región Huánuco, tiene un clima muy cálido, moderadamente lluvioso con una amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1954-2021) es 30.5°C y 18.7°C, respectivamente.

4.2 Tipo y Nivel de Investigación

4.2.1 Tipo

El tipo de esta investigación es aplicada porque se basa en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental y está orientada a resolver los problemas de un lugar específico (Ñaupas et al., 2018). En este caso se busca resolver la pregunta de cómo afecta la temperatura en la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, como lo es en la ciudad de Tingo María, en la región Huánuco.

4.4.2 Nivel

Esta investigación tiene un nivel o alcance relacional debido a que busca establecer la relación entre dos variables específicas: la temperatura y la resistencia al deslizamiento en los pavimentos. En este caso, se busca comprender cómo la temperatura afecta la capacidad de los pavimentos para resistir el deslizamiento de los vehículos, lo cual implica explorar la conexión entre estas dos variables y cómo se influyen mutuamente. Las investigaciones de nivel relacional se centran en examinar las relaciones entre variables específicas y cómo estas interactúan entre sí en un contexto dado (Hernández et al., 2014).

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Descripción de la Población

Para delimitar la población del estudio, iniciamos con la identificación la unidad de análisis o muestreo, que en nuestro caso fue el pavimento asfáltico de la ciudad de Tingo María, entonces la población lo componen todas calles con pavimento asfáltico que tiene la ciudad de Tingo María, que es hacia quienes pretendemos generalizar los resultados

que se obtengan. Respecto a la población, Hernández et al. (2014) la definen como el conjunto de todos los casos que satisfacen un conjunto de especificaciones.

4.3.2 Muestra y Método de Muestreo

El muestreo fue realizado con la técnica no probabilístico e intencional, y se conformaron de 6 calles asfaltadas de la Avenida José Carlos Mariátegui de la ciudad de Tingo María. Para el estudio se analizaron 6 unidades de análisis (calles asfaltadas de la ciudad de Tingo María), con el muestreo No Probabilístico por intención se tomaron como muestra 6 calles pavimentadas de la Avenida José Carlos Mariátegui (distrito de Castillo Grande) que compartan similares características en términos antigüedad, estado de conservación y tráfico, la elección fue a criterio del autor considerando la similitud de características, de acuerdo a la definición que hacen Hernández et al. (2014), el muestreo no probabilístico intencional implica la selección deliberada de elementos de muestra debido a su relevancia para el estudio.

4.3.3 Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión

1. Tipo de Pavimento: Calles con pavimento asfáltico.

Justificación: Asegura la homogeneidad del tipo de superficie evaluada.

2. Estado de Intervención: Calles que no hayan sido intervenidas (trabajos de mejoramiento) en los últimos tres años.

Justificación: Evita incluir superficies recién mejoradas que no reflejan el desgaste natural.

3. Problemas de Drenaje: Calles sin problemas de drenaje evidentes.

Justificación: Asegura que las mediciones no se vean afectadas por acumulaciones de agua.

4. Flujo Vehicular: Calles con flujo vehicular regular.

Justificación: Permite evaluar la resistencia al deslizamiento en condiciones de tráfico típicas.

5. Tipo de Tráfico: Calles de doble tráfico.

Justificación: Refleja condiciones de tráfico más complejas y realistas.

6. **Ubicación y Condición Geográfica:** Calles que estén de manera consecutiva y sin pendiente pronunciada.

Justificación: Asegura uniformidad geográfica y reduce variabilidad por diferencias topográficas.

Criterios de Exclusión

1. **Fallas Superficiales y Estructurales:** Calles con evidentes fallas superficiales (baches, grietas) y estructurales.

Justificación: Las fallas pueden afectar la medición de la resistencia al deslizamiento y no representar condiciones ideales de pavimento.

2. **Tráfico Irregular:** Calles con tráfico extremadamente bajo o alto.

Justificación: Tráfico irregular puede introducir variabilidad extrema en los datos.

3. **Obras en Curso:** Calles con obras de construcción o mantenimiento en curso.

Justificación: Estas obras pueden interferir con las mediciones y no reflejan las condiciones normales de la calle.

4. **Uso Especializado:** Calles destinadas a usos especializados (como rutas de transporte pesado o exclusivas para bicicletas).

Justificación: Estas calles no representan el tráfico vehicular típico.

5. **Obstrucciones Temporales:** Calles con obstrucciones temporales significativas (como eventos, ferias, etc.).

Justificación: Estas obstrucciones pueden afectar las condiciones de tráfico y, por ende, las mediciones.

6. **Superficies Tratadas:** Calles que hayan recibido tratamientos antideslizantes adicionales en los últimos seis meses.

Justificación: Estos tratamientos pueden mejorar artificialmente la resistencia al deslizamiento y no reflejan el estado natural del pavimento.

Estos criterios (de inclusión y exclusión) aseguran que las calles seleccionadas proporcionen datos precisos y relevantes para la investigación, evitando variabilidad no deseada y asegurando que las condiciones de las calles sean lo más representativas posibles.

4.4 Diseño de Investigación

El estudio tiene un diseño de investigación no experimental y transversal, no experimental debido a que no se manipularon las variables, estas fueron observadas y descritas tal como se presentan en su estado natural y transversal porque los datos han sido tomados en una sola oportunidad (Hernández et al., 2014).

4.5 Métodos, Técnicas e Instrumentos

4.5.1 Métodos

Método

Estudio Observacional. En este método, se recolectan datos sobre la resistencia al deslizamiento de las superficies en su estado natural, sin intervención experimental, permitiendo evaluar el desempeño del pavimento en condiciones reales de uso. El estudio observacional permite evaluar la resistencia al deslizamiento de las superficies en condiciones reales, proporcionando datos valiosos sobre su desempeño sin la necesidad de manipulación experimental (Creswell & Plano, 2018).

4.5.2 Técnicas

Técnica

Observación Directa. La observación directa es una técnica estructurada que implica la recolección de datos de manera organizada y controlada. En este contexto, se observa y se registra la resistencia al deslizamiento del pavimento bajo diferentes condiciones climáticas, siguiendo un protocolo definido para asegurar la consistencia y la precisión de los datos recolectados. "La observación sistemática es una técnica valiosa en estudios no experimentales porque permite la recolección de datos precisos y replicables, minimizando el sesgo del observador" (Kawulich, 2005, p. 79).

4.5.3 Instrumentos

Termómetros Ambientales. Utilizados para registrar la temperatura del aire y otras condiciones climáticas relevantes. "Las estaciones meteorológicas y los termómetros ambientales son esenciales para monitorear las condiciones climáticas, proporcionando datos cruciales para el análisis de la influencia del clima en la fricción del pavimento" (Barry & Chorley, 2009, p. 67).

Péndulo Británico (Skid Tester). Este dispositivo mide la fricción longitudinal del pavimento y proporciona datos sobre la resistencia al deslizamiento en diferentes condiciones. "El Skid Tester es una herramienta esencial en la evaluación de la fricción del pavimento, proporcionando datos precisos y confiables sobre su desempeño en condiciones reales" (Wambold et al., 2003, p. 45).

Instrumentos del Método del Círculo de Arena. El método del círculo de arena se utiliza para medir la macrotextura del pavimento. Consiste en esparcir una cantidad conocida de arena sobre la superficie del pavimento y luego medir el diámetro del círculo que se forma, lo cual permite calcular la profundidad media de la textura. "El método del círculo de arena es ampliamente utilizado para evaluar la macrotextura del pavimento, proporcionando una medida práctica y efectiva de la rugosidad de la superficie" (Flintsch et al., 2003, p. 98)

Tabla 2

Métodos, técnicas e instrumentos

Objetivos Específicos	Métodos	Técnicas	Instrumentos
Objetivo específico Determinar la variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María	Estudio Observacional	Observación directa	Para la recolección de datos se usó el termómetro ambiental, para registrar lo datos en una hoja de registro
Objetivo específico 2 Determinar cómo afecta la variación de temperatura a la macro textura de la superficie de los pavimentos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María	Estudio Observacional	Observación directa	Para recoger los datos se usará el Método del círculo de arena (arena, recipientes, cepillos, pantalla, cortavientos, compás de puntas, regla y balanza), y para registrar los datos el formato de la norma ASTM E 965 (2006)
Objetivo específico 3 Determinar cómo afecta la variación de temperatura a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María	Estudio Observacional	Observación directa	Para recoger los datos se usará el Péndulo Británico, y para registrar los datos el formato de la norma ASTM E 303-22 (2022)

4.5.3.1 Validación de los Instrumentos Para la Recolección de Datos.

Termómetro Ambiental. El termómetro ambiental es un instrumento estandarizado ampliamente utilizado para medir la temperatura del aire. Su validez se basa en su capacidad para medir de manera precisa la temperatura ambiental en diferentes contextos y condiciones.

Círculo de Arena. La validez de los instrumentos propios del método del círculo de arena se fundamenta en su conformidad con la norma ASTM E 965 (2006), que establece los procedimientos específicos para medir la macrotextura del pavimento, asegurando que el método mide lo que se propone medir.

Péndulo Británico. La validez del péndulo británico está respaldada por su uso conforme a la norma ASTM E 1844-08 (2020), la cual especifica los procedimientos precisos para su operación y asegura que el instrumento mide adecuadamente la resistencia al deslizamiento del pavimento

4.5.3.2 Confiabilidad de los Instrumentos Para la Recolección de Datos.

La confiabilidad del termómetro ambiental se asegura mediante procedimientos regulares de calibración, lo que garantiza que las mediciones sean precisas y consistentes a lo largo del tiempo.

Círculo de Arena. La confiabilidad del método del círculo de arena está garantizada por la implementación de formatos estandarizados según la norma ASTM E 965 (2006), lo que asegura que las mediciones sean precisas y reproducibles en diferentes contextos y condiciones.

Péndulo Británico. La confiabilidad del péndulo británico se asegura mediante el uso de formatos estandarizados según la norma ASTM E 303-22 (2022), que especifica procedimientos de calibración y operación que garantizan lecturas consistentes y reproducibles.

4.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

4.6.1 Datos a Registrar

En esta investigación se recopilaron datos específicos sobre tres variables clave: la temperatura ambiental, la macrotextura del pavimento mediante el método del círculo de arena, y la resistencia al deslizamiento utilizando el péndulo británico.

Datos de Temperatura. Para registrar la temperatura ambiental, se utilizaron termómetros ambientales estandarizados, colocados en varios puntos estratégicos a lo largo de la carretera. Estos puntos incluyeron áreas con diferentes exposiciones solares y altitudes para capturar una representación precisa de las condiciones térmicas a lo largo del día.

Hora del Día: Se registró la hora exacta en la que se tomó cada medición para correlacionar las fluctuaciones de temperatura con la fricción del pavimento.

Temperatura del Aire: La temperatura del aire fue medida y registrada en grados Celsius (°C) en intervalos regulares.

Condiciones Climáticas Adicionales: Se anotaron observaciones sobre condiciones climáticas adicionales, como la humedad relativa, la presencia de precipitaciones y la velocidad del viento, ya que estos factores también pueden influir en la temperatura y el comportamiento del pavimento.

Datos del Método del Círculo de Arena. El método del círculo de arena se utilizó para medir la macrotextura del pavimento. Este método proporciona una estimación de la profundidad media de la textura, que es un factor crucial en la resistencia al deslizamiento.

Diámetro del Círculo: Se registró el diámetro del círculo formado por la arena esparcida, en milímetros (mm), en varios puntos del pavimento.

Volumen de Arena Utilizado: Se anotó el volumen exacto de arena utilizado para formar cada círculo, garantizando que las mediciones fueran consistentes.

Profundidad Media de la Textura: A partir del diámetro del círculo, se calculó y registró la profundidad media de la textura del pavimento, en milímetros (mm).

Datos del Péndulo Británico. El péndulo británico se utilizó para medir la resistencia al deslizamiento del pavimento. Este instrumento permite obtener un índice de fricción, esencial para evaluar la seguridad de la superficie del pavimento.

Lectura del Péndulo Británico: Se tomaron múltiples lecturas del índice de fricción en cada punto de medición, registrando los valores obtenidos directamente del péndulo.

Condiciones del Pavimento: Se anotaron observaciones sobre el estado del pavimento en el momento de la medición, incluyendo cualquier presencia de agua, suciedad u otros factores que pudieran influir en la resistencia al deslizamiento.

Repetición de Medidas: Para asegurar la confiabilidad de los datos, cada medición se repitió varias veces y se registró el promedio de las lecturas obtenidas.

Conclusión

La recopilación de estos datos permitió una evaluación detallada y precisa de las condiciones del pavimento en climas cálidos. La validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados, junto con los métodos estandarizados de medición, aseguraron la calidad y la exactitud de los datos obtenidos, proporcionando una base sólida para el análisis y las conclusiones de la investigación.

4.6.2 Procesamiento

A continuación, se describe el procesamiento de datos específico para cada uno de los instrumentos empleados en la investigación.

Procesamiento de Datos del Termómetro Ambiental. Después de recopilar los datos de temperatura ambiental mediante termómetros ambientales estandarizados en diferentes puntos a lo largo de la carretera, se procedió con su procesamiento para obtener información relevante sobre las condiciones térmicas durante el estudio.

Análisis de Datos Temporales: Se organizó y registró cada medición de temperatura junto con la hora del día correspondiente. Esto permitió identificar patrones diarios de variación de temperatura y su relación con la fricción del pavimento.

Promedio de Temperaturas: Se calculó el promedio de las temperaturas registradas durante el período de estudio para cada ubicación. Esto proporcionó una visión general de las condiciones térmicas promedio a lo largo del tramo de carretera evaluado.

Visualización de Datos: A continuación, se presentan las tablas para visualizar los datos de temperatura a lo largo del tiempo desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, en cada una de las 6 cuadradas analizadas;

Tabla 3*Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1*

Lugar	N.º de medición	Hora	Temperatura °C
Cuadra 1	1	06:00	23
	2	07:00	25
	3	08:00	27
	4	09:00	29
	5	10:00	30
	6	11:00	30
	7	12:00	32
	8	13:00	33
	9	14:00	34
	10	15:00	30
	11	16:00	32
	12	17:00	30
	13	18:00	27

Tabla 4*Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 2*

Lugar	N.º de medición	Hora	Temperatura °C
Cuadra 2	1	06:00	20
	2	07:00	22
	3	08:00	25
	4	09:00	27
	5	10:00	27
	6	11:00	29
	7	12:00	32
	8	13:00	32
	9	14:00	32
	10	15:00	32
	11	16:00	32
	12	17:00	30
	13	18:00	27

Tabla 5*Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 3*

Lugar	N.º de medición	Hora	Temperatura °C
Cuadra 3	1	06:00	22
	2	07:00	25
	3	08:00	27
	4	09:00	28
	5	10:00	29
	6	11:00	31
	7	12:00	33
	8	13:00	32
	9	14:00	35
	10	15:00	33
	11	16:00	32
	12	17:00	29
	13	18:00	26

Tabla 6*Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4*

Lugar	N.º de medición	Hora	Temperatura °C
Cuadra 4	1	06:00	21
	2	07:00	23
	3	08:00	25
	4	09:00	27
	5	10:00	30
	6	11:00	32
	7	12:00	32
	8	13:00	33
	9	14:00	31
	10	15:00	30
	11	16:00	30
	12	17:00	29
	13	18:00	27

Tabla 7*Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 5*

Lugar	N.º de medición	Hora	Temperatura °C
Cuadra 5	1	06:00	21
	2	07:00	24
	3	08:00	27
	4	09:00	27
	5	10:00	29
	6	11:00	29
	7	12:00	32
	8	13:00	33
	9	14:00	33
	10	15:00	34
	11	16:00	32
	12	17:00	30
	13	18:00	27

Tabla 8*Valores de la temperatura en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 6*

Lugar	N.º de medición	Hora	Temperatura °C
Cuadra 6	1	06:00	21
	2	07:00	22
	3	08:00	25
	4	09:00	28
	5	10:00	28
	6	11:00	31
	7	12:00	32
	8	13:00	32
	9	14:00	30
	10	15:00	30
	11	16:00	29
	12	17:00	28
	13	18:00	26

Procesamiento de Datos del Método del Círculo de Arena. El método del círculo de arena se aplicó para evaluar la macrotextura del pavimento, proporcionando datos esenciales para entender su influencia en la resistencia al deslizamiento.

Cálculo de la Profundidad Media de la Textura: A partir de las mediciones del diámetro de los círculos de arena en diferentes puntos del pavimento, se calculó la profundidad media de la textura. Este dato fue crucial para entender cómo la macrotextura afecta la seguridad vial.

Presentación de Resultados: Se realizó un análisis de la variabilidad de los datos obtenidos mediante el método del círculo de arena, asegurando que las mediciones fueran consistentes y representativas de las condiciones reales del pavimento, valores que se presentan a continuación para cada una de las cuadras de la avenida estudiada;

Tabla 9

Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1

Lugar	N.º de medición	Hora	Diámetro				D promedio	H (mm)
			1	2	3	4		
Cuadra 1	1	06:00	165	151	140	139	148.75	1.44
	2	07:00	157	154	147	152	152.50	1.37
	3	08:00	136	139	148	153	144.00	1.54
	4	09:00	158	165	153	155	157.75	1.28
	5	10:00	147	143	153	153	149.00	1.43
	6	11:00	145	154	164	148	152.75	1.36
	7	12:00	161	154	147	147	152.25	1.37
	8	13:00	153	161	148	149	152.75	1.36
	9	14:00	139	135	139	152	141.25	1.60
	10	15:00	148	168	153	151	155.00	1.32
	11	16:00	152	153	152	153	152.50	1.37
	12	17:00	157	152	147	139	148.75	1.44
	13	18:00	147	149	153	144	148.25	1.45

Tabla 10 *Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1*

Lugar	N.º de medición	Hora	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	D promedio	H (mm)
Cuadra 2	1	06:00	166	152	140	149	151.75	1.38
	2	07:00	156	153	144	151	151.00	1.40
	3	08:00	137	137	148	152	143.50	1.55
	4	09:00	157	166	152	155	157.50	1.28
	5	10:00	147	143	153	151	148.50	1.44
	6	11:00	145	154	163	149	152.75	1.36
	7	12:00	161	154	147	147	152.25	1.37
	8	13:00	153	162	157	155	156.75	1.30
	9	14:00	139	135	139	152	141.25	1.60
	10	15:00	148	167	147	151	153.25	1.36
	11	16:00	152	152	152	149	151.25	1.39
	12	17:00	157	151	160	139	151.75	1.38
	13	18:00	147	148	137	145	144.25	1.53

Tabla 11

Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 3

Lugar	N.º de medición	Hora	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	D promedio	H (mm)
Cuadra 3	1	06:00	160	150	139	140	147.25	1.47
	2	07:00	157	154	147	151	152.25	1.37
	3	08:00	137	140	147	154	144.50	1.52
	4	09:00	158	165	153	155	157.75	1.28
	5	10:00	148	142	152	154	149.00	1.43
	6	11:00	145	154	164	148	152.75	1.36
	7	12:00	160	155	148	148	152.75	1.36
	8	13:00	153	161	148	142	151.00	1.40
	9	14:00	138	134	140	150	140.50	1.61
	10	15:00	148	168	153	151	155.00	1.32
	11	16:00	152	154	153	152	152.75	1.36
	12	17:00	153	152	147	139	147.75	1.46
	13	18:00	150	150	152	145	149.25	1.43

Tabla 12*Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4*

Lugar	N.º de medición	Hora	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	D promedio	H (mm)
Cuadra 4	1	06:00	166	152	139	138	148.8	1.44
	2	07:00	155	154	147	152	152.0	1.38
	3	08:00	139	148	147	152	146.5	1.48
	4	09:00	157	155	153	155	155.0	1.32
	5	10:00	147	147	152	152	149.5	1.42
	6	11:00	146	154	164	148	153.0	1.36
Cuadra 4	7	12:00	161	148	148	148	151.3	1.39
	8	13:00	154	160	148	149	152.8	1.36
	9	14:00	139	135	147	151	143.0	1.56
	10	15:00	149	167	153	151	155.0	1.32
	11	16:00	152	153	153	152	152.5	1.37
	12	17:00	158	152	147	137	148.5	1.44
	13	18:00	148	147	152	144	147.8	1.46

Tabla 13*Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 5*

Lugar	N.º de medición	Hora	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	D promedio	H (mm)
Cuadra 5	1	06:00	160	150	139	140	147.25	1.47
	2	07:00	145	155	147	155	150.50	1.41
	3	08:00	136	136	150	152	143.50	1.55
	4	09:00	157	166	153	155	157.75	1.28
	5	10:00	147	145	153	155	150.00	1.41
	6	11:00	145	155	165	147	153.00	1.36
	7	12:00	161	154	147	147	152.25	1.37
	8	13:00	152	162	147	148	152.25	1.37
	9	14:00	139	135	139	152	141.25	1.60
	10	15:00	147	167	153	150	154.25	1.34
	11	16:00	152	153	152	153	152.50	1.37
	12	17:00	156	153	148	140	149.25	1.43
	13	18:00	145	150	152	139	146.50	1.48

Tabla 14

Valores de la macro textura superficial en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 6

Lugar	N.º de medición	Hora	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	D promedio	H (mm)
	1	06:00	164	15	137	151	116.75	2.34
	2	07:00	158	154	147	155	153.50	1.35
	3	08:00	136	140	138	152	141.50	1.59
	4	09:00	157	165	153	155	157.50	1.28
	5	10:00	147	144	150	152	148.25	1.45
	6	11:00	146	154	150	148	149.50	1.42
Cuadra 6	7	12:00	161	152	147	148	152.00	1.38
	8	13:00	152	161	147	150	152.50	1.37
	9	14:00	139	133	139	151	140.50	1.61
	10	15:00	148	168	154	152	155.50	1.32
	11	16:00	152	152	153	150	151.75	1.38
	12	17:00	155	152	146	140	148.25	1.45
	13	18:00	146	148	152	145	147.75	1.46

Procesamiento de Datos del Péndulo Británico. El péndulo británico se utilizó para medir la resistencia al deslizamiento del pavimento, proporcionando índices de fricción que son cruciales para evaluar su seguridad.

Promedio de Lecturas del Péndulo: Se calculó el promedio de las lecturas del péndulo británico tomadas en múltiples puntos a lo largo de la carretera. Esto proporcionó un índice general de fricción para cada ubicación evaluada.

Interpretación de Resultados: Se interpretaron los resultados obtenidos del péndulo británico en términos de seguridad vial, evaluando dónde se cumplían o no los estándares de fricción adecuados para condiciones seguras de conducción.

Comparación con Estándares: Se compararon las lecturas del péndulo británico con los estándares establecidos por normativas nacionales e internacionales para determinar el cumplimiento con los requisitos de seguridad vial.

Presentación de Resultados: Los resultados del péndulo británico se presentan a continuación, utilizando tablas para visualizar las variaciones de fricción a lo largo de las 6 cuadra estudiadas;

Tabla 15

Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 1

Lugar	N.º de Medición	Hora	Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Media
	1	06:00	50	48	46	50	47	48.2
	2	07:00	52	54	48	55	59	53.6
	3	08:00	51	54	55	56	57	54.6
	4	09:00	50	43	45	48	43	45.8
	5	10:00	51	54	55	56	57	54.6
	6	11:00	55	57	49	55	56	54.4
Cuadra 1	7	12:00	60	65	60	58	61	60.8
	8	13:00	60	58	58	57	54	57.4
	9	14:00	61	59	57	58	61	59.2
	10	15:00	59	55	60	57	58	57.8
	11	16:00	60	62	59	61	60	60.4
	12	17:00	59	61	57	55	59	58.2
	13	18:00	61	56	59	60	58	58.8

Tabla 16

Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 2

Lugar	N.º de Medición	Hora	Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Media
	1	06:00	55	58	51	52	50	53.2
	2	07:00	54	53	51	50	56	52.8
	3	08:00	52	55	52	58	55	54.4
	4	09:00	56	57	58	56	59	57.2
	5	10:00	58	55	54	59	60	57.2
	6	11:00	57	60	57	60	60	58.8
Cuadra 2	7	12:00	61	62	60	59	63	61.0
	8	13:00	64	60	59	61	65	61.8
	9	14:00	62	60	58	59	62	60.2
	10	15:00	60	56	59	58	59	58.4
	11	16:00	62	61	56	58	59	59.2
	12	17:00	58	56	57	56	55	56.4
	13	18:00	59	57	58	59	56	57.8

Tabla 17

Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 3

Lugar	N.º de		Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Media
	Medición	Hora						
Cuadra 3	1	06:00	54	55	58	55	53	55.0
	2	07:00	51	51	52	53	50	51.4
	3	08:00	56	57	55	58	62	57.6
	4	09:00	55	57	58	60	60	58.0
	5	10:00	53	49	48	52	46	49.6
	6	11:00	54	57	56	55	60	56.4
	7	12:00	58	59	53	58	59	57.4
	8	13:00	61	65	62	61	64	62.6
	9	14:00	61	59	61	60	57	59.6
	10	15:00	63	62	61	63	64	62.6
	11	16:00	63	60	62	60	61	61.2
	12	17:00	61	64	62	63	63	62.6
	13	18:00	61	63	60	62	62	61.6

Tabla 18

Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4

Lugar	N.º de		Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Media
	Medición	Hora						
Cuadra 4	1	06:00	50	45	48	47	42	46.4
	2	07:00	49	53	48	47	45	48.4
	3	08:00	49	48	46	49	51	48.6
	4	09:00	47	51	47	52	50	49.4
	5	10:00	52	52	53	51	54	52.4
	6	11:00	52	51	49	54	55	52.2
	7	12:00	52	55	52	55	55	53.8
	8	13:00	54	55	56	54	58	55.4
	9	14:00	58	54	56	57	60	57.0
	10	15:00	55	54	53	55	57	54.8
	11	16:00	55	51	54	53	54	53.4
	12	17:00	56	55	51	53	54	53.8
	13	18:00	53	51	52	54	50	52.0

Tabla 19

Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 4

Lugar	N.º de		Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Media
	Medición	Hora						
Cuadra 5	1	06:00	54	52	53	58	52	53.8
	2	07:00	57	60	53	54	55	55.8
	3	08:00	56	55	58	59	60	57.6
	4	09:00	56	58	54	60	61	57.8
	5	10:00	58	61	62	59	63	60.6
	6	11:00	61	59	58	61	62	60.2
	7	12:00	59	60	61	63	64	61.4
	8	13:00	64	65	62	61	65	63.4
	9	14:00	67	62	64	63	66	64.4
	10	15:00	65	63	64	62	64	63.6
	11	16:00	63	58	61	60	61	60.6
	12	17:00	64	63	60	60	64	62.2
	13	18:00	61	58	59	60	58	59.2

Tabla 20

Valores de la resistencia al deslizamiento en la avenida José Carlos Mariátegui cuadra 6

Lugar	N.º de		Lectura1	Lectura2	Lectura3	Lectura4	Lectura5	Media
	Medición	Hora						
Cuadra 6	1	06:00	55	50	52	51	46	50.8
	2	07:00	53	55	53	51	50	52.4
	3	08:00	54	52	50	53	55	52.8
	4	09:00	52	55	53	56	54	54.0
	5	10:00	55	56	57	56	58	56.4
	6	11:00	56	57	53	58	59	56.6
	7	12:00	57	59	58	59	59	58.4
	8	13:00	59	59	61	60	61	60.0
	9	14:00	61	59	60	62	62	60.8
	10	15:00	60	58	59	60	61	59.6
	11	16:00	59	57	58	59	57	58.0
	12	17:00	61	59	60	57	60	59.4
	13	18:00	58	55	57	58	59	57.4

4.6.3 Plan de Tabulación y Análisis de Datos Estadísticos

Plan de tabulación. A continuación, se detalla el plan de tabulación de datos utilizado después de haber completado la fase de procesamiento de la información recolectada durante el estudio.

Datos de la Temperatura Ambiental. Tabla de Resumen de Datos de Temperatura Ambiental: Se elaboró una tabla detallada que registraba la fecha y hora de cada medición de temperatura, la ubicación específica del termómetro ambiental en la carretera evaluada, las temperaturas registradas en grados Celsius (°C), y observaciones sobre las condiciones climáticas relevantes durante cada medición.

Gráficos de Tendencias Temporales: Se generaron gráficos de líneas para visualizar las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo en diferentes ubicaciones de la carretera. Estos gráficos facilitaron la identificación de patrones climáticos diarios y estacionales que podrían influir en la fricción del pavimento.

Datos del Método del Círculo de Arena.

Tabla de Profundidad Media de la Textura del Pavimento: Se creó una tabla detallada que incluía las mediciones de la profundidad media de la textura del pavimento obtenidas mediante el método del círculo de arena. Para cada punto de medición, se registraron el diámetro promedio de los círculos de arena, el volumen de arena utilizado, y la profundidad media de la textura calculada en milímetros (mm).

Comparación y Análisis de Resultados: Los datos fueron tabulados y analizados para identificar diferencias significativas en la textura del pavimento entre áreas específicas de la carretera. Se realizaron comparaciones estadísticas para evaluar la uniformidad de la textura y su impacto potencial en la seguridad vial.

Datos del Péndulo Británico.

Tabla de Lecturas del Péndulo Británico: Se registraron todas las lecturas individuales del índice de fricción obtenidas mediante el péndulo británico en cada punto de medición a lo largo de la carretera. La tabla incluía detalles sobre la ubicación exacta de cada medición, las lecturas de fricción obtenidas, y observaciones pertinentes sobre las condiciones del pavimento durante las mediciones.

Análisis de Datos Estadísticos. Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos tabulados en la investigación que busca caracterizar el pavimento respecto a su macrotextura y resistencia al deslizamiento, así como explorar la relación entre estas variables y la temperatura, se hizo uso de la estadística descriptiva y la estadística inferencial;

Análisis Descriptivo. El análisis descriptivo tiene como objetivo resumir y describir las características principales de los datos recolectados. En este caso, se centraría en la macrotextura del pavimento y la resistencia al deslizamiento, y por otro lado la temperatura del medio ambiente a efectos de conocer la variación de la temperatura, que es el objetivo específico 1 del presente estudio.

Para la Temperatura Ambiental:

Medidas de tendencia central: Se calculó la media, mediana y moda de la profundidad media de la textura para tener una idea de la temperatura promedio del pavimento.

Medidas de dispersión: Se calculó la desviación estándar o el rango intercuartílico para entender la variabilidad en la temperatura del pavimento.

Para la Macrotextura del Pavimento

Medidas de tendencia central: Se calculó la media, mediana y moda de la profundidad media de la textura para tener una idea de la textura promedio del pavimento.

Medidas de dispersión: Se calculó la desviación estándar o el rango intercuartílico para entender la variabilidad en la textura del pavimento.

Para la Resistencia al Deslizamiento:

Medidas de tendencia central: Se calculó la media y la mediana del índice de fricción obtenido con el péndulo británico para entender el nivel promedio de resistencia al deslizamiento.

Medidas de dispersión: Se calculó la desviación estándar para evaluar la variabilidad en los valores de fricción.

Análisis Inferencial. El análisis inferencial busca sacar conclusiones más allá de los datos observados, generalizando a una población más amplia o evaluando la relación entre variables. En este caso, se explora la relación entre la macrotextura y la temperatura ambiental y la resistencia al deslizamiento y la temperatura ambiental;

Relación entre Macrotextura y Temperatura:

Prueba estadística: Se utilizó la correlación de Pearson para determinar si existe una relación lineal entre la profundidad media de la textura del pavimento y las variaciones de temperatura ambiental.

Relación entre Resistencia al Deslizamiento y Temperatura:

Prueba estadística: Se utilizó la correlación de Pearson para modelar la relación entre la resistencia al deslizamiento (índice de fricción) y la temperatura ambiental.

4.7 Aspectos Éticos

Durante el desarrollo de la investigación se tomaron en cuenta varias consideraciones éticas para garantizar la integridad y la transparencia del estudio, con la precisión de que no se trabajaron con personas ni animales con sujetos de estudio.

Confidencialidad y Privacidad. Se garantizó la confidencialidad y privacidad de todos los datos recolectados.

Transparencia en la Recolección y Análisis de Datos. Se mantuvo una total transparencia en la recolección y análisis de datos. Se documentaron los procedimientos metodológicos, permitiendo la replicación del estudio por otros investigadores. Además, los resultados y conclusiones se presentan de manera honesta y sin alteraciones, asegurando la objetividad del estudio.

Integridad en la Publicación de Resultados. Los resultados de la investigación se publican de manera íntegra y sin sesgos. Se evitó cualquier manipulación de datos que pudiera distorsionar los hallazgos. Todos los resultados, incluyendo aquellos que no respaldaban las hipótesis iniciales, fueron reportados para proporcionar una visión completa y precisa del estudio.

Cumplimiento de Normativas y Regulaciones. Se cumplió con todas las normativas y regulaciones locales e internacionales relacionadas con la investigación en pavimentos y seguridad vial. Esto incluyó la adhesión a las directrices establecidas por el Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC) y otras autoridades pertinentes.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis Descriptivo

El análisis Descriptivo, como ya se indicó en el numeral 4.6.3 se realizó sobre los valores obtenidos de la temperatura ambiental, la macrotextura y la resistencia al deslizamiento del pavimento analizado en condiciones de un clima cálido, obteniéndose los siguientes valores;

Para la Temperatura Ambiental

Figura 1

Valores de la media, mediana, moda, desviación estándar, valores máximos y valores mínimos de las temperaturas en las 6 calles analizadas de la Avenida José Carlos Mariátegui

		Statistics					
		TEMPERATUR A_1	TEMPERATUR A_2	TEMPERATUR A_3	TEMPERATUR A_4	TEMPERATUR A_5	TEMEPRATUR A_6
N	Valid	13	13	13	13	13	13
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		29.385	28.2308	29.3846	28.4615	29.0769	27.8462
Median		30.000	29.0000	29.0000	30.0000	29.0000	28.0000
Mode		30.0	32.00	29.00 ^a	30.00	27.00	28.00
Std. Deviation		3.1764	4.04462	3.73136	3.66550	3.83974	3.50823
Minimum		23.0	20.00	22.00	21.00	21.00	21.00
Maximum		34.0	32.00	35.00	33.00	34.00	32.00

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Figura 2

Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 1

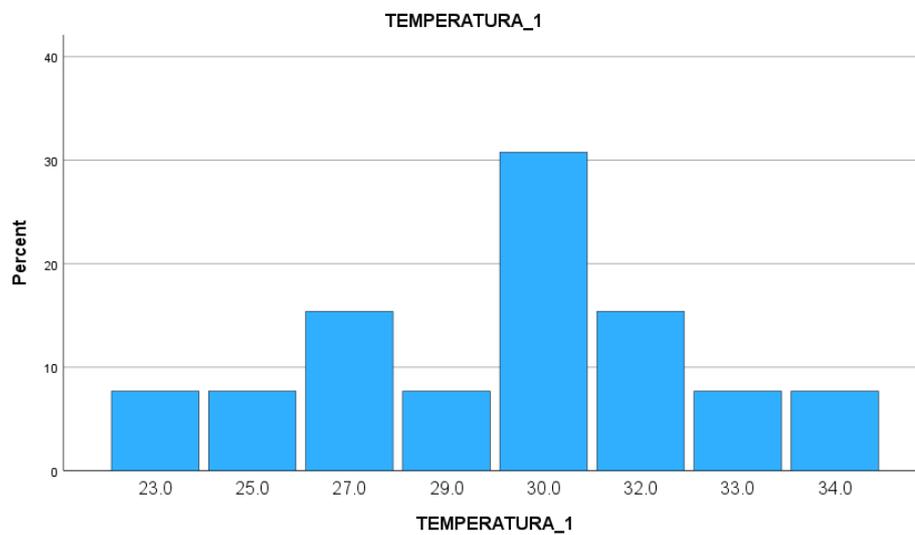
**Figura 3**

Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 2

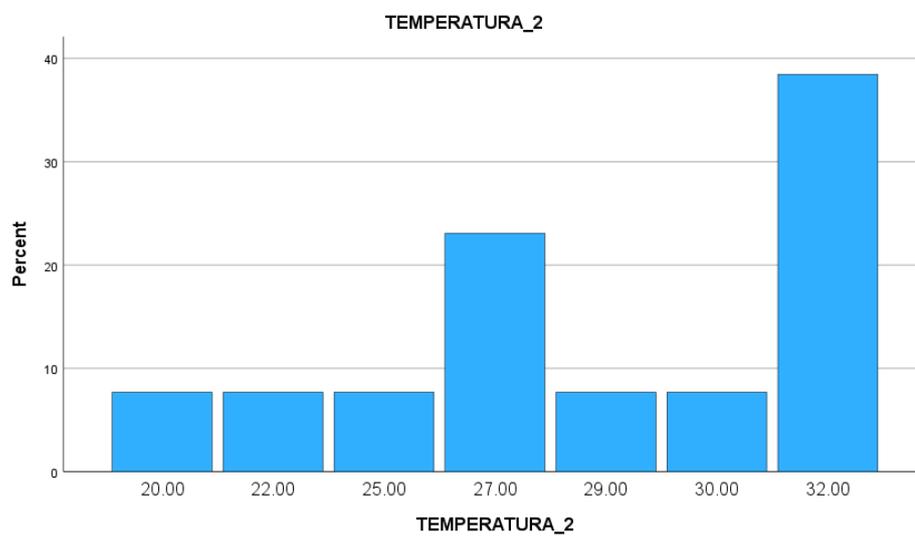


Figura 4

Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 3

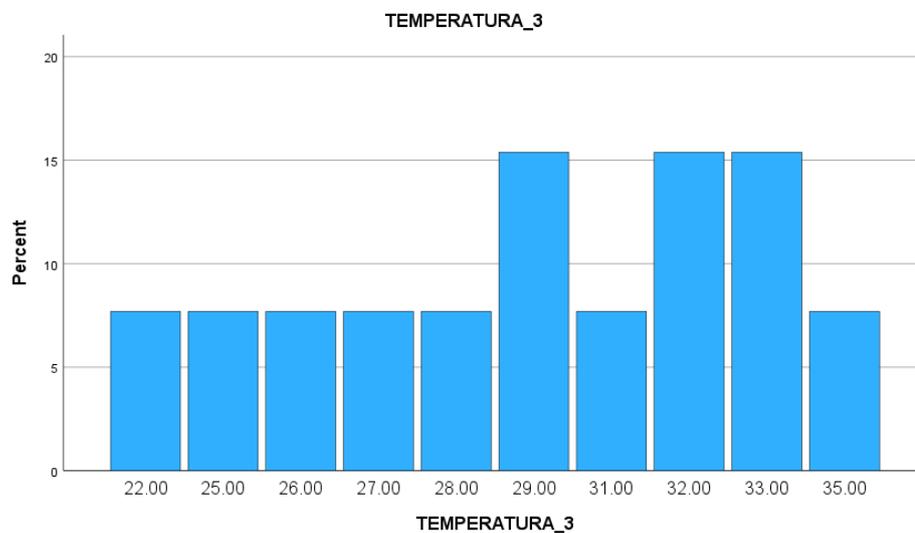
**Figura 5**

Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 4

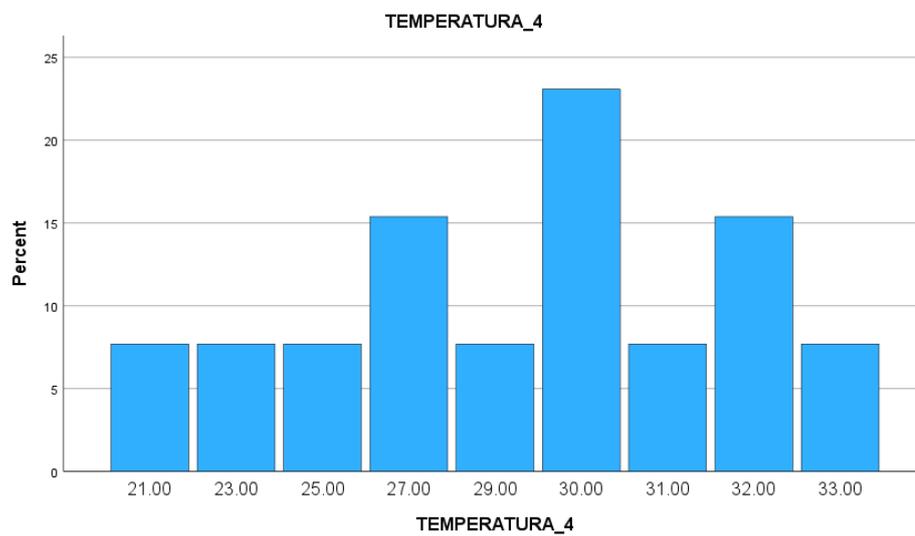


Figura 6

Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 5

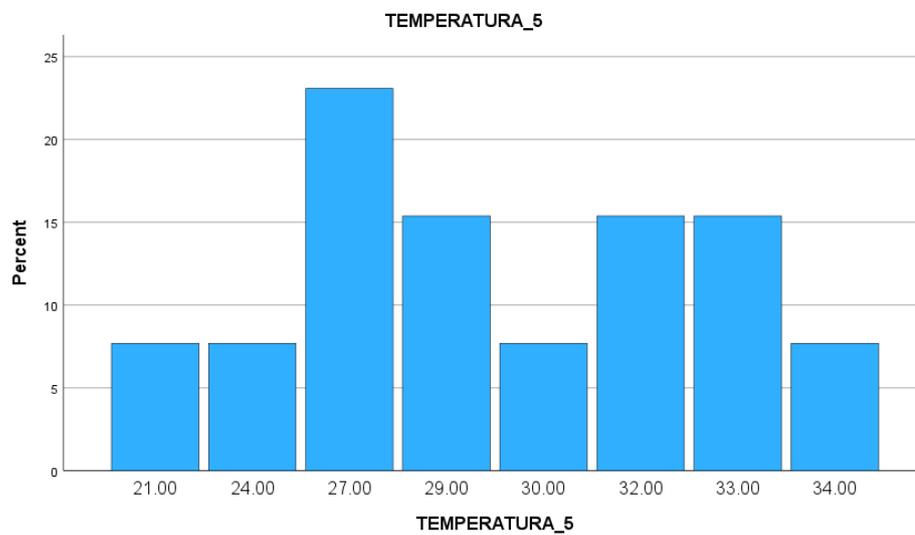
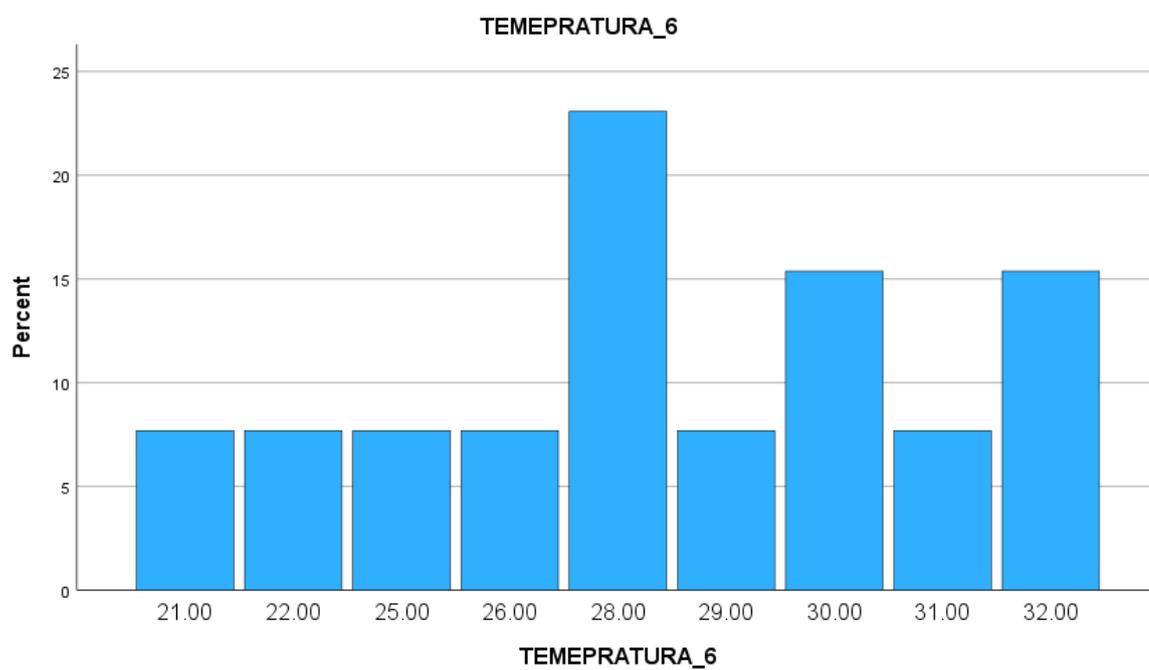
**Figura 7**

Diagrama de barras de las temperaturas en porcentajes en la calle 6



Para la Macro Textura

Figura 8

Valores de la media, mediana, moda, desviación estándar, valores máximos y valores mínimos de las temperaturas en las 6 calles analizadas de la Avenida José Carlos Mariátegui

		Statistics					
		MACROTEXTU RA_1	MACROTEXTU RA_2	MACROTECTU RA_3	MACROTEXTU RA_4	MACROTEXTU RA_5	MACROTEXTU RA_6
N	Valid	13	13	13	13	13	13
	Missing	3	3	3	3	3	3
Mean		1.4100	1.4108	1.4131	1.4077	1.4185	1.4923
Median		1.3700	1.3800	1.4000	1.3900	1.4100	1.4200
Mode		1.37	1.36 ^a	1.36	1.32 ^a	1.37	1.38 ^a
Std. Deviation		.08737	.09526	.08807	.06821	.08792	.27188
Minimum		1.28	1.28	1.28	1.32	1.28	1.28
Maximum		1.60	1.60	1.61	1.56	1.60	2.34

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Para la Resistencia al Deslizamiento

Figura 9

Valores de la media, mediana, moda, desviación estándar, valores máximos y valores mínimos de la resistencia al deslizamiento en las 6 calles

		Statistics					
		RESISTENCIA _DES_1	RESISTENCIA _DES_3	RESISTENCIA _DES_2	RESISTENCIA _DES_4	RESISTENCIA _DES_5	RESISTENCIA _DES_6
N	Valid	13	13	13	13	13	13
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		55.677	58.123	57.569	52.123	60.046	56.662
Median		57.400	58.000	57.800	52.400	60.600	57.400
Mode		54.6	62.6	57.2	53.8	60.6	50.8 ^a
Std. Deviation		4.5303	4.2352	2.8141	3.1022	3.1455	3.2191
Minimum		45.8	49.6	52.8	46.4	53.8	50.8
Maximum		60.8	62.6	61.8	57.0	64.4	60.8

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

5.2 Análisis Inferencial y/o Contrastación de Hipótesis

En este caso, se explora la relación entre la macrotextura y la temperatura ambiental y la resistencia al deslizamiento y la temperatura ambiental,

Prueba de Bondad.

Figura 10

Prueba de Bondad de Ajuste para los Valores de la Resistencia al Deslizamiento y la Temperatura Ambiental

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
RESISTENCIA_DES_1	.187	13	.200 [*]	.885	13	.084
RESISTENCIA_DES_2	.140	13	.200 [*]	.956	13	.698
RESISTENCIA_DES_3	.151	13	.200 [*]	.902	13	.144
RESISTENCIA_DES_4	.176	13	.200 [*]	.958	13	.717
RESISTENCIA_DES_5	.135	13	.200 [*]	.962	13	.783
RESISTENCIA_DES_6	.160	13	.200 [*]	.928	13	.321
TEMPERATURA_1	.192	13	.200 [*]	.950	13	.596
TEMPERATURA_2	.209	13	.125	.862	13	.041
TEMPERATURA_3	.143	13	.200 [*]	.968	13	.866
TEMPERATURA_4	.201	13	.155	.920	13	.249
TEMPERATURA_5	.161	13	.200 [*]	.935	13	.399
TEMPERATURA_6	.210	13	.121	.915	13	.213

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Prueba de Correlación (Correlación r de Pearson).

a) Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura del ambiente

Figura 11

Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 1

		MACROTEXTU RA_1	TEMPERATUR A_1
MACROTEXTURA_1	Pearson Correlation	1	.018
	Sig. (2-tailed)		.953
	N	13	13
TEMPERATURA_1	Pearson Correlation	.018	1
	Sig. (2-tailed)	.953	
	N	13	13

Figura 12

Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 2

		Correlations	
		MACROTEXTU RA_2	TEMPERATUR A_2
MACROTEXTURA_2	Pearson Correlation	1	-.081
	Sig. (2-tailed)		.794
	N	13	13
TEMPERATURA_2	Pearson Correlation	-.081	1
	Sig. (2-tailed)	.794	
	N	13	13

Figura 13

Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 3

		Correlations	
		MACROTECTU RA_3	TEMPERATUR A_3
MACROTECTURA_3	Pearson Correlation	1	-.017
	Sig. (2-tailed)		.957
	N	13	13
TEMPERATURA_3	Pearson Correlation	-.017	1
	Sig. (2-tailed)	.957	
	N	13	13

Figura 14

Correlación entre la macro textura del pavimento y la

		Correlations	
		MACROTEXTU RA_4	TEMPERATUR A_4
MACROTEXTURA_4	Pearson Correlation	1	-.169
	Sig. (2-tailed)		.582
	N	13	13
TEMPERATURA_4	Pearson Correlation	-.169	1
	Sig. (2-tailed)	.582	
	N	13	13

Figura 15

Correlación entre la macro textura del pavimento y la temperatura en la Calle 5

		MACROTEXTU RA_5	TEMPERATUR A_5
MACROTEXTURA_5	Pearson Correlation	1	-.153
	Sig. (2-tailed)		.619
	N	13	13
TEMPERATURA_5	Pearson Correlation	-.153	1
	Sig. (2-tailed)	.619	
	N	13	13

Figura 16

Correlación entre la macro textura del pavimento y la

		MACROTEXTU RA_6	TEMPERATUR A_6
MACROTEXTURA_6	Pearson Correlation	1	-.584*
	Sig. (2-tailed)		.036
	N	13	13
TEMPERATURA_6	Pearson Correlation	-.584*	1
	Sig. (2-tailed)	.036	
	N	13	13

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

b) Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura del ambiente

Figura 17

Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 1

		RESISTENCIA _DES_1	TEMPERATUR A_1
RESISTENCIA_DES_1	Pearson Correlation	1	.610*
	Sig. (2-tailed)		.027
	N	13	13
TEMPERATURA_1	Pearson Correlation	.610*	1
	Sig. (2-tailed)	.027	
	N	13	13

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Figura 18

Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 2

		RESISTENCIA _DES_2	TEMPERATUR A_2
RESISTENCIA_DES_2	Pearson Correlation	1	.904**
	Sig. (2-tailed)		<.001
	N	13	13
TEMPERATURA_2	Pearson Correlation	.904**	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	
	N	13	13

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Figura 19

Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 3

		RESISTENCIA _DES_3	TEMPERATUR A_3
RESISTENCIA_DES_3	Pearson Correlation	1	.435
	Sig. (2-tailed)		.137
	N	13	13
TEMPERATURA_3	Pearson Correlation	.435	1
	Sig. (2-tailed)	.137	
	N	13	13

Figura 20

Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 4

		RESISTENCIA _DES_4	TEMPERATUR A_4
RESISTENCIA_DES_4	Pearson Correlation	1	.881**
	Sig. (2-tailed)		<.001
	N	13	13
TEMPERATURA_4	Pearson Correlation	.881**	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	
	N	13	13

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Figura 21

Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 5

		RESISTENCIA _DES_5	TEMPERATUR A_5
RESISTENCIA_DES_5	Pearson Correlation	1	.957**
	Sig. (2-tailed)		<.001
	N	13	13
TEMPERATURA_5	Pearson Correlation	.957**	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	
	N	13	13

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Figura 22

Correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la Calle 6

		RESISTENCIA_ DES_6	TEMPERATUR A_6
RESISTENCIA_DES_6	Pearson Correlation	1	.829**
	Sig. (2-tailed)		<.001
	N	13	13
TEMPERATURA_6	Pearson Correlation	.829**	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	
	N	13	13

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

5.3 Discusión de Resultados

Luego de desarrollado el análisis descriptivo y el análisis inferencial se tienen los siguientes resultados,

Tabla 21

Variación de la temperatura en términos de la media, mediana, moda, desviación estándar, valor máximo y valor mínimo en las calles de la avenida José Carlos Mariátegui

Indicador	Cuadra	Cuadra	Cuadra	Cuadra	Cuadra	Cuadra	Promedio
	1	2	3	4	5	6	
Media	29.22	27.94	29.16	28.23	28.83	27.63	28.50
Mediana	30.00	29.00	29.00	30.00	29.00	28.00	29.17
Moda	30.00	32.00	29.00	30.00	27.00	28.00	29.33
Desviación estándar	3.18	4.04	3.73	3.67	3.84	3.51	3.66
Máximo	34.00	32.00	35.00	33.00	34.00	32.00	33.33
Mínimo	23.00	20.00	22.00	21.00	21.00	21.00	21.33
Rango	11.00	12.00	13.00	12.00	13.00	11.00	12.00

En relación con el objetivo específico 1 y a la luz de los resultados hallados respecto a la temperatura ambiente, se puede establecer que la variación de la temperatura del ambiente en el área del estudio es de 12 grados en promedio, se descarta la hipótesis específica 1, en el sentido que, la variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos es de 10°, caso: ciudad Tingo María.

Tabla 22

Índices de Correlación entre las Variables Macro Textura con la temperatura y la Resistencia al Deslizamiento con la Temperatura

Variables	Índice de Correlación de Pearson					
	Cuadra 1	Cuadra 2	Cuadra 3	Cuadra 4	Cuadra 5	Cuadra 6
Macrotextura-Temperatura	0.18	-0.081	-0.017	-0.169	-0.153	-0.584
Resistencia al deslizamiento-Temperatura	0.61	0.904	0.435	0.881	0.957	0.929

En relación con el objetivo específico 2, considerando los resultados hallados respecto a los índices de correlación entre la macrotextura del pavimento y la temperatura del ambiente se obtuvo lo siguiente, en función a los valores del coeficiente de Pearson;

Cuadra 1: 0.18: Una correlación positiva muy débil, lo que indica que hay una ligera tendencia a que la macrotextura aumente a medida que la temperatura aumenta, pero esta relación es muy débil y puede no ser significativa.

Cuadra 2: -0.081: Una correlación negativa muy débil, sugiriendo que hay una ligera tendencia a que la macrotextura disminuya a medida que la temperatura aumenta, pero esta relación también es muy débil.

Cuadra 3: -0.017: Una correlación negativa prácticamente nula, indicando que no hay una relación lineal significativa entre la macrotextura y la temperatura en esta medición.

Cuadra 4: -0.169: Una correlación negativa débil, sugiriendo que hay una ligera tendencia a que la macrotextura disminuya a medida que la temperatura aumenta, pero la relación sigue siendo débil.

Cuadra 5: -0.153: Similar al anterior, muestra una correlación negativa débil.

Cuadra 6: -0.584: Una correlación negativa moderada, lo que indica una relación más fuerte donde la macrotextura tiende a disminuir a medida que la temperatura aumenta. Esta es la correlación más fuerte (en valor absoluto) entre las seis mediciones.

En relación con el objetivo específico 3. La interpretación del coeficiente de correlación de Pearson entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura se tiene lo siguiente;

Calle 1: 0.61

Interpretación: Existe una correlación positiva moderada entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la calle 1. Esto indica que a medida que la temperatura aumenta, la resistencia al deslizamiento también tiende a aumentar, aunque esta relación no es extremadamente fuerte.

Calle 2: 0.904

Interpretación: Existe una correlación positiva muy fuerte entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la calle 2. Esto sugiere que la temperatura y la resistencia al deslizamiento están muy fuertemente relacionadas, con un aumento en la temperatura resultando en un aumento significativo en la resistencia al deslizamiento.

Calle 3: 0.435

Interpretación: Existe una correlación positiva débil entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la calle 3. Esto significa que, aunque hay una tendencia general de que la resistencia al deslizamiento aumenta con la temperatura, la relación no es muy fuerte y hay bastante variabilidad no explicada por la temperatura.

Calle 4: 0.881

Interpretación: Existe una correlación positiva muy fuerte entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la calle 4. Similar a la calle 2, esto indica que un aumento en la temperatura está muy fuertemente asociado con un aumento en la resistencia al deslizamiento.

Calle 5: 0.957

Interpretación: Existe una correlación positiva extremadamente fuerte entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la calle 5. Este valor cercano a 1 sugiere que la temperatura explica casi toda la variabilidad en la resistencia al deslizamiento en esta calle.

Calle 6: 0.929

Interpretación: Existe una correlación positiva muy fuerte entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en la calle 6. Al igual que en las calles 2 y 4, este coeficiente indica una relación muy fuerte donde el aumento de la temperatura se asocia fuertemente con un aumento en la resistencia al deslizamiento.

Análisis General

Consistencia de la Dirección: La mayoría de los valores de correlación son negativos, lo que sugiere una tendencia general a que la macrotextura disminuya a medida que la temperatura aumenta. Sin embargo, la magnitud de estas correlaciones negativas es en su mayoría débil, excepto por la última medición.

Fuerza de la Relación: Con excepción del valor -0.584, las correlaciones son muy débiles y cercanas a cero, lo que indica que la relación lineal entre la macrotextura y la temperatura es, en general, muy débil en estas mediciones. La única correlación que es moderada (-0.584) sugiere una relación más notable en esa medición específica.

Variabilidad: La variabilidad en los valores de correlación indica que la relación entre macrotextura y temperatura no es consistente a lo largo de las mediciones. Esto podría deberse a varios factores, como variabilidad en los datos, errores de medición, o la influencia de otras variables no consideradas.

Conclusión

En general, los coeficientes de Pearson sugieren que no hay una relación lineal fuerte y consistente entre la macrotextura y la temperatura en estas seis mediciones. La mayoría de las correlaciones son muy débiles, y solo una es moderada. Esta variabilidad puede indicar que otros factores están influyendo en la relación entre estas dos variables, o que los datos están muy dispersos y no presentan un patrón lineal claro.

Finalmente, se descarta la hipótesis específica 2, en el sentido de que la variación de la temperatura afecta significativamente la macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María.

En relación con el objetivo específico 2, considerando los resultados hallados respecto a los índices de correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura del ambiente se obtuvo lo siguiente, en función a los valores del coeficiente de Pearson;

Cuadra 1: 0.61: Una correlación positiva moderada, indicando que a medida que la temperatura aumenta, la resistencia al deslizamiento tiende a aumentar también, aunque no de manera muy fuerte.

Cuadra 2: 0.904: Una correlación positiva muy fuerte, sugiriendo que hay una relación casi perfecta entre el aumento de la temperatura y el aumento de la resistencia al deslizamiento.

Cuadra 3: 0.435: Una correlación positiva moderada, indicando una relación positiva pero no muy fuerte entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento.

Cuadra 4: 0.881: Una correlación positiva muy fuerte, similar a 0.904, indicando una relación casi perfecta entre estas dos variables.

Cuadra 5: 0.957: Una correlación positiva casi perfecta, sugiriendo una relación extremadamente fuerte entre el aumento de la temperatura y el aumento de la resistencia al deslizamiento.

Cuadra 6: 0.929: Una correlación positiva muy fuerte, similar a 0.904 y 0.881, indicando una relación muy fuerte entre estas dos variables.

Análisis General

Consistencia de la Dirección: Todos los valores de correlación son positivos, lo que sugiere una tendencia consistente a que la resistencia al deslizamiento aumenta a medida que la temperatura aumenta.

Fuerza de la Relación: La mayoría de las correlaciones son muy fuertes (0.904, 0.881, 0.957, 0.929), lo que indica una relación lineal positiva muy fuerte entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento. Solo dos de los valores (0.61 y 0.435) son moderados, pero aun así positivos.

Variabilidad: La variabilidad en los valores de correlación es relativamente baja y las correlaciones tienden a ser fuertes. Esto sugiere una relación positiva consistente y fuerte entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura en las seis mediciones.

Conclusión

En general, los coeficientes de Pearson sugieren que hay una relación lineal positiva fuerte y consistente entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la resistencia al deslizamiento tiende a aumentar de manera significativa. Esta fuerte correlación es indicativa de una relación lineal robusta, lo cual prueba la hipótesis específica 3, en el sentido que, La variación de la temperatura afecta significativamente la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María.

Discusión de los Resultados con lo de los Antecedentes

El estudio muestra una débil correlación entre la temperatura y la macro textura, y una fuerte correlación positiva entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento de los pavimentos en Tingo María. Esto se alinea con las observaciones de Mendoza y Marcos (2017), quienes destacan que varios estresores climáticos, incluyendo la temperatura, afectan el desempeño de los pavimentos. Sin embargo, ellos señalan que los cambios de temperatura aceleran el deterioro del pavimento asfáltico debido al calentamiento prolongado, lo cual puede dañar la subestructura. Los resultados refuerzan la idea de que, aunque la temperatura afecta principalmente la resistencia al deslizamiento, otras

variables climáticas como el viento, la humedad y la presión atmosférica también deben ser consideradas para un diseño y mantenimiento eficaz de los pavimentos a largo plazo.

Los hallazgos obtenidos, que muestran una fuerte correlación positiva entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento, son congruentes con los resultados de Kogbara et al. (2018), quienes encontraron que la resistencia al deslizamiento en pavimentos de asfalto no se ve significativamente afectada por las variaciones en el tipo de aglutinante y el diseño de la mezcla. Sin embargo, notaron que la resistencia al deslizamiento era más baja en verano en ciertas direcciones de la carretera. Esto sugiere que, aunque la temperatura aumenta la resistencia al deslizamiento en nuestro estudio, en otros contextos y bajo diferentes condiciones, los efectos pueden variar, destacando la importancia de considerar la dirección y el contexto específico del tráfico y la temperatura.

Los resultados de investigación sugieren que la temperatura tiene un impacto significativo en la resistencia al deslizamiento, pero no en la macrotextura, lo cual complementa las conclusiones de Sebaaly et al. (2022). Ellos aseguran que las mezclas asfálticas en climas cálidos pueden ser efectivas utilizando el método volumétrico clásico y evaluando parámetros mecánicos. La correlación positiva fuerte entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento en nuestro estudio subraya la necesidad de incorporar pruebas basadas en el rendimiento y la evaluación del potencial de deformación en el diseño de pavimentos, para asegurar su durabilidad en condiciones de altas temperaturas.

Los resultados resaltan la importancia de la temperatura en el desempeño de los pavimentos, en línea con Qiao et al. (2020) quienes afirman que los pavimentos son infraestructuras sensibles al clima, y su tasa de deterioro y costos de ciclo de vida pueden verse afectados por factores climáticos. La fuerte correlación encontrada entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento indica que prácticas de diseño actuales deben adaptarse para considerar las variaciones de temperatura. Además, la débil correlación con la macrotextura sugiere que otros factores climáticos, como la humedad y la presión, también deben ser integrados en los diseños para reducir los impactos ambientales y mejorar la sostenibilidad del pavimento a largo plazo.

La correlación positiva entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento en nuestro estudio apoya la afirmación de Al-Atroush (2022) de que el rendimiento de la mezcla asfáltica varía según la temperatura debido a la naturaleza sensible al calor de los

materiales. La revisión crítica de Al-Atroush (2022) destaca que problemas en los pavimentos, como el agrietamiento por fatiga, están relacionados con la temperatura de la mezcla asfáltica. Nuestros resultados refuerzan esta observación, sugiriendo que las soluciones ambientalmente sostenibles deben considerar el impacto de las temperaturas elevadas para mejorar la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos asfálticos.

En el estudio se encontró que la temperatura influye significativamente en la resistencia al deslizamiento, lo que concuerda con Xue et al. (2023), quienes investigaron cómo factores como la arena, la temperatura y el desgaste afectan la resistencia al deslizamiento. Ellos demostraron que la resistencia al deslizamiento puede predecirse con modelos 3D y redes neuronales, destacando que la cantidad de arena eólica y los ciclos de desgaste tienen un impacto notable. Aunque no consideramos directamente la arena eólica, nuestros resultados subrayan la importancia de la temperatura como factor clave en la resistencia al deslizamiento, sugiriendo que estudios futuros podrían beneficiarse de incorporar métodos de modelado avanzado para una mejor predicción y mantenimiento.

También, los hallazgos sobre la fuerte correlación positiva entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento resuenan con las observaciones de Rosta y Gáspár (2023), quienes enfatizan la importancia de la resistencia al deslizamiento para la seguridad vial. Ellos describen la relación entre la resistencia al deslizamiento y los parámetros de accidentes, destacando la necesidad de medir y regular adecuadamente la textura de la superficie del pavimento. La variabilidad en los resultados de la macrotextura en el estudio sugiere que una regulación y medición consistentes son cruciales para garantizar la seguridad y el rendimiento de los pavimentos bajo diferentes condiciones climáticas.

Asimismo, la fuerte correlación positiva entre la temperatura y la resistencia al deslizamiento en el estudio complementa las conclusiones de Pérez et al. (2020), quienes utilizaron modelos predictivos para anticipar la resistencia al deslizamiento más baja en carreteras durante el verano. Ellos encontraron que la estructura del pavimento no impacta significativamente la resistencia al deslizamiento, lo cual concuerda con los hallazgos de que la temperatura es un factor más determinante. Sus modelos predictivos pueden ayudar a mejorar la gestión de carreteras y la planificación del mantenimiento, alineándose con la necesidad de considerar las variaciones de temperatura para optimizar el desempeño de los pavimentos.

Los resultados, concuerdan con los hallazgos de Meza y Palomino (2021), quienes identificaron que las altas temperaturas en la selva peruana deterioran los pavimentos asfálticos y que los mecanismos de rehabilitación actuales son insuficientes. Ambos estudios resaltan la necesidad de modificar las mezclas asfálticas tradicionales para mejorar su comportamiento mecánico en condiciones climáticas adversas. La propuesta de Meza y Palomino de utilizar polímeros en las mezclas asfálticas se alinea con nuestras recomendaciones para adaptar los materiales de pavimentación a las especificidades climáticas locales, buscando mejorar la durabilidad y la resistencia de los pavimentos.

De igual manera, los hallazgos coinciden con los de Balbin y Enriquez (2020) quienes determinaron que el ahuellamiento y las fisuras son fallas comunes en las zonas cálidas de Perú debido a la disminución de las propiedades de estabilidad y resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas tradicionales. Al igual que ellos, se concluye que es necesario realizar modificaciones en estas mezclas para mejorar su resistencia a las variaciones de temperatura. Esta convergencia subraya la importancia de ajustar las composiciones de las mezclas asfálticas para enfrentar mejor las condiciones climáticas específicas y prolongar la vida útil de los pavimentos.

Por otro lado, Vélchez y Yerén (2022) subrayan que las condiciones ambientales adversas afectan negativamente las propiedades de las mezclas asfálticas, lo cual se alinea con los resultados obtenidos que también destacan el impacto de factores climáticos en la estabilidad, durabilidad y resistencia de los pavimentos. Ambas investigaciones resaltan la necesidad de considerar los efectos de las condiciones ambientales en el diseño y mantenimiento de pavimentos para mejorar su desempeño y durabilidad en diferentes climas, especialmente en regiones con condiciones extremas como la selva peruana.

También, los resultados de la investigación son consistentes con los de Apaza (2018) quien destacó que las variaciones extremas de temperatura en Juliaca causan vulnerabilidad en las carpetas asfálticas debido a la susceptibilidad térmica del asfalto. Al igual que Apaza, se evidencia que es crucial seleccionar adecuadamente los materiales y diseñar las estructuras de pavimento considerando las condiciones climáticas locales para evitar daños permanentes y mejorar la resistencia estructural del pavimento frente a las variaciones térmicas.

Asimismo, los hallazgos están alineados con los de Asto (2018), quien evaluó cómo el clima, el tráfico y el tiempo de servicio influyen en el desgaste de la carpeta asfáltica. Al

igual que Asto, se ha identificado que las condiciones climáticas extremas y las cargas repetitivas del tráfico son factores críticos que afectan el comportamiento y la durabilidad de los pavimentos. Ambos estudios enfatizan la importancia de considerar estos factores en el diseño y mantenimiento de pavimentos para mitigar su desgaste prematuro y mejorar su longevidad.

También, los resultados respaldan las afirmaciones de Menéndez y Barreda (2015) sobre la complejidad de calcular la temperatura en el pavimento y la necesidad de considerar las características de la mezcla, las cargas actuantes y el clima en Perú. Al igual que ellos, se muestra que la mezcla asfáltica es un material viscoelástico cuya respuesta depende de la temperatura y la frecuencia de carga, y que es crucial utilizar modelos climáticos avanzados para prever y mitigar los efectos de las condiciones climáticas extremas en el comportamiento de los pavimentos.

Asimismo, la investigación de Clemente (2019) sobre cómo las variaciones de temperatura afectan el comportamiento estructural de los pavimentos coincide con nuestros hallazgos, que también destacan que la temperatura de la capa de rodadura es un factor crucial en el rendimiento del pavimento. Ambos estudios subrayan que los cambios bruscos de temperatura pueden provocar variaciones significativas en el rendimiento del pavimento, enfatizando la necesidad de diseñar pavimentos que puedan resistir estas fluctuaciones para mejorar su durabilidad.

De igual manera, los resultados están en sintonía con los de Leyva et al. (2016), quienes enfatizan la necesidad de considerar las variaciones estacionales de temperatura y humedad para evitar fallas prematuras en los pavimentos. Al igual que ellos, los hallazgos indican que el uso de modelos climáticos computarizados es crucial para prever la distribución de temperatura y humedad en las capas del pavimento, lo que permite diseñar infraestructuras viales más resistentes y duraderas frente a las condiciones climáticas cambiantes.

También, Zúñiga y Prozzi (2019) destacan la importancia de la micro textura y la macrotextura en la resistencia al deslizamiento del pavimento, lo cual se alinea con los hallazgos del estudio que también subrayan la relación entre la textura del pavimento y su resistencia al deslizamiento. A su vez, ambos estudios concluyen que es crucial incorporar estas texturas en los modelos de predicción de fricción para mejorar la

seguridad vial, especialmente en superficies húmedas y bajo diferentes condiciones climáticas.

Y, la investigación de Muñoz y Zevallos (2021) sobre los problemas de fricción en neumáticos y pavimentos se alinea con los hallazgos que destacan cómo las condiciones climáticas extremas afectan la resistencia al deslizamiento. Ambos estudios subrayan la importancia de la micro y macrotextura en la adherencia y la evacuación de agua, y cómo estos factores influyen en la fricción del pavimento. Se destaca al igual que ellos, que es fundamental considerar estos factores para mejorar la resistencia al deslizamiento y la seguridad vial en diferentes climas.

Finalmente, los resultados son consistentes con los de Sánchez Gonzales y Arias Sánchez (2021), quienes investigaron cómo las variables climáticas afectan el diseño de pavimentos flexibles. Ambos estudios concluyen que es crucial incorporar el efecto climático en el diseño de pavimentos para mejorar su durabilidad y rendimiento. Al igual que ellos, se evidencia que la adición de componentes que mejoren la resistencia al calor y al envejecimiento por oxidación es esencial para desarrollar pavimentos más resistentes a las condiciones climáticas extremas.

CONCLUSIONES

Conclusión 1

En relación con el objetivo específico 1 y a la luz de los resultados hallados respecto a la temperatura ambiente, se puede establecer que la variación de la temperatura del ambiente en el área del estudio es de 12 grados en promedio. Esta evidencia descarta la hipótesis específica 1, que sugería que la variación de la temperatura en climas cálidos en la ciudad de Tingo María es de 10 grados. La mayor variabilidad observada implica que las condiciones climáticas en la región son más fluctuantes de lo esperado, lo cual puede tener implicaciones para la planificación y gestión de infraestructuras en la zona.

Conclusión 2

Respecto al objetivo específico 2, considerando los resultados hallados respecto a los índices de correlación entre la macrotextura del pavimento y la temperatura del ambiente, se obtuvieron los siguientes valores del coeficiente de Pearson:

Cuadra 1: 0.18 (correlación positiva muy débil)

Cuadra 2: -0.081 (correlación negativa muy débil)

Cuadra 3: -0.017 (correlación negativa prácticamente nula)

Cuadra 4: -0.169 (correlación negativa débil)

Cuadra 5: -0.153 (correlación negativa débil)

Cuadra 6: -0.584 (correlación negativa moderada)

En general, los coeficientes de Pearson sugieren que no hay una relación lineal fuerte y consistente entre la macrotextura y la temperatura en estas seis mediciones. La mayoría de las correlaciones son muy débiles y solo una es moderada. Esta variabilidad puede indicar que otros factores están influyendo en la relación entre estas dos variables, o que los datos están muy dispersos y no presentan un patrón lineal claro. Por lo tanto, se descarta la hipótesis específica 2, que proponía que la variación de la temperatura afecta significativamente la macrotextura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María.

Conclusión 3

En relación con el objetivo específico 3, de acuerdo con los resultados hallados respecto a los índices de correlación entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura del ambiente, se obtuvieron los siguientes valores del coeficiente de Pearson:

Cuadra 1: 0.61 (correlación positiva moderada)

Cuadra 2: 0.904 (correlación positiva muy fuerte)

Cuadra 3: 0.435 (correlación positiva moderada)

Cuadra 4: 0.881 (correlación positiva muy fuerte)

Cuadra 5: 0.957 (correlación positiva casi perfecta)

Cuadra 6: 0.929 (correlación positiva muy fuerte)

En general, los coeficientes de Pearson sugieren que hay una relación lineal positiva fuerte y consistente entre la resistencia al deslizamiento y la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la resistencia al deslizamiento tiende a aumentar de manera significativa. Esta fuerte correlación es indicativa de una relación lineal robusta, lo cual prueba la hipótesis específica 3, en el sentido de que la variación de la temperatura afecta significativamente la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María.

Conclusión General

Tomando como base los hallazgos de la investigación en la ciudad de Tingo María, se concluye que la variación de la temperatura en climas cálidos ejerce efectos significativos sobre los pavimentos asfálticos. Si bien la temperatura ambiente mostró una variabilidad promedio de 12 grados Celsius, diferente a los 10 grados inicialmente estimados, se observó que esta variación tiene impactos diferenciados: mientras que la macrotextura de la superficie de los pavimentos no mostró una correlación consistente con la temperatura, la resistencia al deslizamiento presentó una correlación positiva muy fuerte. Este resultado resalta la importancia de considerar la temperatura ambiental en el diseño y mantenimiento de pavimentos para garantizar la seguridad vial en condiciones climáticas cambiantes como las de Tingo María.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

Al finalizar el estudio se presentan las siguientes recomendaciones asociadas a cada una de las conclusiones indicadas en el capítulo de Conclusiones;

Recomendación 1

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo de la temperatura ambiente en Tingo María para capturar la variabilidad climática y ajustar adecuadamente las estrategias de gestión de infraestructuras. Considerar una mayor flexibilidad en los diseños de pavimentos y otras infraestructuras para adaptarse a las fluctuaciones térmicas observadas, garantizando así su durabilidad y eficiencia.

Recomendación 2

Se sugiere realizar estudios adicionales para identificar otros factores que puedan estar influyendo en la macrotextura de los pavimentos asfálticos en Tingo María, más allá de la temperatura, para mejorar la comprensión de su comportamiento y optimizar su mantenimiento.

Recomendación 3

Se recomienda introducir criterios específicos de diseño que tengan en cuenta la temperatura ambiental como variable clave para optimizar la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, mejorando así la seguridad vial. Implementar programas de mantenimiento preventivo que consideren la variación estacional de la temperatura para asegurar que la resistencia al deslizamiento se mantenga en niveles seguros durante todo el año.

Recomendación General

Integrar consideraciones climáticas en la planificación y diseño de nuevas infraestructuras viales, asegurando que los pavimentos sean adecuados para las condiciones de temperatura esperadas. Realizar evaluaciones de riesgos climáticos para identificar áreas vulnerables y priorizar intervenciones que mitiguen los efectos adversos del clima en los pavimentos. Que los estudios que se desarrollen sobre el tema que abarquen otras variables como el tránsito vehicular, precipitación pluvial, etc. además, explorar la correlación entre la macro textura y la resistencia al deslizamiento en estas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Atroush, M. E. (2022). Structural behavior of the geotherm-electrical asphalt pavement: A critical review concerning climate change. *Heliyon*, 8(12), e12107. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12107>
- Anupam, K., Srirangam, S. K., Scarpas, A., & Kasbergen, C. (2013). Influence of temperature on tire–pavement friction. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2369(1), 114–124. <https://doi.org/10.3141/2369-13>
- Apaza Mayta, C. (2018). *Deformación en las mezclas asfálticas y su consecuente deterioro en los pavimentos asfálticos en la ciudad de Juliaca-2016* [Tesis de licenciatura, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. Repositorio Institucional: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1377>
- Asto Soto, A. (2018). *Análisis exploratorio del desgaste de la carpeta asfáltica relacionado al clima, tráfico y tiempo de servicio-Av. Ampliación Oeste, 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24267/>
- Balbin Castro, M. & Enriquez Lavado, R. (2020). *Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3672/>
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2009). *Atmósfera, tiempo y clima* (9th ed.). Routledge.
- Bijsterveld, W. (2019). *Resistencia al deslizamiento de pavimentos asfálticos: mediciones de laboratorio y evaluación de modelos* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.55463>
- Brown, P. & Davis, M. (2017). Surface Texture of Flexible Pavements: Microtexture and Macrottexture Characteristics. *International Journal of Pavement Engineering*, 19(2), 101-112.
- Clemente Huarcaya, P. (2019). *Influencia de los factores climáticos en el comportamiento estructural de pavimentos flexibles en el distrito de Chilca* [Tesis de licenciatura,

- Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5913/>
- Cobo Villagómez, L., & Pazmiño, V. (2020). *Isla de calor por la incidencia de los fenómenos de transferencia en pavimentos flexibles en la ciudad de Riobamba* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Chimborazo]. Repositorio Institucional: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6497/1/>
- Corley-Lay, J. B. (1998). Friction and surface texture characterization of 14 pavement test sections in Greenville, North Carolina. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1639(1), 155–161. <https://doi.org/10.3141/1639-17>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3rd ed.). Sage Publications.
- Flintsch, G. W., McGhee, K. K., Izeppi, E. D. L., & Najafi, S. (2003). *The little book of tire pavement friction. Pavement Surface Properties Consortium*. https://wegarten.com/media/ngcs_tire_pavement_friction_ang.pdf
- García, L., & Moreno, R. (2017). Influence of surface texture on asphalt pavement performance. *International Journal of Pavement Engineering*, 18(1), 98–107.
- Hall, J. W., Smith, K. L., Titus-Glover, L., Wambold, J. C., Yager, T. J., & Rado, Z. (2009). *Guide for pavement friction*. Transportation Research Board. <https://doi.org/10.17226/23038>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill.
- Johnson, R. & White, S. (2018). Pavement Slip Resistance and Road Safety: Implications for Accident Prevention. *Journal of Transportation Safety*, 22(4), 213-225.
- Kawulich, B. B. (2005). Participant observation as a data collection method. *Forum: Qualitative Social Research*, 6(2), Art. 43. <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/>
- Khasawneh, M. A., & Liang, R. Y. (2012). Temperature effect on frictional properties of HMA at different polishing stages. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 6(1), 39–53.
- Kogbara, R. B., Masad, E. A., Kassem, E., & Scarpas, A. (Tom). (2018). Skid resistance characteristics of asphalt pavements in hot climates. *Journal of Transportation*

Engineering, Part B: Pavements, 144(2), 04018015.
<https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000046>

- Kogbara, R. B., Masad, E. A., Kassem, E., Scarpas, A. (Tom), & Anupam, K. (2016). *A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements*. *Construction and Building Materials*, 114, 602–617.
- Liu, W., & Tinkler, B. (2010). *Variable slip skid resistance testing for road safety investigation and pavement management*. *Paving Materials and Pavement Analysis*, 441–446. [https://doi.org/10.1061/41104\(377\)56](https://doi.org/10.1061/41104(377)56)
- Mendoza, J. F., & Marcos, O. A. (2017). *El efecto del cambio climático en los pavimentos carreteros*. In X Congreso Mexicano Del Asfalto, 1–13.
- Menéndez, J., & Barreda, J. (2015). *Incorporación del efecto del clima en el procedimiento de diseño de pavimentos asfálticos del MTC y AASHTO 93*. In Instituto de la Construcción y Gerencia, Perú. DOI:10.13140/RG.2.1.5073.7681
- Meza Cáceres, L. E., & Palomino Arcos, K. J. (2021). *Mezcla asfáltica modificada con polímeros para el mejoramiento del pavimento asfáltico en zona de selva* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4769>
- Ministerio de Transporte y Comunicación [MTC]. (2017). *Manual de seguridad vial* (p. 443).
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/
- Ministerio de Transporte y Comunicación del Perú (MTC). (Enero de 2008). “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial” aprobada mediante Resolución Ministerial N°660-2008-. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/
- Muñoz Pérez, S. P., & Zevallos Calle, F. de M. Y. (2021). Los factores influyentes en la resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles: *Una revisión literaria*. *Ciencia Nicolaita*, 81, 83–99. DOI:10.35830/cn.vi81.535
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, V. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativas, cualitativa y redacción de tesis* (5ta. ed.). Ediciones de la U.

- Nesnas, K., & Nunn, M. (2004). *A model for top-down reflection cracking in composite pavements*. In Fifth International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, 409–416.
- Oliver, J., Tredrea, P. F., & Pratt, D. N. (1988). *Seasonal variation of skid resistance in Australia*. UC Berkeley Transportation Library, 1–137.
- Pérez-Acebo, H., Gonzalo-Orden, H., Findley, D. J., & Rojí, E. (2020). A skid resistance prediction model for an entire road network. *Construction and Building Materials*, 262, 120041. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120041>
- Pérez-Jiménez, F., Valdés, G., Miró, R., Botella, R., & Campana, J. M. (2011). Effect of thermal stresses on fatigue behavior in bituminous mixes. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2210(1), 90–96. <https://doi.org/10.3141/2210-10>
- Qiao, Y., Dawson, A. R., Parry, T., Flintsch, G., & Wang, W. (2020). Flexible pavements and climate change: A comprehensive review and implications. *Sustainability*, 12(3), 1057. <https://doi.org/10.3390/su12031057>
- Roberts, F., Kandhal, P., Brown, U., & Lee, D. (1991). *Materiales asfálticos de mezcla en caliente, diseño y construcción de mezclas*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/>
- Rosta, S., & Gáspár, L. (2023). Skid resistance of asphalt pavements. *Eng*, 4(2), 1597–1615. <https://doi.org/10.3390/eng4020091>
- Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma.
- Sánchez, L., & Arias, M. (2021). Incorporación de Variables Climáticas en el Diseño de Pavimentos Flexibles: Impacto de la Temperatura y el Agua en el Comportamiento del Asfalto. *Journal of Pavement Technology*, 34(2), 112-130.
- Sebaaly, H., Riviera, P. P., Varma, S., Maina, J. W., & Santagata, E. (2022). Performance-based assessment of rutting resistance of asphalt mixes designed for hot climate regions. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(7), 2448–2459. <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1858484>
- Smith, J. & Brown, A. (2015). Environmental Temperature and Its Impact on Engineering and Biological Processes. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 12(3), 123-134.

- Tejeda, M. (2018). *Fundamentos de Meteorología y Climatología: Medición y Análisis de Temperatura Ambiental*. Editorial Ciencias Ambientales.
- Valdivia Ponce, J. (1977). *Meteorología general*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/>
- Vílchez Carpio, L. P., & Yerén López, S. C. (2022). *Condiciones meteorológicas que afectan a las propiedades de la mezcla asfáltica* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/>
- Wallman, C.-G., & Åström, H. (2001). Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety: A literature review. *Digitala Vetenskapliga Arkivet*, 1–47.
- Wambold, J. C., Antle, C. E., Henry, J. J., & Rado, Z. (2003). *Pavement friction measurement techniques*. ASTM International.
- Wilson, D. J. (2013). *The effect of rainfall and contaminants on road pavement skid resistance*. NZ Transport Agency. <https://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/515/>
- Xue, Y., Li, P., Jiang, S., Thom, N., & Yang, X. (2023). *Evaluation of skid resistance of asphalt pavement covered with aeolian sand in desert areas*. *Wear*, 516-517, 204620. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.204620>
- Zuniga-Garcia, N., & Prozzi, J. A. (2019). High-definition field texture measurements for predicting pavement friction. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(1), 246–260. <https://doi.org/10.1177/0361198118821598>

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de Consistencia

“Caracterización de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en climas cálidos: caso ciudad de Tingo María, región Huánuco-2024”

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo afecta la variación de la temperatura a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos? caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar cómo afecta la variación de la temperatura a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La variación de la temperatura afecta significativamente a las características de la superficie y a la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p><u>Variable 1,</u></p> <p>Temperatura del ambiente</p> <p><u>Variable 2,</u></p> <p>Textura superficial</p>	<p><u>Paradigma,</u></p> <p>Positivista</p> <p><u>Enfoque,</u></p> <p>Cuantitativo</p> <p><u>Tipo,</u></p> <p>Aplicada</p>
<p>Problema específico 1</p> <p>¿Cuál es la variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos? caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Objetivo específico 1</p> <p>Determinar la variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Hipótesis específica 1</p> <p>La variación de la temperatura del ambiente en climas cálidos es de 10°, caso: ciudad Tingo María</p>	<p><u>Variable 3,</u></p>	<p><u>Nivel,</u></p> <p>Relacional</p> <p><u>Diseño.</u></p> <p>No experimental,</p>

<p>Problema específico 2</p> <p>¿Cómo afecta la variación de la temperatura a la macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos? caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Objetivo específico 2</p> <p>Determinar cómo afecta la variación de la temperatura a macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Hipótesis específica 2</p> <p>La variación de la temperatura afecta significativamente la macro textura de la superficie de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Resistencia al deslizamiento del pavimento</p>	<p>transversal</p> <p><u>Población,</u></p> <p>Pavimentos asfálticos de la ciudad de Tingo María</p>
<p>Problema específico 3</p> <p>¿Cómo afecta la variación de la temperatura en la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos? caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Objetivo específico 3</p> <p>Determinar cómo afecta la variación de la temperatura en la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>Hipótesis específica 3</p> <p>La variación de la temperatura afecta significativamente la resistencia al deslizamiento de los pavimentos asfálticos en climas cálidos, caso: ciudad de Tingo María</p>	<p>6 calles</p>	<p><u>Muestra;</u></p> <p>6 calles</p> <p><u>Estadística,</u></p> <p>Descriptiva (media, mediana, moda y desviación estándar) e inferencial (coeficiente de correlación de Pearson)</p>

Anexo 02. Instrumento de Recolección de Datos de Temperatura

	REGISTRO DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL			
	Caracterización de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en climas cálidos: caso ciudad de Tingo María, región Huánuco-2024			
Tesista:	Santiago Ñaupá, Marco Antonio			
Fecha:				
Equipo:	Termómetro digital			
Lugar	N° de medición	Hora	Temperatura °C	Observación
	1	06:00		
	2	07:00		
	3	08:00		
	4	09:00		
	5	10:00		
	6	11:00		
	7	12:00		
	8	13:00		
	9	14:00		
	10	15:00		
	11	16:00		
	12	17:00		
	13	18:00		

Anexo 03. Instrumentos de Recolección de Datos de la Macrotextura (Círculo de Arena)

	REGISTRO DE MEDICIÓN DE LA MACROTEXTURA							
Caracterización de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en climas cálidos: caso ciudad de Tingo María, región Huánuco-2024								
Tesista:	Santiago Ñaupá, Marco Antonio							
Fecha:								V = 25,000 mm ³
Equipo:	Círculo de Arena	Norma:	ASTM E-965				H = 4V/π ²	
Lugar	Nº de medición	Hora	Diámetro 1	Diámetro 2	Diámetro 3	Diámetro 4	D promedio	H
	1	06:00						
	2	07:00						
	3	08:00						
	4	09:00						
	5	10:00						
	6	11:00						
	7	12:00						
	8	13:00						
	9	14:00						
	10	15:00						
	11	16:00						
	12	17:00						
	13	18:00						

Anexo 04. Instrumento de Recolección de Datos de la Resistencia al Deslizamiento

	REGISTRO DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO								
Caracterización de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en climas cálidos: caso ciudad de Tingo María, región Huánuco-2024									
Tesista:	Santiago Ñaupá, Marco Antonio								
Fecha:									
Equipo:	Péndulo Británico			Norma:	ASTM E 303-22 (2022)				
Lugar	N° de medición	Hora	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	Media	
	1	06:00							
	2	07:00							
	3	08:00							
	4	09:00							
	5	10:00							
	6	11:00							
	7	12:00							
	8	13:00							
	9	14:00							
	10	15:00							
	11	16:00							
	12	17:00							
	13	18:00							

Anexo 05. Panel Fotográfico

Trabajo de campo de la medición de la Temperatura Ambiental y la Resistencia a la Desplazamiento del Pavimento

Toma de Datos. Cuadra 1 de la avenida José Carlos Mariátegui, Tingo María



Nota: Calibración del péndulo británico



Nota: Realización de mediciones iniciales para establecer condiciones base, como la temperatura ambiental.



Nota: Configuración de los dispositivos de medición, como el cronómetro y el equipo de registro de datos.



Nota: Ajuste del péndulo para garantizar que esté suspendido de manera estable y libre de fricciones no deseadas.



Nota: verificación de la estabilidad y nivelación del área donde se instalará el péndulo.

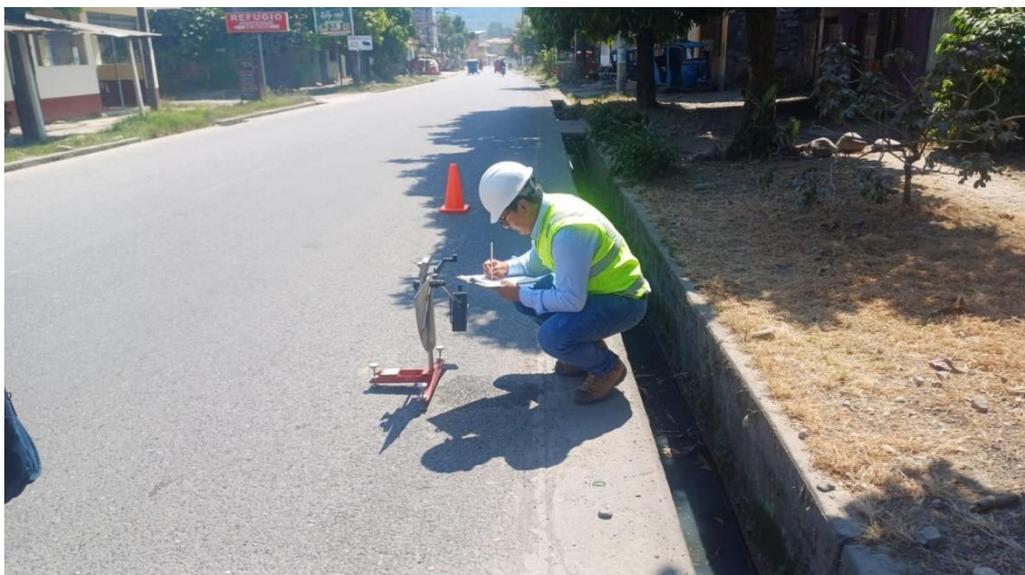


Nota: Toma lectura del pavimento

Toma de Datos. Cuadra 2 de la avenida José Carlos Mariátegui, Tingo María



Nota: Calibración del péndulo británico



Nota: Toma lectura del pavimento



Nota: Montaje del péndulo británico en la ubicación designada.



Nota: Toma lectura del pavimento

Toma de Datos. Cuadra 3 de la avenida José Carlos Mariátegui, Tingo María



Nota: Calibración del Péndulo Británico



Nota: Verificación de la calibración del péndulo



Nota: Registro de la amplitud del ángulo de oscilación y el tiempo de oscilación del péndulo



Nota: Toma lectura del pavimento



Nota: Verificación de la calibración del péndulo para asegurar precisión en las mediciones.



Nota: Calibración del péndulo británico

Toma de Datos. Cuadra 4 de la avenida José Carlos Mariátegui, Tingo María

Nota: Toma lectura del pavimento



Nota: Toma lectura del pavimento



Nota: Toma lectura del pavimento



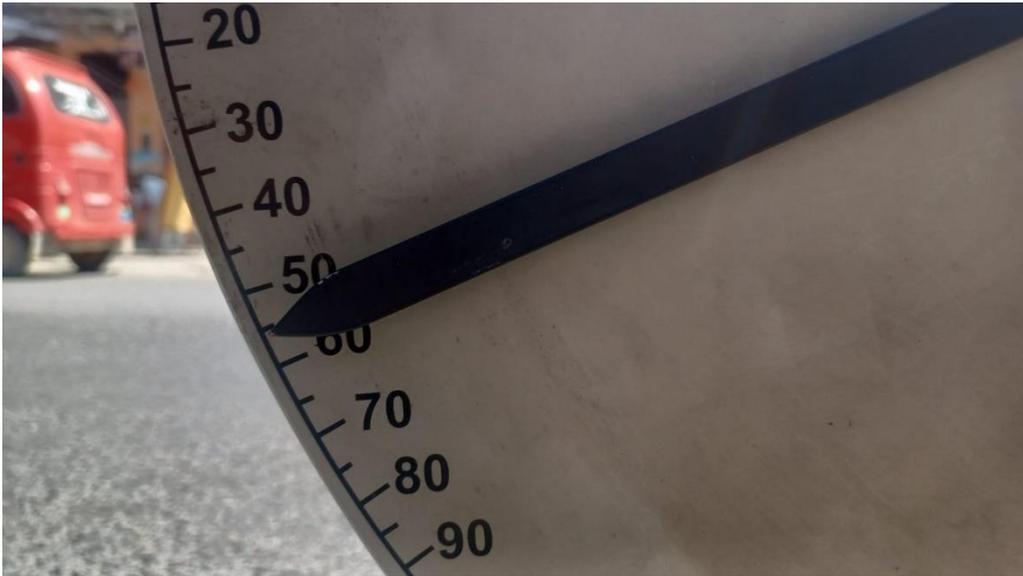
Nota: Toma lectura del pavimento

Toma de Datos. Cuadra 5 de la avenida José Carlos Mariátegui, Tingo María

Nota: Toma lectura del pavimento



Nota: Toma lectura del pavimento



Nota: Verificación de la calibración del péndulo para asegurar precisión en las mediciones.



Nota: Toma lectura del pavimento

Toma de Datos. Cuadra 6 de la avenida José Carlos Mariátegui, Tingo María



Nota: Calibración del péndulo británico



Nota: Verificación de la calibración del péndulo para asegurar precisión en las mediciones.



Nota: Verificación de la calibración del péndulo para asegurar precisión en las mediciones.



Nota: Toma lectura del pavimento

Anexo 06. Nota Biográfica



Marco Antonio Santiago Ñaupa, hijo de Don Abel Santiago Palacios y Doña Gregoria Ñaupa Ponce, nació el 25 de mayo de 1994, completó su educación primaria y secundaria en la Institución Educativa "Juana Moreno" en Huánuco. Posteriormente, se graduó como Bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco en mayo de 2022; realizó sus prácticas profesionales en la Empresa de Mantenimiento Vial EKASA S.A como asistente de producción para el "Servicio de Gestión y Conservación Vial y por niveles de servicio del corredor vial: Pro Región Puno - Paquete 02. Luego de haber culminado su carrera en agosto de 2021, en agosto de 2022, inició una maestría en diseño y construcción de obras viales en la misma universidad.

En el ámbito laboral, ha desempeñado diversos roles en PROVIAS NACIONAL. Fue Asistente Técnico de Supervisión en la Ruta PE-5NA en tres períodos diferentes, trabajando en el control de la ejecución de contratos y la atención de emergencias viales. También trabajó como Coordinador Técnico de Campo para trabajos de mantenimiento rutinario. Actualmente desempeña función de asistente de supervisión en PROVIAS NACIONAL en la Obra: “Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial Oxapampa – Pozuzo – Codo Del Pozuzo – Emp. Pe 5n (Pto. Inca)”.

Anexo 07. Acta de Sustentación



RECTORADO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y ARQUITECTURA

Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres
Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas
batallas de Junín y Ayacucho

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, siendo las 17.00 horas del día 24 de julio de 2024, nos reunimos en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNHEVAL, los miembros integrantes del Jurado Evaluador:

Dr. JOSÉ LUIS VILLAVICENCIO GUARDIA	PRESIDENTE
Dr. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA	SECRETARIO
Mg. LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA	VOCAL

Acreditados mediante Resolución de Decano N°529-2024-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 2.JUL.2024, de la tesis titulada CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO CIUDAD DE TINGO MARÍA, REGIÓN HUÁNUCO-2024, presentada por el titulado MARCO ANTONIO SANTIAGO ÑAUPA con el asesoramiento del docente Mg. Ing. Elisa Raquel Quintanilla Herrera, se procedió a dar inicio el acto de sustentación para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Concluido el acto de sustentación, cada miembro del Jurado Evaluador procedió a la evaluación del titulado, teniendo presente los siguientes criterios:

1. Presentación personal.
2. Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y recomendaciones.
3. Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado.
4. Dicción y dominio de escenario.

nombres y apellidos del titulado	JURADO EVALUADOR			Promedio final
	Presidente	Secretario	Vocal	
MARCO ANTONIO SANTIAGO ÑAUPA	15	15	15	15

Obteniendo en consecuencia el titulado MARCO ANTONIO SANTIAGO ÑAUPA la nota de Quince (15) equivalente a Bueno, por lo que se declara aprobado.

Calificación que se realiza de acuerdo con el Art. 46 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNHEVAL.

Se da por finalizado el presente acto, siendo las 18:15 horas, del día miércoles 24 de julio de 2024, firmando en señal de conformidad.

PRESIDENTE
DNI N° 22486638

SECRETARIO
DNI N° 45250659

VOCAL
DNI N° 73415813

Leyenda:
19 a 20: Excelente
17 a 18: Muy Bueno
14 a 16: Bueno
0 a 13: Desaprobado

Anexo 08. Constancia de Similitud y el Reporte (Resumen y Descripción General de Fuentes)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN DE HUANUCO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 062-2024

SOFTWARE ANTIPLAGIO TURNITIN-FICA-UNHEVAL.

ESCUELA PROFESIONAL DE CIVIL

El director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco, emite la presente **CONSTANCIA DE SIMILITUD**, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un **9%** de similitud general, correspondiente al bachiller interesado, **SANTIAGO ÑAUPA Marco Antonio**, del borrador de Tesis "CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO CIUDAD DE TINGO MARÍA, REGIÓN HUÁNUCO-2024 ", considerando como asesor al **MG. Ing. QUINTANILLA HERRENA Elisa Raquel, por consiguiente**

DECLARANDO (APTO).

Se expide la presente, para los trámites pertinentes

Pillco Marca, 01 de julio 2024



Dr. José Luis VILLAVICENCIO GUARDIA
 Director de la Unidad de Investigación
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

DE.H.VG 2024

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA
AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS A
SFÁLTICOS EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO
CIUDAD DE TINGO MARÍA, REGIÓN HUÁ
NUCO-2024**

AUTOR

Marco Antonio SANTIAGO ÑAUPA

RECUENTO DE PALABRAS

22210 Words

RECUENTO DE CARACTERES

123615 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

106 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 1, 2024 11:01 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 1, 2024 11:03 PM GMT-5

● **9% de similitud general**

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado



Dr. Ing. José-Luis Villavicencio Guardia
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DOCENTE DE LA FICA

Reporte de similitud

● 9% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.unheval.edu.pe Internet	2%
2	journal.gnosiswisdom.pe Internet	<1%
3	repositorio.urp.edu.pe Internet	<1%
4	cic.cn.umich.mx Internet	<1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Internet	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
7	repositorio.unc.edu.pe Internet	<1%
8	repositorio.une.edu.pe Internet	<1%


 Dr. Ing. Jose Luis Wilfredo Guardia
 DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
 DOCENTE DE LA FICA

Descripción general de fuentes

Reporte de similitud

9	1library.co Internet	<1%
10	scribd.com Internet	<1%
11	slideshare.net Internet	<1%
12	coniser.com.pe Internet	<1%
13	Universidad Privada Antenor Orrego on 2019-10-16 Submitted works	<1%
14	core.ac.uk Internet	<1%
15	www7.uc.cl Internet	<1%
16	minagri.gob.pe Internet	<1%
17	docplayer.es Internet	<1%
18	dspace.unach.edu.ec Internet	<1%
19	Universidad Continental on 2021-10-04 Submitted works	<1%
20	repositorio.undac.edu.pe Internet	<1%


 Dr. Ing. José Luis Villavicencio Guardia
 DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
 DOCENTE DE LA FICA

Descripción general de fuentes

21	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2022-03-26 Submitted works	<1%
22	Universidad Andina del Cusco on 2024-02-16 Submitted works	<1%
23	kupdf.net Internet	<1%
24	repositorio.umch.edu.pe Internet	<1%
25	vsip.info Internet	<1%
26	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2020-05-02 Submitted works	<1%
27	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2024-01-26 Submitted works	<1%
28	repositorio.unas.edu.pe Internet	<1%
29	repositorio.unp.edu.pe Internet	<1%
30	uncedu on 2023-12-01 Submitted works	<1%
31	catalogo.escuelaing.edu.co Internet	<1%
32	repositorio.unfv.edu.pe Internet	<1%


 Dr. Ing. José Luis Villanueva Guardia
 DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
 DOCENTE DE LA FICA

Descripción general de fuentes

Reporte de similitud

33	repositorio.unsaac.edu.pe Internet	<1%
34	repositorio.upn.edu.pe Internet	<1%
35	unapiquitos on 2024-07-01 Submitted works	<1%
36	unasam on 2024-03-20 Submitted works	<1%


Dr. Ing. José Luis Villanueva Guardia
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DOCENTE DE LA FICA

Descripción general de fuentes

Anexo 09. Autorización de Publicación



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, TESIS, TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL O TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR UN GRADO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X" según corresponda)

Bachiller		Título Profesional	X	Segunda Especialidad		Maestro		Doctor	
-----------	--	--------------------	---	----------------------	--	---------	--	--------	--

Ingrese los datos según corresponda.

Facultad/Escuela	INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela/Carrera Profesional	INGENIERÍA CIVIL
Programa	-----
Grado que otorga	-----
Título que otorga	INGENIERO CIVIL

2. Datos del (los) Autor(es): (Ingrese los datos según corresponda)

Apellidos y Nombres:	SANTIAGO ÑAUPA, MARCO NATONIO							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		N° de Documento:	75234284
Correo Electrónico:	marsanti654@gmail.com							
Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		N° de documento:	
Correo Electrónico:								
Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		N° de Documento:	
Correo Electrónico:								

3. Datos del Asesor: (Ingrese los datos según corresponda)

Apellidos y Nombres:	QUINTANILLA HERRERA, ELISA RAQUEL							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		N° de Documento:	22527428
ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0003-0442-0486							

4. Datos de los Jurados: (Ingrese los datos según corresponda, primero apellidos luego nombres)

Presidente	VILLAVICENCIO GUARDIA, JOSÉ LUIS							
Secretario	LAMBRUSCHINI ESPINOZA, REYDER ALEXANDER							
Vocal	AGUILAR ALCÁNTARA, LEONEL MARLO							
Vocal								
Vocal								
Accesitario	OSORIO FLORES, EVER							

5. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese los datos y marque con una "X" según corresponda)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)	2024							
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según corresponda)	Trabajo de Investigación		Tesis	X	Trabajo Académico		Trabajo de Suficiencia Profesional	
Palabras claves	MACROTEXTURA			RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO		TEMPERATURA AMBIENTAL		
Tipo de acceso: (Marque con X según corresponda)	Abierto	X	Cerrado*		Restringido*		Periodo de Embargo	
(*) Sustentar razón:								



6. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: *(Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)*

CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CLIMAS CÁLIDOS: CASO CIUDAD DE TINGO MARÍA, REGIÓN HUÁNUCO-2024.

Mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pueda derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en los trabajos de investigación presentado, asumiendo toda la carga pecuniaria que pudiera derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudiera derivar para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del Trabajo de Investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mis acciones se deriven, sometiéndome a las acciones legales y administrativas vigentes.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión digital de este trabajo de investigación en su biblioteca virtual, repositorio institucional y base de datos, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

Apellidos y Nombres	SANTIAGO ÑAUPA, MARCO ANTONIO	Firma	
Apellidos y Nombres		Firma	
Apellidos y Nombres		Firma	

FECHA: Huánuco, 27 de julio del 2024

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra calibri, tamaño de fuente 09, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF), Constancia de Similitud, Reporte de Similitud.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.
- ✓ Se debe de imprimir, firmar y luego escanear el documento (legible).