



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

"Aplicación de la geomalla de fibra de vidrio en refuerzos de pavimentos flexibles en Avenida Marcavelica – 26 de octubre – Piura en el 2024"

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

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Liviapoma Rivera, Andersson Giovaly (orcid.org/0000-0001-9501-0962)

Núñez Morales, Carlos Fernando (orcid.org/0000-0003-0265-8570)

**ASESOR:**

Dr. Prieto Monzon, Pedro Pablo (orcid.org/0000-0002-1019-983X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**PIURA - PERÚ**

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PRIETO MONZON PEDRO PABLO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "APLICACIÓN DE LA GEOMALLA DE FIBRA DE VIDRIO EN REFUERZOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN AVENIDA MARCAVELICA – 26 DE OCTUBRE - PIURA EN EL 2024", cuyos autores son NUÑEZ MORALES CARLOS FERNANDO, LIVIAPOMA RIVERA ANDERSSON GIOVALY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 22 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PRIETO MONZON PEDRO PABLO <b>DNI:</b> 02891452 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1019-983X	Firmado electrónicamente por: PPRIETOM el 22-07- 2024 19:38:17

Código documento Trilce: TRI - 0830485





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, NUÑEZ MORALES CARLOS FERNANDO, LIVIAPOMA RIVERA ANDERSSON GIOVALY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC PIURA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "APLICACIÓN DE LA GEOMALLA DE FIBRA DE VIDRIO EN REFUERZOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN AVENIDA MARCAVELICA – 26 DE OCTUBRE - PIURA EN EL 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ANDERSSON GIOVALY LIVIAPOMA RIVERA <b>DNI:</b> 75949939 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9501-0962	Firmado electrónicamente por: AGLIVIAPOMAL el 2207-2024 18:17:27
CARLOS FERNANDO NUÑEZ MORALES <b>DNI:</b> 74705934 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0265-8570	Firmado electrónicamente por: CNUNEZMO el 22-072024 18:37:14

Código documento Trilce: TRI - 0830486

## **DEDICATORIA:**

A Dios por darme salud y sabiduría para continuar en este camino lleno de retos y obstáculos; a mis padres Gilmo y Mayer por su compromiso y esfuerzo brindado; a mi familia en general por haberme apoyado en todo momento. Pero de una manera muy especial a mi tía Socorro, abuela Aida, tío Eddy y hermana Mary por su guía y aliento brindado en todo momento, para contribuir en mi formación personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO:**

Agradecemos a Dios por iluminar nuestro camino en todo momento y permitirnos alcanzar nuestras metas; a nuestros padres y familia por siempre motivarnos y apoyarnos en todo momento; a la Universidad César Vallejo; a los ingenieros y profesores que conocimos allí, por transmitirnos sus conocimientos y darnos la posibilidad de concluir con éxito la carrera profesional de ingeniería Civil; gracias infinitas.

## Índice de contenidos

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO: .....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA.....	14
III. RESULTADOS .....	16
IV. DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES.....	24
VI. RECOMENDACIONES .....	25
REFERENCIAS.....	26
ANEXOS .....	28

## Índice de Tablas

TABLA 1: Daños Tipo A – VIZIR .....	34
TABLA 2: Daños Tipo B - VIZIR .....	34
TABLA 3: Principales fallas en pavimento flexible PCI.....	34
TABLA 4: Características de la malla geotextil. ....	35

## Índice de Figuras

FIGURA 01. Variación promedio de espesores .....	16
FIGURA 04. TIPOS DE SUELO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN SUCS. ....	18
FIGURA 05. Comparación de CBR natural con el CBR del refuerzo de la geomalla biaxial aplicada.	18
FIGURA 06. COMPARATIVA DE DEFORMACIONES VERTICALES .....	19
FIGURA 08. VARIACIÓN DE COSTOS.....	20
FIGURA 1: Partes del Pavimento Flexible.....	29
FIGURA 2: Etapas del deterioro del pavimento flexible.....	29
FIGURA 3: Ahuellamiento.....	29
FIGURA 4: Hundimiento DL y DT .....	30
FIGURA 5: Fisuras longitudinales por fatiga .....	30
FIGURA 6: Fisura piel de cocodrilo .....	30
FIGURA 7: Bacheos.....	31
FIGURA 8: Perdida de agregados .....	31
FIGURA 9: Descascaramineto .....	31
FIGURA 10: Pulimiento de agregados .....	32
FIGURA 11: Exudación.....	32
FIGURA 12: Afloramiento de mortero.....	32
FIGURA 13: Segregación.....	32
FIGURA 14: Implementación de la geomalla.....	33
FIGURA 15: Malla geotextil .....	33
FIGURA 16: La geomalla del pavimento contrarresta los desplazamientos entre las capas asfálticas .....	33

## **RESUMEN**

La presente investigación enfocada en la industria, innovación e infraestructura tiene como objetivo examinar la factibilidad de utilizar la geomalla e incrementar la resistencia del pavimento de la Avenida Marcavelica – 26 de octubre – Piura en el 2024. Por lo cual se analizarán los distintos resultados obtenidos en otras investigaciones que han aplicado este método y a partir de ellos verificar la factibilidad de utilizar la geomalla de vidrio.

La presente investigación utiliza un enfoque cualitativo, de tipo aplicado y de diseño no experimental, la zona estudiada es la avenida Marcavelica del distrito de 26 de octubre del departamento de Piura. Se obtuvieron resultados que de las 42 tesis analizadas muestran un considerable cambio favorable en el mejoramiento de las resistencias en el suelo al hacer uso de la geomalla biaxial, tanto en su capacidad portante, deflexiones verticales. Se concluyó que es una alternativa factible e ideal para el mejoramiento de la avenida Marcavelica en el distrito de 26 de octubre.

**PALABRAS CLAVE:** Pavimento flexible, geomalla biaxial, fibra de vidrio.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to examine the feasibility of using the geogrid and increasing the resistance of the pavement of Avenida Marcavelica – October 26 – Piura. Therefore, the different results obtained in other investigations that have applied this method will be analyzed and from them the feasibility of using the glass geogrid will be verified.

The present investigation uses a qualitative approach, of applied type and non-experimental design, the area studied is Marcavelica Avenue in the 26 de Octubre district of the department of Piura.

**KEYWORDS:** Flexible pavement, biaxial geogrid, fiberglass.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la infraestructura vial desempeña un papel esencial en el progreso y expansión urbana, ya que ha proporcionado conexiones vitales para la movilización de individuos y bienes. Sin embargo, el constante tránsito y las condiciones climáticas adversas llevan a provocar un deterioro progresivo de las vías, lo que genera la necesidad de realizar labores de rehabilitación y refuerzo para mantener la funcionalidad y seguridad de estas.

En la actualidad, varios países de América Latina han experimentado avances significativos en el ámbito de la construcción, específicamente en el proceso de construcción y rehabilitación de pavimentos flexibles. Ejemplos destacados de estos avances se pueden encontrar en Chile, Ecuador y Colombia. En este último país, en colaboración con la empresa Pavco, se ha implementado el uso de geomallas en la rehabilitación del pavimento del aeropuerto internacional de Colombia. Estos sistemas de refuerzo geotextil se instalaron desempeñando un papel crucial al amortiguar los esfuerzos y retrasar la aparición de grietas, al mismo tiempo que funcionan como una capa impermeable que se interpone en medio de la capa superior y el material granular. Este proceso se destaca por su simplicidad, su aspecto económico y su enfoque sostenible

Es común observar que las ciudades de nuestro país utilizan predominantemente pavimentos flexibles en sus calles. Este material se ha vuelto muy popular debido a su costo inicial más bajo en comparación con la superficie de hormigón armado. Las autoridades municipales eligen esta forma de pavimentación debido a los presupuestos limitados otorgados por el estado. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, no se realiza el mantenimiento adecuado necesario para asegurar su duración y cumplir con los estándares de rendimiento para los cuales fueron concebidos. Es fundamental llevar a cabo un mantenimiento regular para garantizar que estos pavimentos cumplan con su función a lo largo del tiempo y proporcionen los estándares de calidad esperados.

Mediante este estudio científico, pretendimos destacar las ventajas de la malla geo sintética de fibra de vidrio como una técnica superficial para la restauración de pavimentos flexibles.

Su implementación buscó contribuir a controlar el agrietamiento, la fatiga y las deformaciones en las capas de asfalto, lo que resultará en un mejor rendimiento y una infraestructura vial sin daños superficiales ni estructurales, cumpliendo así su vida útil. La introducción de la fibra de vidrio proporcionará una superior tenacidad a la tensión, resguardando y reforzando la capa bituminosa, lo que demorará la aparición de grietas y reducirá la fatiga ocasionada por la carga del tráfico vehicular.

Por ello se planteó el siguiente problema teniendo en cuenta que, en la Avenida Marcavelica, ubicada en el distrito 26 de octubre – Piura, se erige como una de las vías primordiales de la ciudad de Piura, conectando áreas residenciales, comerciales e industriales. Sin embargo, en los últimos años dicha avenida ha experimentado un marcado deterioro en su pavimento, lo que ha generado diversos problemas como roderas, grietas y deformaciones. Estas condiciones no solo impactan desfavorablemente en la calidad de vida de los usuarios aledaños de la vía, además suponen una amenaza para la seguridad vial. En relación a la Av. Marcavelica - 26 de octubre- Piura, se encontró visiblemente en deterioro tanto en su calzada como en su estructura y dificulta la adecuada transitabilidad de los vehículos, propusimos como posible solución alternativa la implementación de la geo-malla como reforzamiento del suelo para que la estructura del pavimento flexible mejore la eficiencia y rendimiento de esta zona en estudio. Teniendo como pregunta general ¿Cómo afectará la adición de geomalla en el refuerzo del pavimento flexible de la Av. Marcavelica - 26 de octubre- Piura?, y como preguntas específicas, ¿Cuáles son los daños existentes en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura?, ¿Cómo contribuye la utilización de la geo-malla en la Av. Marcavelica - 26 de octubre- Piura como método de refuerzo para extender la vida útil del pavimento comparando las resistencia obtenidas de datos bibliográficos y documentarios de otras investigaciones?, ¿La adición de la geomalla biaxial en la Av. Marcavelica - 26 de octubre- Piura disminuye las deformaciones verticales comparando las deformaciones obtenidas de datos bibliográficos y documentarios de otras investigaciones? Y finalmente, ¿Cómo influye económicamente en el presupuesto

la implementación de la geo-malla biaxial en la Av. Marcavelica - 26 de octubre- Piura comparando los presupuestos de otras investigaciones realizadas?

Por otro lado, en cuanto a la justificación la presente investigación aportó información y teorías de relevante importancia de estudios ya realizados, recolectados de las distintas fuentes bibliográficas de repositorios y plataformas de información.

A nivel teórico, se planteó la utilización de la geo-malla como técnica de protección en pavimentos flexibles, es un material que gracias a sus propiedades mecánicas puede contribuir a mejorar la resistencia y durabilidad del pavimento ante un pavimento flexible convencional apoyado por investigaciones existentes. En la implicancia practica de esta investigación, la utilización de la geomalla de fibra de vidrio como refuerzo en pavimentos flexibles demostró resultados prometedores en términos de incrementar la capacidad estructural y reducir los daños causados por las cargas y deformaciones. Por otra parte, en la justificación metodológica estuvo respaldada con la ayuda de instrumentos de validación, métodos científicos que ayudaran a futuras investigaciones. Igualmente, la justificación social de esta investigación surgió ante una necesidad en la Av. Marcavelica mejorar su transpirabilidad aplicando un método innovador que da solución.

El objetivo general tiene como finalidad en este estudio científico examinar la factibilidad de utilizar la geomalla a fin de mejorar la resistencia del pavimento de la Avenida Marcavelica – 26 de octubre – Piura, cuando está sometido a cargas. A través de un estudio exhaustivo, se pretende evaluar los beneficios que esta técnica puede brindar en términos de mejora de la resistencia y durabilidad del pavimento. En cuanto a los objetivos específicos, es Identificar los daños existentes en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura, Comparar los datos de la resistencia de pavimentos reforzados con geo-malla biaxial aplicadas en otras investigaciones para la evaluación de esta técnica en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura. Comparar los datos de las deformaciones verticales en los pavimentos reforzados con geo-malla biaxial aplicadas en otras investigaciones y su posterior uso en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura y, por último, determinar la influencia económica de la adición de geo- malla comparando los presupuestos de otras

investigaciones realizadas y su posterior uso en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura.

En la presente investigación se ha podido obtener como antecedentes Internacionales, Richar y Velasquez (2021), “Aplicación de geomallas en pavimentos” nos dice que las geomallas se están aplicando en el sector de infraestructura vial, ya que la carretera en constante carga vehicular lo cual ocasiona la aparición de grietas, este material tiene como propósito incrementar la resistencia a la tracción en todo simultaneo y sin tener posibles discontinuidades. Nos dice que, su funcionamiento es para el refuerzo y proporcionar una mayor seguridad, por lo tanto, existen varios motivos por lo cual aplicar la geomalla de fibra de vidrio en los pavimentos flexibles los cuales son: refuerzo, confinamiento, separación de capas.

Barzola (2019), en su tesis titulada “Design and construction of Flexible Pavements applying polypropylene geogrids as a structural reinforcement system”. El enfoque de la investigación se focaliza en el empleo de geomallas fabricadas con polipropileno y fibra de vidrio como sistemas de refuerzo estructural en pavimentos. El objetivo es incrementar la elasticidad de la capa, disminuir los espesores de diseño, prolongar la expansión de grietas de reflexión, desdeñar los esfuerzos de tracción y controlar las deformaciones y deflexiones superficiales. El propósito es prevenir la aparición de fallas tanto funcionales como estructurales, tales como fisuras de fatiga, corte de reflexión y alteraciones plásticas. El objetivo principal de la investigación es demostrar los beneficios de utilizar la geomalla biaxial de polipropileno en la mejora de las propiedades del asfalto. Se busca comprobar que su incorporación aumenta la dureza la tracción, prolonga la vida útil y la capacidad de carga frente a la fatiga de las capas granulares, y optimiza los espesores de diseño.

Vargas, Moncayo (2019), en su artículo científico titulado “La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles”. El objetivo principal de esta investigación fue analizar la resistencia a la tracción de los materiales reforzados con geomallas, utilizando pruebas a una velocidad de deformación constante. Se utilizó una metodología experimental y descriptiva para llevar a cabo el estudio. Como resultado, se concluyó que la presencia de la geomalla actúa como una

barrera que evita la interacción de las capas contiguas de material en un pavimento, lo que a su vez contribuye a prolongar su vida útil. Adicionalmente, se observó que la presencia de la geomalla permite una mejor disipación de las presiones ocasionadas por las cargas superficiales, distribuyéndolos de manera más uniforme. En consecuencia, se sugiere el uso de la geomalla de fibra de vidrio debido a que es un material de vanguardia y de aplicación sencilla, lo que genera ahorros significativos en términos de mano de obra. Además, su alta rigidez elástica proporciona múltiples beneficios en relación con la estructura del pavimento.

Asimismo, también se obtuvo como antecedentes Nacionales, Villegas (2019), en su tesis llamada “Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en urbanización el Ingeniero I, Chiclayo” de la Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo – Perú. La finalidad principal del estudio fue proyectar el pavimento bituminoso empleando geomallas en una urbanización en Chiclayo. La técnica ejecutada fue de tipo aplicada, no experimental y descriptiva correlacional. La población de estudio estuvo conformada por 351 lotes, con una muestra de 111 lotes. Se efectuó la inspección directa para abordar los problemas detectados. Se concluyó que era necesario efectuar estudios de suelos, por lo que se efectuaron 4 calicatas con suelos de características similares.

Armijos Oviedo (2019), “Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico reforzado con geo sintéticos de fibra de vidrio para un pavimento”. La finalidad principal de este estudio consistió en examinar el desempeño de la mezcla bituminosa fortalecida con geo sintéticos, en términos de solidez a la fatiga y la aparición de patologías originadas por la combinación de factores como el tráfico (superior al cual el pavimento fue proyectado) y las condiciones climáticas. El propósito era hallar alternativas que alargaran la vida útil de las carreteras. En este estudio, se proyectó la mezcla bituminosa utilizando el método AASHTO 93. Se evaluó el comportamiento de la mezcla frente a la deformación, los esfuerzos y las deflexiones, con el objetivo de determinar la posición óptima del fortalecimiento mediante el análisis de dichos parámetros. Para validar este análisis, se efectuaron ensayos mecánicos de Marshall y tracción directa. Como resultado de la investigación, se llegó a la conclusión de que la ubicación más adecuada para el refuerzo se encuentra en la base del pavimento, lo que conlleva a un aumento en la duración de la carretera de 1 a 2 años adicionales.

Miranda (2019), en su tesis llamada “Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial, para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles”, tramo Taya bamba – ongón, provincia de pataz – La libertad”. El objetivo general de esta investigación fue desarrollar una base granular reforzada con geomalla biaxial para mejorar la calidad de construcción de los pavimentos flexibles en el tramo Taya bamba-Ongon, ubicado en la provincia de Patas, La Libertad. Se empleó una metodología descriptiva y experimental. La población de estudio consistió en 23,596 kilómetros de carretera pavimentada, y se seleccionó una muestra de 15 kilómetros para el análisis. El resultado principal fue la medida de la firmeza a la tracción de los materiales cuando se utiliza la geomalla. Se realizaron pruebas siguiendo las normas ASTM aplicables a los ensayos de tracción, manteniendo una velocidad de deformación constante. Como conclusión, se determinó que la geomalla actúa como una barrera que impide la mezcla de las capas adyacentes del pavimento, lo que contribuye a su mayor durabilidad. Asimismo, la existencia de la geomalla favorece una distribución más eficiente de las cargas superficiales, actuando como una capa aislante que disipa los esfuerzos en el pavimento asfáltico.

Ccasani y Ferro (2019), “Evaluación y Análisis de pavimentos en la Ciudad de Abancay”. El propósito principal de este estudio es ofrecer una descripción exhaustiva de las diversas deficiencias que se presentan en la estructura del pavimento. Se destaca particularmente las problemáticas relacionadas con la capa asfáltica, como dificultades de drenaje y falta de mantenimiento adecuado. El objetivo principal de esta investigación es garantizar que la carretera brinde un nivel óptimo de servicio y seguridad al transporte, lo que beneficia a las comunidades vecinas. Además, se busca proponer nuevos diseños que reduzcan de manera significativa el deterioro excesivo del pavimento y prolonguen la funcionalidad de la estructura vial.

Para poder complementar esta investigación se fundamenta utilizando bases teóricas en la que se aborda y se define al pavimento flexible, a aquellos que consisten en materiales asfálticos y granulares, y se construyen en capas para distribuir la carga sobre el terreno de base. Estos pavimentos son utilizados principalmente en áreas con alto tráfico, como vías y carreteras, ya que tiene la capacidad de flexionarse y soportar las cargas transitorias sobre ellos. Figura 1

situada en los anexos.

Elementos del pavimento flexible; tenemos la carpeta Asfáltica, según Becerril (Valencia, 2017), se trata de la capa superior del pavimento, situada encima de la base, cuya función principal es resistir las cargas pesadas de tráfico y proporcionar una superficie de conducción que sea resistente al deslizamiento. (p.31) la base, tiene como propósito principal de esta capa de pavimento es distribuir y transferir las cargas generadas por el tráfico hacia la subbase y, posteriormente, hacia la subrasante.

Según (Catpo Nuncevay, 2019) la Subbase, es la capa que forma parte de la estructura del pavimento y su función principal es soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas sobre la superficie de rodadura. La subbase tiene la responsabilidad de regir las alteraciones de capacidad y elasticidad que podrán ser negativos para la integridad del pavimento.

Por otro lado, Zamora Perez, (2021), la subrasante, se refiere a la capa subyacente del terreno en una carretera que brinda soporte a la estructura del pavimento y se desarrolla a una profundidad que ni compromete la capacidad de cargas diseñada para el tráfico previsto. Esta capa puede estar formada por material excavado o de relleno.

(Vilchez Ruíz, 2023) la vida útil del pavimento, tenemos que el periodo de vida de un pavimento flexible oscila entre 10 -15 años, dependiendo del diseño específico del pavimento. Entre sus limitaciones esta que requiere mantenimiento continuo para alcanzar su vida útil. Estos pavimentos están expuestos a constantes deterioros causados por factores como las condiciones ambientales, el tráfico, entre otros, lo que lleva a un pavimento intransitable. Su ciclo de vida se puede dividir en 4 periodos, en las cuales el desgaste inicial es imperceptible y en la etapa conclusiva el daño es completo. Además, estos pavimentos tienen una estimación de vida determinada.

(Moran Aleman, 2022) indica que las fallas superficiales son posibles identificarlas visualmente como mediante una evaluación superficial, en la cual se puede observar una disminución del revestimiento asfáltico y una falla de fricción superficial adecuada.

Las fallas estructurales, abarca toda la estructura del pavimento y se caracteriza

por ser de alta gravedad. Ocurre cuando varias capas del pavimento se ven afectadas, lo que resulta en un colapso completo del mismo. Para detectar este tipo de fallas, en algunos casos se puede realizar una inspección visual, mientras que en otros es necesario llevar cabo ensayos no destructivos y destructivos en el pavimento. Figura 2 se visualiza en el anexo.

Existen varios tipos de fallas en los pavimentos flexibles, que en la presente metodología de evaluación existen varios tipos de desgastes en el pavimento, así como también de distintos alcances de gravedad para cada tipología. Estos desgastes se identifican en tres factores de tipo, gravedad y extensión.

Asimismo, el tipo de deterioros de los pavimentos flexibles se adjuntan en categorías, estos se clasifican en su causa posible primaria, ya sean por las acciones climáticas, tránsito, proceso constructivo o materiales utilizados.

Teniendo que la metodología VIZIR clasifica los deterioros del pavimento en dos grupos como daño de tipo A y daño de tipo B.

(Maguiña Espíritu, y otros, 2023) los daños de tipo A, este tipo de fallas esta rigurosamente ligado a la defectuosa estructura del pavimento, vinculadas a las diferentes capas y el suelo de subrasante, entre su primordial falla se encuentra la fisura por debilidad y las deformaciones. La tabla 1 se visualiza en el anexo 05.

Ahuellamiento, estas se producen en la trayectoria de circulación de los vehículos, generando un levantamiento en esta zona, se originan mayormente por cargas superiores a la que fue diseñada la estructura del pavimento, deficiencia en la compactación de la base y también el espesor de pavimento insuficiente. Figura 3 se puede visualizar en el anexo 02.

Hundimientos longitudinales y transversales, se encuentran focalizadas en la superficie del pavimento flexible, sus principales causas son, asentamientos en la subrasante ya que tuvo deficiencia en su proceso de construcción, inadecuada compactación, y un deficiente sistema de drenaje subsuperficial. Figura 4 se visualiza en el anexo 03.

Fisuras longitudinales por fatiga, son fisuras que se encuentran en el centro de la carretera, que inician en la parte superior del pavimento y estas van progresando en forma descendente, estas se producen por grandes esfuerzos de tensión causados por los vehículos pesados, también producido por las elevadas

temperaturas superficiales. Figura 5 se visualiza en el anexo 03.

Fisuras piel de cocodrilo, estas fisuras mayormente se encuentran en las partes inferiores en la carpeta asfáltica, su origen de esa falla se desarrolla por la fatiga de la carpeta asfáltica. Figura 6 se visualiza en el anexo 03.

Baches y parcheo, estas son zonas donde se realizó el remplazo del pavimento, cuyo principal origen esté ligado al deficiente drenaje subterráneo. Figura 7 se visualiza en el anexo 04.

Los daños de tipo B, estos daños son de carácter funcional, el cual no está relacionado con la capacidad estructural del pavimento, debido a que su origen está relacionado con las etapas de construcción y de las condiciones de servicio, al igual que los materiales. La tabla 2 está ubicada en el anexo 05.

Perdida de agregado, es un deterioro que ocurre en los mantenimientos de los pavimentos, normalmente este tipo de deterioro está relacionado al desprendimiento de agregados de la carpeta asfáltica. Figura 8 se encuentra en el anexo 04.

Descascaramiento, este tipo de daño solo ocurre en la capa asfáltica, sin implicar daño a las demás capas, esto ocurre por insuficiente limpieza en el tratamiento superficial. Figura 9 se encuentra en el anexo 04.

Pulimento de agregados, escaso riego de liga, mezcla asfáltica muy permeable, y un reducido espesor en la capa asfáltica. Figura 10 está ubicada en el anexo 05.

Exudación, este deterioro es tipo brillante y pegajosa producto de una mezcla de asfalto en la superficie de pavimento, bajo humedad se genera problemas de fricción, esto ocurre por la mala fabricación de las mezclas, pocas proporciones de asfalto o que tenga vacíos de aire. Figura 11 ubicada en el anexo 05.

Aflojamiento de mortero, esta falla es ocasionada por acumulación de materiales en los bordes de fisuras, donde se origina es por falta de un buen drenaje interno del pavimento. Figura 12 situada en anexo 05.

Segregación, este deterioro genera una reducción de durabilidad en la mezcla, es causado por la deficiencia en la elaboración de la mezcla asfáltica. Figura 13 ubicada en el anexo 05.

Tipos de fallas en los pavimentos flexibles PCI, están detallados en el procedimiento del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus

siglas en inglés), estandarizado por ASTM D6433-03. Este método identifica y describe 19 tipos de deficiencias. Tabla 3 está en el anexo 06.

Huecos; estas son áreas localizadas de la superficie del pavimento, generalmente de menos de 0,9 m de diámetro, que se descomponen produciendo hoyos.

Exudación; ocurre en la superficie del pavimento flexible y aparece como manchas negras reflectantes, cristalizadas y brillantes. La principal causa suele ser el exceso de asfalto en la mezcla.

Desplazamientos; esta falla se caracteriza por el deslizamiento del asfalto, es causado por altas temperaturas de servicio, mala adherencia entre capas de pavimento, y exceso de asfalto.

Pulimento de Agregados; el agregado en la superficie del pavimento se vuelve demasiado pulido y tiene una textura muy suave, por lo cual la rueda del vehículo pierde su adherencia y provoca accidentes de tránsito.

Parqueo; es un proceso de mantenimiento para reponer una parte del pavimento y mantener la continuidad de la vía.

Grietas Longitudinal y transversal; las grietas longitudinales son grietas paralelas al eje del camino y pueden ocurrir en línea recta o con bifurcaciones horizontales.

Las grietas transversales, al igual que las longitudinales, son fallas que se generan perpendiculares a la dirección de la vía y pueden presentar ramificaciones.

Desprendimiento de Agregados; es el desgaste de la superficie del pavimento debido a la pérdida del material aglutinante que lo compone y la descomposición de las partículas de agregado, que pueden concentrarse en unas pocas áreas específicas de la calzada o distribuirse en un área amplia.

Grieta Parabólica; son grietas de arco o media luna y son causadas por fuerzas laterales de frenado o cambios de dirección del tráfico en el pavimento con mala alineación entre capas. Según Son y otros (2019), la adecuada elección de los materiales y el correcto planteamiento de las estructuras es fundamental para prevenir deformaciones graves y roturas de carácter crítico.

Corrugación; es una serie de crestas y depresiones perpendiculares a la dirección del tráfico con una distancia de pico a pico de menos de 3 m. Su principal causa son las fuerzas tangenciales generadas por el impacto del tráfico sobre capas de asfalto inestables.

Piel de cocodrilo; esta es una serie de grietas que se conectan para formar pequeños polígonos angulares irregulares en el pavimento. Tal daño resulta de la fatiga de la superficie del concreto asfáltico a causa de los impactados repetidos de las cargas del tráfico.

Abultamientos y Hundimientos; son pequeñas prominencias en la superficie de la carretera causadas por la expansión del material en la capa de asfalto. Los hundimientos son depresiones en la superficie del pavimento que a menudo son difíciles de evaluar (visibles cuando el agua se acumula en ellos después de la lluvia). Dicho en palabras de Hussan y otros (2020), la aparición de hendiduras es uno de los problemas más frecuentes en los pavimentos de mezcla asfáltica flexible y puede definirse como una deformación progresiva a lo largo de la trayectoria de las vías de circulación del tráfico.

Rehabilitación de pavimentos flexibles; implica la corrección, restauración y mejora de superficies de revestimientos asfálticos en condiciones de deterioro, con el objetivo de prolongar su vida útil original y fortalecer la durabilidad de las estructuras del pavimento. El proceso de rehabilitación busca mantener el pavimento en condiciones adecuadas a lo largo del tiempo mediante el uso de estrategias de mantenimiento y enfoques de restauración altamente eficaces.

Como parte de nuestra investigación, hemos incorporado el uso de malla geotextil de fibra de vidrio para alcanzar un desempeño superior y potenciar las cualidades del pavimento.

La geomalla de fibra de vidrio es una innovadora incorporación utilizada como refuerzo en los pavimentos para prolongar su durabilidad. Estas geomallas son altamente flexibles y se colocan entre las capas asfálticas para controlar las fisuras resultantes de la flexión y distorsiones. Su función primordial es aumentar la fuerza de tracción que puede soportar la capa asfáltica y asegurar una dispersión homogénea de los esfuerzos horizontales cuando se somete a cargas verticales. Con la utilización de estas geomallas, se busca obtener una superficie de vía sin grietas y mejorar las propiedades del pavimento flexible.

Las principales ventajas en el uso de malla geotextil de fibra de vidrio es que disminuye agrietamientos por reflexión, aumenta la resistencia por fatiga del pavimento, acrecienta el ciclo de vida del pavimento, disminuye el mantenimiento

de los pavimentos, se coloca fácil y rápidamente, el empleo de esta geo malla puede aumentar en 12 veces las fases de carga requeridos para que surja una grieta en la capa externa, lo que permite extender significativamente la vida útil del pavimento y Disminuye el grosor del asfalto. Figura 14 está ubicada en el anexo 06. El uso de una geo-malla en el proceso de rehabilitación evita la necesidad de realizar cortes transversales o longitudinales en el pavimento. Estos cortes, a medida que pasa el tiempo, debilitan el pavimento y resultan en la aparición de fallas continuas debido al constante tráfico vehicular (Ame Macedo, y otros, 2019). Si el pavimento asfáltico no fue diseñado para soportar cargas de alta magnitud, la conservación tradicional con cortes a lo largo del tiempo provocará un incremento de deficiencias e irregularidades en el pavimento. Por el contrario, al optar por la restauración mediante el uso de la malla geotextil de fibra de vidrio, se aborda directamente el problema al sellar las fisuras con una emulsión y colocar la geomalla, la cual se adhiere automáticamente entre las capas de asfalto. Esto resulta en una mejora del pavimento de 4 a 6 veces su capacidad de carga. Figura 15 y tabla 4 se visualiza en el anexo 06.

Dureza a la fisuración por fatiga; la fatiga del pavimento puede generar grietas como resultado de su flexión, dichas grietas suelen originarse en la base del pavimento donde la capa se encuentra sometida a tensión.

Cuando se aplica una capa de asfalto nueva sobre el pavimento existente, si se realiza una mínima aplicación de un agente de unión asfáltica, se produce una conexión sólida entre la nueva capa y las capas inferiores del pavimento. Esto resulta en un pavimento de mayor espesor.

Para mitigar el riesgo de esfuerzos y grietas elevadas, se puede emplear una capa intermedia de tela de pavimentación, la cual conecta la nueva capa con las capas asfálticas que ya existen, así trabajan de forma relativamente independiente. Esto reduce el riesgo de esfuerzos excesivos y grietas. Se ha demostrado que en caso de flexión, una vía que tiene una capa intermedia de geo-malla de refuerzo tiene una mayor capacidad de flexionarse antes de agrietarse. Figura 16 se visualiza anexo 06.

La hipótesis general indicó que, de manera específica, el PCI promedio de la avenida Marcavelica - 26 de octubre se encuentra en estado deficiente. Seguida de

que las resistencias en las investigaciones muestran que aumenta el CBR del suelo favorablemente. Asimismo, Las deformaciones comparadas arrojan que hay disminución de las deformaciones verticales en los pavimentos estudiados en las investigaciones y finalmente la forma en la que influye la geo malla comparando los presupuestos de otros investigadores muestra que existe disminución de costos.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo, enfoque y diseño:

La investigación realizada es de tipo **aplicada**. Chavez, (2007, p. 133), “afirma que este tipo de investigación tiene como finalidad solucionar una problemática identificada en un periodo corto de tiempo con acciones concretas”, dicho de otro modo, se trata de resolver un problema específico, analizando las causas y aplicando soluciones teóricas o procedimientos técnicos al mismo modo que se enriquecen conocimientos y se mejoran los procedimientos ya existentes.

El enfoque utilizado es **Cualitativo**, Baptista y otros, (2014), mencionan que un enfoque cualitativo es aquel da interpretaciones prácticas a partir del entorno que involucra la problemática a fin de dar sentido a los fenómenos existente visto desde la perspectiva humana.

Esta investigación de **diseño no experimental**, ya que, es aquella en la que no se manipulan las variables que intervienen en la investigación, solo se analizan los datos observados en su estado natural, es decir, fenómenos que afectan visiblemente a las variables. (Kerliger, (2014, p. 04). Se analizarán datos bibliográficos y documentos existentes aplicando el método que se plantea usar en la investigación para evaluar su eficacia.

**Categorización**, pavimento flexible definido conceptualmente es el tipo de estructura que está conformado por una capa bituminosa de asfalto siendo esta flexible, es decir, que volverá a su estado original después de deformarse sin producir daños en la estructura y en su apariencia. (Montejo, 2002 p.02). Para la evaluación de esta categoría se subdivide en dos, los daños superficiales cuyos indicadores son: Piel de cocodrilo, Abultamiento y hundimiento, huecos, desprendimiento de materiales, en la subcategoría de diseño del pavimento sus indicadores evalúan los espesores de las capas del pavimento.

Como segunda categoría, las geomallas biaxiales, son estructuras en dos dimensiones utilizado para el refuerzo estructural con la finalidad de estabilizar y mejorar la resistencia de los suelos en proyectos viales (CIDELSA, 2015, p.02). Esta a su vez subdivide propiedades mecánicas cuyos indicadores muestran el

CBR y los desplazamientos verticales. Por otro lado, la subcategoría es presupuesto cuyo indicador muestra el costo unitario.

**Participantes y zona de estudio;** en la presente investigación tiene como participantes 42 tesis a nivel nacional que han realizado el mismo estudio en distintas avenidas del Perú dichas investigaciones realizadas por distintos autores. Nuestra zona de estudio será la av. Marcavelica en el distrito de 26 de octubre del departamento de Piura

**Técnicas e instrumentos de recolección de datos:** Hernandez Sampieri, (2014), indica que las técnicas de recolección son las aquellas que permiten organizar la información de categorías de acuerdo a cronología, características específicas, a criterios objetivos profesionales y didácticos. Para poder entender la información, los instrumentos son aquellos que van a permitir anotar los datos de acuerdo a las categorías, características ya plasmadas en la técnica seleccionada. La técnica utilizada es el fichaje ya que permite explicar las teorías, hipótesis y características que implican e influyen en el objeto de estudio. El primer instrumento es una ficha de inspección visual de fallas para determinar el PCI, estas fichas utilizadas por el Tesista Moran Aleman Juan en su proyecto titulado Evaluación del pavimento flexible utilizando la metodología PCI. El segundo instrumento clasifica los valores que se obtienen que los ensayos de laboratorio de cada investigación.

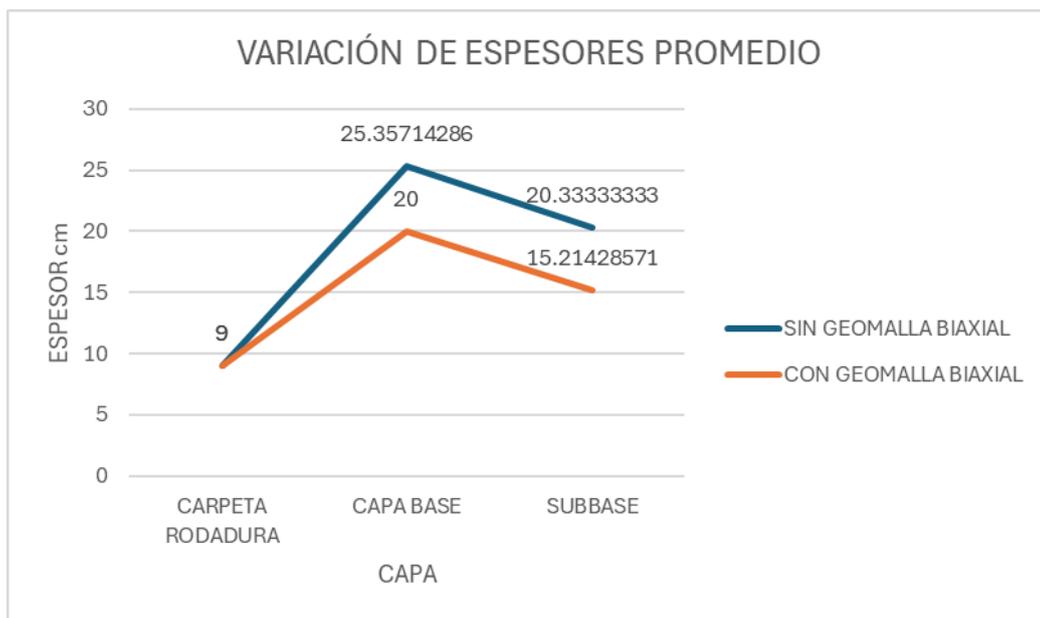
**Método de análisis de datos:** Para el método de análisis de datos se utilizará la estadística verificando así la media proporcional, varianza, y desviación estándar para determinar la correlación existente entre las variables y la dispersión de resultados.

**Aspectos éticos:** De acuerdo con la normativa de la universidad que garantiza e incentiva a la autenticidad y originalidad al momento de realizar investigaciones, la presente investigación desarrollada a base de datos bibliográficos respeta a cada autor citando bajo la ayuda de la guía o normativa ISO, se asegura que se realizó con total integridad y honestidad al momento buscar, evaluar y detallar los datos obtenidos de la investigación.

### III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la siguiente investigación después de revisar sistemáticamente cada investigación están clasificados de acuerdo a cada objetivo para presentar de manera didáctica, clara y concisa.

3.1. OBJETIVO GENERAL: Examinar la factibilidad de utilizar la geomalla e incrementar la resistencia del pavimento de la Avenida Marcavelica – 26 de octubre – Piura, cuando está sometido a cargas.



**FIGURA 01. Variación promedio de espesores**

Interpretación:

En la figura 01, se observa que de los datos recopilados de las 42 investigaciones que aplicaron el mismo método se obtuvo que la variación promedio de los espesores en la carpeta de rodadura, capa base y subbase sin utilizar la geomalla biaxial son 9cm, 25.35 cm y 20.33 cm respectivamente, asimismo, al reforzar con la geo-malla biaxial los espesores promedio para la carpeta de rodadura, capa base y subbase son 9cm, 20cm y 15.21cm respectivamente.

4.2. Identificar los daños existentes en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura.

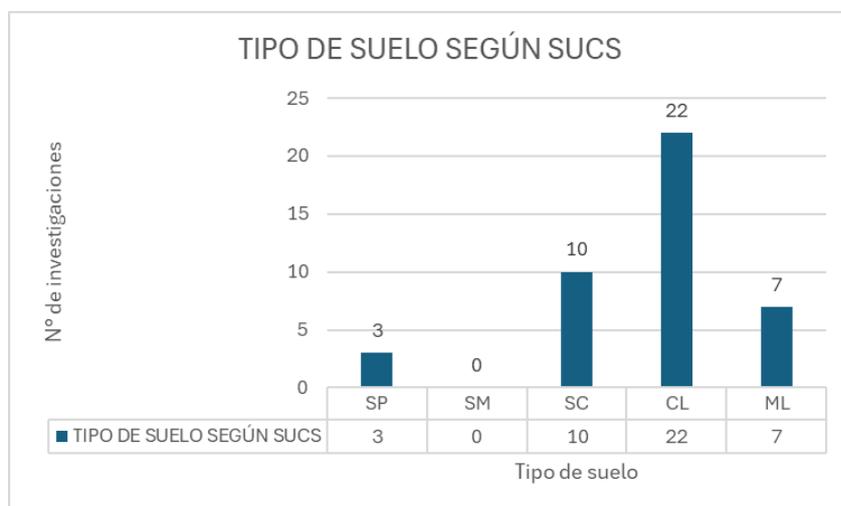
**Tabla 01. Tipos de fallas en la Av. Marcavelica**

TIPOS DE FALLA	SI	NO
Piel de cocodrilo	X	
Exudación		X
Agrietamiento en bloque		X
Abultamiento y Hundimiento	X	
Corrugación		X
Depresión		X
Grietas de Borde	X	
Grietas de Reflexión de Juntas		X
Desnivel de Carril Berma		X
Grietas longitudinales Transversales	X	
Parcheo	X	
Pulimentos de agregados	X	
Huecos	X	
Cruce de Vía Ferrea		X
Ahuellamientos	X	
Desplazamientos	X	
Grieta Parabólicas		X
Hinchamiento		X
Desprendimiento de agregados	X	

Interpretación:

La tabla 01 nos muestra que el pavimento flexible de la Av. Marcavelica se encontró las siguientes fallas; piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, grietas de borde, grietas longitudinales transversales, parcheo, pulimentos de agregados, huecos, ahuellamientos, desplazamientos, desprendimientos de agregados.

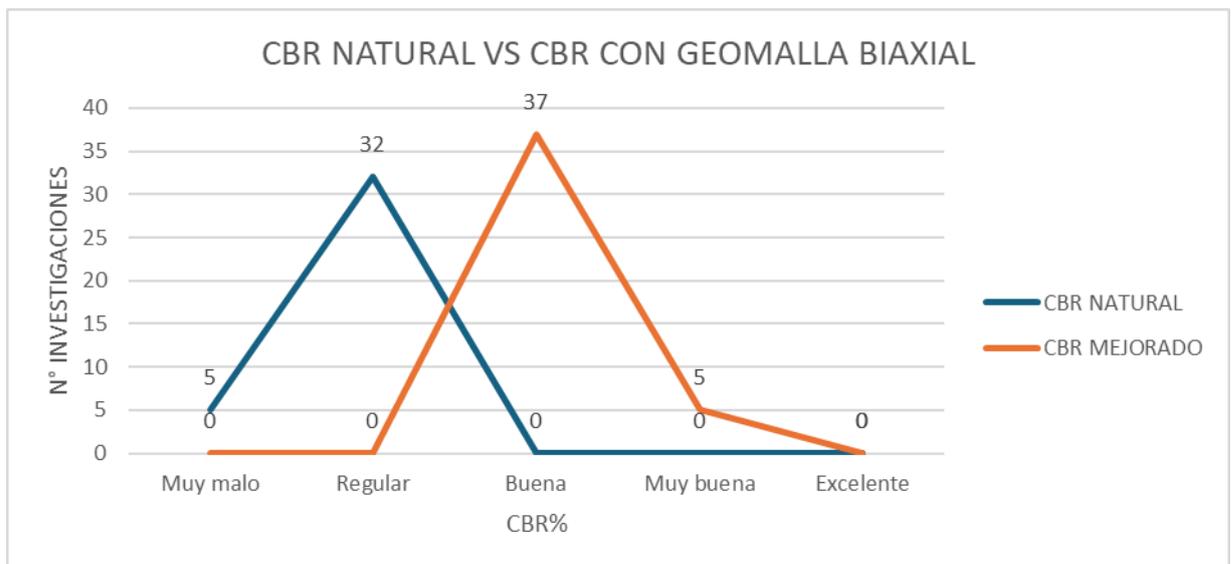
4.3. Comparar los datos de la resistencia de pavimentos reforzados con geo-malla biaxial aplicadas en otras investigaciones para la evaluación de esta técnica en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura.



#### FIGURA 04. TIPOS DE SUELO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN SUCS.

Interpretación:

La figura 04 muestra el gráfico de las clasificaciones de los suelos que cada investigación revisada ha tenido, se observa que 3 investigaciones cuentan con un suelo tipo SP, 10 un suelo SC, 22 investigaciones un tipo de suelo CL y finalmente 7 investigaciones de las 42 revisadas presentan un suelo tipo ML.

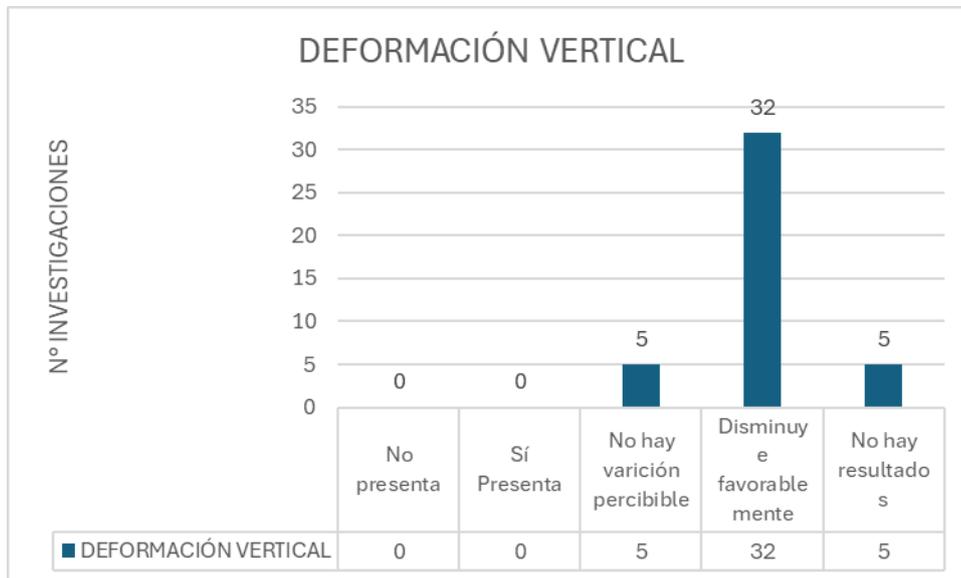


#### FIGURA 05. Comparación de CBR natural con el CBR del refuerzo de la geomalla biaxial aplicada.

Interpretación:

La figura 05, muestra la comparación del CBR del suelo natural de las investigaciones revisadas, asimismo muestra el CBR obtenido al aplicar la geomalla como refuerzo estructural del pavimento, donde se obtiene que, 37 investigaciones obtuvieron un CBR que está clasificada como bueno y 5 investigaciones obtuvieron un CBR como muy bueno.

4.4. Comparar los datos de las deformaciones verticales en los pavimentos reforzados con geo-malla biaxial aplicadas en otras investigaciones y su posterior uso en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura

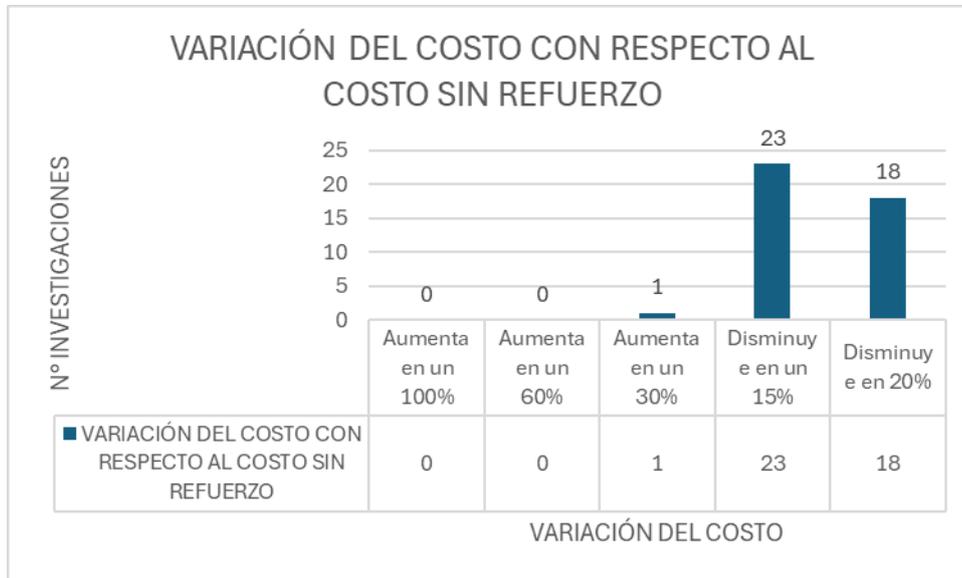


**FIGURA 06. COMPARATIVA DE DEFORMACIONES VERTICALES**

Interpretación.

Los resultados encontrados en las investigaciones con respecto a las deformaciones verticales muestran que 32 de ellas muestran que hay disminución favorable, mientras que en 5 no hay resultados y finalmente en 5 no se nota variación perceptible.

4.5. determinar la influencia económica de la adición de geo- malla comparando los presupuestos de otras investigaciones realizadas y su posterior uso en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura.



**FIGURA 08. VARIACIÓN DE COSTOS.**

En la figura 08 se aprecia que 23 de las 42 investigaciones revisadas presentan disminución de un 15% en los costos del presupuesto aplicando el refuerzo de la malla biaxial con respecto a los costos del presupuesto sin aplicar la geomalla biaxial.

#### IV. DISCUSIÓN

Se planteó como objetivo específico identificar los daños existentes en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura, esto se basó en (Moran Aleman, 2022), quien afirman que las patologías clasificadas en la norma ASTM D 5340 y encontradas en el pavimento de la Av. Marcavelica son, piel de cocodrilo, huecos, parches entre otras, que aparecieron a defectos constructivos y un mal diseño, que deben ser rediseñados y asimismo reforzar la sub rasante garantizará una mejor vida útil del pavimento. Considerando su aporte en la presente investigación se recopiló y analizó la información encontrando que las patologías visibles a la fecha de esta investigación son, piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, corrugación, grietas de borde, grietas longitudinales transversales, parcheo, pulimientos de agregados, huecos, ahuellamientos, desplazamientos y desprendimientos de agregados. Estos resultados fueron coincidentes con Ame Macedo, y otros, (f 2019) quien al determinar los tipos de daños en la avenida donde realizó su investigación presentaba dichas patologías debidas a factores externos de clima y a un mal diseño de estabilización de subrasante. Por otro lado, (Zamora Perez, 2021) difirió de estos, ya que, su investigación en la avenida estudiada en su postulado mostró que los daños realizados se debieron a agentes humanos y climatológicos, así como de materiales de mala calidad y no a un mal diseño estructural, por lo que solo se encontraron daños superficiales reparables en la avenida que se estudió. Con esto se evidencia que las patologías presentes en nuestros pavimentos flexibles no solo se deben a factores de un mal diseño de un inadecuado estabilizado de suelo de fundación, sino también a factores externos, es por ello que se deben realizar estudios de mecánica de suelo para determinar una mejor alternativa de diseño y construcción de los pavimentos, por lo que urge una intervención especializada y responsable al momento de diseñar la rehabilitación de la Av. Marcavelica en el distrito 26 de Octubre.

Como segundo objetivo específico se planteó, comparar los datos de la resistencia de pavimentos reforzados con geo-malla biaxial aplicadas en otras investigaciones para la evaluación de esta técnica en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura. De acuerdo con (Ccasani Bravo, y otros, 2019), quienes sostuvieron que la implementación de la geomalla biaxial como elemento de refuerzo de la subrasante influye directamente de manera positiva en la estabilización del suelo de fundación,

presentando CBR mejorado al momento de realizar las pruebas de laboratorio pasando de un CBR regular a un CBR muy bueno. En nuestra investigación las investigaciones analizadas presentaron resultados similares, ya que, más del 50% concuerdan con que hay un cambio notorio de un CBR natural deficiente a un CBR muy bueno al ser reforzados con la geomalla biaxial de vidrio. Ante esto quedó evidenciado que la utilización como alternativa para el refuerzo de la Av. Marcavelica en el distrito 26 de octubre es una solución viable digna de tomar en cuenta en futuras obras de rehabilitación.

El tercer objetivo específico planteado fue, comparar los datos de las deformaciones verticales en los pavimentos reforzados con geo-malla biaxial aplicadas en otras investigaciones y su posterior uso en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura. (Alvarez Raymundo, y otros, 2019), afirmaron que la adición de las geomallas biaxiales en obras de reforzamiento y estabilización de subrasante son alternativas viables y recomendadas, ya que, en su investigación sus resultados mostraron una reducción positiva de las deformaciones verticales en los pavimentos, dando mayor estabilidad y soporte a los esfuerzos producido por el tráfico de diseño. En la presente investigación los resultados que se obtuvieron de la comparación de los resultados muestran que más del 60% de estas muestran una disminución considerable en las deformaciones verticales al emplear la geomalla biaxial de fibra de vidrio. Por otro lado, (Catpo Nuncevay, 2019) dista y difiere de estos resultados ya que, sus pruebas de laboratorio mostraron que no hay variación en las deformaciones verticales tanto en las pruebas con geomalla como en las que no tenían geomalla biaxial. Con esto pudimos indicar que la aplicación de a geomalla resulta una buena alternativa para reforzar los suelos mostrando que es capaz de reducir las deformaciones verticales en la estructura del pavimento.

Como último objetivo específico se planteó determinar la influencia económica de la adición de geo-malla comparando los presupuestos de otras investigaciones realizadas y su posterior uso en la Av. Marcavelica - 26 de octubre – Piura. (Maguiña Espíritu, y otros, 2023) afirman que la aplicación de geomalla tiene un impacto directo en los costos del presupuesto de construcción de los pavimentos reforzados con dicho material, ya que, en su presupuesto mostró que hay una

reducción considerable de costos al usar la geomalla de fibra de vidrio. En esta investigación los resultados coinciden que las distintas investigaciones consultadas y analizadas muestran que existe reducción de costos en el presupuesto al emplear la geomalla de vidrio. Se puede evidenciar con esto que la geomalla sigue siendo una alternativa viable y económicamente factible, ya que, ayuda a reducir costos considerables y hacer rentable el proyecto de rehabilitación de la Av. Marcavelica en la provincia 26 de octubre, del departamento de Piura.

## V. CONCLUSIONES

A manera de conclusión al objetivo general, examinar la factibilidad de utilizar la geomalla e incrementar la resistencia del pavimento de la Avenida Marcavelica – 26 de octubre – Piura. Se tiene que la geomalla biaxial influye mejorando los suelos con CBR deficientes, evidenciado sus resultados en la reducción de los espesores de las capas de la estructura del pavimento. Lo que reduce y optimiza costos y mejora el periodo de vida del pavimento en las vías.

Como primer objetivo específico de acuerdo con lo visualizado en campo y ayudados por la ficha técnica de ASTM D 5340 se encontraron diversos daños superficiales del pavimento a nivel calzada y de capas, ya que, se evidenciaban huecos de considerable diámetro y profundidad, muchos de estos asociados a factores ambientales y de un mal diseño estructural pensado no tan solo en soportar cargas vehicúlales, sino el considerar también los aspectos climatológicos de la zona y región.

Respecto al segundo objetivo se concluye que se evidencia un accionar directo en los resultados de CBR incrementando estos en cada investigación revisada, pasando de terrenos deficientes en capacidad portante a cualidad buena indicando una mejor resistencia, siendo una alternativa viable para aplicar en la av. Marcavelica.

Con relación al tercer objetivo se tiene que las deformaciones verticales, la inserción de la geomalla biaxial disminuyen positivamente a favor de la estructura brindando estabilidad y mejor rendimiento, haciendo una buena alternativa la adición de la geomalla biaxial para aplicar en el mejoramiento de la subrasante de la av. Marcavelica del distrito 26 de octubre en el departamento de Piura.

Finalmente, con respecto al objetivo cuarto se tiene que la implementación de la geomalla biaxial de fibra de vidrio influye directamente en los presupuestos, reduciendo costos, ya que, al reducir los espesores en las capas de la estructura del pavimento, se reducen materiales, costos unitarios, siendo una alternativa viable para economizar.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Elaborar estudios de suelos para determinar las propiedades físicas del terreno natural y la comprobación de los resultados mediante investigaciones cuantitativas certificadas con las fichas técnicas del laboratorio.

Fomentar la ética en todo momento del proyecto de reconstrucción de la av. Marcavelica del distrito 26 de octubre del departamento de Piura, ya que, muchos profesionales que han realizado las avenidas buscan el beneficio personal en vez de brindar una buena obra de calidad y de bienestar para los pobladores de la localidad.

Diseñar la estructura del pavimento tomando en cuenta las causas que llevaron al daño de la estructura actual para proponer ideas creativas y factibles para prevenir los inconvenientes actuales y garantizar un periodo extendido de vida de la estructura

## REFERENCIAS

**Alvarez Raymundo, Jose Yerson, y otros. 2019.** *Estudio de geomalla de fibra de vidrio como refuerzo en pavimento flexible, progresiva kilómetro 15.5 - 16.5 de la carretera central.* Investigación, Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2019. TESIS.

**Ame Macedo, Robert Oma y Bustos Abad, Kevin David. 2019.** *Diseño comparativo entre pavimento flexible y pavimento con geomalla en el centro poblado de Huanchac, Huaraz, Ancash.* Investigación, Universidad. Huaraz : s.n., 2019. Tesis.

*Aplicación de geomallas en pavimentos.* **Ríos, Richard , Aste, Fernanda y Velásquez, Sandy . 2021.** Lima : s.n., 30 de Junio de 2021, Vías PUCP, Vol. I.

**Becerril Valencia, Antonio. 2017.** *Procedimiento constructivo de pavimentos flexibles en la carretera : barranca larga en el Estado de Oaxaca.* INVESTIGACIÓN, Facultad de Ingeniería, UNAM-Universidad Nacional Autónoma de México. OXAPAMPA-Mexico : s.n., 2017. TESIS.

**Catpo Nuncevay, Lason Jair. 2019.** *Análisis de la estructura del pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la carretera Condado Pichikiari-Chanchamayo-Junin 2019.* Investigación. Junín : s.n., 2019. Tesis.

**Ccasani Bravo, Mayra Jessenia y Ferro Moina, Yadelis Ingridt. 2019.** *Evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay, para proponer una mejor alternativa estructural en el diseño de pavimentos.* Investigación, Universidad Tecnológica de los Andes. Abancay : s.n., 2019. Tesis.

**Fuentes y Deivi. 2020.** *Metodología de la investigación: Conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables.* INVESTIGACIÓN, Universidad Pontificia Bolivariana. Bogota : s.n., 2020. TESIS.

**Galarza y Ramos, Carlos. 2021.** *DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.* 2021.

**Hernandez Sampieri. 2014.** *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 6. MEXICO : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.* Quito : s.n., 2014. Vol. III.

*La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles.* **Vargas Jiménez, y otros. 2019.** Merida MEXICO : s.n., 2019, INGENIERÍA, Vol. 21. ISBN: 1665-529X.

**Maguiña Espíritu, Mark y Seratin Lluya, Wilber. 2023.** *Diseño de pavimento flexible con adición de geomalla biaxial en carretera de centro poblado de independencia, Provincia de Huaraz 2023.* Investigación. 2023. Tesis.

**Miranda Ramos, Eddy Cristiam. 2019.** *Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos*

*flexibles, tramo Tayabamba - Ongón. Provincia de Pataz. La Libertad. LA Libertad : s.n., 2019. Tesis.*

**Moran Aleman, Juan Harriz. 2022.** *Evaluación de pavimento flexible, en la avenida Marcavelica utilizando metodología PCI distrito 26 de octubre - provincia de Piura 2022.* Escuela de ingeniería Civil - Investigación, Universidad Cesar Vallejo. Piura : s.n., 2022. Tesis.

— **2022.** *Evaluación del pavimento flexible, en la avenida Marcavelica, utilizando metodología PCI distrito 26 de octubre - provinvia de Piura 2022.* INVESTIGACIÓN - ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. Piura : s.n., 2022. TESIS.

**Vilchez Ruíz, Nils William. 2023.** *Evaluación de las propiedades mecánicas de un suelo para pavimento flexible utilizando geomallas de Bambú, 2023.* INVESTIGACIÓN - Escuela de ingeniería civil. 2023. Tesis.

**Zamora Perez, Reson Alex. 2021.** *Diseño estructural de pavimento flexible reforzado con geomallas de Urb. Carlos Stein Chávez, JLO, Lambayeque, 2021.* Investigación. Lambayeque : s.n., 2021. Tesis.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de categorización

CATEGORIA DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	SUBCATEGORÍAS	INDICADORES
Pavimento flexible	Definido conceptualmente es el tipo de estructura está conformado por una capa bituminosa de asfalto siendo esta flexible, es decir, que volverá a su estado original después de deformarse sin producir daños en la estructura y en su apariencia. (Montejo, 2002 p.02).	Daños superficiales	Piel de cocodrilo
			Abultamiento y hundimiento
			Grietas longitudinales
			Huecos
		Diseño del pavimento	Desprendimientos de agregados
			Espesores de capas
Geomalla biaxial	Son estructuras en dos dimensiones utilizado para el refuerzo estructural con la finalidad de estabilizar y mejorar la resistencia de los suelos en proyectos viales (CIDELSA, 2015 p.02).	Propiedades mecánicas	CBR
			Desplazamientos verticales
		Presupuesto	Costos unitarios

Anexo 2. Panel fotográfico.

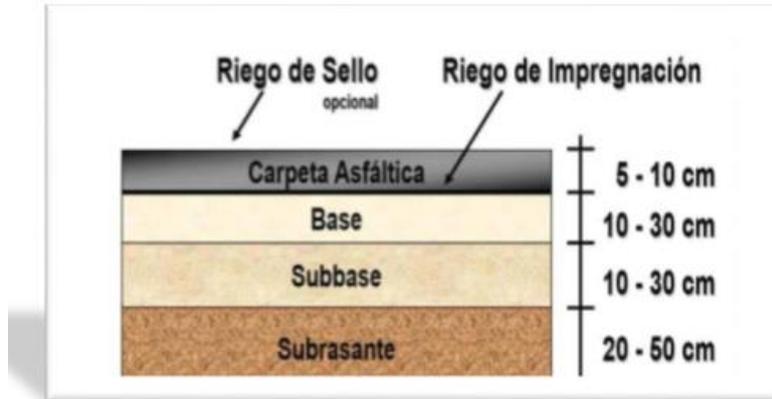


FIGURA 1: Partes del Pavimento Flexible

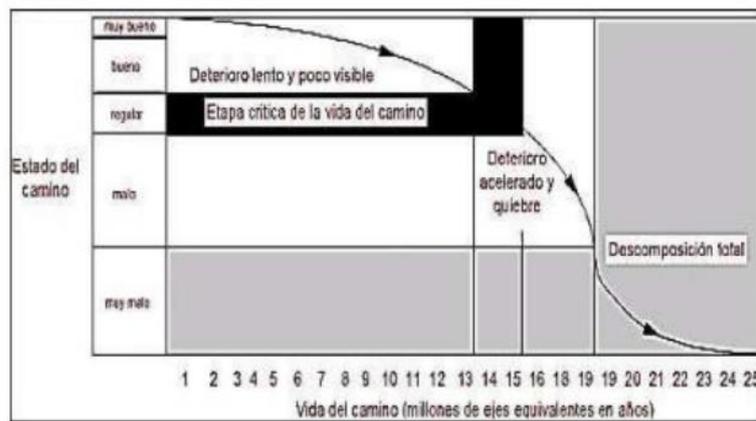


FIGURA 2: Etapas del deterioro del pavimento flexible

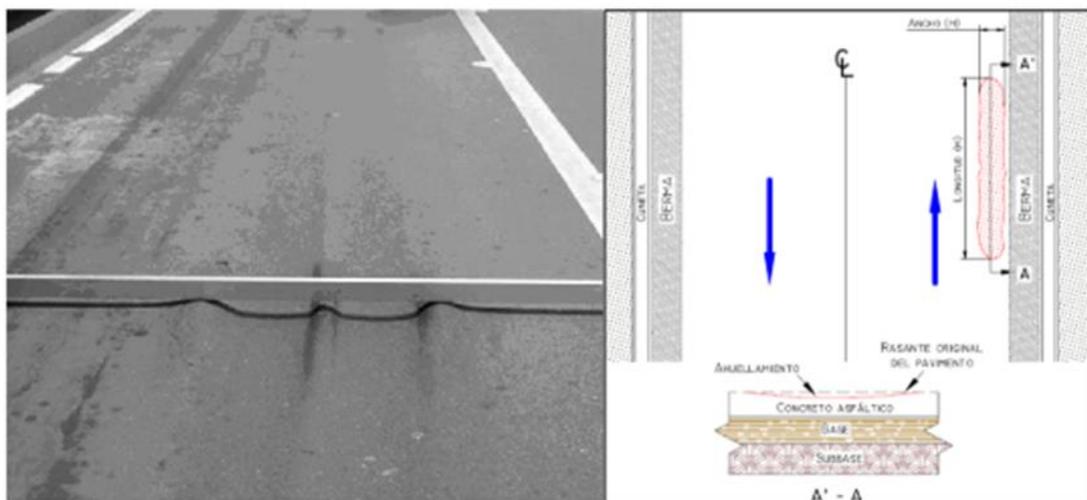


FIGURA 3: Ahuellamiento

Anexo 3

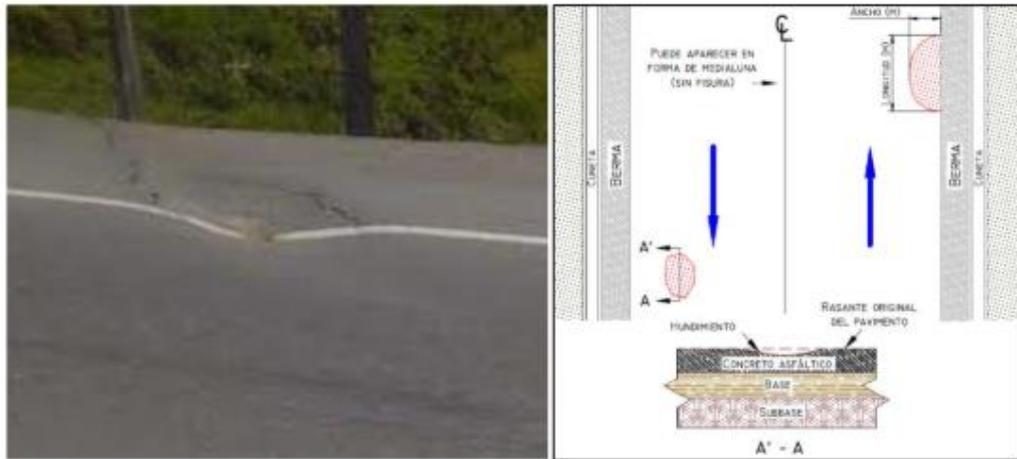


FIGURA 4: Hundimiento DL y DT

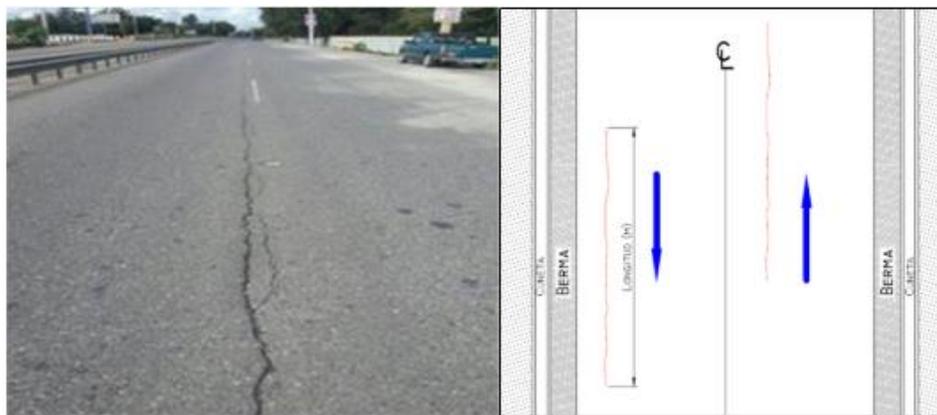


FIGURA 5: Fisuras longitudinales por fatiga

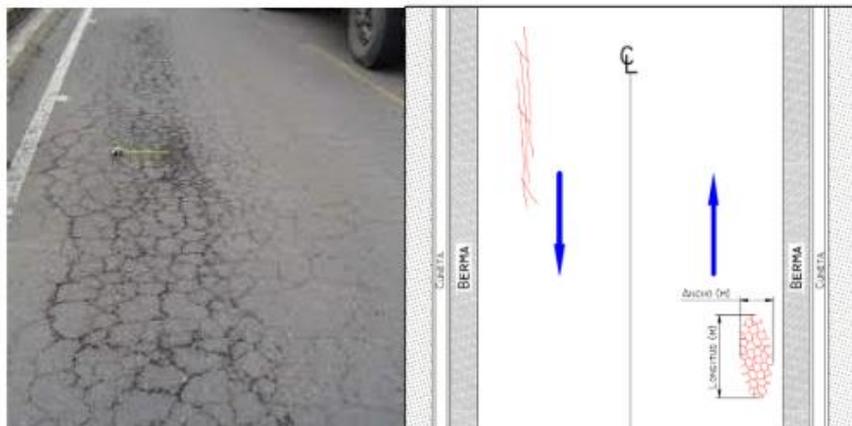


FIGURA 6: Fisura piel de cocodrilo

Anexo 04

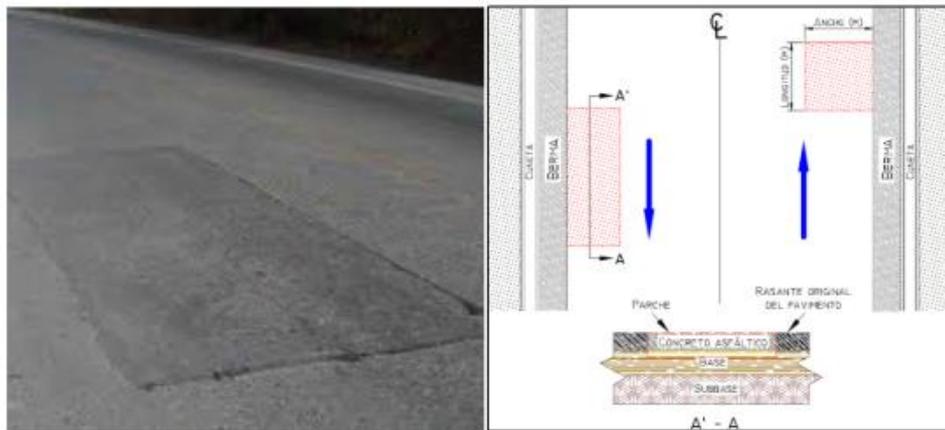


FIGURA 7: Bacheos

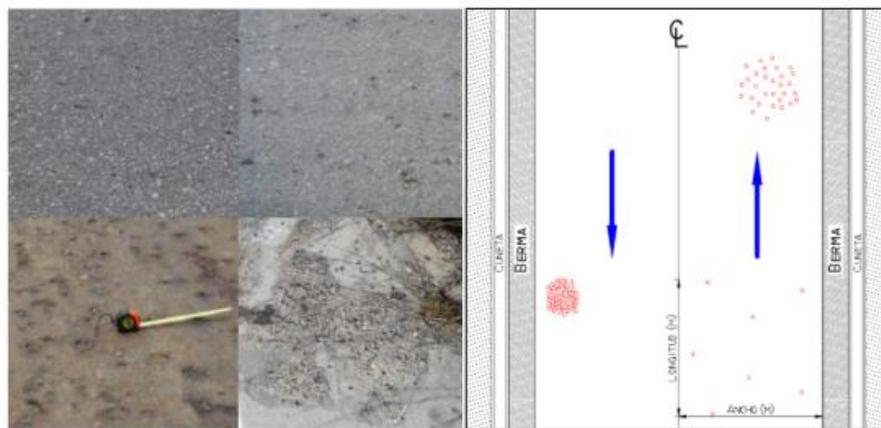


FIGURA 8: Perdida de agregados

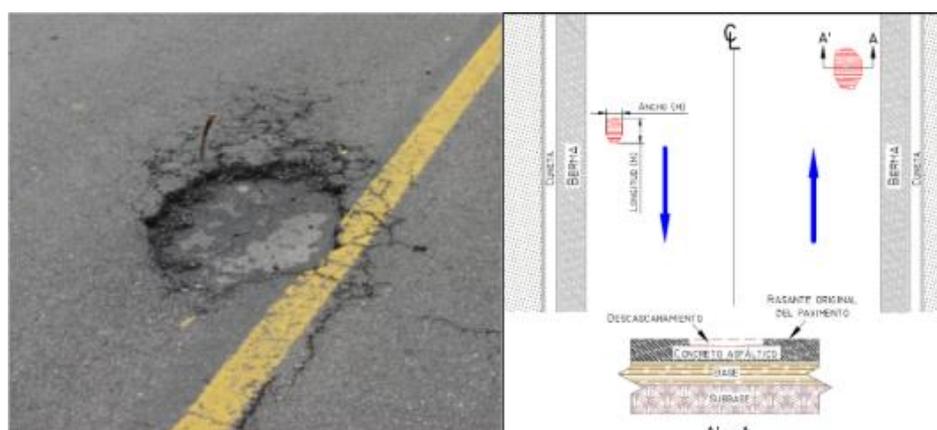
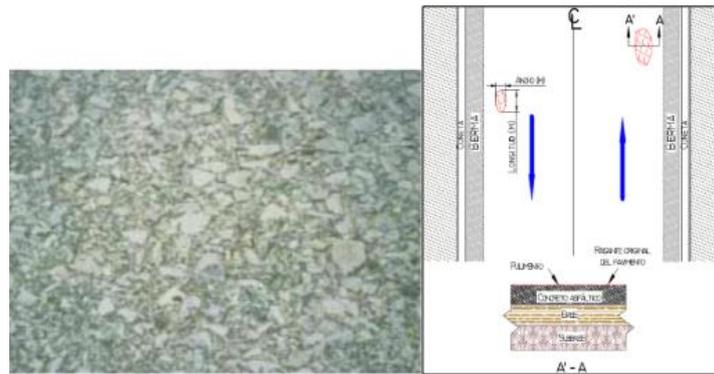
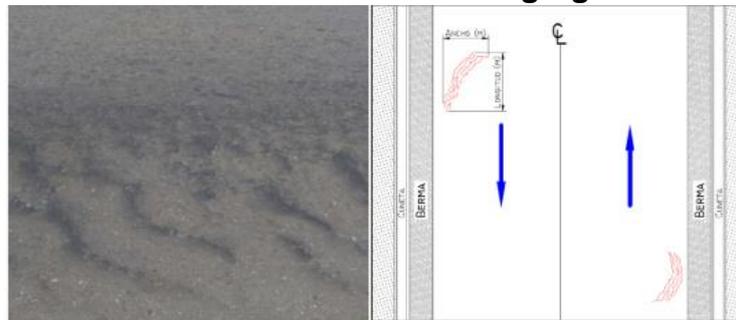


FIGURA 9: Descascaramineto



**FIGURA 10: Pulimiento de agregados**



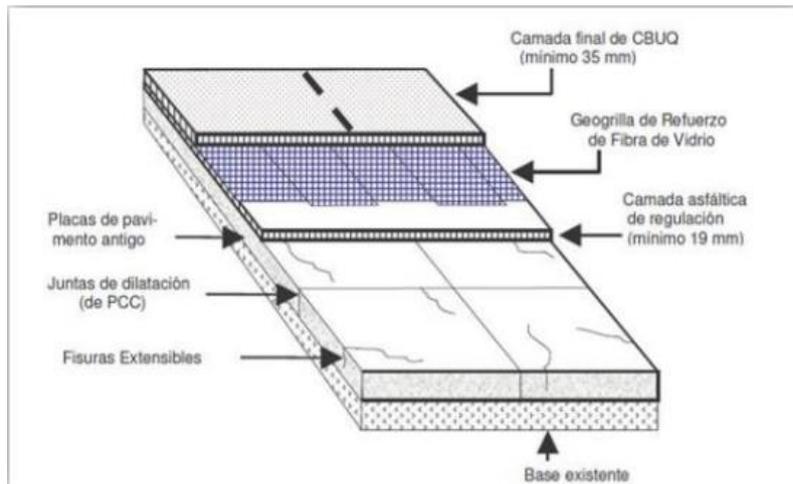
**FIGURA 11: Exudación**



**FIGURA 12: Afloramiento de mortero**



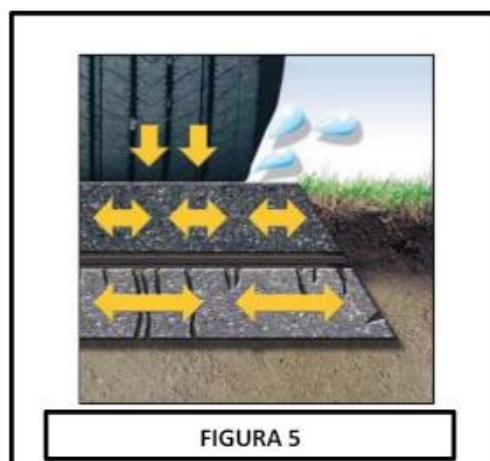
**FIGURA 13: Segregación**



**FIGURA 14: Implementación de la geomalla**



**FIGURA 15: Malla geotextil**



**FIGURA 16: La geomalla del pavimento contrarresta los desplazamientos entre las capas asfálticas**

Anexo 07

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y parcheos	B	m

**TABLA 2: Daños Tipo A – VIZIR**

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FIJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	und
Huecos	H	m
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	DC	m <sup>2</sup>
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AFA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Segregación	S	m

**TABLA 3: Daños Tipo B - VIZIR**

Tipo de Daño	Unidad de M.	Tipo de Daño	Unidad de M.
Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	Grietas Transversales y longitudinales	m
Exudación	m <sup>2</sup>	Parcheo	m <sup>2</sup>
Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
Abultamiento y hundimiento	m	Desplazamiento	m <sup>2</sup>
Corrugación	m <sup>2</sup>	Grieta Parabólica	m <sup>2</sup>
Depresión	m <sup>2</sup>	Huecos	Und.
Grieta de borde	m	Hinchamiento	m <sup>2</sup>
Grieta de reflexión de junta	m	Desprendimiento de Agregados	m <sup>2</sup>
Desnivel de carril / Berma	m	Pulimento de agregados	m <sup>2</sup>

**TABLA 4: Principales fallas en pavimento flexible PCI**

<b>geomalla de fibra de vidrio</b>	Bajas elongaciones (menores al 3%)
	Alto modulo de elasticidad ( 70,000 Mpa)
	Abertura optima
<b>geomalla de fibra de vidrio</b>	Material inerte
	Retraccion menor al 0.5% a 200°C
	Punto de fusion 300°C

**TABLA 5: Características de la malla geotextil.**



## Anexo 7. Matriz de resultados.

N°	TESIS/AÑO	AUTOR	TIPO DE SUELO SEGÚN SUCS					CBR NATURAL					CBR MEJORADO %					ESPESOR SIN GEOMALLA (cm)			ESPESOR CON GEOMALLA (cm)			COSTOS CON RESPECTO AL COSTO SIN REFUERZO					DEFORMACIÓN VERTICAL CON GEOMALLA BIAxIAL					
			SP	SM	SC	CL	ML	0-3	3 A 7	7A 20	20 A 50	MAYOR 50	0-3	3 A 7	7A 20	20 A 50	MAYOR 50	CARPETA RODADURA	CAPA BAS	SUBBASE	CARPETA RODADURA	CAPA BAS	SUBBASE	Aumenta en un 100%	Aumenta en un 60%	Aumenta en un 30%	Disminuye en un 15%	Disminuye en un 20%	No presenta	Si Presenta	No hay variación apreciable	Disminuye favorablemente	No hay resultados	
1	Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019	Br. Mirkareny Mitzabeth, Anyalpoma Aranda				1		1						1			9	25	22	9	20	15				1						1		
2	Functional and cost-benefite of geosynthetic as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement, 2019	S. Vijayasimhan Sivapriya			1		1							1			9	25	22	9	20	15				1						1		
3	Análisis comparativo entre el diseño de pavimento flexible tradicional y el pavimento flexible reforzado con geomallas, Moquegua, 2022.	Bautista Cosi, Hernan Oliver Y Quispe Paripanca, Eloy Freddy			1		1							1			9	25	22	9	20	15				1						1		
4	Análisis de pavimento flexible empleando geomallas biaxiales para reforzar la avenida 12 noviembre, San Juan De Miraflores, 2023.	Castañeda Hermoza, Daniel Abel Y Espino Colchado, Diego Alonso			1		1							1			9	25	20	9	20	15				1							1	
5	Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabayillo – 2022	Cuicapuza Taipe, Jhonatan Steiter			1		1							1			9	30	20	9	20	15				1							1	
6	Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras, 2017	Juan Carlos Reyes Zúñiga			1		1							1			9	30	20	9	20	15				1							1	
7	"Instalación de la geomalla biaxial para mejorar las propiedades de la sub rasante de la Av. Amazonas – Pachacutec, Ventanilla, 2021	Huamani Aquino, Florel Enrique			1		1							1			9	25	20	9	20	18				1							1	
8	Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria, 2024	Llauce Noriega, Alex Enrique			1		1							1			9	25	20	9	20	15				1							1	
9	Diseño Estructural de Pavimento Flexible Reforzado con Geomallas Biaxiales en la Avenida Los Eucaliptos, Distrito de Lurín, 2020	Minauro Hurtado, Cristian Y Rojas Iriarte, Andy			1		1							1			9	25	20	9	20	15				1							1	
10	Diseño de pavimento vehicular urbano con geomalla biaxial para mejorar la capacidad de carga del suelo, Morales - 2020	Ojanama Soria, Nilo Y Vela Meza, Rully Fernando			1		1							1			9	25	22	9	20	15				1						1		
11	Estudio de geomalla de fibra de vidrio como refuerzo en pavimento flexible, progresiva kilómetro progresiva kilómetro 15.5 - 16.5 de la 15.5 - 16.5 de la carretera central, 2019	Alvarez Raymundo, José, Bartolo Guerra, Natali, Montañez Adama, Brayán Y Zavala Villarroel, Alexis			1		1							1			9	25	20	9	20	18				1							1	
12	Reforzamiento de la Infraestructura Vial con Geomalla para Mejorar la Transibilidad Vehicular De La Av. Chiclayo, José Leonardo Ortiz, 2022	Quiñones Yajahuanca, Gian Marcos Y Saucedo Altamirano, Erwin Lloid			1		1							1			9	25	20	9	20	15				1							1	
13	DISENO DE UNA BASE GRANULAR REFORZADA CON GEOMALLA BIAxIAL, PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRAMO TAYABAMBA – ONGON, PROVINCIA DE PATAZ, LA LIBERTAD, 2019	Miranda Ramos Eddy Cristiam			1		1							1			9	25	20	9	20	16				1							1	
14	GEOMALLAS DE MATERIAL REICLADO Y SUS EFECTOS EN LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES A NIVEL DE AFIRMADO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2019	JAMIL YUPANQUI HURTADO			1		1							1			9	25	20	9	20	16				1							1	
15	Estabilización de base granular con refuerzo de geomallas en el Distrito de Chilca – Huancayo, 2019	Omar Alex Huamani Salazar	1				1							1			9	25	20	9	20	16				1							1	
16	Influencia de geomalla biaxial en la subrasante para pavimento flexible de la calle 3 urbanización Las Vegas, Puente Piedra, 2023	Tapia Gamboa, Ronaldo Guillermo	1				1							1			9	25	20	9	20	15				1							1	
17	Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud – Han, para mejorar el tramo de la carretera(via), 2019	Karl Benites, Maribel y Olortegui Herrera, Jhonatan Rolando			1		1							1			9	25	20	9	20	15				1							1	
18	Uso de geomallas biaxiales para el refuerzo de pavimentos de la Av. Ferrocarril Distrito -Villa María del Triunfo Lima 2021	Vargas Núñez, José Manuel			1		1							1			9	30	20	9	20	15				1							1	

